[DOR: 20.1001.1.10261354.1390.20.4.9.0]

[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110026]

تاثیر پروتئین هیدرولیز شده حاصل از ماهی ساردین پهلو طلایی (*Sardinella gibossa*) و ضایعات کشتارگاهی طیور بر ترکیب اسیدهای آمینه، رشد و بقا آلوین‌های ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

علی طاهری [۱]؛ عبدالمحمد عابدیان کناری* [۲] و روئین حلاج [۳]

aabedian@modares.ac.ir

۱-دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، صندوق پستی: ٥٦٤٩٩-٩٩٧١٧

۲-دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور صندوق پستی: ٣٥٦-٤٦٤١٤

۳-دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، تهران

تاریخ دریافت: دی ١٣٨٩ تاریخ پذیرش: آبان ١٣٩٠

چکیده

در این تحقیق به بررسی تاثیر سطوح دو نوع پروتئین هیدرولیز شده حاصل از ماهی ساردین پهلو طلایی (*Sardinella gibossa*) و ضایعات کشتارگاهی طیور روی رشد، بقا و ترکیب اسیدهای آمینه بدن آلوین‌های ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) بررسی شد. شش جیره غذایی با سطوح متفاوت جایگزینی پروتئین هیدرولیز شده (۱۰، ۲۵ و ۵۰ درصد) با آرد ماهی تولید و آلوین‌های ماهی به مدت ۳۰ روز از شروع تغذیه فعال با آن تغذیه شدند. یک جیره غذایی مشابه و بدون پروتئین هیدرولیز شده نیز برای مقایسه بکار رفت. وزن نهایی، نرخ کارآیی پروتئین، ارزش تولیدی پروتئین، بقا و فاکتور وضعیت در آلوین‌های تغذیه شده با جیره‌های جایگزین شده ساردین ۲۵ درصد و ضایعات کشتارگاهی طیور ۱۰ درصد بهتر بود و با جیره شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان داد. در بررسی ترکیب اسید آمینه جیره مشخص گردید که جیره‌های ساردین ۲۵ درصد و ضایعات کشتارگاهی طیور ۱۰ درصد نسبت اسیدهای آمینه ضروری متعادل‌تری دارند. همچنین با افزایش میزان پروتئین هیدرولیز شده جیره میزان اسیدهای آمینه آزاد در جیره و ترکیب بدن آلوین‌ها افزایش معنی‌داری پیدا نمود. افزایش پروتئین‌های هیدرولیز شده مورد استفاده در جیره غذایی آلوین‌های ماهی قزل‌آلای رنگین کمان تا یک سطح بهینه می‌تواند باعث بهبود رشد و بقای این ماهی گردد اما کاربرد بیش از حد آن باعث عدم تعادل ترکیب اسیدهای آمینه در بدن آلوین‌ها می‌گردد. حد بهینه برای جایگزینی پروتئین هیدرولیز شده ساردین پهلو طلایی ۲۵ درصد و برای پروتئین هیدرولیز شده ضایعات کشتارگاهی طیور ۱۰ درصد تعیین گردید.

لغات کلیدی: تغذیه، آرد ماهی، پرورش، جیره غذایی

*نویسنده مسئول

مقدمه

مراحل ابتدایی زندگی ماهی دارای سریعترین رشد است که در بعضی از گونه‌ها به ۶۰ درصد در روز می‌رسد. ماهیان در طول این دوره به اسیدهای آمینه برای ساخت بلوکهای پروتئینی بدن و تامین انرژی بسیار نیاز دارند (Dabrowski, 1986; Finn *et al*., 2002). ماهی به ۱۰ اسید آمینه ضروری برای رشد نرمال خود نیاز دارد (NRC, 1993) و تعادل اسید آمینه جیره بر رشد ماهی تاثیر می‌گذارد (Yamamoto *et al*., 2000). ماهیان استخوانی در مراحل اولیه زندگی قادر به پذیرش اسیدهای آمینه پیش هیدرولیز شده به شکل پروتئین، پپتید یا اسید آمینه آزاد هستند و استفاده از پپتیدهای با وزن کم و اسیدهای آمینه آزاد در جیره لارو ماهی توجه زیادی را بخود اختصاص داده است (Rønnestad *et al*., 2003; Zambonino Infant *et al*., 1997).
در سالهای اخیر تلاش‌های بسیاری برای جایگزینی پودر ماهی با منابع جایگزین مناسب صورت گرفته است و جایگزینی پودر ماهی با پروتئین هیدرولیز شده ماهی نیز بعنوان منبع پروتئین و افزایش دهنده مقبولیت غذا به منظور افزایش رشد و بقا در صنعت تغذیه آبزیان مورد مطالعه قرار گرفته است (Hardy, 1991).

تاثیر مفید جایگزینی پروتئین هیدرولیز شده با پودر ماهی در رشد و بقای آبزیان در چندین مطالعه مختلف روی ماهیان دریایی و آب شیرین شرح داده شده است. این مطالعات شامل: ماهی طلایی (*Carassius auratus*) (Szlaminska *et al*., 1991)، ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) (Espe *et al*., 1999; Refstie, 2004)، تیلاپیا (*Oreochromis niloticus*) (Leal *et al*., 2009)، قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) (Aksnes *et al*., 2006)، لارو ماهی کپور (*Cyprinus carpio*) (Carvalho *et al*., 1997)، باس دریایی ژاپنی (*Lateolabrax japonicas*) (Liang *et al*., 2006) ، باس دریایی اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) (Kotzamanis *et al*., 2007)، اختاپوس (*Octopus maya*) (Aguila *et al*., 2007)، کاد (*Gadus morhua*) و هالیبوت (*Hippoglussus hippoglossus*) (Kvåle *et al*., 2009) می‌باشد. این محققین نشان دادند که پروتئین هیدرولیز شده مورد استفاده در جیره ماهی می‌تواند رشد و بقا را افزایش دهد، باعث بلوغ زودرس لوله گوارش شود و روی جمعیت باکتریای روده تاثیر داشته باشد. دلیل این بهبود تعادل اسیدهای آمینه آزاد، پپتیدها و پروتئین‌ها و تاثیر مثبت آن در هضم و جذب بیان شده است (Espe *et al*., 1999). اما براساس گزارشات استفاده بیش از حد از این ماده در تغذیه ماهی می‌تواند تاثیرات منفی بر رشد و بقای موجود داشته باشد. Espe و Lied (۱۹۹۴) گزارش کردند که کاهش تاثیر این ماده با افزایش مصرف آن در جیره می‌تواند بدلیل متعادل نبودن اسیدهای آمینه باشد.

امروزه میزان صید ساردین ماهیان در آبهای جنوب ایران ۲۲۲۹۵ تن در سال می‌باشد (Fishstate Plus, 2009). علاوه بر این، ایران با تولید ۱۲۴۵۸۷۹ تن مرغ در سال در جایگاه دهم جهانی قرار دارد (FAO STAT, 2010). ضایعات تولید این محصول کشتارگاهی طیور شامل: امعا و احشا، استخوان، خون، سر، پا و پر که در مجموع ۲۸ تا ۳۰ درصد از وزن کل تولید را شامل می‌شود (Ockerman & Hansen, 2000). این دو منبع غنی از پروتئین هستند و از توان بالقوه‌ای برای تولید پروتئین هیدرولیز شده برخوردار می‌باشند.

همچنین باید ذکر نمود که ماهی قزل‌آلای رنگین کمان یک گونه سردآبی پرورشی استراتژیک در ایران است که سالانه ۷۳۶۴۲ تن تولید می‌شوند و کار روی بهبود رشد و بقای این ماهی از بدو تفریخ باید مورد توجه قرار گیرد (سالنامه آماری سازمان شیلات ایران، ۱۳۹۰). به نظر می‌رسد که پروتئین هیدرولیز شده می‌تواند رشد و بقای آلوین‌های ماهی قزل آلای رنگین کمان را بهبود بخشد. در این تحقیق به بررسی تاثیر جایگزینی سطوح مختلف پروتئین هیدرولیز شده ساردین پهلو طلایی و ضایعات کشتارگاهی طیور با پودر ماهی جیره آلوین‌های ماهی قزل‌آلای رنگین کمان بر رشد و ترکیب اسیدهای آمینه آلوین‌ها پرداخته شده است.

مواد و روش کار

ماهی ساردین پهلو طلایی با میانگین (±انحراف معیار) وزن ۷±۶۴ گرم از بندر جاسک صید و ضایعات کشتارگاهی مرغ شامل سر و پا از کشتارگاه صنعتی آمل طیور تهیه شد و تا زمان مصرف در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد نگه‌داری گردید. آنزیم آلکالاز از نماینده شرکت نووزایم در ایران تهیه و تا زمان مصرف در ۴ درجه سانتیگراد نگه‌داری شد.

هیدرولیز آنزیمی با استفاده از آنزیم آلکالاز براساس مطالعه گزارش شده توسط Taheri و همکاران (۲۰۱۰) انجام پذیرفت.

[DOR: 20.1001.1.10261354.1390.20.4.9.0]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110026]

در این روش ضایعات مرغ و ساردین ماهی کامل جداگانه در یک چرخ گوشت نیمه صنعتی (شرکت هوتخش، تهران) با مش ۲ میلیمتر چرخ گردید و سپس به ارلن مایر اضافه شد. ارلن‌ها برای ۲۰ دقیقه در ۸۵ درجه سانتیگراد گرمادهی و سپس در دمای ۱۰ درجه سانتیگراد برای ۲۰ دقیقه در ۶۰۰۰ دور سانتریفوژ شدند. نمونه‌ها به همراه محلول بافر در pH معادل ۸/۵ با آنزیم آلکالاز در دمای ۴۵ درجه سانتیگراد به مدت ۸۵ دقیقه تیمار شد. در انتها مخلوط در حمام آبی ۸۵ درجه سانتیگراد تیمار گردید. پروتئین هیدرولیز شده توسط دستگاه خشک‌کن پاشی (spray dryer) به آرد تبدیل شد و تا زمان مصرف درون کیسه‌های نایلونی سربسته در ۲۰- درجه سانتیگراد نگه‌داری گردید.

جیره‌نویسی با نرم‌افزار lindo (۱۹۹۶) انجام شد و ۶ جیره غذایی حاوی سطوح پروتئینی یکسان (۴۹ درصد پروتئین خام) با سطوح متفاوت جایگزینی پروتئین هیدرولیز شده مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱). این سطوح متشکل از ۱۰، ۲۵ و ۵۰ درصد جایگزینی پروتئین هیدرولیز شده ماهی ساردین رنگین کمان یا ضایعات کشتارگاهی طیور با پودر ماهی بود. یک جیره بدون پروتئین هیدرولیز شده جهت مقایسه بکار رفت. برای تولید جیره‌ها مواد اولیه توسط یک چرخ گوشت نیمه صنعتی (مارک هوتخش) با مش ۱ میلیمتر به شکل پلت درآمد و در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد برای ۴ ساعت خشک شد. این محصول مجددا الک شد تا مناسب اندازه دهان آلوین‌های ماهی قزل‌آلای رنگین کمان باشد. یک طرح آزمایشات کاملاً تصادفی شامل ۷ جیره و سه تکرار از هر جیره مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۱ : ترکیب جیره‌های آزمایشی میزان جایگزینی پودر ماهی با پروتئین هیدرولیز شده ساردین پهلو طلایی یا ضایعات کشتارگاهی طیور

ترکیبات (درصد ماده خشک)	شاهد	ساردین ۱۰ درصد	ساردین ۲۵ درصد	ساردین ۵۰ درصد	ضایعات طیور ۱۰ درصد	ضایعات طیور ۲۵ درصد	ضایعات طیور ۵۰ درصد
پودر ماهی	۷۴/۹۵	۶۵/۹۴	۵۲/۴۲	۲۹/۸۸	۶۵/۰۱	۵۰/۱۱	۲۵/۲۵
پروتئین هیدرولیز شده ساردین	----	۷/۴۹	۱۸/۷۳	۳۷/۴۷	----	----	----
پروتئین هیدرولیز شده ضایعات کشتارگاهی طیور	----	----	----	----	۷/۴۹	۱۸/۷۳	۳۷/۴۷
آرد گندم	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
روغن ماهی	۵	۵	۵	۵	۵	۵/۸	۶/۵
روغن سویا	۳/۵	۳/۸	۴	۴/۵	۴/۲	۴/۵	۵/۵
مواد معدنی[1]	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
ویتامین[2]	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
آنتی اکسیدان (ویتامین ای)	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
همبند	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
سلولز	----	۱/۲۲	۳/۳	۵/۶	۱/۷۴	۴/۳۱	۸/۷۲
آنالیز تقریبی (درصد ماده خشک)							
وزن خشک (درصد)	۸۶/۵۸	۸۶/۳۸	۸۷/۲۷	۸۶/۸	۸۶/۴۴	۸۶/۵۵	۸۶/۶۱
پروتئین	۴۹/۱۲	۴۹/۱۸	۴۹/۲۴	۴۹/۲۸	۴۹/۱۶	۴۹/۱۹	۴۹/۲۱
لیپید	۱۶/۷۴	۱۶/۶۵	۱۶/۳۵	۱۶/۸	۱۶/۶۳	۱۶/۵۵	۱۶/۷
خاکستر	۱۵/۵	۱۶/۱	۱۶/۶	۱۶/۹	۱۶/۳	۱۶/۵	۱۶/۷
انرژی خام (کیلوژول بر گرم)	۱۹/۹۴	۱۹/۸	۱۹/۶۸	۱۹/۶۱	۱۹/۷۵	۱۹/۷	۱۹/۶۵
انرژی قابل هضم (کیلوژول بر گرم)	۱۷/۳۱	۱۷/۱۹	۱۷/۱	۱۷/۰۵	۱۷/۱۵	۱۷/۱۲	۱۷/۰۸

۱ – منیزیم، سدیم، آهن، مس، روی، منگنز، سلنیم، ید، آلومینیوم، کبالت

۲ – استات رتینول، کوله کلسیفرول، استات توکوفرول، منادیون سدیم بی سولفات، تیامین، ریبوفلاوین، کلسیم دی پانتوتنات، بیوتین، اسید فولیک، بی ۱۲، نیاسین، پیریدوکسین، اسید آسکوربیک، اینوزیتول

تخم چشم‌زده ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در ۲۱ تانک فایبرگلاس قرار گرفت. آب کلرزدایی شده شهری با میانگین (±انحراف معیار) دمای ۱±۱۰ درجه سانتیگراد استفاده شد. آب دورن تانکها ۵۰ تا ۱۰۰ میلی‌لیتر در دقیقه هوادهی شد و آلوین‌ها بعد از ۱۰ روز تفریخ شدند. آلوین‌ها به تعداد (± انحراف معیار) ۱۲±۸۲۴ عدد در هر تکرار بکار رفت. طول و وزن آلوین‌ها هر سه روز بعد از تفریخ تا پایان دوره مورد سنجش قرار گرفت. آلوین‌های مرده هر روز جمع و میزان غذادهی براساس میانگین وزن در سطح اشباع هر سه روز محاسبه گردید. پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب هر دو روز یکبار اندازه‌گیری شد تا از میزان مجاز تجاوز ننماید. دوره نوری ۸:۱۶، روشنایی: تاریکی، مورد استفاده قرار گرفت. در طول پرورش تغذیه بصورت دستی انجام گرفت تا رفتار تغذیه‌ای مشاهده شود.

فاکتورهای مختلف رشد و بقا براساس فرمول‌های زیر سنجش شد:

لگاریتم نپر وزن در)]×۱۰۰= نرخ رشد ویژه به درصد در روز

[روز / (لگاریتم نپر وزن در زمان تفریخ - روز مورد نظر

(طول کل (سانتیمتر) ^{۳}/ وزن (گرم)) × ۱۰۰= شاخص وضعیت (Savoie *et al*., 2006).

/ تعداد آلوین زنده در زمان مورد نظر) ×۱۰۰= نرخ بقا

(تعداد آلوین زنده در روز اول

میزان غذای خشک = (AFCR) ضریب تبدیل غذایی ظاهری

وزن تر بدست آمده (گرم) /داده شده (گرم)

(Bekcan *et al*., 2006; Kofi *et al*., 1992).

/ وزن تر تولید شده (گرم) = (PER) نرخ بازده پروتئین

پروتئین مصرفی (گرم)

میزان پروتئین افزوده شده = (PPV) ارزش تولیدی پروتئین

میزان پروتئین غذا (گرم)/ به بدن (گرم)

(Bai, 2001).

آنالیز تقریبی ترکیب بدن آلوین‌های ماهی قزل‌آلای رنگین کمان براساس روش استاندارد انجام گردید (AOAC, 1995). آنالیز چربی به روش Bligh و Dyer (۱۹۵۹) انجام و جهت آنالیز محتوای پروتئین از دستگاه کلدال (Foss، آلمان) استفاده شد. جهت سنجش میزان انرژی از روش محاسباتی استفاده گردید.

آنالیز ترکیب اسید آمینه کل با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی مایع با نفوذ بالا (HPLC) و شناساگر فلئورسنت (Agilent) انجام گرفت. نمونه‌ها توسط اسید کلریدریک ۶ نرمال در ۱۱۰ درجه سانتیگراد هیدرولیز و توسط ستون فاز معکوس (C۱۸) کروماتوگراف شدند. محتوای ترپیتوفان بعد از هیدرولیز نمونه‌ها در محلول هیدروکسید سدیم ۴/۲ نرمال و سیستین پس از تیمار با محلول پرفورمیک اسید سنجش شد (Moore, 1963). برای سنجش اسیدهای آمینه آزاد نمونه‌ها در اسید کلریدریک هموژن و سپس با اسید حاوی استاندارد داخل نورلوسین ۱۶۰ میکرومول در لیتر مخلوط شد. نمونه ها در ۱۲۰۰۰ دور (۴ درجه سانتیگراد برای ۱۵ دقیقه) سانتریفوژ و سوپرناتانت توسط فیلتر ۱۰ کیلو دالتونی فیلتر شد. سوپرناتانت توسط دستگاه کروماتوگرافی مایع با نفوذ بالا سنجش گردید (Terjesen *et al*., 2006). نسبت اسیدهای آمینه ضروری با فرمول زیر سنجش شد (Arai, 1981).

/۱۰۰ × هر اسید آمینه ضروری = نسبت اسیدهای آمینه ضروری

محتوای کل اسیدهای آمینه ضروری + سیستین +تیروزین

از آنالیز واریانس یک طرفه و معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد توسط نرم‌افزار Graphpad prism (version ۵/۰۱، ۲۰۰۷، Graphpad software Inc) جهت آنالیز آماری استفاده گردید.

نتایج

پروتئین هیدرولیز شده ساردین پهلو طلایی و ضایعات کشتارگاهی طیور بترتیب با درجه هیدرولیزاسیون ۳۵/۱۴ و ۲۶/۱۴ درصد تولید شد. شاخص شیمیایی پروتئین هیدرولیز شده نشان داد که اسیدهای آمینه ضروری پروتئین‌های تولیدی شاخص بالای یک را نشان می‌دهند و غیر از اسید آمینه ترپیتوفان (۰/۵ و ۰/۱۷ بترتیب برای پروتئین هیدرولیز شده ساردین پهلو طلایی و ضایعات کشتارگاهی طیور) بقیه اسیدهای آمینه بالاتر از نیاز آلوین‌های ماهی قزل‌آلای رنگین کمان است.

نتایج فاکتورهای رشد و بقای آلوین‌های ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در جدول ۲ آورده شده است. در ابتدای فصل اختلاف معنی‌داری در وزن آلوین‌ها مشاهده نگردید. در بررسی آلوین‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی پروتئین هیدرولیز شده ساردین پهلو طلایی مشخص گردید که جیره ۵۰ درصد اختلاف معنی‌داری را در جهت منفی در ضریب تبدیل غذایی و نرخ رشد ویژه با جیره‌های دیگر و شاهد دارد (P<۰/۰۵). بهترین ضریب تبدیل غذایی و نرخ رشد ویژه در گروه ۱۰ و ۲۵ درصد مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان ندادند (P>۰/۰۵).

ضریب کارایی پروتئین در گروه ۱۰و ۲۵ درصد بالاتر بود و اختلاف معنی‌داری را با جیره شاهد نشان دادند (P<۰/۰۵). اما گروه ۵۰ درصد ضریب کارایی پروتئین پایین‌تری را نشان داد که اختلاف معنی‌داری با جیره شاهد نداشت (P>۰/۰۵). در بررسی ارزش تولیدی پروتئین در این گروه‌ها دیده شد که ارزش تولیدی پروتئین در گروه ۲۵ درصد بالاتر بود و با شاهد اختلاف معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵). اما گروه ۱۰ درصد با گروه‌های شاهد و ۲۵ درصد اختلاف معنی‌داری نشان نداد (P>۰/۰۵). کمترین ارزش تولیدی پروتئین در گروه ۵۰ درصد مشاهده گردید که با شاهد اختلاف معنی‌دار داشت (P<۰/۰۵). نرخ بقا در گروه‌های ۱۰ و ۲۵ درصد بالاتر از شاهد (P<۰/۰۵) و درگروه ۵۰ درصد کمتر از شاهد و دارای اختلاف معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). تمام گروه‌های تغذیه شده با پروتئین هیدرولیز شده ساردین ماهی اختلاف معنی‌دار مثبتی با شاهد در فاکتور وضعیت داشتند (P<۰/۰۵). اما بین خود این گروه‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (P>۰/۰۵).

در بررسی آلوین‌های تغذیه شده با پروتئین هیدرولیز شده ضایعات کشتارگاهی طیور که در پایان آزمایش بیشترین رشد مربوط به گروه ۱۰ درصد و کمترین رشد مربوط به گروه ۵۰ درصد بود که هر دو اختلاف معنی‌داری را با شاهد نشان دادند (P<۰/۰۵). نرخ رشد ویژه در گروه‌های ۱۰ و ۲۵ درصد از نظر عددی بالاتر از جیره شاهد بود اما با آن اختلاف معنی‌دار نداشتند (P>۰/۰۵) هر چند بین ۱۰ و ۲۵ درصد اختلاف معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). نرخ رشد ویژه گروه ۵۰ درصد بسیار پایین‌تر از گروه‌های دیگر و شاهد بود و اختلاف معنی‌دار داشت (P<۰/۰۵). بهترین ضریب تبدیل غذایی در گروه ۱۰ درصد دیده شد اما این گروه با گروه ۲۵ درصد و شاهد اختلاف معنی‌داری نشان نداد (P>۰/۰۵). بدترین ضریب تبدیل غذایی نیز در جیره ۵۰ درصد دیده شد (P<۰/۰۵). بهترین نرخ کارایی پروتئین با اختلاف معنی‌دار نسبت به شاهد در جیره ۱۰ درصد (P<۰/۰۵) و کمترین در گروه ۵۰ درصد بود که با شاهد اختلاف نشان داد (P<۰/۰۵). نرخ کارائی پروتئین بین ۱۰ و ۲۵ درصد اختلاف معنی‌داری دیده نشد (P>۰/۰۵). ارزش تولیدی پروتئین در گروه‌های۱۰ و ۲۵ درصد اختلاف معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان ندادند (P>۰/۰۵) اما از نظر عددی گروه ۱۰ درصد بالاتر از بقیه بود. در این قسمت نیز گروه ۵۰ درصد با کمترین مقدار اختلاف معنی‌داری نسبت به شاهد داشت (P<۰/۰۵). میزان بقا و زنده مانی در گروه ۱۰ درصد بالاترین بود که فقط با شاهد اختلاف معنی‌دار نشان داد (P<۰/۰۵) ولی بقیه گروه‌ها با شاهد اختلافی نشان ندادند (P>۰/۰۵). فاکتور وضعیت در گروه‌های ۱۰ و ۲۵ درصد بالاتر از شاهد با اختلاف معنی‌دار بود (P<۰/۰۵) اما گروه ۵۰ درصد اختلافی با شاهد نداشت (P>۰/۰۵). در پایان دوره تغذیه بدشکلی در گروه‌ها بسیار کم بود و به این دلیل مورد آنالیز آماری قرار نگرفت.

نتایج آنالیز تقریبی بدن آلوین‌های ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در جدول ۳ آورده شده است. در آنالیز تقریبی بدن آلوین‌های ماهی قزل آلای رنگین کمان که با جیره‌های مختلف حاوی پروتئین هیدرولیز شده ساردین ماهی تغذیه شده بودند همگی بجز چربی نشان دادند که تمامی گروه‌ها با شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵) بطوریکه گروه ۲۵ درصد کمترین رطوبت و بیشترین ماده خشک را دارا بود. چربی گروه ۱۰ و ۲۵ درصد با شاهد اختلاف عددی نشان دادند اما این اختلاف معنی‌دار نبود (P<۰/۰۵). خاکستر گروه‌های ۱۰ و ۲۵ درصد با شاهد اختلاف معنی‌داری نشان داد و بالاتر بود (P<۰/۰۵). پروتئین جیره‌های ۲۵ و ۱۰ درصد بالاتر از شاهد بود و با آن اختلاف معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵) و جیره ۲۵ درصد از نظر عددی بالاتر از ۱۰ درصد بود (P<۰/۰۵). گروه ۵۰ درصد در تمامی فاکتورهای فوق با جیره شاهد و گروه آزمایشی دیگر اختلاف معنی‌داری را نشان داد و بدترین وضعیت را دارا بود (P<۰/۰۵). در بررسی نسبت چربی به پروتئین مشخص شد که بیشترین درصد مربوط به گروه ۵۰ درصد و کمترین متعلق به گروه‌های ۲۵ و ۱۰ درصد است که با شاهد اختلاف معنی‌دار داشتند (P<۰/۰۵).

بررسی آنالیز تقریبی بدن آلوین‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی پروتئین هیدرولیز شده ضایعات کشتارگاهی طیور نیز نشان داد که جیره ۱۰ درصد کمترین رطوبت و بیشترین میزان ماده خشک را داراست (P<۰/۰۵). چربی نیز اختلاف معنی‌داری بین گروه‌های ۲۵ درصد، ۱۰ درصد و شاهد نشان نداد (P>۰/۰۵). خاکستر جیره ۱۰ درصد بیش از بقیه بود و با شاهد اختلاف معنی‌دار داشت (P<۰/۰۵). میزان پروتئین جیره ۱۰ درصد بیش از بقیه بود (P<۰/۰۵). جیره ۵۰ درصد در تمامی فاکتورها با جیره‌های دیگر و شاهد اختلاف معنی‌داری نشان داد (P<۰/۰۵). کمترین نسبت چربی به پروتئین در گروه ۱۰ درصد و بیشترین در گروه ۵۰ درصد دیده شد.

[DOR: 20.1001.1.10261354.1390.20.4.9.0]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110026]

جدول ۲: تاثیر رژیم‌های مختلف غذایی حاوی پروتئین‌های هیدرولیز شده ساردین ماهی و ضایعات کشتارگاهی طیور روی شاخص‌های رشد و بقا در آلوین‌های قزل‌آلای رنگین کمان

	میزان جایگزینی پروتئین هیدرولیز شده با پودر ماهی جیره			
جیره	**شاهد**	**ساردین ۱۰ درصد**	**ساردین ۲۵ درصد**	**ساردین ۵۰ درصد**
وزن اولیه[1]	۱۶۳/۶۷±۹/۸۷^{a}	۱۶٤/۳۳±۱۱/٤^{a}	۱۶۵/۶۷ ± ٤/۰٤^{a}	۱۶۳/۳۳±۶/۵^{a}
وزن نهایی[1]	۹۶۲/۷۵±٤۳/۰۷^{c}	۱۱۱٤±۵۰/۲۵^{b}	۱۲۰۹/۸۳±۹/۸۹^{b}	۷۵٤/۱۷±۹۱/۷۵^{a}
نرخ رشد ویژه[2]	۶/۱۷±۰/۳٤^{b}	۶/۵۲±۰/۱۸^{b}	۶/۶۵±۰/۱^{b}	۵/۰۵±۰/۳۸^{a}
ضریب تبدیل غذایی	۲/۵۶± ۰/۱۶^{a}	۱/۹۳±۰/۱۶^{a}	۲/۰۰±۰/۲۱^{a}	۳/٤±۰/۵۳^{b}
نرخ کارایی پروتئین	۰/۸۰±۰/۰۵^{a}	۱/۰۶±۰/۰۹^{b}	۱/۰۳±۰/۱۲^{b}	۰/۶۱±۰/۰۹^{a}
ارزش تولیدی پروتئین[3]	۱۰/۹۷±۰/۷^{b}	۱۲/۷±۱/۰۶^{bc}	۱۵/۰۳±۱/۷۱^{c}	۶/۲٤±۰/۹^{a}
بقا[3]	۸۱/۵±۰/۶^{b}	۸۹/۲±۰/۶۳^{c}	۸۹/۹۳±۱/۳۸^{c}	۶۲/٤۲±۳/۶^{a}
فاکتور وضعیت	۰/۸۲۵±۰/۰۰۷^{a}	۱/۰۵۶±۰/۰٤^{b}	۱/۰۵۵±۰/۰۵^{b}	۱/۰۰۲±۰/۰۲۵^{b}
جیره	**شاهد**	**ضایعات طیور ۱۰ درصد**	**ضایعات طیور ۲۵ درصد**	**ضایعات طیور ۵۰ درصد**
وزن اولیه[1]	۱۶۳/۶۷±۹/۸۷^{a}	۱۶٤±۱۰/۱٤۹^{a}	۱۶۶±۷^{a}	۱۶۳/۶۷±۶/۸^{a}
وزن نهایی[1]	۹۶۲/۷۵±٤۳/۰۷^{b}	۱۱٤۱/۳۳±۷/۶^{c}	۱۰۰۹/۸۳ ±۷۵/۱۹^{bc}	۵۶۶/۶۷±۳۱/۷۶^{a}
نرخ رشد ویژه[2]	۶/۱۷±۰/۳٤^{bc}	۶/٤۵±۰/۰۲^{c}	۶/۰٤±۰/۰۶^{b}	٤/۱۱±۰/۱۷^{a}
ضریب تبدیل غذایی	۲/۵۶±۰/۱۶^{a}	۱/۹۹±۰/۰۳^{a}	۲/۲۷±۰/۱^{a}	٤/۵۷±۰/۳^{b}
نرخ کارایی پروتئین	۰/۸±۰/۰۵^{b}	۱/۰۲±۰/۰۲^{c}	۰/۹ ±۰/۰٤^{bc}	۰/٤۵±۰/۰۳^{a}
ارزش تولیدی پروتئین[3]	۱۰/۹۷±۰/۷^{b}	۱۱/٤۲±۰/۱۸^{b}	۱۰/٤٤±۰/٤۷^{b}	٤/۹۵±۰/۳۳^{a}
بقا[3]	۸۱/۵±۰/۶^{a}	۸۷/٤۶±۱/۷۳^{b}	۸۵/۸±۱^{ab}	۸۵/۸٤±۱/۹^{ab}
فاکتور وضعیت	۰/۸۲۵±۰/۰۰۷^{a}	۱/۱±۰/۰۷^{b}	۱±۰/۰۰۹^{b}	۰/۸۶±۰/۰۳^{a}

a، b ، c میزان معنی‌داری در هر ردیف با سطح احتمال ۹۵ درصد، حروف هم نام غیرمعنی دارند.
۱- میلی‌گرم، ۲ - درصد در روز، ۳- درصد

ترکیب اسید آمینه جیره‌های غـذایی مختلـف در جـدول ۴ آورده شده است. با بررسی ترکیب اسیدهای آمینه جیره‌هـای مختلـف مـورد استفاده در این تحقیق مشخص مـی‌گـردد کـه بـا افـزایش پـروتئین هیدرولیز شـده میـزان آرژنـین، لیـزین، تیـروزین، ترئـونین و والـین از اسیدهای آمینه ضروری و گلایسین و پرولین از اسـیدهای آمینــه غیـر ضروری افزایش می‌یابد. با توجه به جدول مذکور مشخص می‌گردد کـه میـزان هیسـتیدین، ایزولوسـین، متیـونین، سیسـتین، تریپتوفـان از اسیدهای آمینه ضروری و آسپارتیک اسید، گلوتامیـک اسـید و سـرین کاهش می‌یابد.

با بررسی اسیدهای آمینه عطرزا مشخص شد کـه ایـن اسـیدهای آمینه با افزایش سطح پروتئین‌های هیدرولیز شده در جیره‌های حـاوی پروتئین هیدرولیز شده ساردین پهلو طلایـی کـاهش و در جیـره‌هـای حاوی پروتئین هیـدرولیز شـده ضـایعات کشـتارگاهی طیـور افـزایش می‌یابد ولی در هر گروه کمتر از شاهد بوده است. همینطـور اسـیدهای آمینه آزاد در این جیره‌ها با افزایش سطح پروتئین هیدرولیز شده از هـر دو منبع نسبت به شاهد افزایش نشان داد.

در جدول ۵ ترکیب اسیدهای آمینه بدن آلوین ماهیـان قـزل‌آلای رنگین کمان تغذیه شده با سطوح پروتئین‌های هیدرولیز شده سـاردین پهلو طلایی و ضایعات کشتارگاهی طیور ارائـه شـده اسـت. در بررسـی این جدول مشخص گردید که با افـزایش پـروتئین هیـدرولیز شـده در جیره‌ها میزان آرژنین و تریپتوفان در بدن ماهی کاهش می‌یابد. میـزان هیستیدین لاشه در جیـره‌هـای ۵۰ درصـد جـایگزینی سـاردین و ۵۰ درصد جایگزینی ضایعات کشتارگاهی نسبت به جیره‌های دیگر کـاهش نشان داد. این وضعیت در مورد ایزولوسین، لیزین، متیونین و سیسـتین نیز دیده شد.

[DOR: 20.1001.1.10261354.1390.20.4.9.0]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110026]

جدول۳: آنالیز تقریبی لاشه آلوین‌های ماهی قزل‌آلای رنگین کمان تغذیه شده با سطوح مختلف پروتئین هیدرولیز شده در پایان دوره تغذیه

فاکتورهای مورد سنجش	شاهد	ساردین ۱۰ درصد	ساردین ۲۵ درصد	ساردین ۵۰ درصد
	میزان جایگزینی پودر ماهی با پروتئین هیدرولیز شده ساردین پهلو طلایی			
رطوبت (درصد)	۸۳/۷±۰/۳۳c	۸۰/٦۳±۰/٤٤b	۷۹/٦۷±۰/٥a	۸٥/٤۸±۰/٤۳d
چربی (درصد)	۲/٤٦±۰/۰٦a	۲/٦±۰/۰۱a	۲/٦۷±۰/۰٥a	۳/۲٥±۰/۰٦b
خاکستر (درصد)	۲/۲۳±۰/۱b	۲/۹۷±۰/۱۱c	۲/۹٦±۰/۰٤c	۱/۲۳±۰/۱۱a
پروتئین (درصد)	۱۱/۸۹±۰/۰۷b	۱٤/۲۷±۰/۰۷c	۱٤/٦۷±۰/۰٤c	۹/۹٥±۰/۰٥a
نسبت چربی به پروتئین	۲۰/۷۱b	۱۸/۲٤a	۱۸/۲a	۳۲/۷c
	شاهد	**اضافات طیور ۱۰ درصد**	**اضافات طیور ۲٥ درصد**	**اضافات طیور ٥۰ درصد**
رطوبت (درصد)	۸۳/۷±۰/۳۳c	۸۱/۲۷±۰/۳۷a	۸۲/۹±۰/۳b	۸٥/٥۳±۰/۳۷d
چربی (درصد)	۲/٤٦±۰/۰٦a	۲/٥۷±۰/۰۳a	۲/٦۸±۰/۰۲a	۳/۳۱±۰/۰۲b
خاکستر (درصد)	۲/۲۳±۰/۱b	۲/۸۳±۰/۱٥c	۲/۳٤±۰/۱٥bc	۱/٤±۰/۱a
پروتئین (درصد)	۱۱/۸۹±۰/۰۷b	۱۳/٦٤±۰/۱٤c	۱۲/۱۹±۰/۰۷b	۹/۷٦±۰/۱۳a
نسبت چربی به پروتئین	۲۰/۷۱b	۱۸/۸٤a	۲۲b	۳۳/۹۸c

d ، c، b ،a : میزان معنی‌داری در هر ردیف با سطح احتمال ۹٥ درصد، حروف هم نام غیر معنی دارند.

همچنین در بررسی اسیدهای آمینه غیرضروری مشخص شد که در ماهیان تغذیه شده با جیره ٥۰ درصد جایگزینی پروتئین هیدرولیز شده ساردین و ٥۰ درصد جایگزینی پروتئین هیدرولیز شده ضایعات کشتارگاهی گلوتامیک اسید، گلایسین، پرولین و سرین افزایش داشت. اختلافات مشاهده شده در ترکیب اسیدهای آمینه در بدن آلوین‌های ماهی قزل‌آلای رنگین کمان بجز در مورد آرژنین در جیره ٥۰ درصد جایگزینی پروتئین هیدرولیز شده ساردین و آسپارتیک اسید در جیره ٥۰ درصد جایگزینی پروتئین هیدرولیز شده ضایعات کشتارگاهی معنی‌دار نبود (P>۰/۰٥). با افزایش سطح پروتئین هیدرولیز شده در جیره میزان اسیدهای آمینه آزاد بدن آلوین‌های ماهی قزل‌آلای رنگین کمان افزایش نشان داد.

ضریب همبستگی بین اسیدهای آمینه بدن آلوین‌ها و اسیدهای آمینه جیره در جدول ٥ آورده شده است. بر این اساس در جیره حاوی ساردین پهلو طلایی اسیدهای آمینه آرژنین، لیزین، فنیل الانین، تیروزین، آلانین، گلوتامیک اسید و سرین همبستگی منفی و اسیدهای آمینه هیستیدین، ایزولوسین، لوسین، متیونین، تریپتوفان، سیستین، والین، آسپارتیک اسید، گلایسین، پرولین و ترئونین همبستگی مثبتی را نشان دادند. اما در جیره‌های حاوی پروتئین هیدرولیز شده ضایعات کشتارگاهی طیور آرژنین، لوسین، لیزین، تیروزین، گلوتامیک اسید و سرین همبستگی منفی و هیستیدین، ایزولوسین، متیونین، سیستین، فنیل آلانین، ترئونین، تریپتوفان، والین، آلانین، آسپارتیک اسید، گلایسین و پرولین همبستگی مثبتی نشان داد.

جدول ٤: ترکیب اسیدهای آمینه جیره‌های غذایی با سطوح متفاوت پروتئین هیدرولیز شده ساردین پهلو طلایی و ضایعات کشتارگاهی طیور

اسید آمینه	شاهد	ساردین ۱۰ درصد	ساردین ۲۵ درصد	ساردین ۵۰ درصد	ضایعات طیور ۱۰ درصد	ضایعات طیور ۲۵ درصد	ضایعات طیور ۵۰ درصد
الف*							
آرژنین	۳/۰۱	۳/۱	۳/۲۵	۳/٤۸	۳/۰۸	۳/۱۷	۳/۱٤
هیستیدین	۱/۰۲	۰/۹۸	۰/۹۲	۰/۸۱	۰/۹٥	۰/۸٤	۰/٦۷
ایزولوسین	۲/٥۲	۲/٤۷	۲/۳۹	۲/۲٥	۲/٦	۲/٤۸	۲/٤٥
لوسین	۳/۰۹	۳/۱۳	۳/۲	۳/۳۲	۳/۱۷	۳/۰٤	۲/۹
لیزین	۲/۹۱	۳/۰٦	۳/۲۸	۳/٦٤	۳/۰٤	۳/۲٤	۳/٤٦
متیونین	۱/۲۳	۱/۲۲	۱/۲۱	۱/۱۸	۱/۲۲	۱/۲	۱/۱۸
سیستین	۰/٥۸	۰/٥۷	۰/٥٥	۰/٥۳	۰/٥۸	۰/٥۸	۰/٥۷
فنیل آلانین	۲/۰٤	۲/۱۷	۲/۳۷	۲/۷	۱/۹۹	۱/۹	۱/۷٥
تیروزین	۱/۲۷	۱/٦	۲/۱۱	۲/۹۳	۱/٤۱	۱/٥٦	۱/۸٥
ترئونین	۱/۸٦	۲/۰۹	۲/٤	۲/۹	۲/۱۳	۲/٥۲	۲/۸۸
تریپتوفان	۰/۳۹	۰/۳٦	۰/۳۲	۰/۲٥	۰/۳٥	۰/۲۸	۰/۱٦
والین	۲/۹٤	۲/۹۷	۳/۰۳	۳/۱۱	۲/۹٥	۲/۹٦	۲/۹۹
ب*							
آلانین	۲/۸	۲/۷۷	۲/۷۳	۲/٦٦	۲/۹۹	۳/۲۸	۳/۷٥
آسپارتیک اسید	٥/۱۸	٤/۷۳	٤/۰٥	۲/۹۱***	٤/۳۳	۳/۸*	۳/۱۲**
گلوتامیک اسید	۱۰/۱۹	۹/۳۹	۸/۱۸**	٦/۱۷***	۸/٦٦	۷/٦۱**	٦/۰۳***
گلایسین	۲/۲٦	۲/۹٤	۳/۹۸	٥/۷**	۳/۰٤	٤/۸٦**	٦/۹۷***
پرولین	۱/٦۹	۱/۷۲	۱/۷٦	۱/۸٤	۲	۲/٤۷	۳/۲٥**
سرین	۲/۳٦	۲/۳۳	۲/۲۹	۲/۲۱	۲/۱٦	۲/۱۱	۱/۹٥
اسید های آمینه آزاد	۱/۱۲	۱/۸۰	۲/۹	٤/٥۸	۲/۰۱	۳/۳۷	٥/۲
۱*	۲۲/۹۲	۲۳/۷۸	۲٥/۰۸	۲۷/۲۳	۲۳/٥	۲۳/۸۳	۲٤/۰٤
۲*	۲٤/٥۱	۲۳/۹۱	۲۳	۲۱/٥	۲۳/۲	۲٤/۱٥	۲٥/۰۷
۳*	۲۰/٤٥	۱۹/۸٥	۱۸/۹٥	۱۷/٤٤	۱۹/۰۳	۱۹/٥٦	۱۹/۸۸
٤*	۱<	۱<	۱/۰۹	۱/۲۷	۱/۰۱	۱<	۱<

** $p<۰/۰۱$ ، *** $p<۰/۰۰۱$ ، * الف- اسیدهای آمینه ضروری و نیمه ضروری (گرم در صد گرم)، ب- اسیدهای آمینه غیرضروری،

۱- مجموع اسیدهای آمینه ضروری و نیمه ضروری، ۲- مجموع اسیدهای آمینه غیرضروری، ۳- مجموع اسیدهای آمینه عطر زا،

٤- نسبت اسیدهای آمینه ضروری و نیمه ضروری به اسیدهای آمینه غیر ضروری

جدول ٥: ترکیب اسیدهای آمینه کل بدن آلوین‌های ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در ابتدا و پایان دوره تغذیه با سطوح متفاوت جایگزینی پروتئین هیدرولیز شده ساردین پهلو طلایی و ضایعات کشتارگاهی طیور و ضریب همبستگی بین اسیدهای آمینه ترکیب بدن با اسیدهای آمینه جیره

اسید آمینه	مقدار اولیه	شاهد	ساردین ۱۰ درصد	ساردین ۲۵ درصد	ساردین ۵۰ درصد	ضایعات طیور ۱۰ درصد	ضایعات طیور ۲۵ درصد	ضایعات طیور ۵۰ درصد	ضریب همبستگی[ج]	ضریب همبستگی[د]
الف*										
آرژنین	٦/٦	٦/٧	٦/٤	٦/٣	٥/٨*	٦/٤	٦/٣	٦/١	−۰/۹۸۳	−۰/٣٤٧
هیستیدین	٢/٥	٢/٤	٢/٤	٢/٦	٢/١	٢/٥	٢/٤	٢	۰/٤٥٨	۰/٨٦٣
ایزولوسین	٤	٤/٢	٤/١	٤/٢	٤	٤/١	٤/٢	٣/٨	۰/٧٤	۰/٧٤٢
لوسین	٧/٦	٧/٤	٧/٧	٧/٨	٧/٥	٧/٧	٧/٨	٧/٣	۰/۰٨٣	−۰/۰٨٧
لیزین	٨/٤	٨/٣	٨/٥	٨/٧	٨	٨/٥	٨/٦	٧/٩	−۰/٤٨٢	−۰/٦٢٥
متیونین	٣/٣	٣/٤	٣/٥	٣/٦	٣/١	٣/٤	٣/٥	٣/١	۰/٤٦٩	۰/٧٣۰
سیستین	۰/٤	۰/٤	۰/٥	۰/٤	۰/٣	۰/٤	۰/٣	۰/٣	۰/٧٥١	۰/٨٦٢
فنیل آلانین	٤/٢	٤/٣	٤/٢	٤/٤	٤/٢	٤/٢	٤/٣	٤	−۰/٢٢	۰/٨١٣
تیروزین	٣/٤	٣/٦	٣/٤	٣/٤	٣/٣	٣/٤	٣/٥	٣/٤	−۰/٨٦٨	−۰/٦٢
ترئونین	٥/١	٥	٥/١	٥/٣	٥	٥/٢	٥/٤	٥/١	۰/٦٧٨	۰/٧۰٧
تریپتوفان	۰/٦٧	۰/٧١	۰/٥٥	۰/٤٣	۰/٢	۰/٦	۰/٥٢	۰/٤	۰/۹۹٣	۰/۹٨٣
والین	٤/٨	٤/٦	٤/۹	٥	٤/٦	٤/٨	٤/۹	٥	۰/٣٤٧	۰/۹٢۹
ب*										
آلانین	٦/٥	٦/٧	٦/٥	٦/٦	٦/٧	٦/٥	٦/٥	٦/۹	−۰/٣	۰/٤٤٧
آسپارتیک اسید	۹/٧	۱۰	۱۰/٤	۱۰	۹/٨	۹/۹	۹/۹	۹*	۰/٨٨١	۰/۹۱٥
گلوتامیک اسید	۱٥/۱	۱٥/٤	۱٥	۱٥/٥	۱٥/٨	۱٥/٢	۱٥/٤	۱٥/٨	−۰/٧٥٢	−۰/٦٢٤
گلایسین	٧/٥	٧/٦	٧/٣	٧/٢	٧/۹	٧/٦	٧/٦	٨/٣	۰/٥۰۹	۰/٨٨١
پرولین	٣/٨	٣/٥	٣/٦	٣/٦	٤/٢	٣/٦	٣/٦	٣/٨	۰/۹٢٨	۰/۹٣۹
سرین	٤/۹	٤/٨	٤/٨	٤/۹	٥/٢	٤/٨	٤/٨	٥/٤	−۰/۹٣۹	−۰/٨٨١
اسیدهای آمینه آزاد	٨/٤١	٦/١٢	٦/٤٧	٧/٢٥	۹/٤٣	٦/۹٨	٨/۰٤	۱۰/٢٣		
۱*	٥۰/۹٧	٥۱/۰۱	٥۱/٢٥	٥٢/۱٣	٤٨/۱	٥۱/٢	٥۱/٧٢	٤٨/٤		
٢*	٤٧/٥	٤٨	٤٧/٦	٤٧/٨	٤۹/٦	٤٧/٦	٤٧/٨	٤۹/٢		

* P<۰/۰٥: ، الف- اسیدهای آمینه ضروری و نیمه ضروری (گرم در صد گرم)، ب- اسیدهای آمینه غیر ضروری (گرم در صد گرم)، ج- ضریب همبستگی بین اسید آمینه جیره‌های حاوی پروتئین هیدرولیز شده ساردین پهلو طلایی و ماهیان تغذیه شده از این جیره‌ها، د- ضریب همبستگی بین اسید آمینه جیره‌های حاوی پروتئین هیدرولیز شده ضایعات کشتارگاهی طیور و ماهیان تغذیه شده از این جیره‌ها، ۱- مجموع اسیدهای آمینه ضروری و نیمه ضروری، ٢- مجموع اسیدهای آمینه غیرضروری

[DOR: 20.1001.1.10261354.1390.20.4.9.0]

[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110026]

بحث

در این تحقیق به بررسی تاثیر دو نوع پروتئین هیدرولیز شده، یکی از منبع آبزی و دیگری از منبع خشکی‌زی، روی فاکتورهای رشد و ترکیب اسیدهای آمینه بدن آلوین‌های ماهی قزل‌آلای رنگین کمان پرداخته شد. مطالعه نشان داد که جیره های حاوی پروتئین هیدرولیز شده تا یک سطح بهینه باعث افزایش طول و وزن ماهی می‌گردد و پس از آن رشد و بقای ماهی رو به کاهش می‌گذارد. با مطالعه میانگین وزن در پایان دوره تغذیه مشخص گردید که در جیره تغذیه شده با ۱۰ و ۲۵ درصد جایگزینی پروتئین هیدرولیز شده ساردین رشد بیشتر، نرخ کارایی پروتئین بالاتر و بقای بیشتری را نشان می‌دهند ضمن اینکه ارزش تولیدی پروتئین در جیره ساردین ۲۵ درصد بهتر از بقیه بوده است. با مطالعه آلوین‌های تغذیه شده با پروتئین هیدرولیز شده ضایعات کشتارگاهی طیور نیز مشخص گردید که وزن، نرخ کارایی پروتئین، و ارزش تولیدی پروتئین در جیره ۱۰ درصد بهتر بوده و با افزایش پروتئین هیدرولیز شده در این گروه از آلوین‌ها رشد شروع به کاهش کرده است. افزودن بیش از حد پروتئین هیدرولیز شده نیز باعث کاهش رشد و بقای این ماهیان شد.

در مقایسه، Carvalho و همکاران (۱۹۹۷) مشاهده کردند که لارو کپور معمولی(*Cyprinus carpio*) که با پروتئین هیدرولیز شده ماهی تغذیه شده است از رشد بالاتری برخوردار است. Kolkovski و همکاران (۲۰۰۰) عنوان نمودند که جیره خشک پوشیده شده با پروتئین هیدرولیز شده کریل نرخ رشد ماهی را افزایش داده است. همچنین لارو ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) که با پروتئین هیدرولیز شده ماهی تغذیه شده بود نرخ رشد بالاتر و مقاومت بهتر نسبت به بیماری نشان داد (Berge & Storebakken, 1996).

نسبت مشخص از هر اسید آمینه در جیره برای رسیدن به حداکثر رشد و بقا ضروری است. این نسبت‌ها باید از نظر میزان موجود هر اسید آمینه ضروری نسبت به کل اسیدهای آمینه ضروری، میزان اسیدهای آمینه ضروری به غیر ضروری و همچنین میزان اسیدهای آمینه آزاد موجود در جیره متعادل باشد.

نیاز به اسیدهای آمینه برای رسیدن به حداکثر رشد یک جاندار به فاکتورهای مختلفی شامل: محتوای پروتئین و انرژی جیره بستگی دارد (Green & Hardy, 2002; Boisen *et al*., 2000) و اگر چه نیاز به اسیدهای آمینه بعنوان قسمتی از جیره براساس این فاکتورها متفاوت است اما میزان بهینه نسبی اسیدهای آمینه نسبتا ثابت باقی می‌ماند (Cole & Van Lunen, 1994). براساس نتایج این تحقیق وجود هر اسید آمینه در جیره نسبت به میزان موجود اسیدهای آمینه دیگر معنا می یابد و همیشه افزایش میزان یک یا چند اسید آمینه به معنای افزایش رشد نیست. بسیاری از گزارشات نیز اشاره می‌کند که افزایش میزان اسید آمینه رشد جانوران مختلف را کاهش می‌دهد (Beneveng & Steele, 1984; Rodehutscord *et al*., 1997). براساس گزارش Choo و همکاران (۱۹۹۱) میزان پروتئین بدن ماهی قزل‌آلای رنگین کمان وقتی که میزان لوسین از ۱/۱ درصد به ۳/۵ درصد افزایش یافت کاهش پیداکرد در حالی که میزان چربی بدن افزایش یافت.

در مطالعه حاضر یک همبستگی منفی بین میزان لیزین و آرژنین موجود در بدن آلوین‌ها و لیزین و آرژنین جیره مشاهده گردید. یک خاصیت رقابت متقابل بین لیزین و آرژنین در برخی جانوران گزارش شده است و عنوان شده که این خاصیت در ماهی قزل‌آلای رنگین کمان نیز دیده می‌شود (Kaushik *et al*., 1988). وقتی میزان لیزین در جیره بالا می‌رود تخریب آرژنین کاهش می‌یابد و میزان ترشح مواد دفعی نیتروژنه کم می‌شود (Berge *et al*., 1998). می‌توان گفت که در سطح بهینه نسبت اسیدهای آمینه به یکدیگر، افزایش جذب لیزین و کاهش جذب آرژنین مشاهده می‌گردد و میزان بیشتری از لیزین در تشکیل بلوکهای پروتئینی شرکت می‌کند. اما در جیره‌های با ۵۰ درصد جایگزینی پروتئین هیدرولیز شده از هر دو منبع ممکن است لیزین موجود در این جیره به نسبت بیشتری از لیزین آزاد تشکیل شده باشد. لیزین آزاد در روده سریعتر جذب می‌شود و کاتابولیسم بالاتری از اسید آمینه در کبد اتفاق می‌افتد و در نهایت ترشح و دفع نیتروژن افزایش می‌یابد و کارایی رشد کم می‌شود (Nang Thu *et al*., 2009).

[DOR: 20.1001.1.10261354.1390.20.4.9.0]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110026]

رابطه بین هیستیدین کل بدن و نرخ رشد در آلوین قزل‌آلای رنگین کمان گزارش شده است (Bodin *et al*., 2008). در این تحقیق نیز میزان هیستیدین جیره و بدن از ضریب همبستگی مثبتی برخوردار بود بطوریکه جیره‌های با رشد بیشتر میزان هیستیدین بالاتری را در ترکیب بدن داشتند. بهبود نسبت هیستیدین در جیره تاثیر مثبتی در جذب هیستیدین و جذب میکرونوترینت‌ها دارد (Breck *et al*., 2005; Nadella *et al*., 2006). در تحقیق حاضر نیز می‌توان گفت که میزان هیستیدین موجود در جیره های ۲۵ درصد جایگزینی پروتئین هیدرولیز شده ساردین و ۱۰ درصد جایگزینی پروتئین هیدرولیز شده ضایعات کشتارگاهی از این سطح بهینه برخوردار بوده و افزایش رشد را در پی داشته است.

در این مطالعه مشخص گردید که افزایش اسیدهای آمینه آزاد در جیره موجب افزایش اسیدهای آمینه آزاد در بدن آلوین‌ها می‌گردد. این افزایش وقتی از یک حد مشخص تجاوز کند باعث کاهش رشد و بقای آلوین‌ها می‌گردد. گزارش شده که جذب اسیدهای آمینه آزاد بسیار سریعتر از اسیدهای آمینه متصل به پروتئین است که ممکن است به عدم تعادل اسید آمینه منجر شود و در نتیجه منجر به کاهش رشد از طریق کاهش سنتز پروتئین گردد (Rønnestad *et al*., 2003). طبق گزارش Hardy و Green (۲۰۰۲) وقتی میزان اسید آمینه آزاد به میزان زیادی در جیره افزایش یابد (۵۹/۳ درصد) میزان بازجذب نیتروژن در بدن تا ۱۳/۶ درصد کاهش می‌یابد.

جذب مواد مغذی در روده عمدتاً توسط سلول‌های انتروسیت در ترکیب با انتقال دهندگان مختلف صورت می‌گیرد (Mailliard *et al*., 1995). درون روده تعداد مشخص و محدودی انتقال دهنده پپتید وجود دارد (Bakke-Mckellep *et al*., 2000). اشباع شدن و رقابت اسیدهای آمینه برای مکانیسم انتقالی بعنوان دلیل کاهش رشد ماهی تغذیه شده توسط جیره با محتوای اسید آمینه آزاد بالا مطرح شده است. Rønnestad و همکاران (۲۰۰۳) پیشنهاد کردند که جذب سریعتر اسیدهای آمینه آزاد ممکن است منجر به عدم تعادل اسید آمینه بدن گردد و Kolkovski و همکاران (۲۰۰۰) عنوان نمودند که جریان سریع پپتیدهای کوتاه زنجیره از طریق دیواره روده ممکن است سیستم هضمی ماهی را اشباع کند. بر این اساس می‌توان عنوان کرد که در جیره‌های حاوی میزان بالای پروتئین هیدرولیز شده، میزان بالاتر اسیدهای آمینه آزاد سبب اشباع شدن مکانیسم‌های انتقال‌دهنده اسیدهای آمینه آزاد و همچنین دی پپتیدها می‌شود و میزان اضافی آن بدون جذب از طریق مدفوع خارج می‌شود که باعث عدم تعادل اسید آمینه بدن و کاهش رشد و بقا می‌گردد.

نتایج حاضر این تئوری را که افزایش رشد و بقا به دلیل افزایش مقبولیت غذای حاوی پروتئین هیدرولیز شده دارای اسیدهای آمینه آزاد است رد می‌کند زیرا افزایش اسیدهای آمینه آزاد و همچنین اسیدهای آمینه عطر زا باعث کاهش رشد و بقای آلوین‌ها گردید. نتایج حاضر با گزارش Aksenes و همکاران (۲۰۰۶) همخوانی دارد. آنها نیز عنوان کردند که افزایش رشد و بقا در تیمارهای مورد مطالعه روی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان به دلیل افزایش مقبولیت غذا از طریق افزایش اسیدهای آمینه آزاد نیست.

در جمع بندی کلی می‌توان گفت که جایگزینی پروتئین هیدرولیز شده با پودر ماهی جیره آلوین‌های ماهی قزل‌آلای رنگین کمان تا یک حد معین باعث تعادل نسبت اسیدهای آمینه جیره می‌گردد که این تعادل در نهایت منجر به افزایش رشد و بقای آلوین‌های ماهی قزل‌آلای رنگین کمان خواهد شد. شاید تعریف Fuller و Wang (۱۹۸۹) در این مورد بسیار همخوانی دارد که میزان بهینه اسید آمینه به معنی مجموعه‌ای از اسیدهای آمینه در جیره است که در آن هر اسید آمینه ضروری به میزان مساوی برای رشد و نمو محدود کننده است. این میزان بهینه برای جایگزینی پروتئین هیدرولیز شده ساردین پهلو طلایی به مقدار ۲۵ درصد و برای جایگزینی پروتئین هیدرولیز شده ضایعات کشتارگاهی طیور به میزان ۱۰ درصد می‌باشد.

منابع

سالنامه آماری سازمان شیلات ایران، ۱۳۷۹-۱۳۸۸. دفتر برنامه و بودجه، سازمان شیلات ایران، ۱۳۸۹، چاپ اول.

Arai S., 1981. A purified test diet for coho salmon، *Oncorhyncus kisutch*، fry. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 47:547–550.

Aguila J., Cuzon G., Pascual C., Domingues P.M., Gaxiola G., Sánchez A., Maldonado T. and Rosas C., 2007. The effects of fish hydrolysate (CPSP) level on *Octopus maya* (Voss and Solis) diet: Digestive enzyme activity، blood metabolites، and energy balance. Aquaculture, 273:641–655.

Aksnes A., Hope B., Jönsson E., Björnsson B.T. and Albrektsen S., 2006. Size fractionated fish hydrolysate as feed ingredient for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed high plant protein diets. I: Growth, growth regulation and feed utilization. Aquaculture, 261:305–317.

AOAC., 1995. Official methods of analysis.16th ed. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists Inc.

Bai S.C., 2001. Requirements of L-ascorbic acid in a viviparous marine teleost, Korean rockfish (*Sebaster Schlegeli*). *In*: (K. Dabrowski ed) Ascorbic acid in aquatic organism.. CRC Press. pp.69-85.

Bakke-McKellep A.M., Nordrum S., Krogdahl Å. and Buddington R.K., 2000. Absorption of glucose, amino acids and dipeptides by the intestines of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Fish Physiology and Biochemistry, 22:33–34.

Bekcan S., Dogankaya L. and Cakirogullari G.C., 2006. Growth and body composition of European catfish (*Silurus glanis*) fed diet containing different percentages of protein. Bamidgeh. 58:137-142.

Berge G.E., Sveir H. and Lied E., 1998. Nutrition of Atlantic salmon (*Salmo salar*); the requirement and metabolic effect of lysine. Comparative Biochemistry and Physiology, 120:477–485.

Berge G.M. and Storebakken T., 1996. Fish protein hydrolyzate in starter diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*) fry. Aquaculture, 145:205–212.

Benevenga N.J. and Steele R.D., 1984. Adverse effects of excessive consumption of amino acids. Annual Review in Nutrition, 4:157–181.

Bligh E.G. and Dyer W.J., 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. Canadian Journal Biochemistry Physiology, 37:911–7.

Breck O., Bjerka˚s E., Campbell P., Rhodes J.D., Sanderson J. and Waagbø R., 2005. Histidine nutrition and genotype affect cataract development in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. Journal of Fish Disease, 28:357–371.

Bodin N., Mambrini M., Wauters J.B., Abboudi T., Ooghe W., Boulenge E.L., Larondelle Y. and Rollin X., 2008. Threonine requirements for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*) at the fry stage are similar. Aquaculture, 274:353–365.

Boisen S., Hvelplund T. and Weisbjerg M.R., 2000. Ideal amino acid profiles as a basis for feed protein evaluation. Livestock Production Science, 64:239–251.

Carvalho A.P., Escaffre A.M., Oliva Teles A. and Bergot P., 1997. First feeding of common carp larvae on diets with high levels of protein hydrolysates. Aquaculture International, 5:361–367.

Choo P.S., Smith T.K., Cho C.Y. and Ferguson H.W., 1991. Dietary excesses of leucine in fluence growth and body composition of rainbow trout. Journal of Nutrition, 121:1932–1939.

Cole D.J.A. and Van Lunen T.A., 1994. Ideal Amino Acid Patterns. *In*: (J.P.F. D'Mello ed). Amino acids in farm animal nutrition, Wallingford, UK. pp.99–112.

Dabrowski K.R., 1986. Ontogenetical aspects of nutritional requirements in fish. Comparative Biochemistry and Physiology, 85:639-655.

Espe M. and Lied E., 1994. Do Atlantic salmon (*Salmo salar*) utilize mixtures of free amino acids to the same extent as intact protein sources for muscle protein synthesis?. Comparative Biochemistry and Physiology, 107:249–254.

Espe M., Sveier H., Høgøy I. and Lied E., 1999. Nutrient absorption and growth of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed fish protein concentrate. Aquaculture, 174:119–137.

FAO STAT-Agriculture, 2010. http://faostat.fao. org.

Finn R.N., Rønnestad I., van der Meeren T. and Fyhn H.J., 2002. Fuel and metabolic scaling during the early life stages of Atlantic cod Gadus morhua. Marine Ecology Progress, 243:217–234.

Fishstate plus, 2009. Universal software for fishery statistical time series. Vrsion 2.3. FAO statistics.

Green J.A. and Hardy R.W., 2002. The optimum dietary essential amino acid pattern for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), to maximize nitrogen retention and minimize nitrogen excretion. Fish Physiology and Biochemistry, 27:97–108.

Hardy R.W., 1991. Fish hydrolysates: production and use in aquaculture feeds. *In*: (D.M. Akiyama and R.K.H. Tan eds.), Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop. American Soybean Association، Singapore، pp.109–115.

Kaushik S.J., Fauconneau B., Terrier L. and Gras J., 1988. Arginine requirement and status assessed by different biochemical indices in rainbow trout (*Salmo gairdneri R.*). Aquaculture, 70:75– 95.

Kofi F.A., Hung S.S.O., Liu W. and Li H., 1992. Growth, lipogenesis and liver compositionof juvenile white sturgeon fed different levels of D-Glucose, Aquaculture, 105:61-72.

Kolkovski S., Czensny S. and Dabrowski K., 2000. Use of krill hydrolysate as a feed attractant for fish larvae and juveniles. Journal of World Aquaculture Society, 31:81-88.

Kotzamanis Y.P., Gisbert E., Gatesoupe F.J., Zambonino Infante J. and Cahu C., 2007. Effects of different dietary levels of fish protein hydrolysates on growth،digestive enzymes، gut microbiota، and resistance to Vibrio anguillarum in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. Comparative Biochemistry and Physiology, 147:205–214.

Kvåle A., Harboe T., Mangor-Jensen A. and Hamre K., 2009. Effect of protein hydrolysate in weaning diets for Atlantic cod *Gadus morhua* and Atlantic halibut *Hippoglossus hippoglussus.* Aquaculture Nutrition, 15:218–227.

Leal A.L.G., Fernandes de Castro P., Viana de Lima J.P., De Souza Correia E. and De Souza Bezerra R., 2009. Use of shrimp protein hydrolysate in Nile tilapia (*Oreochromis *niloticus* L.) feeds. Aquaculture International. 18(4):635-646.

Liang M., Wang J., Chang Q. and Mai K., 2006. Effects of different levels of fish protein hydrolysate in the diet on the nonspecific immunity of Japanese sea bass، *Lateolabrax japonicus* (Cuvieret Valenciennes، 1928). Aquaculture Research, 37:102–106.

Mailliard M.E., Stevens B.R. and Mann G.E., 1995. Amino acid transport by small intestinal, hepatic, and pancreatic epithelia. Gastroenterology, 108:888–910.

Moore S., 1963. On the determination of cysteine as cysteic acid. Journal of Biological Chemistry. 238:235– 237.

Nadella S., Grosell M. and Wood C.M., 2006. Physical characterization of high affinity gastrointestinal Cu transport in vitro in freshwater rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Journal of Comparative Physiology B, 176:793–806.

Nang Thu T.T., Parkouda C., de Saeger S., Larondelle Y. and Rollin X., 2009. Protein level does not affect lysine utilization efficiency at marginal lysine intake in growing rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry. Aquaculture, 288:312–320.

National Research Council (NRC). 1993. Nutrient requirements of fish. Committee of Animal Nutrition, Board of Agriculture, National Academy Press, Washington DC, USA.

Ockerman H.W. and Hansen C.L., 2000. Poultry by-products. *In*: H.W. Ockerman and C.L. Ansen eds.) Animal by Product Processing and Utilization, CRC press, New York, USA. pp.439–455.

Refstie S., Olli J.J. and Standal H., 2004. Feed intake، growth، and protein utilisation by post smolt Atlantic salmon (*Salmon salar*) in response to graded levels of fish protein hydrolysate in the diet. Aquaculture, 239:331–349.

Rodehutscord M., Becker A., Pack M. and Pfeffer E., 1997. Response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to supplements of individual essential amino acids in a semipurified diet, including an estimate of the maintenance requirement for essential amino acids. Journal of Nutrition, 127:1166–1175.

Rønnestad I., Tonheim S.K., Fyhn H.J., Rojas-García C.R., Kamisaka Y., Koven W., Finn R.N., Terjesen B.F., Barr Y. and Conceição L.E.C., 2003. The supply of amino acids during early feeding stages of marine fish larvae: a review of recent findings. Aquaculture, 227:147–164.

Savoie A., Le François N.R., Cahu C., Blier P.U. and Andreassen I., 2006. Do protein hydrolysates improve survival and growth of newly-hatched spotted wolffish (*Anarhichas minor*), a non-metamorphic aquaculture fish species? Aquaculture, 261:782–788.

Szlaminska M., Escaffre A.M., Charlon N., Bergot P., 1991. *Preliminary data on semisynthetic diets for goldfish* (*Carassius auratus* L.) larvae. *In*: S.J. Kaushik and P. Luquet eds.), Fish Nutritionin Practice. INRA، Paris، Les Colloques، Biarritz، France، 61. pp.607–612.

Taheri A., Abedian Kenari A., Motamedzadegan A. and Habibi Rezaie A.M., 2010. Optimization of gold stripe sardine (*Sardinella gibossa*) protein hydrolysate using alcalase® 2.4L by RSM. CytA Journal of Food, pp.1-7.

Terjesen B.F., Lee K.J., Zhang Y., Failla M. and Dabrowski K., 2006. Optimization of dipeptide–protein mixtures in experimental diet formulations for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) alevins. Aquaculture, 254:517– 525.

Wang T.C. and Fuller M.F., 1989. The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. 1. Experiments by amino acid deletion. British Journal of Nutrition, 62:77–89.

Yamamoto T., Unuma T. and Akiyama T., 2000. The influence of dietary protein and fat levels on tissue free amino acid levels of fingerling rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 182:353–372.

Zambonino Infante J.L., Cahu C.L. and Péres A., 1997. Partial substitution of di and tripeptides for native proteins in sea bass diet improves *Dicentrarchus labrax* larval development. Journal of Nutrition, 127:608–614.

[DOR: 20.1001.1.10261354.1390.20.4.9.0]

[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110026]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1390.20.4.9.0]

[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110026]

Goldstrip sardine (*Sardinella gibossa*) and poultry by-product protein hydrolysate effects on amino acid composition, growth and alevines survival of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Taheri A.(1); Abedian Kenari A.M.*(2) and Halladj R.(3)
aabedian@modares.ac.ir
1- Faculty of Marine Sciences, Chabahar Maritime University, P.O. Box: 99717-56499 Chabahar, Iran
2- Faculty of Marine Sciences, Tarbiat Modares University, P.O.Box: 356-46414 Noor, Iran
3- Department of Chemistry Engineering, Amir Kabir University, Tehran, Iran

Recieved: January 2011 Accepted: November 2011

Keywords: Feeding, Fish meal, Aquaculture, Ration

Abstract

Effects of Goldstrip sardine (*Sardinella gibossa*) and poultry by-product protein hydrolysate on amino acid composition, growth and alevines survival of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) were investigated. Two hydrolyzed protein sources were incorporated into six diets for start-feeding rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss)* alevines, in 3 different replacing levels (10%, 25% and 50%) of fish meal. Goldstrip sardine protein hydrolysate (SPH) and poultry by-product protein hydrolysate (PPH) were used, respectively. To compare the results, we used the same diet without protein hydrolysate. The diet with 25% SPH and 10% PPH offered the best results in terms of growth, survival, protein efficiency ratio, protein productive value and condition factor. Alevines fed with 25% SPH and 10% PPH showed more balanced amino acid composition in their body. By enhancing the protein hydrolysate in the diet, free amino acid composition in the diet and fish body was enhanced. The protein hydrolysate enhancement showed negative correlation with growth factors. Also, non essential amino acid composition of the body composition showed positive correlation with the lipid/protein percentage of the alevines. We conclude that an optimum level of protein hydrolysate can improve growth and performance of the rainbow trout alevines. However, excess protein hydrolysate can cause imbalanced amino acid composition in fish body and reduces the growth and survival factors. Based on this study, the optimum replacement of fish meal by SPH and PPH in rainbow trout alevines's diet is 25% and 10%, respectively.

*Corresponding author