"مقاله پژوهشی"

تاثیر گنجاندن بیوسیلاژ تولیدشده از ضایعات ماهیان گرم‌آبی 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 بیوسیلاژ تولیدی از ضایعات ماهیان گرم‌آبی در جیره بر عملکرد رشد، بازماندگی و ترکیب لاشه ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) صورت‌گرفت. بچه ماهیان با میانگین وزن اولیه ۱/۳±۴۸ گرم در ۱۵ تانک فایبرگلاسی با ظرفیت مفید ۲۰۰ لیتر (با تراکم ۲۰ قطعه در هر تانک) در ۵ تیمار شامل جیره شاهد (پلت ماهی‌کپور دارای آرد ماهی و فاقد بیوسیلاژ)، جیره ۲۵ درصد (۲۵ درصد بیوسیلاژ + ۷۵ درصد آرد ماهی)، جیره ۵۰ درصد (۵۰ درصد بیوسیلاژ + ۵۰ درصد آرد ماهی)، جیره ۷۵ درصد (۷۵ درصد بیوسیلاژ + ۲۵ درصد آرد ماهی) و جیره حاوی ۱۰۰ درصد بیوسیلاژ (فاقد آرد ماهی) به مدت ۵۶ روز غذادهی شدند. نتایج نشان داد که میزان بازماندگی بچه ماهیان اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف نداشت ($p\geq$۰/۰۵). میزان افزایش وزن بدن، ضریب رشد ویژه، نسبت کارآیی پروتئین و ضریب تبدیل غذایی در جیره ۵۰ درصد (۵۰ درصد بیوسیلاژ + ۵۰ درصد آرد ماهی) بهترین وضعیت را نشان داد ($p\leq$۰/۰۵) و سپس سطوح گنجاندن بالاتر از ۵۰ درصد و نهایتا سطوح پایین‌تر از آن از نظر عملکردی قرار داشتند. میزان پروتئین خام لاشه در ماهیان تغذیه شده با تیمارهای ترکیبی (۵۰ درصد بیوسیلاژ + ۵۰ درصد آرد ماهی) و (۷۵ درصد بیوسیلاژ + ۲۵ درصد آرد ماهی) در مقایسه با سایر گروه‌ها اختلاف معناداری نشان داد ($p\leq$۰/۰۵). کمترین میزان چربی خام لاشه در ماهیان تغذیه شده با تیمار ۵۰ درصد بیوسیلاژ + ۵۰ درصد آرد ماهی بدست آمد که اختلاف معناداری با سایر گروه‌ها داشت ($p\leq$۰/۰۵). بر اساس نتایج پیشنهاد می‌شود که امکان جایگزینی ۵۰ درصدی بیوسیلاژ حاصل از ضایعات ماهیان گرم‌آبی بجای آرد ماهی در جیره پایه کپور معمولی منجر به افزایش رشد، بهبود ضریب تبدیل غذایی و بهتر شدن کیفیت لاشه شد.

کلمات کلیدی: بیوسیلاژ، شاخص‌های رشد، بازماندگی، ترکیبات لاشه، کپورمعمولی

.

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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-828]

مقدمه

صنعت آبزی‌پروری کشور در طی سال‌های گذشته توسعه چشمگیری یافته است، بطوری‌که میزان کل تولید آبزیان پرورشی کشور از ۴۸۹ هزار تن در سال ۱۳۹۷ به ۶۰۰ هزار تن در سال ۱۴۰۱ رسیده‌است (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 گرم-آبی در سال ۱۴۰۱ و با در نظر گرفتن متوسط درصد ضایعات قابل انتظار (حدود ۴۵ درصد)، کل ضایعات تولیدی از ماهیان گرم‌آبی حدودا به ۲۷۰ هزار تن خواهد رسید. ضایعات حاصله به دلیل کیفیت پائین 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 نمی-دهند. 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 بیولوژیک 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 عمدتا 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)، غنی‌بودن از باکتری-های 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 پائین‌تر با قابلیت جذب بیشتر تبدیل شده و نهایتا ترکیب اسیدهای آمینه در محصول نهایی نیز حفظ می‌گردد (Dawood *et al.*, 2020).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-828]

تولید بیوسیلاژ در مقیاس تجاری در آینده می‌تواند احتمالا 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 بیوسیلاژ و نهایتا کمتر بودن سرمایه‌گذاری خط تولید تجاری آن در مقایسه با هزینه تمام شده جهت راه‌اندازی 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 بیوسیلاژ کاهش یابد (Arruda *et al.*, 2007; Cheng *et al.*, 2023). یافته‌های قبلی از نظر اقتصادی نشان داد که قیمت تمام شده بیوسیلاژ تولیدی از ضایعات ماهی تقریبا ۳۰ درصد کمتر از قیمت آرد ماهی می‌باشد (صفری و همکاران، ۱۴۰۰).

مطالعات متعددی در زمینه کاربرد انواع بیوسیلاژ تولیدی از ضایعات گروه‌های مختلف از مواد اولیه و همچنین جایگزینی بیوسیلاژ 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.*, 2015; Tang *et al.*, 2021). یافته‌های این مطالعات نشان می‌دهد که امکان جایگزینی سیلاژ در جیره 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 ازجمله بیوسیلاژها می‌تواند سهم بسزایی در کاهش هزینه تولید خوراک داشته باشد. بنابراین مطالعه حاضر به امکان تولید بیوسیلاژ از ضایعات ماهیان گرمابی و بررسی اثرات سطوح گنجاندن بیوسیلاژ 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 بیوسیلاژ از ضایعات ماهیان گرم‌آبی

ضایعات ماهیان گرم‌آبی (بصورت ترکیبی) از بازار ماهی‌فروشان شهرستان ساری (استان مازندران) تهیه و در مجاورت زنجیره سرد درکوتاه‌ترین زمان ممکن به پایلوت فرآوری پژوهشکده اکولوژی دریای خزر منتقل و تا زمان عمل‌آوری در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری‌گردید. پس از انجمادزدایی، نمونه‌ها ابتدا کاملا چرخ شده و به فرمانتور 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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOI: 10.71901/jad-2024-1-828]

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 تا ۶ 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 کاملا 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 ۶۰-۵۵ درجه سانتی‌گراد بمدت ۸-۶ ساعت قرار گرفتند. در مرحله نهایی، نمونه‌ها با استفاده از دستگاه آسیاب به مش‌های یکسان تبدیل و نهایتا بسته‌بندی شدند (صفری و همکاران، ۱۴۰۰). شاخص‌های بیوشیمیایی، کیفی، پارامترهای میکروبی مولد فساد و میزان فلزات سنگین در بیوسیلاژ 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 بیوسیلاژ تولید شده از ضایعات ماهیان گرم‌آبی

محصول	شاخص‌های بیوشیمیایی (درصد)					شاخص کیفی		پارامترهای میکروبی (CFU/g)			فلزات سنگین (mg/Kg)			
	پروتئین	چربی	رطوبت	خاکستر	TNV (mg/100g)	Peroxide Value (meq/Kg)	توتال کانت	توتال کولی‌فرم	کپک و مخمر	Mn	Cu	Fe	Zn
بیوسیلاژ حاصل از ماهیان گرم‌آبی	۵۳/۲۶	۱۲/۱۷	۹/۷۴	۱۱/۸۰	۴۲/۳۶	۱/۸۶	$۳/۲\times۱۰^{۴}$	–	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 مازندارن، 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 بیوسیلاژ در نظر گرفته شد (جدول ۲).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-828]

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

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

(*) ترکیبات پرمیکس معدنی (بر حسب mg/Kg پرمیکس): $MgSO_4.2H_2O$، ۱۲۷/۵؛ KCl، ۵۰/۰؛ NaCl، ۶۰؛ $CaHPO_4.2H_2O$، ۷۲۷/۸؛ $FeSO_4.7H_2O$؛ ۲۵/۰؛ $ZnSO_4.7H_2O$، ۵/۵؛ $CuSO_4.5H_2O$، ۰/۷۸۵؛ $MnSO_4.4H_2O$، ۲/۵۴؛ $CoSO_4.4H_2O$، ۰/۴۷۸؛ $Ca(IO_3)_2.6H_2O$، ۰/۲۹۵؛ $CrCl_3.6H_2O$، 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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-828]

تغذیه بچه ماهیان

برای انجام مطالعه حاضر، تعداد ۳۰۰ قطعه بچه ماهی نوجوان کپور معمولی (میانگین وزن اولیه: ۳/۱±۴۸ گرم) در ۱۵ تانک فایبرگلاسی با ظرفیت مفید ۲۰۰ لیتر و با تراکم ذخیره‌سازی ۲۰ قطعه ماهی در هر تانک با شرایط یکسان از نظر حجم آب و فاکتورهای کمی و کیفی مشابه بصورت کاملا 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 باقی‌مانده از کف تانک‌ها سیفون شدند. میزان تعویض آب در تانک‌ها به صورت هفتگی و در حدود ۴۰-۳۰ درصد از حجم آب هر تانک انجام گرفت.

فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب شامل میزان اکسیژن محلول (میلی‌گرم بر لیتر) و pH به صورت روزانه توسط روش‌های استاندارد و مقادیر نیتریت، نیترات و آمونیاک کل آب (میلی‌گرم بر لیتر و اندازه‌گیری شده به صورت هفتگی) با دستگاه دیجیتال HACH (ساخت کشور آلمان) اندازه‌گیری شد (APHA, 2017).

شاخص‌های 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 اندازه‌گیری شد. ماهیان نمونه‌برداری شده پس از بیهوشی با پودر گل میخک (۵۰ میلی‌گرم در لیتر) و با ترازوی دیجیتال بطور انفرادی (با دقت ۰/۱ گرم) توزین و طول استاندارد آنها با تخته بیومتری (با دقت میلی‌متر) 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

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

SGR ضریب رشد ویژه، t تعداد روزهای پرورش

$$FCR = FI / WG$$

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

$$PI = FI \times \%\ Protein$$

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

$$PER = WG / PI$$

PER نسبت کارآیی پروتئین، WG افزایش وزن (گرم)، PI پروتئین مصرفی (گرم)

میزان بازماندگی ۱۰۰ = ×(تعداد ماهیان اولیه ذخیره شده / تعداد ماهیان سالم باقیمانده)

در انتهای دوره پرورش، تعداد ۳ قطعه ماهی از هر مخزن (۳ نمونه ماهی از هر تکرار و مجموعا 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 نمونه‌ها به صورت کامل توسط چرخ گوشت ۳ بار چرخ شده و پس از بسته‌بندی در بسته‌های زیپ‌کیپ به صورت منجمد به آزمایشگاه جهت آنالیز منتقل شدند (بیواره و جعفریان، ۱۳۹۷؛ شیخ ویسی و همکاران، ۱۴۰۳).

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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]
[DOI: 10.71901/jad-2024-1-828]

کجلدال 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 با روش آنالیز واریانس یک طرفه (One-way analysis of variance) صورت‌گرفت. برای مقایسه میانگین بین تیمارهای مختلف از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (Duncans Multiple- range test) در سطح احتمال ۵ درصد ($p\leq$۰/۰۵) استفاده گردید.

نتایج

میانگین پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب در طول دوره پرورش ماهی نوجوان کپور معمولی برای دمای آب ۲۳/۵±۰/۲ درجه‌سانتی‌گراد، اکسیژن محلول ۶/۰±۸/۴ میلی‌گرم بر لیتر، pH ۷/۰±۸/۱ و میزان آمونیاک کل آب کمتر از ۰/۰۳±۰/۰۱ میلی‌گرم بر لیتر بود.

فاکتورهای رشد و میزان بازماندگی ماهیان نوجوان کپور معمولی در تیمارهای مختلف تغذیه شده با تیمارهای ترکیبی بیوسیلاژ و آرد ماهی در انتهای دوره پرورش (جدول ۳) نشان داد که وزن نهایی بدن در تیمار ۵۰ درصد بیوسیلاژ +۵۰ درصد آرد ماهی، نسبت به تیمارهای شاهد و تیمار ۲۵ درصد بیوسیلاژ + ۷۵ درصد آرد ماهی اختلاف معنی‌دار داشت ($p\leq$۰/۰۵) ولی با سطوح جایگزینی بالاتر از ۵۰ درصد تفاوت معنی‌داری نشان نداد ($p\geq$۰/۰۵). میزان ضریب رشد ویژه، نسبت کارآیی پروتئین و میزان افزایش وزن بدن در تیمار۵۰ درصد بیوسیلاژ+۵۰ درصد آرد ماهی اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد ($p\leq$۰/۰۵). بهترین ضریب تبدیل غذایی در ماهیان تغذیه کرده از ۵۰ درصد بیوسیلاژ+۵۰ درصد آرد ماهی همراه با اختلاف معنی‌دار با سایر گروه‌ها حاصل گردید ($p\leq$۰/۰۵). با این حال، اختلاف معنی‌داری در شاخص وضعیت و میزان بازماندگی ماهیان در بین تیمارهای آزمایش مشاهده نشد ($p\geq$۰/۰۵).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-828]

جدول ۳: میزان رشد، بازماندگی و شاخص‌های تغذیه‌ای ماهی کپور معمولی تغذیه شده با تیمارهای ترکیبی بیوسیلاژ و آرد ماهی

تیمارها / شاخص	تیمارهای ترکیبی				
	شاهد (۱۰۰ درصد آرد ماهی)	۲۵ درصد (۲۵ بیوسیلاژ + ۷۵ درصد آرد ماهی)	۵۰ درصد (۵۰ درصد بیوسیلاژ + ۵۰ درصد آرد ماهی)	۷۵ درصد (۷۵ درصد بیوسیلاژ + ۲۵ درصد آرد ماهی)	۱۰۰ درصد (۱۰۰ 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 نشان‌دهنده اختلاف معنادار در سطح ۵ درصد می‌باشد ($p\leq$۰/۰۵).

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 معنی‌داری 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$۰/۰۵). کمترین میزان چربی در تیمار ۵۰ درصد بیوسیلاژ +۵۰ درصد آرد ماهی به ثبت رسید که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت ($p\leq$۰/۰۵). با این حال اختلاف معنی‌داری از نظر میزان رطوبت و خاکستر مابین تیمارها دیده نشد ($p\geq$۰/۰۵) (جدول ۴).

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

شاخص (درصد)	تیمارهای ترکیبی				
	شاهد (۱۰۰ درصد آرد ماهی)	۲۵ درصد (۲۵ بیوسیلاژ + ۷۵ درصد آرد ماهی)	۵۰ درصد (۵۰ درصد بیوسیلاژ + ۵۰ درصد آرد ماهی)	۷۵ درصد (۷۵ درصد بیوسیلاژ + ۲۵ درصد آرد ماهی)	۱۰۰ درصد (۱۰۰ بیوسیلاژ)
پروتئین خام	b۱۶/۰±۹/۱	b۱۶/۰±۹/۱	a۱۷/۰±۵۲/۲	a۱۷/۰±۳۴/۲	b۱۷/۰±۰۶/۱
چربی خام	c۰±۲/۰۷	c۰±۲/۰۸	a۱/۰±۵۸/۰۵	b۱/۰±۷۶/۰۶	c۲/۰±۰۴/۰۴
رطوبت	a۷۸/۰±۵/۶	a۷۸/۱±۳/۴	a۸۰/۱±۴/۳	a۷۸/۱±۹/۲	a۷۸/۱±۸/۲
خاکستر	a۱/۰±۱/۱	a۱/۰±۱/۱	a۱/۰±۲/۲	a۰±۱/۱	a۱/۰±۲/۱

* حروف غیرهمسان در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنادار در سطح ۵ درصد می‌باشد ($p\leq$۰/۰۵).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-828]

بحث

با توجه به شرایط اقتصادی و نگرانی‌های مختلف زیست محیطی، استفاده از بیوسیلاژ 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 بیوسیلاژ در مقایسه با گروه شاهد قرار نگرفت که این مسئله موید عدم اثرات منفی جایگزینی آرد ماهی با بیوسیلاژ (حتی در سطوح جایگزینی کامل بیوسیلاژ) 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 بیوسیلاژ 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 بیوسیلاژ 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 قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) و در جایگزینی ۵۰ درصدی بیوسیلاژ تولید شده از ضایعات مرغ به جای آرد ماهی در مقایسه با ماهیان تغذیه کرده از ۱۰۰ درصد آرد ماهی و ۱۰۰ درصد بیوسیلاژ بر افزایش وزن بدن، سرعت رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و نسبت کارآیی پروتئین گزارش شد. همچنین، Najim و همکاران (۲۰۱۴) در جایگزینی بیوسیلاژ 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 تیلاپیای 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 دلائل آن را به افزایش فعالیت آنزیم‌های لیپاز و پروتئاز روده‌ای و به خصوص فعالیت آنزیم آمیلاز در سطح ۲۰-۱۰ درصدی سیلاژ 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 سیلاژ 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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-828]

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 (*Dicentrachus labrax*)، نتایجی مبنی بر مشابهت و یا کاهش میزان رشد، مصرف غذا و کارآیی 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 تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) منجر به کاهش رشد، بدترشدن ضریب تبدیل غذایی و کاهش کارآیی پروتئین گردید. در تحلیل دلائل 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; 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 تای-پنگوسی (*Pangasianodon hypophthalamus*) 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 غذادهی و سایر عوامل محیطی وابسته می باشند (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. جمع-بندی 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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-828]

(اسید فرمیک) در سطوح مختلف (صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد در جیره) قبلا توسط Güllü و همکاران (۲۰۱۴) گزارش شد. برخلاف یافته‌های مطالعه حاضر، Hekmatpour و همکاران (۲۰۱۹) هیچ‌گونه تغییری در ترکیب بیوشیمیایی لاشه ماهی صبیتی (*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 ازجمله 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 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 آبزی‌پروری، ۱۲(۴)، ۱۶-۱.

۲. سالنامه آماری سازمان شیلات ایران.، ۱۴۰۱-۱۳۹۷. سالنامه آماری سازمان شیلات ایران (۱۴۰۱-۱۳۹۷). دفتر برنامه‌ریزی و بودجه. معاونت برنامه‌ریزی و مدیریت منابع، سازمان شیلات ایران. ۳۳ صفحه.

۳. شیخ‌ویسی، ر.، هدایتی، ع. ا.، مازندرانی، م.، جافر 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 آبزی‌پروری، ۱۸(۱) ، ۴۰-۲۹.

۴. صفری، ر.، نصراله‌زاده، ح.، فارابی، م.و.، جعفری، ع.، ۱۴۰۰. تولید سیلاژ بیولوژیک از ضایعات طیور و تاثیر آن بر شاخص‌های رشد و ایمنی ماهی قزل-

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-828]

آلای رنگین‌کمان. 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. 4nd edition. Arlington, V.A., USA.
7. APHA, 2017. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23nd 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 (*Dicentrachus labrax*) production. Aquaculture, 521, 735087.
13. Dawood, M.A.O., Magouz, F.I., Mansour, 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 gaviepinus*. 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.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-828]

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. 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.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-828]

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 ($p\geq0.05$). 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 ($p\leq0.05$); 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 ($p\leq0.05$). 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 ($p\leq0.05$). 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.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-14]

[DOI: 10.71901/jad-2024-1-828]

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