

"مقاله پژوهشی"

تاثیر گنجاندن بیوسیلژ تولیدشده از ضایعات ماهیان گرم آبی در جیره بر عملکرد رشد، بازماندگی و ترکیب لاشه کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)

احمد نوازنده^۱، ابوالقاسم اسماعیلی فریدونی^{۱*}، رضا صفری^۲

۱- گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۲- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۴/۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۶/۱۸

چکیده

این مطالعه جهت ارزیابی اثرات سطوح مختلف بیوسیلژ تولیدی از ضایعات ماهیان گرم آبی در جیره بر عملکرد رشد، بازماندگی و ترکیب لاشه ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) صورت گرفت. بچه ماهیان با میانگین وزن اولیه $48 \pm 1/3$ گرم در ۱۵ تانک فایبرگلاسی با ظرفیت مفید ۲۰۰ لیتر (با تراکم ۲۰ قطعه در هر تانک) در ۵ تیمار شامل جیره شاهد (پلت ماهی کپور دارای آرد ماهی و فاقد بیوسیلژ)، جیره ۲۵ درصد (۲۵ درصد بیوسیلژ + ۷۵ درصد آرد ماهی)، جیره ۵۰ درصد (۵۰ درصد بیوسیلژ + ۵۰ درصد آرد ماهی)، جیره ۷۵ درصد (۷۵ درصد بیوسیلژ + ۲۵ درصد آرد ماهی) و جیره حاوی ۱۰۰ درصد بیوسیلژ (فاقد آرد ماهی) به مدت ۵۶ روز غذادهی شدند. نتایج نشان داد که میزان بازماندگی بچه ماهیان اختلاف معنی داری بین تیمارهای مختلف نداشت ($p \geq 0/05$). میزان افزایش وزن بدن، ضریب رشد ویژه، نسبت کارآیی پروتئین و ضریب تبدیل غذایی در جیره ۵۰ درصد (۵۰ درصد بیوسیلژ + ۵۰ درصد آرد ماهی) بهترین وضعیت را نشان داد ($p \leq 0/05$) و سپس سطوح گنجاندن بالاتر از ۵۰ درصد و نهایتاً سطوح پایین تر از آن از نظر عملکردی قرار داشتند. میزان پروتئین خام لاشه در ماهیان تغذیه شده با تیمارهای ترکیبی (۵۰ درصد بیوسیلژ + ۵۰ درصد آرد ماهی) و (۷۵ درصد بیوسیلژ + ۲۵ درصد آرد ماهی) در مقایسه با سایر گروه‌ها اختلاف معناداری نشان داد ($p \leq 0/05$). کمترین میزان چربی خام لاشه در ماهیان تغذیه شده با تیمار ۵۰ درصد بیوسیلژ + ۵۰ درصد آرد ماهی بدست آمد که اختلاف معناداری با سایر گروه‌ها داشت ($p \leq 0/05$). بر اساس نتایج پیشنهاد می‌شود که امکان جایگزینی ۵۰ درصدی بیوسیلژ حاصل از ضایعات ماهیان گرم آبی بجای آرد ماهی در جیره پایه کپور معمولی منجر به افزایش رشد، بهبود ضریب تبدیل غذایی و بهتر شدن کیفیت لاشه شد.

کلمات کلیدی: بیوسیلژ، شاخص‌های رشد، بازماندگی، ترکیبات لاشه، کپور معمولی

* عهده‌دار مکاتبات: a.esmaeili@sanru.ac.ir

مقدمه

صنعت آبی پروری کشور در طی سال‌های گذشته توسعه چشمگیری یافته است، بطوری که میزان کل تولید آبزیان پرورشی کشور از ۴۸۹ هزار تن در سال ۱۳۹۷ به ۶۰۰ هزار تن در سال ۱۴۰۱ رسیده است (سالنامه آماری سازمان شیلات ایران، ۱۴۰۱-۱۳۹۷). از این میزان در سال ۱۴۰۱، سهم ماهیان گرم‌آبی ۲۳۹ هزار تن (۳۹/۹۵ درصد)، قزل‌آلا ۲۰۸ هزار تن (۳۴/۳۹ درصد) و ماهیان خاویاری ۴۶۶۴ تن (۰/۶۳ درصد) می‌باشد (سالنامه آماری سازمان شیلات ایران، ۱۴۰۱-۱۳۹۷). نظر به تولید بیش از ۶۰۰ هزار تنی ماهیان گرم‌آبی در سال ۱۴۰۱ و با در نظر گرفتن متوسط درصد ضایعات قابل انتظار (حدود ۴۵ درصد)، کل ضایعات تولیدی از ماهیان گرم‌آبی حدوداً به ۲۷۰ هزار تن خواهد رسید. ضایعات حاصله به دلیل کیفیت پایین و زمان ماندگاری کم، ماده خام اولیه و سوبسترای مناسبی جهت تبدیل شدن به پودر را نداشته و تولیدکنندگان آرد ماهی رغبت چندانی به استفاده از آن نشان نمی‌دهند. با این حال، قابلیت تبدیل شدن ضایعات تولیدی در برخی از کارخانجات فرآوری آبزیان (مانند تولید کنسرو از انواع تون ماهیان) به آرد ماهی وجود داشته و گنجاندن این ضایعات در فرمولاسیون جیره غذایی آبزیان امکان‌پذیر می‌باشد. این در حالی است که به طور کلی آرد ماهی تولیدی از ضایعات ماهیان فاقد کیفیت مناسب بوده و به همین دلیل بایست به فکر جایگزین‌های جدید و یا تولید محصولات فراسودمند از آنها بود (Fagbenro et al., 1997; Güllü et al., 2014).

سیلاژها (Silage) از مهم‌ترین محصولات قابل تولید از ضایعات ماهیان به شمار می‌روند که در آن ضایعات

آبزیان شامل ضایعات قبل و بعد از پخت تن‌ماهیان، ماهیان گرم‌آبی، سردآبی و میگو تولید می‌شوند (Arruda et al., 2007). از نظر ماهیت، سیلاژ نوعی محصول تخمیری بوده که با دو روش اسیدی و بیولوژیکی تولید می‌شود. سیلاژ اسیدی محصولی مشتق از ضایعات به روش اسیدی و با استفاده از انواع اسیدهای آلی و معدنی (مانند اسید فرمیک و اسید سولفوریک) می‌باشد (Bhaskar et al., 2008; Davies et al., 2020; Peñarubia et al., 2020). این در حالی است که سیلاژ بیولوژیکی یا بیوسیلاژ (Biosilage) به روش بیولوژیکی و با دو روش آتولیز (با استفاده از آنزیم‌های داخلی) و تخمیری (با استفاده از آغازگر میکروبی) تولید می‌شود. آغازگرهای لازم جهت تلقیح عمدتاً از گروه باکتری‌های لاکتیکی، باکتری‌های گرم مثبت اسپوردار (انواع باسیلوس‌ها) و انواع مخمرها می‌باشند (Ahmed and Mahendrakar, 1996; Hu et al., 2023).

بیوسیلاژهای تولیدی در مقایسه با آرد ماهی از مزایای متعددی شامل میزان بالای پروتئین، بالا بودن پروتئین قابل هضم (تا ۸۹ درصد)، غنی بودن از باکتری‌های مفید در فرآیند تولید (مانند گروه لاکتیک‌ها، باسیلوس‌ها و مخمرها) و عدم نیاز به غنی‌سازی محصول (با سایر پروبیوتیک‌ها) برخوردار می‌باشند (Davies et al., 2020). از طرف دیگر، به واسطه بکارگیری فرآیند تخمیر و عدم استفاده از تیمار حرارتی در تولید بیوسیلاژ، پروتئین‌های اولیه به پپتیدهایی با وزن مولکولی پایین‌تر با قابلیت جذب بیشتر تبدیل شده و نهایتاً ترکیب اسیدهای آمینه در محصول نهایی نیز حفظ می‌گردد (Dawood et al., 2020).

آبزیان وجود داشته ولی میزان و سطح جایگزینی‌ها به شدت به نوع گونه آبزی، ماده خام اولیه و روش تولید سیلاژ و فرآوری آن وابسته است (Marijani et al., 2019).

با توجه به بالا بودن هزینه تولید جیره ماهیان گرمابی، استفاده از سایر منابع فرآوری شده از جمله بیوسیلایزها می‌تواند سهم بسزایی در کاهش هزینه تولید خوراک داشته باشد. بنابراین مطالعه حاضر به امکان تولید بیوسیلایز از ضایعات ماهیان گرمابی و بررسی اثرات سطوح گنجاندن بیوسیلایز بجای آرد ماهی در جیره ماهیان نوجوان کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) بر رشد و بازماندگی، شاخص‌های تغذیه‌ای و ترکیبات بیوشیمیایی لاشه متمرکز گردید.

مواد و روش‌ها

تولید بیوسیلایز از ضایعات ماهیان گرم‌آبی

ضایعات ماهیان گرم‌آبی (بصورت ترکیبی) از بازار ماهی‌فروشان شهرستان ساری (استان مازندران) تهیه و در مجاورت زنجیره سرد در کوتاه‌ترین زمان ممکن به پایلوت فرآوری پژوهشکده اکولوژی دریای خزر منتقل و تا زمان عمل‌آوری در دمای ۲۰- درجه سانتی-گراد نگهداری گردید. پس از انجمادزدایی، نمونه‌ها ابتدا کاملاً چرخ شده و به فرماتور یک تنی (از جنس استیل) در محدوده دمایی ۶۰ درجه انتقال یافته تا آنزیم‌های داخلی کماکان فعال باقی بمانند. در مرحله بعد، از باکتری‌های تجزیه‌کننده پروتئین (واجد آنزیم پروتئاز مانند باکتری‌های گرم مثبت اسپوردار) و باکتری‌های تولیدکننده اسید (جهت کاهش pH سوسپانسیون و تسریع فرآیند تخمیر مانند باکتری‌های لاکتیک) تحت عنوان باکتری‌های آغازگرهای

تولید بیوسیلایز در مقیاس تجاری در آینده می‌تواند احتمالاً به معرفی محصول سودمند با قیمت ارزان‌تر (در مقایسه با سایر محصولات مشابه در صنعت خوراک آبزیان)، کاهش تبعات زیست محیطی حاصل از دپوی ضایعات آبزیان و کاهش میزان صید ماهی کیلکا و ساردین جهت تامین ماده خام اولیه برای تولید آرد ماهی منجر شود. همچنین، ساده‌تر بودن فرآیند تولید بیوسیلایز و نهایتاً کمتر بودن سرمایه‌گذاری خط تولید تجاری آن در مقایسه با هزینه تمام شده جهت راه-اندازی خط تولید آرد ماهی از دیگر مزایای آن محسوب می‌شود. با توجه به قیمت بالا و مشکلات متعدد در زمینه تهیه آرد ماهی بعنوان گران‌ترین ماده خام از محتویات جیره آبزیان، این احتمال وجود داشته تا قیمت تمام شده جیره پس از جایگزین کردن آرد ماهی با بیوسیلایز کاهش یابد (Arruda et al., 2007; Cheng et al., 2023). یافته‌های قبلی از نظر اقتصادی نشان داد که قیمت تمام شده بیوسیلایز تولیدی از ضایعات ماهی تقریباً ۳۰ درصد کمتر از قیمت آرد ماهی می‌باشد (صفری و همکاران، ۱۴۰۰).

مطالعات متعددی در زمینه کاربرد انواع بیوسیلایز تولیدی از ضایعات گروه‌های مختلف از مواد اولیه و همچنین جایگزینی بیوسیلایز بجای آرد ماهی و یا سایر منابع پروتئینی جیره بر روی شاخص‌های رشد، تغذیه، آنزیم‌های گوارشی، پارامترهای خونی-سرمی، فاکتورهای ایمنی و بیان ژن در انواع آبزیان اعم از ماهیان و سخت‌پوستان صورت گرفته است (Chimsung and Tantikitti, 2014; Davies et al., 2020; Hasan et al., 2022; Samaddar et al., 2021; Tang et al., 2015). یافته‌های این مطالعات نشان می‌دهد که امکان جایگزینی سیلاژ در جیره

میکروبی جهت هضم ضایعات استفاده شد. باکتری‌های مورد استفاده انحصاری بوده و دارای ویژگی‌هایی نظیر رشد در pH اسیدی، توانایی رشد در دمای ۷۰ درجه بمدت ۶ تا ۸ ساعت و همچنین خواص پروتئازی بالا می‌باشند. بهنگام افزودن آغازگرهای میکروبی، منبع کربوهیدرات (ملاس نیشکر) بطور توأمان اضافه و سپس نمونه‌ها به مدت ۴ ساعت در شرایط تخمیر قرار گرفتند. پس از اتمام فرآیند، نمونه‌ها از دستگاه جداکننده عبور کرده تا روغن موجود در آن کاملاً جدا گردد. بعد از جداسازی روغن از نمونه اصلی حاوی پروتئین تجزیه شده، با افزودن منبع کربوهیدرات، مقدار

ماده خشک در نمونه‌های تخمیر شده را افزایش داده تا در نهایت خشک کردن محصول با کیفیت بهتری انجام گیرد. جهت خشک کردن، نمونه‌ها با استفاده از خشک‌کن صنعتی در دمای ۵۵-۶۰ درجه سانتی‌گراد بمدت ۶-۸ ساعت قرار گرفتند. در مرحله نهایی، نمونه‌ها با استفاده از دستگاه آسیاب به مش‌های یکسان تبدیل و نهایتاً بسته‌بندی شدند (صفری و همکاران، ۱۴۰۰). شاخص‌های بیوشیمیایی، کیفی، پارامترهای میکروبی مولد فساد و میزان فلزات سنگین در بیوسیلژ تولید شده از ماهیان گرم‌آبی از مطالعه حاضر در جدول ۱ ارائه شدند.

جدول ۱: شاخص‌های بیوشیمیایی، کیفی، پارامترهای میکروبی مولد فساد و میزان فلزات سنگین در بیوسیلژ تولید شده از ضایعات ماهیان گرم‌آبی

محصول				شاخص های بیوشیمیایی (درصد)				شاخص کیفی		پارامترهای میکروبی (CFU/g)			فلزات سنگین (mg/Kg)			
بیوسلایز حاصل از ماهیان گرم-آبی				پروتئین	چربی	رطوبت	خاکستر	TNV (mg/100g)	Peroxide Value (meq/Kg)	توتال کانت	توتال کولی فرم	کپک و مخمر	Mn	Cu	Fe	Zn
۵۳/۲۶	۱۲/۱۷	۹/۷۴	۱۱/۸۰	۴۲/۳۶	۱/۸۶	۳/۲×۱۰ ^۴	-	۱×۱۰ ^۳	۱۰/۷۸	۱۲/۹۳	۹/۸۵	۱۱۶/۷				

تهیه بچه ماهی و دوره سازگاری

این مطالعه در زمستان سال ۱۴۰۱ در پژوهشکده اکولوژی دریای خزر (استان مازندران، ساری) انجام شد. به منظور سازگاری با شرایط جدید پرورشی، ابتدا بچه ماهیان نوجوان کپور معمولی بمدت ۱۰ روز در تانک‌های فایبرگلاسی قرار گرفته و در حد سیری ظاهری در دو وعده در روز با جیره تجاری ماهی کپور تغذیه شدند.

تیمارهای آزمایشی

تیمارهای آزمایش برای انجام این مطالعه شامل ۵ تیمار بوده که سطوح جایگزینی مورد نظر در جیره پایه گنجانده شدند (Najim et al., 2014; Sabbagh et

al., 2019). آنالیز بیوشیمیایی جیره پایه (پلت ماهی کپور معمولی) نشان داد که این جیره حاوی ۳۲ درصد پروتئین، ۷/۸ درصد چربی، ۱۱/۳ درصد خاکستر و ۸/۲ درصد رطوبت بود. ترکیب بیوشیمیایی آرد ماهی استفاده شده در این مطالعه (تهیه شده از شرکت تعاونی پارس قزل) حاوی ۵۶ درصد پروتئین، ۹ درصد چربی، ۹/۲ درصد رطوبت، ۱۳/۵ درصد خاکستر، ۰/۰۱ درصد فیبر خام، ۰/۰۵ درصد کلسیم و ۰/۰۳ درصد فسفر بود. در نهایت جهت سهولت، مبنای نام‌گذاری برای هر یک از جیره‌ها بر اساس میزان گنجاندن سطح بیوسیلژ در نظر گرفته شد (جدول ۲).

تیمار ۱: گروه شاهد (پلت ماهی کپور، فقط دارای آرد ماهی و فاقد بیوسیلاژ)
تیمار ۲: جیره ۲۵ درصد (۲۵ درصد بیوسیلاژ + ۷۵ درصد آرد ماهی)
تیمار ۳: جیره ۵۰ درصد (۵۰ درصد بیوسیلاژ + ۵۰ درصد آرد ماهی)
تیمار ۴: جیره ۷۵ درصد (۷۵ درصد بیوسیلاژ + ۲۵ درصد آرد ماهی)
تیمار ۵: جیره ۱۰۰ درصد (فقط دارای بیوسیلاژ و فاقد آرد ماهی)

جدول ۲: محتویات خام جیره (بر حسب گرم) در تیمارهای جایگزینی بیوسیلاژ به جای آرد ماهی در تغذیه ماهی کپور معمولی

تیمارهای ترکیبی				تیمارها
۱۰۰ درصد (۱۰۰ بیوسیلاژ)	۷۵ درصد (۷۵ درصد بیوسیلاژ + ۲۵ درصد آرد ماهی)	۵۰ درصد (۵۰ درصد بیوسیلاژ + ۵۰ درصد آرد ماهی)	۲۵ درصد (۲۵ بیوسیلاژ + ۷۵ درصد آرد ماهی)	ترکیبات
–	۶۵۰	۱۳۵۰	۱۸۵۰	آرد ماهی
۲۳۰۰	۱۷۵۰	۱۲۰۰	۶۵۰	آرد بیوسیلاژ
۸۰۰	۷۵۰	۷۵۰	۷۵۰	آرد گندم
۸۵۰	۸۵۰	۸۵۰	۸۵۰	آرد ذرت
۵۵۰	۵۰۰	۳۵۰	۴۰۰	آرد آب پنیر
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	روغن گیاهی
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	روغن ماهی
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	مخلوط املاح معدنی ^(*)
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	مخلوط ویتامینی ^(**)
۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	آنتی اکسیدان
۷۵	۷۵	۷۵	۷۵	بایندر
ترکیب بیوشیمیایی جیره (درصد)				
۹/۹	۹/۷	۹/۵	۹/۲	رطوبت
۳۳/۳	۳۳/۴	۳۳/۳۶	۳۳/۱۰	پروتئین
۹/۱	۹	۸/۹	۷/۸	چربی
۱۰/۱۱	۱۰/۱۷	۱۰/۵	۱۱/۳	خاکستر
۴۷/۴۹	۴۷/۴۳	۴۷/۲۴	۴۷/۸	کربوهیدرات کل ^a
۱۵/۳۷	۱۵/۳۵	۱۵/۲۶	۱۴/۹۱	انرژی (کیلوژول بر گرم) ^b

(*) ترکیبات پرمیکس معدنی (بر حسب mg/Kg پرمیکس): $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ۲۵/۰، $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ۶۰، NaCl ۵۰/۰، KCl ۱۲۷/۵، $\text{MgSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ۱۰۰/۰، $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ۵/۵، $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ۰/۷۸۵، $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ۲/۵۴، $\text{CoSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ۰/۴۷۸، $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ۰/۲۹۵، $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ۰/۱۲۸.

(**) ترکیبات پرمیکس ویتامینی (در هر کیلوگرم پرمیکس): ویتامین A، ۱۰۰۰۰ IU؛ ویتامین D3، ۲۰۰۰ IU؛ ویتامین E، ۱۰۰ mg؛ ویتامین K، ۲۰ mg؛ ویتامین B1، ۴۰۰ mg؛ ویتامین B2، ۴۰ mg؛ ویتامین B6، ۲۰ mg؛ ویتامین B12، ۰/۰۴ mg؛ بیوتین، ۰/۲ mg؛ کولین کلراید، ۱۲۰۰ mg؛ فولیک اسید، ۱۰ mg؛ اینوسیتول، ۲۰۰ mg؛ نیاسین، ۲۰۰ mg؛ پانتوتنیک کلسیم، ۱۰۰ mg.

^a کربوهیدرات کل = ۱۰۰ – [(پروتئین (%)) + چربی (%)) + خاکستر (%)]

^b انرژی (کیلوژول بر گرم) و بر اساس کربوهیدرات (۱۱ کیلوژول بر گرم، پروتئین (۲۰/۹ کیلوژول بر گرم) و چربی (۳۵/۱ کیلوژول بر گرم)

تغذیه بچه ماهیان

برای انجام مطالعه حاضر، تعداد ۳۰۰ قطعه بچه ماهی نوجوان کپور معمولی (میانگین وزن اولیه: $48 \pm 3/1$ گرم) در ۱۵ تانک فایبرگلاسی با ظرفیت مفید ۲۰۰ لیتر و با تراکم ذخیره سازی ۲۰ قطعه ماهی در هر تانک با شرایط یکسان از نظر حجم آب و فاکتورهای کمی و کیفی مشابه بصورت کاملاً تصادفی توزیع شدند. میزان غذای روزانه بچه ماهیان بر حسب میانگین وزن توده (بیوماس) و درجه حرارت آب بر اساس جدول استاندارد غذادهی ماهی کپور معمولی با دفعات غذادهی ۲ بار در روز (ساعات ۸ صبح و ۶ بعد از ظهر) به صورت دستی در ۸ هفته صورت گرفت. در طی دوره پرورش و به منظور جلوگیری از آلودگی محیط، روزانه مدفوع و سایر مواد باقی مانده از کف تانک ها سیفون شدند. میزان تعویض آب در تانک ها به صورت هفتگی و در حدود ۳۰-۴۰ درصد از حجم آب هر تانک انجام گرفت.

فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب شامل میزان اکسیژن محلول (میلی گرم بر لیتر) و pH به صورت روزانه توسط روش های استاندارد و مقادیر نیتريت، نترات و آمونیاک کل آب (میلی گرم بر لیتر و اندازه گیری شده به صورت هفتگی) با دستگاه دیجیتال HACH (ساخت کشور آلمان) اندازه گیری شد (APHA, 2017).

شاخص های رشد، تغذیه و ترکیب بیوشیمیایی بدن ماهیان

جهت بررسی میزان و روند رشد، طول و وزن کلیه ماهیان در هر تانک در انتهای دوره پرورش اندازه گیری شد. ماهیان نمونه برداری شده پس از بیهوشی با پودر گل میخک (۵۰ میلی گرم در لیتر) و با ترازوی دیجیتال بطور انفرادی (با دقت ۰/۱ گرم) توزین و طول

استاندارد آنها با تخته بیومتری (با دقت میلی متر) ثبت شد (Zhou et al., 2009).

$$WG = W_f - W_i$$

WG افزایش وزن بدن (گرم)، W_i وزن اولیه (گرم)، W_f وزن نهایی (گرم)

$$CF = [W_f / L_f^{(3)}] \times 100$$

CF ضریب چاقی یا شاخص وضعیت، L_f طول چنگالی

$$\% / \text{day} = 100 \times [(\ln W_f - \ln W_i) / t] (\text{SGR})$$

SGR ضریب رشد ویژه، t تعداد روزهای پرورش

$$FCR = FI / WG$$

FCR ضریب تبدیل غذایی، FI خوراک مصرفی (گرم)، WG

افزایش وزن (گرم)

$$PI = FI \times \% \text{ Protein}$$

PI پروتئین خورده شده، Pr درصد پروتئین جیره (گرم)، FI

خوراک مصرفی (گرم)

$$PER = WG / PI$$

PER نسبت کارایی پروتئین، WG افزایش وزن (گرم)، PI

پروتئین مصرفی (گرم)

میزان بازماندگی $100 = (\text{تعداد ماهیان اولیه ذخیره شده} / \text{تعداد}$

ماهیان سالم باقیمانده)

در انتهای دوره پرورش، تعداد ۳ قطعه ماهی از هر مخزن (۳ نمونه ماهی از هر تکرار و مجموعاً ۱۲ نمونه ماهی از هر تیمار) به صورت کاملاً تصادفی انتخاب و پس از خارج کردن امعاء و احشاء و همچنین زدن سر و دم با آب سرد شسته شدند. سپس نمونه ها به صورت کامل توسط چرخ گوشت ۳ بار چرخ شده و پس از بسته بندی در بسته های زیپ کیپ به صورت منجمد به آزمایشگاه جهت آنالیز منتقل شدند (بیواره و جعفریان، ۱۳۹۷؛ شیخ ویسی و همکاران، ۱۴۰۳).

جهت اندازه گیری ترکیب بیوشیمیایی بدن ماهیان شامل میزان رطوبت از دستگاه آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد تا رسیدن به وزن ثابت و برای میزان خاکستر از کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد استفاده شد. جهت سنجش میزان پروتئین از روش

کج‌جلدال و برای ارزیابی میزان چربی از روش سوکسله استفاده گردید. در نهایت میزان کربوهیدرات کل با کسر اعداد حاصل از مجموع مقادیر پروتئین، چربی، خاکستر و رطوبت از عدد ۱۰۰ محاسبه شد (AOAC, 1995).

تجزیه و تحلیل آماری

این مطالعه با استفاده از طرح آماری در قالب طرح کاملاً تصادفی (Completely Randomized Design) در سه تکرار برای هر تیمار و شاهد استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS ۲۲ و روش آنالیز واریانس یک طرفه (One-way analysis of variance) صورت گرفت. برای مقایسه میانگین بین تیمارهای مختلف از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (Duncans Multiple-range test) در سطح احتمال ۵ درصد ($p \leq 0.05$) استفاده گردید.

نتایج

میانگین پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب در طول دوره پرورش ماهی نوجوان کپور معمولی برای دمای آب 23.5 ± 0.2 درجه سانتی‌گراد، اکسیژن محلول 6.0 ± 0.4 میلی‌گرم بر لیتر، pH 7.0 ± 0.1 و میزان

آمونیاک کل آب کمتر از 0.1 ± 0.03 میلی‌گرم بر لیتر بود.

فاکتورهای رشد و میزان بازماندگی ماهیان نوجوان کپور معمولی در تیمارهای مختلف تغذیه شده با تیمارهای ترکیبی بیوسیلایز و آرد ماهی در انتهای دوره پرورش (جدول ۳) نشان داد که وزن نهایی بدن در تیمار ۵۰ درصد بیوسیلایز + ۵۰ درصد آرد ماهی، نسبت به تیمارهای شاهد و تیمار ۲۵ درصد بیوسیلایز + ۷۵ درصد آرد ماهی اختلاف معنی‌دار داشت ($p \leq 0.05$) ولی با سطوح جایگزینی بالاتر از ۵۰ درصد تفاوت معنی‌داری نشان نداد ($p \geq 0.05$). میزان ضریب رشد ویژه، نسبت کارآیی پروتئین و میزان افزایش وزن بدن در تیمار ۵۰ درصد بیوسیلایز + ۵۰ درصد آرد ماهی اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد ($p \leq 0.05$). بهترین ضریب تبدیل غذایی در ماهیان تغذیه کرده از ۵۰ درصد بیوسیلایز + ۵۰ درصد آرد ماهی همراه با اختلاف معنی‌دار با سایر گروه‌ها حاصل گردید ($p \leq 0.05$). با این حال، اختلاف معنی‌داری در شاخص وضعیت و میزان بازماندگی ماهیان در بین تیمارهای آزمایش مشاهده نشد ($p \geq 0.05$).

جدول ۳: میزان رشد، بازماندگی و شاخص های تغذیه ای ماهی کپور معمولی تغذیه شده با تیمارهای ترکیبی بیوسیلاژ و آرد ماهی

تیمارهای ترکیبی					تیمارها
شاخص	شاهد	۲۵ درصد	۵۰ درصد	۷۵ درصد	
	(۱۰۰ درصد آرد ماهی)	(۲۵ بیوسیلاژ + ۷۵ درصد آرد ماهی)	(۵۰ درصد بیوسیلاژ + ۵۰ درصد آرد ماهی)	(۷۵ درصد بیوسیلاژ + ۲۵ درصد آرد ماهی)	(۱۰۰ درصد بیوسیلاژ)
وزن اولیه بدن (گرم)	۴۷/۳±۹/۱	۴۸/۳±۱/۲	۳±۴۸/۳	۴۸/۳±۱/۳	۴۸/۲±۱/۷
وزن نهایی بدن (گرم)	۹۹/۱۸±۵/۲ ^c	۱۲±۱۰۴/۳ ^{bc}	۲۲±۱۱۹ ^a	۱۱۳/۲۲±۱/۲ ^{ab}	۱۲±۱۰۸/۷ ^{abc}
افزایش وزن بدن (گرم)	۵۱/۳±۵/۱ ^c	۳±۵۶/۱ ^c	۷۱/۵±۸/۸ ^a	۷±۶۵/۲ ^b	۶۰/۳±۲/۴ ^b
ضریب رشد ویژه (درصد/روز)	۰/۰±۸۶/۰۱ ^c	۰/۰±۹۳/۰۲ ^c	۱/۰±۲/۰۲ ^a	۱/۰±۰۸/۰۶ ^b	۰±۱/۰۸ ^b
ضریب تبدیل غذایی	۲/۰±۲/۱ ^c	۲/۰±۱۳/۱ ^c	۱/۰±۶۷/۰۵ ^a	۱/۰±۸۲/۰۸ ^b	۱/۰±۹۲/۰۶ ^b
شاخص وضعیت	۱/۰±۴۳/۰۴ ^a	۱/۰±۴۳/۰۴ ^a	۱/۰±۴۶/۰۶ ^a	۱/۰±۴۰/۰۶ ^a	۱/۰±۳۸/۰۸ ^a
ضریب کارآیی پروتئین (درصد)	۰/۰±۹۷/۰۳ ^c	۰/۰±۹۷/۰۳ ^c	۱/۰±۲۴/۰۲ ^a	۱/۰±۱۳/۰۶ ^b	۱/۰±۰۵/۰۴ ^c
میزان بازماندگی (درصد)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

* حروف غیرهمسان در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنادار در سطح ۵ درصد می باشد ($p \leq 0.05$).

چربی در تیمار ۵۰ درصد بیوسیلاژ + ۵۰ درصد آرد ماهی به ثبت رسید که اختلاف معنی داری با سایر تیمارها داشت ($p \leq 0.05$). با این حال اختلاف معنی داری از نظر میزان رطوبت و خاکستر مابین تیمارها دیده نشد ($p \geq 0.05$) (جدول ۴).

ترکیب بیوشیمیایی لاشه ماهیان نوجوان کپور معمولی تغذیه شده با مقادیر مختلف ترکیب بیوسیلاژ و آرد ماهی در انتهای دوره پرورش نشان داد که اختلاف معنی داری در میزان پروتئین مابین ماهیان تغذیه کرده از تیمارهای ترکیبی شامل ۵۰ درصد بیوسیلاژ + ۵۰ درصد آرد ماهی و ۷۵ درصد بیوسیلاژ + ۲۵ درصد آرد ماهی با سایر تیمارها وجود داشت ($p \leq 0.05$). کمترین میزان

جدول ۴: ترکیبات بیوشیمیایی لاشه ماهی کپور معمولی متاثر از گنجاندن سطوح مختلف بیوسیلاژ و آرد ماهی

تیمارهای ترکیبی					شاخص
۱۰۰ درصد	۷۵ درصد	۵۰ درصد	۲۵ درصد	شاهد	(درصد)
(۱۰۰ بیوسیلاژ)	(۷۵ بیوسیلاژ + ۲۵ درصد آرد ماهی)	(۵۰ درصد بیوسیلاژ + ۵۰ درصد آرد ماهی)	(۲۵ بیوسیلاژ + ۷۵ درصد آرد ماهی)	(۱۰۰ درصد آرد ماهی)	
پروتئین خام	^b ۱۷/۰±۰۶/۱	^a ۱۷/۰±۵۲/۲	^b ۱۶/۰±۹/۱	^b ۱۶/۰±۹/۱	
چربی خام	^c ۲/۰±۰۴/۰۴	^a ۱/۰±۵۸/۰۵	^c ۰±۲/۰۸	^c ۰±۲/۰۷	
رطوبت	^a ۷۸/۱±۸/۲	^a ۸۰/۱±۴/۳	^a ۷۸/۱±۳/۴	^a ۷۸/۰±۵/۶	
خاکستر	^a ۱/۰±۲/۱	^a ۱/۰±۲/۲	^a ۱/۰±۱/۱	^a ۱/۰±۱/۱	

* حروف غیرهمسان در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنادار در سطح ۵ درصد می باشد ($p \leq 0.05$).

بحث

با توجه به شرایط اقتصادی و نگرانی‌های مختلف زیست محیطی، استفاده از بیوسیلایز در جیره آبزیان احتمالا می‌تواند به عنوان یک روش پایدار و دوست‌دار محیط زیست بوده و باعث کاهش هزینه‌های تولید خوراک آبزیان و کمتر شدن آلودگی‌های زیست محیطی گردد (Fuertes et al., 2013). بررسی نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان داد که میزان بازماندگی ماهیان در انتهای دوره پرورش متاثر از تغذیه با سطوح مختلف از بیوسیلایز در مقایسه با گروه شاهد قرار نگرفت که این مسئله موید عدم اثرات منفی جایگزینی آرد ماهی با بیوسیلایز (حتی در سطوح جایگزینی کامل بیوسیلایز) دارد. چنین روندی قبلا در گونه‌های مختلف از ماهیان اعم از تیلاپیا، قزل‌آلا و کپور ماهیان هم گزارش گردید (Dawood et al., 2020; Mondal, 2014; Najim et al., 2014; Samaddar et al., 2015).

از نظر شاخص‌های رشدی در کپور ماهیان تغذیه شده با تیمارهای مختلف در مطالعه حاضر، داده‌ها نشان دادند که وزن نهایی بدن، سرعت رشد روزانه و میزان افزایش وزن بدن تا سطح جایگزینی ۵۰ درصدی بیوسیلایز به جای آرد ماهی روند افزایشی داشت ولی در سطوح بالاتر از آن روند کاهشی غیرمعنادار مشاهده شد. با این حال برخی از شاخص‌های تغذیه‌ای شامل ضریب تبدیل غذایی و نسبت کارآیی پروتئین روند به مراتب بالاتری تا جایگزینی ۵۰ درصدی بیوسیلایز بجای آرد ماهی نشان دادند ولی در سطوح بالاتر و پایین‌تر از این سطح روند معنادار کاهشی دیده شد. چنین نتایجی قبلا توسط صفری و همکاران (۱۴۰۰) در ماهی قزل-آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) و در

جایگزینی ۵۰ درصدی بیوسیلایز تولید شده از ضایعات مرغ به جای آرد ماهی در مقایسه با ماهیان تغذیه کرده از ۱۰۰ درصد آرد ماهی و ۱۰۰ درصد بیوسیلایز بر افزایش وزن بدن، سرعت رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و نسبت کارآیی پروتئین گزارش شد. همچنین، Najim و همکاران (۲۰۱۴) در جایگزینی بیوسیلایز حاصل از ضایعات صید ضمنی ماهیان دریایی به جای آرد ماهی بیان کردند که حتی جایگزینی تا سطح ۷۵ درصد هم فاقد اثرات مضر بر رشد و پارامترهای خونی در ماهی کپور معمولی می‌باشد. با این حال، Dawood و همکاران (۲۰۲۰) در جایگزینی پودر فرآورده‌های فرعی طیور تخمیر شده با مخمر (سطوح ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصدی) در جیره تیلپای نیل (*Oreochromis niloticus*) نشان دادند که جایگزینی تا سطح ۲۰ درصد سبب بهبود شاخص‌های رشد و ضریب تبدیل غذایی شد ولی افزایش آن تا ۴۰ درصد باعث کاهش میزان مصرف غذا به دلیل کاهش طعم و مطلوبیت غذا برای ماهی گردید. آنها سطح جایگزینی ۲۵-۱۱ درصدی را به عنوان بهترین محدوده برای جایگزینی دانسته و دلایل آن را به افزایش فعالیت آنزیم‌های لیپاز و پروتئاز روده-ای و به خصوص فعالیت آنزیم آمیلاز در سطح ۲۰-۱۰ درصدی سیلاز و کاهش فعالیت لیزوزیم و دیگر شاخص‌های ایمنی در سطوح بالاتر از ۳۰ درصد نسبت دادند. در مطالعه اخیرا انجام شده توسط Hu و همکاران (۲۰۲۳) حتی استفاده از سیلاز تخمیر شده ضایعات چای به عنوان نوعی افزودنی (Additive) در جیره ماهی باس دهان گشاد (*Micropterus salmoides*) در سطح افزودنی ۲ درصد باعث افزایش سرعت رشد ویژه، طول و وزن نهایی بدن، افزایش فعالیت آنزیم‌های

Dawood et al., 2020; Hu et al., 2023; Sabbagh et al., 2019). به عنوان مثال، استفاده از سیلاژ اسیدی ماهی به عنوان جایگزین آرد ماهی در جیره تـای-پنگوسی (*Pangasianodon hypophthalmus*) سبب عدم اثرات منفی بر پارامترهای سرمی تا سطح جایگزینی ۷۵ درصدی و بهبود معنادار رشد (افزایش وزن ۳۹۱ درصد) گردید در حالی که کمترین رشد در گروه شاهد و جایگزینی ۱۰۰ درصدی سیلاژ گزارش شد (Kamei et al., 2018). در مطالعه حاضر حتی جایگزینی ۱۰۰ درصدی بیوسیلاژ حاصل از ضایعات ماهیان گرم‌آبی عملکرد بهتری در مقایسه با ماهیان تغذیه کرده از آرد ماهی (گروه شاهد) از نظر رشد و شاخص‌های تغذیه‌ای ماهی کپور معمولی داشت.

ترکیب بیوشیمیایی بدن در ماهیان به شدت به ترکیب و محتویات غذایی جیره، میزان روزانه غذایی و سایر عوامل محیطی وابسته می‌باشند (Gawlicka et al., 2002). از طرفی پدیده تخمیر در تولید بیوسیلاژ منجر به افزایش قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی در جیره می‌شوند (Upadhaya and Kim, 2015). در مطالعه حاضر، میزان پروتئین خام لاشه ماهیان تغذیه شده با سطوح ۷۵-۵۰ درصد جایگزینی بیوسیلاژ و میزان چربی لاشه در جایگزینی ۵۰ درصدی روند به مراتب بهتری در مقایسه با سایر گروه‌ها داشتند. جمع‌بندی این نتایج نشان‌دهنده کاهش چربی و بهبود پروتئین لاشه در ماهیان تغذیه شده با ۵۰ درصد جایگزینی بیوسیلاژ دارند در حالی که جایگزینی کامل آرد ماهی با بیوسیلاژ منجر به کاهش میزان پروتئین و افزایش چربی لاشه شد. کاهش درصد چربی لاشه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در کلیه جیره‌های حاوی سیلاژ در جایگزینی آرد ماهی با سیلاژ اسیدی ماهی

لیپاز، آمیلاز و پروتئاز و بهبود عملکرد شاخص‌های ایمنی روده در ماهیان گردید.

نتایج متناقضی در کاهش میزان رشد و عدم بهبود در شاخص‌های تغذیه‌ای متاثر از جایگزینی آرد ماهی با بیوسیلاژ در برخی از ماهیان آب شیرین و یا دریایی در دیگر مطالعات گزارش گردید (Davies et al., 2020; Fagbenro et al., 1994, 1997). به عنوان مثال در سی‌باس دریایی (*Dicentrarchus labrax*)، نتایجی مبنی بر مشابهت و یا کاهش میزان رشد، مصرف غذا و کارایی پروتئین در ماهیان تغذیه کرده از سیلاژ تولیدی از ماهی ساردین (ماحصل از تخمیر تفاله سیب، ملاس و اسید فرمیک) گزارش شد (Davies et al., 2020). همچنین، Fagbenro و همکاران (۱۹۹۴) عنوان کردند که جایگزینی آرد ماهی با بیوسیلاژ در تیلاپای نیل (*Oreochromis niloticus*) منجر به کاهش رشد، بدتر شدن ضریب تبدیل غذایی و کاهش کارایی پروتئین گردید. در تحلیل دلایل چنین عملکردهای متفاوت در جایگزینی‌های بیوسیلاژ بجای آرد ماهی، بررسی مطالعات قبلی نشان می‌دهند که بهبود عملکرد رشد در جیره‌های حاوی بیوسیلاژ (آن هم تا سطح مشخصی از جایگزینی) به افزایش سطح جذب مولکول‌های پپتیدی توسط سلول‌های اندوتلیال روده مربوط می‌شود (Hong et al., 2014). همچنین در برخی از موارد کاهش شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای به کاهش مطلوبیت و طعم غذا، کاهش میزان مصرف غذا توسط ماهی و نوع بیوسیلاژ حاصل از فرآورده‌های تخمیری مرتبط دانسته شد (Hu et al., 2023).

در مطالعات قبلی بیان شد که تغییر در روش تهیه سیلاژ هم می‌تواند بر عملکرد رشد ماهیان بسته به نوع گونه ماهی تاثیر بگذارد (Daevis et al., 2020;)

به‌نیه جایگزینی بیوسیلاژ در این ماهی و دیگر گونه‌های پرورشی در آینده استفاده گردد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله بر خود لازم دانسته تا از زحمات کارشناسان محترم پژوهشکده اکولوژی دریای خزر کمال تشکر را داشته باشند.

منابع

۱. بیواره، م. ر.، جعفریان، ح.، ۱۳۹۷. تأثیر دو پربیوتیک تجاری ایمکس، سلماناکس مایع و مخلوط آن‌ها باهم در جیره غذایی بچه ماهیان نورس کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) بر عملکرد رشد، کارایی تغذیه و میزان مقاومت در برابر استرس‌های محیطی. نشریه توسعه آبی-پروری، ۱۲(۴)، ۱-۱۶.
۲. سالنامه آماری سازمان شیلات ایران، ۱۴۰۱-۱۳۹۷. سالنامه آماری سازمان شیلات ایران (۱۳۹۷-۱۴۰۱). دفتر برنامه‌ریزی و بودجه. معاونت برنامه‌ریزی و مدیریت منابع، سازمان شیلات ایران. ۳۳ صفحه.
۳. شیخ‌ویسی، ر.، هدایتی، ع.، ا.، مازندرانی، م.، جعفر نوده، ع.، باقری، ط.، ۱۴۰۳. تأثیر مکمل غذایی ملاس بر برخی شاخص‌های خون‌شناسی ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) در مواجهه با نانوذرات اکسید تیتانیوم. نشریه توسعه آبی-پروری، ۱۸(۱)، ۲۹-۴۰.
۴. صفری، ر.، نصراله‌زاده، ح.، فارابی، م.و.، جعفری، ع.، ۱۴۰۰. تولید سیلاژ بیولوژیک از ضایعات طیور و تأثیر آن بر شاخص‌های رشد و ایمنی ماهی قزل-

(اسید فرمیک) در سطوح مختلف (صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد در جیره) قبلاً توسط Güllü و همکاران (۲۰۱۴) گزارش شد. برخلاف یافته‌های مطالعه حاضر، Hekmatpour و همکاران (۲۰۱۹) هیچ‌گونه تغییری در ترکیب بیوشیمیایی لاشه ماهی صیبتی (*Sparidentex hasta*) با گنجاندن بیوسیلاژ حاصل از ضایعات مرغ در جیره در سطوح ۵۵-۱۵ درصدی به جای آرد ماهی گزارش نکردند. علت چنین یافته‌های متناقض در مطالعات گوناگون را می‌توان به تفاوت در ترکیبات و محتویات مواد خام تشکیل دهنده جیره، نوع گونه ماهی، طول دوره پرورش و حتی شرایط متفاوت محیطی آزمایش نسبت داد.

با توجه به این که ماهی کپور معمولی یکی از مهم‌ترین گونه‌های گرم‌آبی کشور بوده و ضایعات زیادی در روند فروش و مصرف نهایی آن در بازارها حاصل می‌گردد، لذا عمل‌آوری و تولید بیوسیلاژ حاصل از آن ضایعات می‌تواند نقش مهمی از نظر اقتصادی ایفاء کند. همچنین، امکان استفاده و جایگزینی بیوسیلاژ تا سطح ۵۰ درصد به جای آرد ماهی در جیره ماهی کپور معمولی اثرات مثبت بر رشد، ضریب تبدیل غذایی و کیفیت لاشه ماهی داشت. با این حال جهت ارزیابی دقیق‌تر و انجام مطالعات تکمیلی اثرات آن بایست دیگر شاخص‌های مهم از جمله فعالیت آنزیم‌های گوارشی و آنتی‌اکسیدانی، شاخص‌های خونی و بیوشیمیایی سرم، اثرات ایمنی‌زایی آن در مقابل بیماری‌های عفونی و پروفایل اسیدهای چرب و آمینه بیوسیلاژ و لاشه ماهی در آینده مورد بررسی قرار گیرد. همچنین پیشنهاد می‌شود تا برای برخی از پارامترهای اندازه‌گیری شده از آزمون رگرسیون پلی‌نومینال جهت تعیین میزان دقیق و

- M., Saleh, A.A., El Asely, A.M., Fadl, S.E., Ahmed, H.A., Al-Ghanim, K.A., Mahboob, S., Al-Misned, F., 2020. Evaluation of yeast fermented poultry by-product meal in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) feed: Effects on growth performance, digestive enzymes activity, innate immunity, and antioxidant capacity. *Frontiers in Veterinary Science*, 6, 516.
14. Fagbenro, O.A., Jauncey, K., Haylor, G.S., 1994. Nutritive value of diets containing dried lactic acid fermented fish silage and soybean meal for juvenile *Oreochromis niloticus* and *Clarias gariepinus*. *Aquatic Living Resource*, 7, 79–85.
 15. Fagbenro, O., Jauncey, K., Krueger, R., 1997. Nutritive value of dried lactic acid fermented fish silage and soybean meal in dry diets for juvenile catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Journal of Applied Ichthyology*, 13, 27–30.
 16. Fuertes, J., Celada, J., Carral, J., Saez-Royuela, M., Gonzalez-Rodriguez, A., 2013. Replacement of fish meal with poultry by-product meal in practical diets for juvenile crayfish (*Pacifastacus leniusculus* Dana, Astacidae) from the onset of exogenous feeding. *Aquaculture*, 404, 22–27.
 17. Gawlicka, A., Herold, M.A., Barrows, F.T., De La Noue, J., Hung, S.S.O., 2002. Effects of dietary lipids on growth, fatty acid composition, intestinal absorption and hepatic storage in white sturgeon (*Acipenser transmontanus* R.) larvae. *Journal of Applied Ichthyology*, 18, 673–681.
 18. Güllü, K., Acar, U., Tezel, R., Yozukmaz, A., 2014. Replacement of fish meal with fish processing by-product silage in diets for the rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Pakistan Journal of Zoology*, 46(6), 697–703.
 19. Hasan, B., Iriani, D., Warningsih, T., Caipang, C.M.A., Muchlisin, Z.A., Suharman, I., 2022. Growth and carcass quality of on-growing river catfish *Hemibagrus nemurus* fed with dietary salted by-catch and fish viscera meal mixtures as fishmeal substitute. *Aquaculture Reports*, 27, 101343.
 - آلای رنگین کمان. گزارش نهایی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان مازندران. ص ۱۱۲–۱۱۷.
 5. Ahmed, J., Mahendrakar, N.S., 1996. Autolysis and rancidity development in tropical freshwater fish viscera during fermentation. *Bioresource Technology*, 58, 247–251.
 6. AOAC, 1995. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists International. 4th edition. Arlington, V.A., USA.
 7. APHA, 2017. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd Edition, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation. 2nd edition. Washington D.C., USA.
 8. Arruda, L.F.D., Borghesi, R., Oetterer, M., 2007. Use of fish waste as silage: a review. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50, 879–886.
 9. Bhaskar, N., Benila, T., Radha, C., Lalitha, R.G., 2008. Optimization of enzymatic hydrolysis visceral waste proteins of Catla (*Catla catla*) for preparing protein hydrolysate using a commercial protease. *Bioresource Technology*, 99, 335–343.
 10. Cheng, X., Xiang, J., Tian, J., Tian, X., Wu, H., Yuan, X., He, Z., Xie, M., Song, R., 2023. Effects of varying levels of crawfish (*Procambarus clarkia*) shell meals on growth, fillet quality, and health of koi carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture*, 564, 739030.
 11. Chimsung, N., Tantikitti, C., 2014. Fermented golden apple snail as an alternative protein source in sex-reversed red tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. mossambicus*) diets. *Walailak Journal of Science and Technology*, 11(1), 41–49.
 12. Davies, S.J., Guroyd, D., Hassaan, M.S., El-Ajnaf, S.M., El-Haroun, E., 2020. Evaluation of co-fermented apple-pomace, molasses and formic acid generated sardine based fish silages as fishmeal substitutes in diets for juvenile European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) production. *Aquaculture*, 521, 735087.
 13. Dawood, M.A.O., Magouz, F.I., Mansour,

- Poultry by-product meal as an alternative to fish meal in the juvenile gilthead seabream (*Sparus aurata*) diet. *Aquaculture*, 511, 734220.
29. Samaddar, A., Kaviraj, A., Saha, S., 2015. Utilization of fermented animal by-product blend as fishmeal replacer in the diet of *Labeo rohita*. *Aquaculture Reports*, 1, 28–36.
 30. Tang, T., Tong, F., Zhao, S., Bai, J., Wei, Z., Hu, Y., Liu, S., 2021. Effects of fermented *Broussonetia papyrifera* on growth, intestinal antioxidant, inflammation and microbiota of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Aquaculture Reports*, 20, 100673.
 31. Upadhaya, S.D., Kim, I.H., 2015. Ideal digestibility of nutrients and amino acids in unfermented, fermented soybean meal and canola meal for weaning pigs. *Animal Science Journal*, 86, 408–414.
 32. Zhou, Z., Liu, Y., He, S., Shi, P., Gao, X., Yao, B., Ringø, E., 2009. Effects of dietary potassium diformate (KDF) on growth performance, feed conversion and intestinal bacterial community of hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* ♀×*O. aureus* ♂). *Aquaculture*, 291, 89–94.
 20. Hekmatpour, F., Kochanian, P., Ghafle Marmmazi, J., Zakeri, M., Mousavi, S., 2019. Potential of poultry by-product meal as a main protein source in diets formulated for juvenile sobaity (*Sparidentex hasta*). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 18(4), 873–890.
 21. Hong, K.J., Lee, C.H., Kim, S.W., 2004. *Aspergillus oryzae* GB-107 fermentation improves nutritional quality of food soybeans and feed soybean meals. *Journal of Medicinal Food*, 7, 430–435.
 22. Hu, M., Zhou, X., Wang, Y., Li, J., Wu, Q., Bao, S., Jiang, L., Liu, B., 2023. Use of fermented tea residues as a feed additive and effects on growth performance, body composition, intestinal enzyme activities, and inflammatory biomarkers in juvenile largemouth bass (*Micropterus salmoides*). *Aquaculture Reports*, 31, 101671.
 23. Kamei, M., Sahu, B., Raman, S., Nanda, S., Choudhury, D., 2018. Use of fish silage based blended protein source for replacement of fish meal in Thai-Pangas diet. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(10), 2949–2961.
 24. Marijani, E., Kigadye, E., Okoth, S., 2019. Occurrence of fungi and mycotoxins in fish feeds and their impact on fish health. *International Journal of Microbiology*, doi.org/10.1155/2019/6743065, 1–17.
 25. Mondal, K., 2014. Nutritional evaluation of fermented poultry feather meal in the formulated diets of fingerlings of *Catla catla* (Hamilton). *Electronic Journal of Biology*, 10, 118–124.
 26. Najim, S.M., Al-Noor, S.S., Jasim B.M., 2014. Effects of fish meal replacement with fish biosilage on some haematological and biochemical parameters in common carp *Cyprinus carpio* fingerlings. *International Journal of Research in Fisheries and Aquaculture*, 4(3), 112–116.
 27. Peñarubia, O.R., Toppe, J.O.G.E.I.R., James, D., 2020. Fish waste management: Turning waste into healthy feed with antimicrobial properties. *Asian Fisheries Science*, 33, 11–15.
 28. Sabbagh, M., Schiavone, R., Brizzi, G., Sicuro, B., Zilli, L., Vilella, S., 2019.

Effects of the dietary inclusion of biosilage produced by warmwater fish wastes on growth, survival rate and carcass composition of common carp (*Cyprinus carpio*)

Navazandeh, A.¹, Esmaeili Fereidouni, A.^{1*}, Safari, R.²

1- Department of Fisheries, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU), Sari, Iran.

2- Caspian Sea Ecology Research Institute, Fisheries Science Research Institute, Agricultural Education and Extension Research Organization, Sari, Iran.

Received: 25 June 2024

Accepted: 8 September 2024

Abstract

This study was conducted to evaluate the effects of different levels of biosilage produced from the wastes of warmwater fish in the practical diet on growth performance, survival, and carcass composition of common carp (*Cyprinus carpio*). Juveniles (average initial weight of 48 ± 1.3 g) were fed in 15 fiberglass tanks with a useful capacity of 200 liters (with a stocking density of 20 fish per tank) and in five treatments including control diet (carp pellets with fishmeal and no biosilage), 25% (25% biosilage + 75% fishmeal), 50% (50% biosilage + 50% fishmeal), 75% (75% biosilage + 25% fishmeal) and diet containing 100% biosilage for 56 days. No significant difference was observed in the survival rate of fish between treatments ($p \geq 0.05$). Final body weight gain, specific growth rate, protein efficiency ratio and food conversion ratio in the diet of 50% (50% biosilage + 50% fishmeal) showed the best performance ($p \leq 0.05$); and inclusion levels higher than 50% and finally levels lower than showed performances. Crude protein content of carcass in fish fed 50% biosilage + 50% fishmeal and then 75% biosilage + 25% fishmeal showed significant differences compared to other groups ($p \leq 0.05$). The lowest amount of crude carcass lipid was obtained in fish fed with 50% biosilage + 50% fishmeal, which had a significant difference with other groups ($p \leq 0.05$). Based on the results, it is suggested that the possibility of substituting 50% biosilage obtained from warmwater fish waste instead of fishmeal in the diet of common carp led to increased growth, improved food conversion ratio and carcass quality.

Keywords: Bio-silage; Growth Indices; Survival Rate; Carcass Composition; Common Carp.

* Corresponding Author: a.esmaeili@sanru.ac.ir