جایگزینی پودر ماهی با درصدهای مختلف سیلاژ تخمیری حاصل از پودر ماهی کیلکا آنچوی بر فاکتور رشد و قابلیت هضم پروتئین خوراک قزل آلای رنگین‌کمان

آی ناز خدانظری[۲و۱*]، عبدالمجید حاجی مرادلو[۲]، رسول قربانی[۲]

*khodanazary@yahoo.com

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران
۲- گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: دی ۱۳۹۷

چکیده

هدف از این تحقیق، بررسی تاثیر سیلاژ زیستی بر فاکتور رشد و قابلیت هضم ظاهری پروتئین خوراک ماهی قزل آلای رنگین کمان بود. در این تحقیق پودر ماهی کیلکا آنچوی چرخ شده با ۲۵ درصد آرد گندم مخلوط و سپس با میکروارگانیسم ها ($۱۰^{۸}$ سلول در هر میلی لیتر) تلقیح و سپس در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۴ روز نگهداری شد. تخمیر ماهی کیلکا منجر به افزایش میزان رطوبت در انتهای دوره تخمیر گردید. میزان خاکستر در پودر ماهی تخمیری دو برابر آن از قبل تخمیر بود. مقدار فیبر و چربی خام در پودر ماهی تخمیری بترتیب کاهش و افزایش یافت ($p<۰/۰۵$). جایگزینی پودر ماهی با سیلاژ ماهی تخمیری (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰٪) تفاوت معنی‌داری را در فاکتورهای رشد و قابلیت هضم ظاهری پروتئین ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نشان داد ($p<۰/۰۵$). ماهیان تغذیه شده با ۲۵ درصد سیلاژ تخمیری در غذا بهترین فاکتور رشد و قابلیت هضم ظاهری پروتئین را نشان داد ($p<۰/۰۵$). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که آرد ماهی تولیدی به روش تخمیر می‌تواند به عنوان جایگزین مناسب غذای ماهی قزل آلای رنگین کمان استفاده گردد.

لغات کلیدی: سیلاژ تخمیری، قزل آلای رنگین کمان، خصوصیت کیفی، فاکتور رشد، قابلیت هضم ظاهری پروتئین

*نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.1.17.8]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.118889]

مقدمه

با توجه به صنعت رو به گسترش آبزی پروری در دنیا و افزایش تقاضا برای غذاهای دریایی، صنایع شیلاتی مانند صید و صنایع فرآوری آبزیان (تولید سوریمی، بسته بندی، کنسرو انواع آبزیان، پودر ماهی و ...) نیز توسعه یافته اند. بخش اعظمی از میزان صید شامل ماهیان و آبزیان غیرخوراکی می‌باشد و مقدار زیادی نیز، تحت عنوان ضایعات صنایع عمل آوری دور ریخته می‌شوند که سرشار از پروتئین و چربی‌های غیر اشباع هستند (حسینی و همکاران، ۱۳۹۱). بر طبق آمار فائو از سال ۱۹۵۰ تولید جهانی صید ماهی، سالانه ۶ درصد افزایش یافته است، بطوریکه در سال ۱۹۵۰، ۱۹/۳ میلیون تن صید و در سال ۱۹۷۰، ۶۰ میلیون تن و در آمار اخیر بیش از ۹۱ میلیون تن صید صورت می گیرد (FAO, 1950). از این مقدار سالانه ۲۰ میلیون تن دور انداخته می‌شود که شامل ۲۵ درصد صید می‌شوند (FAO, 1950). اگر ماهیان غیر خوراکی و ضایعات آبزیان با روش‌های علمی و مناسبی تحت فرآوری قرار گیرند، علاوه بر اینکه می‌توان از آنها محصولاتی جدید تولید نمود، مشکلات زیست محیطی ناشی از دور ریختن آنها نیز کاهش می‌یابد. در جهت پاسخگویی به نیاز صنایع فرآوری غذاهای دریایی، به جای دور ریختن مواد جانبی باید به توسعه روش‌های جایگزین سرعت بیشتری داده شود. بنابراین، برای بهبود تاثیر خوراکی از میکروارگانیسم‌ها جهت تولید فرآورده تخمیری برای بهبود تاثیر خوراکی استفاده می‌گردد (Ochoa-Solano and Olmos-Soto, 2006). ماهی به خوراکی با میزان بالای پروتئین نیاز دارد که عمدتاً از پودر ماهی بدست می‌آید (فلاحی و همکاران، ۱۳۹۱). پودر ماهی در ایران اغلب از ماهی کیلکا بدست می‌آید. کیلکا جزء ماهیان پلاژیک و کوچک است که چرب و استخوانی می‌باشد (رضوی شیرازی، ۱۳۸۶). ماهی کیلکا، بخش بزرگی از ماهیان دریای خزر را تشکیل می‌دهد و بیش از ۹۰ درصد این جمعیت متعلق به ماهی کیلکا آنچوی می‌باشد. پودر ماهی منبع خوراکی مهمی است که دارای ارزش تغذیه‌ای قابل توجهی برای دام، طیور و ماهی پرورشی از نظر میزان پروتئین، انرژی، مواد معدنی و ویتامین‌ها می‌باشد (NRC, 1993). فرآوری سنتی پودر ماهی از جمله پختن، پرس کردن، خشک کردن و آسیاب کردن، پرهزینه و دارای فرآیند پیچیده‌ای است و حرارت مورد استفاده جهت خشک کردن پودر ماهی منجر به کاهش قابلیت هضم پودر ماهی می‌شود (Faid *et al.*, 1997). مرحله خشک کردن در فرآیند تولید پودر ماهی پر هزینه، نیاز به مصرف انرژی بالا و تکنولوژی پیشرفته می‌باشد (Rahmi *et al.*, 2008). سیلاژ ماهی یک فرآورده مایع حاصل مخلوط نمودن ماهی کم مصرف یا ضایعات ماهی با مواد آلی یا غیر آلی است که می‌توان به عنوان جایگزین مناسب پودر ماهی معرفی گردد. در این بررسی به مطالعه تاثیر تخمیرزیستی با استفاده از شش نوع میکروارگانیسم در آنالیز تقریبی سیلاژ زیستی و جایگزینی پودر ماهی با سیلاژ تخمیری در تغذیه ماهی قزل آلای رنگین کمان پرداخته شد.

مواد و روش کار

تهیه و کشت میکروارگانیسم‌ها

میکروارگانیسم‌ها تهیه شده از سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران در ۱۰۰ میلی لیتر محیط کشت نوترینت براث (Merck KGaA, Germany) برای ۷۲ ساعت در دمای ۱±۳۷ درجه سانتی‌گراد در انکوباتور رشد کردند. سلول‌ها از طریق سانتریفیوژ کردن با سرعت ۳۰۰۰×g به مدت ۱۰ دقیقه جدا گردیدند. سلول‌های استخراجی دو بار با سرم فیزیولوژیک استریل شسته و سپس در ۱۰۰ میلی لیتر سرم فیزیولوژیک به حالت معلق نگهداری شدند. تعداد میکروارگانیسم‌ها از طریق استانداردهای مک فارلند در محیط کشت MRS آگار (Merck KGaA, Germany) و نوترینت آگار (Merck KGaA, Germany) بترتیب در باکتری‌های *L. plantarum* و *B. subtilis* و محیط کشت مخمر- قارچ آگار (Laboratories Conda, , Madrid, Spain) در *A. niger*، *A. awamori* و *S. cerevisiae* و *S. carlesbergensis* مورد ارزیابی قرار گرفتند. تعداد میکروارگانیسم‌های مورد تلقیح شده $۱۰^{۸}$ cell/ mL بود.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.1.17.8]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.118889]

فرآیند تخمیر

ماهیان کیلکا آنچوی دریای خزر تازه با چرخ گوشت به مدت ۵ دقیقه چرخ شدند و سپس در فریز درایر (ALPHA 1-2 LD *plus*) خشک گردیدند. نمونه خشک شده با ۲۵٪ آرد گندم مخلوط گردید. میکروارگانیسم‌ها برای رشد نیاز به میزان مشخص رطوبت دارند. برای تامین رطوبت مورد نیاز میکروارگانیسم‌ها، ۲۵ سی‌سی آب مقطر به ۵۰ گرم نمونه ماهی و آرد گندم تهیه شده افزوده شد. محیط کشت پایه آماده شده برای میکروارگانیسم‌ها در اتوکلاو در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه قرار داده شد تا استریل شود. سپس میکروارگانیسم‌ها به میزان ۱ سی‌سی در ۱۰ گرم نمونه به طور جداگانه بخوبی مخلوط گردیدند. نمونه‌های تلقیح شده در ظرف‌های شیشه‌ای ۵۰۰ میلی‌لیتری در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۴ روز نگهداری شدند (Vijayan *et al.*, 2009). پس از کامل شدن دوره فرآیند تخمیر، برای متوقف ساختن فعالیت میکروارگانیسم‌ها و آنزیم‌ها از حرارت ۵۵ درجه سانتی‌گراد استفاده گردید. همچنین برای جلوگیری از اکسیداسیون چربی از آنتی اکسیدان اتوکسی کوئین استفاده گردید. روی دیواره ظرف‌های شیشه‌ای و نمونه‌های حاوی باکتری، محلول پتاسیم سوربات ۱٪ اسپری شد تا مانع رشد قارچ و مخمر گردند. همچنین جهت جلوگیری از رشد باکتری از محلول آنتی بیوتیک (پنی سیلین) در ظرف‌های حاوی میکروارگانیسم قارچ و مخمر نیز استفاده گردید.

آنالیز تقریبی نمونه‌ها

آنالیز تقریبی شامل رطوبت، خاکستر و پروتئین پودر ماهی تخمیری طبق روش استاندارد انجام شد (AOAC, 1990). چربی کل با کلروفرم/متانول طبق روش Bligh و Dyer (۱۹۵۹) در دستگاه سوکسله استخراج و اندازه گیری شد.

انتخاب پودر ماهی مناسب

با توجه به تجزیه و تحلیل آماری آنالیز تقریبی پودر ماهی تخمیری و بررسی نتایج حاصل از آن، بهترین تیمار، انتخاب و جایگزین پودر ماهی در جیره غذایی ماهی قزل آلای رنگین کمان شد. شاخص انتخاب بهترین پودر ماهی تخمیری بر اساس نزدیکی نتایج به آنالیزهای موجود در کتاب NRC (۱۹۹۳) بود. سپس پودر ماهی تخمیری انتخابی با میزان درصدهای متفاوت (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد) به عنوان جایگزین پودر ماهی در جیره غذایی پایه به کار بسته شد (جدول ۱). طول دوره پرورش ۸ هفته بود. زمان غذادهی روزانه دو بار در ساعت‌های ۰۸:۰۰ و ۱۴:۳۰ بود. غذادهی به صورت دستی و روزانه انجام گردید. این آزمایش نیز در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۳ تیمار شامل جیره‌های غذایی آزمایشی در ۳ تکرار انجام شد (جدول ۱).

تعیین فاکتورهای رشد (FCR[1]، SGR[2]، WG[3] و TGC[4]) **و تعیین ضریب قابلیت هضم ظاهری پروتئین**

فاکتورهای رشد طبق روش López و همکاران (۲۰۰۶) و Bailey و Aianärä (۲۰۰۶) اندازه‌گیری شدند. ضریب قابلیت هضم ظاهری پروتئین جیره‌های غذایی طبق روش Williams و همکاران (۱۹۶۲) و Tibbetts و همکاران (۲۰۰۶) اندازه‌گیری شد.

روش تجزیه و تحلیل آماری داده ها

داده‌ها در قالب طرح کاملا تصادفی با آزمون واریانس یک طرفه بررسی شد. اختلاف هر تیمار طی زمان و همچنین بین تیمارهای مختلف از طریق آزمون دانکن در سطح معنی‌داری $p < ۰/۰۵$ با استفاده از نرم افزار آماری SPSS مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج

نتایج مربوط به تغییرات آنالیز تقریبی سیلاژ تخمیری

میزان رطوبت در تیمارهای مختلف با گذشت زمان نگهداری افزایش یافت ($p<۰/۰۵$) (جدول ۲).

[1] Feed Conversation Ratio
[2] Specific Growth Rate
[3] Weight gain
[4] Thermal Growth coefficient

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.1.17.8]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.118889]

جدول ۱: فرمولاسیون جیره های غذایی مورد آزمایش با سیلاژ ماهی انتخابی در ماهی قزل آلای رنگین کمان
Table 1: Formulation of experimental diet with fish silage selected of rainbow trout

مواد غذایی (گرم بر کیلوگرم)	تیمارهای غذایی												
	جیره شاهد	*S. cervisiae* (100%)	*S. cervisiae* (75%)	*S. cervisiae* (50%)	*S. cervisiae* (25%)	*A. niger* (100%)	*A. niger* (75%)	*A. niger* (50%)	*A. niger* (25%)	*B. subtillis* (100%)	*B. subtillis* (75%)	*B. subtillis* (50%)	*B. subtillis* (25%)
پودر ماهی	۴۲/۴۹	۳۱/۸۷	۲۱/۲۴	۱۰/۶۲	-	۳۱/۸۷	۲۱/۲۴	۱۰/۶۲	-	۳۱/۸۷	۲۱/۲۴	۱۰/۶۲	-
پودر ماهی تخمیری	-	۱۰/۶۲	۲۱/۲۵	۳۱/۸۷	۴۲/۴۹	۱۰/۶۲	۲۱/۲۵	۳۱/۸۷	۴۲/۴۹	۱۰/۶۲	۲۱/۲۵	۳۱/۸۷	۴۲/۴۹
آرد گندم	۳۲/۷۶	۳۵/۷۳	۳۸/۷۱	۴۱/۶۸	۴۴/۶۵	۳۵/۱۷	۳۷/۵۸	۳۹/۹۹	۴۲/۴۰	۳۴/۳۴	۳۵/۹۲	۳۷/۵۰	۳۹/۰۸
ذرت	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵
کنجاله سویا	۱۵	۱۱/۷۴	۸/۴۸	۵/۲۳	۱/۹۷	۱۲/۳۶	۹/۷۲	۷/۰۸	۴/۴۴	۱۳/۲۶	۱۱/۵۳	۹/۸۰	۸/۰۷
روغن آفتابگردان	۱/۷۵	۲/۰۳	۲/۳۱	۲/۵۹	۲/۸۷	۱/۹۸	۲/۲۰	۲/۴۳	۲/۶۶	۱/۹۰	۲/۰۵	۲/۲۰	۲/۳۵
مکمل ویتامینی و معدنی*	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
نمک	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۱
اکسید کروم	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷
ترکیبات اندازه‌گیری شده													
رطوبت (٪)	۱۰/۱۸ ±۰/۰۹	۱۰/۸۱ ±۰/۴۲	۱۰/۵۶ ±۰/۲۷	۱۰/۸۹ ±۰/۲۹	۱۱/۳۲ ±۰/۱۶	۱۰/۶۳ ±۰/۲۲	۱۱/۶۱ ±۰/۱۹	۱۱/۷۷ ±۰/۳۸	۱۰/۴۰ ±۰/۰۹	۱۰/۷۸ ±۰/۴۰	۱۰/۹۹ ±۰/۳۷	۱۱/۵۱ ±۰/۴۱	۱۱/۲۸ ±۰/۶۴
پروتئین خام (٪)	۳۵/۰۶ ±۰/۳۷	۳۵/۶۲ ±۰/۲۹	۳۵/۲۴ ±۰/۰۵	۳۵/۳۸ ±۰/۱۳	۳۵/۵۹ ±۰/۳۳	۳۵/۰۷ ±۰/۴۷	۳۶/۰۴ ±۰/۴۱	۳۶/۲۹ ±۰/۳۱	۳۶/۲۲ ±۰/۳۵	۳۵/۹۹ ±۰/۵۰	۳۶/۲۱ ±۰/۲۲	۳۵/۸۹ ±۰/۱۷	۳۶/۰۰ ±۰/۱۷
عصاره اتر (٪)						۸/۱۹ ±۰/۰۳	۷/۶۶ ±۰/۳۷	۸/۲۹ ±۰/۰۶	۷/۹۹ ±۰/۳۹	۷/۵۳ ±۰/۱۶	۸/۳۰ ±۰/۰۶	۷/۶۲ ±۰/۳۱	۸/۵۶ ±۰/۱۹
خاکستر (٪)						۱۲/۴۶ ±۰/۰۷	۱۱/۵۹ ±۰/۳۶	۱۲/۰۰ ±۰/۳۳	۱۱/۶۳ ±۰/۳۴	۱۱/۹۶ ±۰/۳۴	۱۱/۷۱ ±۰/۳۰	۱۱/۹۱ ±۰/۳۸	۱۱/۷۷ ±۰/۳۲

* مکمل معدنی و ویتامینی به کار رفته در این تحقیق در هر کیلوگرم غذا تامین کننده مواد زیر است: منگنز، ۵۲۰ میلی گرم؛ مس، ۱۲۰ میلی گرم؛ روی، ۱۲۰۰ میلی گرم؛ آهن، ۸۰۰ میلی گرم؛ سلنیوم، ۱۰ میلی گرم؛ ید، ۴۰ میلی گرم؛ کبالت، ۱۰ میلی گرم؛ کولین کلراید، ۲۴۰۰۰ میلی گرم؛ ویتامین A، ۱۲۰۰۰۰ واحد بین المللی (IU)؛ ویتامین D3، ۸۰۰۰۰ واحد بین المللی (IU)؛ ویتامین E، ۸۰۰۰ میلی گرم؛ ویتامین K3، ۲۰۰ میلی گرم؛ ویتامین B1، ۶۰۰ میلی گرم؛ ویتامین B2، ۱۰۰۰ میلی گرم؛ ویتامین B6، ۶۰۰ میلی گرم؛ ویتامین B12، ۱۶۰۰ میلی گرم؛ ویتامین C، ۱۰۴۰۰ میلی گرم؛ اسید نکوتینک، ۶۰۰۰ میلی گرم؛ کلسیم پانتوتنات، ۱۸۰۰ میلی گرم؛ اسید فولیک، ۳۲۰ میلی گرم؛ د- بیوتین، ۳۲ میلی گرم؛ اینوزیتول، ۴۸۰۰ میلی گرم؛ آنتی اکسیدانت، ۱۰۰۰ میلی گرم.

میزان رطوبت از حدود ۳ درصد در روز صفر به میزان تقریباً ۸ درصد در روز ۱۴ در نمونه‌های تخمیری، افزایش یافت ($p<۰/۰۵$). در انتهای دوره فرآیند تخمیر، حداکثر مقدار رطوبت متعلق به مخمر *S.carlesbergensis* و حداقل مقدار متعلق به باکتری *L.plantarum* بود. اگر چه میزان رطوبت در انتهای دوره نگهداری برای هر ۶ نوع پودر ماهی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نشان نداد ($p>۰/۰۵$).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.1.17.8]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.118889]

جدول ۲: تغییرات رطوبت (٪) سیلاژ ماهی کیلکا آنچوی طی فرایند تخمیر به مدت ۱۴ روز

Table 2: Changes of moisture (%) of Anchovy Kilka during fermentation for 14 days

زمان (روز)	*L. plantarum*	*B. subtilis*	*A. niger*	*A. awamorri*	*S. cerevisiae*	*S. carlesbergensis*
۰	^{a}۳/۱۹±۰/۰۶^{E}	^{aG}۳/۲۲±۰/۲۶	^{aE}۳/۲۲±۰/۱۷	^{aF}۳/۲۷±۰/۲۱	^{aF}۳/۴۳±۰/۱۹	^{aH}۳/۲۱±۰/۰۵ ^{a}
۲	^{E}۳/۴۱±۰/۲۱^{a}	^{F}۳/۹۳±۰/۲۴^{a}	^{D}۳/۸۳±۰/۵۰^{a}	^{F}۳/۴±۰/۱۳^{a}	^{F}۳/۷۲±۰/۴۸^{a}	^{G}۴/۰۲±۰/۳۴^{a}
۴	^{D}۴/۲۴±۰/۰۶^{b}	^{E}۴/۴۹±۰/۲^{ab}	^{C}۴/۵۴±۰/۳۱^{ab}	^{E}۴/۲۵±۰/۰۴^{b}	^{E}۴/۸۲±۰/۰۶^{a}	^{F}۴/۸۷±۰/۳۴^{a}
۶	^{C}۵/۰۲±۰/۱۸^{c}	^{D}۵±۰/۱۱^{c}	^{CD}۴/۲۹±۰/۰۳^{d}	^{D}۴/۸±۰/۲۱^{c}	^{D}۵/۴۱±۰/۱۶^{b}	^{E}۵/۶۹±۰/۰۵^{a}
۸	^{B}۶/۴۳±۰/۱۸^{a}	^{C}۶/۱۶±۰/۱۲^{a}	^{B}۵/۵±۰/۳۱^{b}	^{C}۵/۶۲±۰/۳۴^{b}	^{D}۵/۵۶±۰/۱۰^{b}	^{D}۶/۱۰±۰/۰۰^{a}
۱۰	^{B}۶/۳۳±۰/۱۵^{c}	^{B}۶/۶۱±۰/۰۱^{b}	^{B}۶/۰۲±۰/۰۱^{d}	^{B}۶/۱۵±۰/۰۴^{cd}	^{C}۶/۸۰±۰/۰۰^{b}	^{C}۷/۱۴±۰/۰۸^{a}
۱۲	^{B}۶/۲۸±۰/۱۰^{cd}	^{B}۶/۵۷±۰/۱۰^{c}	^{B}۵/۶۲±۰/۵۴^{e}	^{BC}۵/۹۵±۰/۱۸^{de}	^{B}۷/۳۲±۰/۲۶^{b}	^{B}۸/۳۸±۰/۲۱^{a}
۱۴	^{A}۸/۳۱±۰/۱۳^{b}	^{A}۸/۶۳±۰/۱۵^{ab}	^{A}۸/۴۳±۰/۱۱^{ab}	^{A}۸/۶۴±۰/۳۰^{ab}	^{A}۸/۶۸±۰/۲۸^{ab}	^{A}۸/۷۸±۰/۰۴^{a}

حروف کوچک متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد ($p<۰/۰۵$). حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار طی دوره نگهداری در هر تیمار می‌باشد ($p<۰/۰۵$).

در جدول ۳ تغییرات میزان پروتئین تیمارهای مختلف پودر ماهی کیلکا آنچوی تخمیری طی فرآیند تخمیر مشاهده می‌شود. میزان پروتئین ماهی آنچوی و آرد گندم بترتیب۰/۶۳ ±۵۶/۴۹ درصد و ۰/۰۱±۱۰/۲۲ درصد به دست آمد. میزان این شاخص در تیمارهای مختلف با گذشت زمان نگهداری افزایش یافت ($p<۰/۰۵$). در باکتری‌های *L.plantarum* و *B.subtillis* تلقیح شده در پودر ماهی تخمیری، بیشترین درصد میزان پروتئین (حدود ۶۵ درصد)، در مقایسه با قارچ و مخمر مشاهده گردید ($p<۰/۰۵$).

میزان خاکستر با گذشت زمان نگهداری در همه تیمارها افزایش یافت ($P<۰/۰۵$) (جدول ۴). بطوریکه میزان آن از ۴/۶۱ درصد در نمونه های قبل از تخمیر به ۷/۳۶ ، ۷/۷۶ ، ۸/۸۷ ، ۸/۵۰ ، ۸/۲۶ و ۸/۱۶ درصد در روز ۱۴ بترتیب در نمونه‌های تخمیر شده با *L. plantarum*، *B. subtilis*، *A. niger*، *A. awamori*، *S. cerevisiae* و *S. carlesbergensis* افزایش یافت. بیشترین میزان خاکستر خام در نمونه‌های تخمیری تلقیح شده با قارچ و مخمر در انتهای دوره نگهداری مشاهده گردید.

مقادیر مربوط به آزمون فیبر خام

میزان فیبر خام در نمونه‌های قبل تخمیر حدود ۳ درصد بود که میزان آن تا روز ۴ روند افزایشی را نشان داد ($p<۰/۰۵$) (جدول ۵) و پس از آن میزان فیبر خام کاهش یافت. در میان میکروارگانیسم‌های مختلف مورد استفاده جهت تخمیر، *S.cerevisiae* بیشترین میزان فیبر خام (۸/۴۰ درصد) را در انتهای دوره نگهداری داشته است.

نتایج مربوط به تغییرات فاکتور رشد و قابلیت هضم ظاهری ماهی قزل آلای تغذیه شده با سیلاژ تخمیری

تاثیر درصدهای متفاوت پودر ماهی تخمیری بر فاکتورهای رشد ماهی قزل آلای رنگین کمان پس از ۶۵ روز دوره پرورش، در جدول ۶ نشان داده شده است. کمترین ضریب تبدیل غذایی حاوی ۲۵ درصد پودر ماهی تخمیری تلقیح شده با *B. subtilis*، *A .niger* و *S. cerevicie* مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با ضریب تبدیل غذایی جیره شاهد نشان نداد. با جایگزینی درصد بیشتر پودر ماهی تخمیری، ضریب تبدیل غذایی افزایش معنی‌داری یافت. بطوریکه بیشترین میزان ضریب تبدیل غذایی در جیره‌های غذایی محتوی ۱۰۰ درصد پودر ماهی تخمیری مشاهده گردید. با افزایش درصد پودر ماهی تخمیری از ۲۵ درصد به ۱۰۰ درصد در همه جیره‌های غذایی آزمایشی، ضریب رشد ویژه ماهی قزل آلای رنگین کمان به طور معنی‌داری کاهش یافت. بیشترین مقدار ضریب رشد ویژه مربوط به جیره غذایی شاهد و جیره های غذایی با ۲۵ درصد پودر ماهی تخمیری تلقیح شده با *B. subtilis*، *A. niger* و *S. cerevicie* بود و کمترین مقدار مربوط به جیره‌های غذایی با ۱۰۰ درصد پودر ماهی تخمیری بود.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.1.17.8]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.118889]

جدول ۳: تغییرات پروتئین (٪) سیلاژ ماهی کیلکا آنچوی طی فرایند تخمیر به مدت ۱۴ روز

Table 3: Changes of protein (%) of Anchovy Kilka during fermentation for 14 days

S. carlesbergensis	*S. cerevisiae*	*A. awamorri*	*A. niger*	*B. subtilis*	*L. plantarum*	زمان (روز)
^{aCD}۵۰/۰۴±۰/۰۶	^{aE}۵۰/۱۱±۰/۰۱	^{aC}۵۰/۲۲±۰/۱۷	^{aD}۵۰/۱۸±۰/۲۱	^{aD}۵۰/۱۵±۰/۰۶	^{aF}۵۰/۰۷±۰/۱۳	۰
^{CD}۵۰/۴۰±۰/۶۹^{a}	^{E}۵۰/۶۷±۰/۴۶^{a}	^{C}۵۰/۲۶±۰/۱۴^{a}	^{D}۵۰/۴۹±۰/۵۵^{a}	^{D}۵۰/۰۹±۰/۰۷^{a}	^{F}۵۰/۷۴±۰/۶۴^{a}	۲
^{C}۵۰/۴۶±۰/۱۱^{b}	^{E}۵۰/۲۳±۰/۰۰^{b}	^{C}۵۰/۲۸±۰/۶۹^{b}	^{D}۵۰/۷۶±۰/۹۰^{b}	^{C}۵۴/۳۵±۰/۴۶^{a}	^{E}۵۱/۶۰±۰/۵۱^{b}	۴
^{CD}۵۰/۱۹±۰/۸۸^{b}	^{D}۵۱/۸۳±۰/۳۴^{ab}	^{C}۵۰/۶۹±۰/۵۸^{b}	^{D}۵۰/۱۶±۰/۳۹^{b}	^{C}۵۳/۶۲±۱/۳۹^{a}	^{D}۵۳/۹۰±۰/۳۶^{a}	۶
^{D}۴۸/۷۳±۰/۴۰^{c}	^{F}۴۷/۹۷±۰/۳۷^{c}	^{C}۴۹/۹۱±۰/۲۰^{b}	^{D}۵۰/۵۸±۰/۳۷^{b}	^{C}۵۳/۸۱±۰/۳۵^{a}	^{D}۵۴/۴۰±۰/۴۶^{a}	۸
^{B}۵۶/۵۳±۰/۳۹^{d}	^{C}۵۵/۳۶±۰/۰۸^{e}	^{B}۵۸/۰۸±۰/۳۳^{c}	^{C}۵۶/۰۳±۰/۳۸^{de}	^{B}۶۱/۳۲±۰/۱۵^{a}	^{C}۵۹/۱۶±۰/۳۱^{b}	۱۰
^{B}۵۷/۶۱±۰/۳۶^{c}	^{B}۵۸/۶۲±۰/۳۱^{bc}	^{B}۵۹/۷۱±۰/۲۰^{b}	^{B}۵۸/۸۲±۰/۴۲^{bc}	^{A}۶۴/۲۵±۰/۷۰^{a}	^{B}۶۳/۰۵±۰/۲۸^{a}	۱۲
^{A}۶۰/۰۷±۰/۰۴^{d}	^{A}۶۰/۶۱±۰/۴۰^{d}	^{A}۶۲/۸۷±۱/۱۸^{c}	^{A}۶۳/۴۳±/۵۸^{bc}	^{A}۶۵/۹۳±۰/۷۶^{a}	^{A}۶۵/۳۵±۰/۱۲^{ab}	۱۴

حروف کوچک متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد ($p<۰/۰۵$). حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار طی دوره نگهداری در هر تیمار می‌باشد ($p<۰/۰۵$).

جدول ۴: تغییرات خاکستر (٪) سیلاژ ماهی کیلکا آنچوی طی فرایند تخمیر به مدت ۱۴ روز

Table 4: Changes of ash (%) of Anchovy Kilka during fermentation for 14 days

S. carlesbergensis	*S. cerevisiae*	*A. awamorri*	*A. niger*	*B. subtilis*	*L. plantarum*	زمان (روز)
^{aE}۵/۶۸±۰/۱۶	^{aD}۵/۶۰±۰/۲۳	^{aE}۵/۵۳±۰/۲۳	^{aD}۵/۲۸±۰/۱۱	^{aC}۵/۳۰±۰/۰۵	^{aC}۵/۳۰±۰/۲۵	۰
^{E}۵/۹۶±۰/۰۳^{b}	^{C}۶/۱۳±۰/۰۳^{b}	^{DE}۵/۹۶±۰/۳۱^{b}	^{C}۶/۲۰±۰/۰۵^{b}	^{B}۶/۹۹±۰/۲۹^{a}	^{C}۶/۹۷±۰/۲۸^{a}	۲
^{D}۶/۹۷±۰/۳۳^{ab}	^{B}۷/۲۹±۰/۱۴^{ab}	^{CDE}۶/۲۱±۰/۵۱^{b}	^{C}۶/۵۶±۰/۰۶^{ab}	^{AB}۷/۷۳±۰/۶۳^{a}	^{C}۷/۰۸±۰/۰۸^{ab}	۴
^{C}۷/۴۶±۰/۰۳^{ab}	^{B}۷/۱۶±۰/۱۴^{bc}	^{ABC}۷/۴۳±۰/۰۳^{b}	^{BC}۶/۸۳±۰/۲۱^{c}	^{AB}۷/۹۰±۰/۲۰^{a}	^{C}۷/۳۶±۰/۰۶^{b}	۶
^{BC}۷/۸۰±۰/۱۰^{bc}	^{A}۸/ ۴۳±۰/۰۳^{a}	^{ABC}۷/۴۰±۰/۱۵^{c}	^{C}۶/۲۰±۰/۲۰^{d}	^{AB}۷/۶۶±۰/۱۷^{c}	^{A}۸/۱۶±۰/۰۳^{ab}	۸
^{BC}۷/۸۰±۰/۰۵^{a}	^{A}۸/۱۶±۰/۰۳^{a}	^{BCD}۶/۸۰±۰/۴۰^{b}	^{C}۶/۲۶±۰/۲۷^{b}	^{AB}۷/۸۶±۰/۳۳^{a}	^{A}۸/۰۰±۰/۰۵^{a}	۱۰
^{A}۸/۳۶±۰/۰۳^{a}	^{A}۸/۳۰±۰/۱۱^{ab}	^{AB}۷/۶۰±۰/۵۲^{bc}	^{B}۷/۲۶±۰/۰۹^{c}	^{A}۸/۴۳±۰/۰۶^{a}	^{A}۸/۴۰±۰/۰۵^{a}	۱۲
^{AB}۸/۱۶±۰/۰۳^{abc}	^{A}۸/۲۶±۰/۱۲^{abc}	^{A}۸/۵۰±۰/۵۳^{ab}	^{A}۸/۸۷±۰/۳۸^{a}	^{AB}۷/۷۶±۰/۵۳^{bc}	^{C}۷/۳۶±۰/۰۳^{c}	۱۴

حروف کوچک متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد ($p<۰/۰۵$). حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار طی دوره نگهداری در هر تیمار می‌باشد ($p<۰/۰۵$).

جدول ۵: تغییرات فیبر خام (٪) سیلاژ ماهی کیلکا آنچوی طی فرایند تخمیر به مدت ۱۴ روز

Table 5: Changes of crude fiber (%) of Anchovy Kilka during fermentation for 14 days

S. carlesbergensis	*S. cerevisiae*	*A. awamorri*	*A. niger*	*B. subtilis*	*L. plantarum*	زمان(روز)
^{bE}۳/۱۲±۰/۰۷	^{abF}۳/۵۶±۰/۲۵	^{abD}۳/۶±۰/۱۵	^{aE}۳/۹±۰/۱۸	^{bE}۳/۳۶±۰/۱۲	^{abC}۳/۵۴±۰/۰۶	۰
^{B}۶/۳۸±۰/۰۹^{a}	^{C}۶/۵۸±۰/۲۹^{a}	^{A}۶/۸۸±۰/۰۶^{a}	^{B}۶/۷۳±۰/۰۹^{a}	^{B}۶/۴۶±۰/۲۳^{a}	^{B}۵/۲۹±۰/۱۸^{b}	۲
^{A}۷/۹۸±۰/۲۵^{a}	^{A}۸/۴±۰/۱۸^{a}	^{A}۶/۳۴±۰/۱۵^{c}	^{A}۷/۱۶±۰/۰۵^{b}	^{A}۷/۱۷±۰/۰۳^{b}	^{A}۶/۹۹±۰/۳۹^{bc}	۴
^{B}۷/۰۲±۰/۴۵^{ab}	^{B}۷/۳۹±۰/۰۹^{a}	^{B}۵/۴۵±۰/۲۲^{d}	^{C}۶/۳۴±۰/۱۵^{bc}	^{AB}۶/۷۱±۰/۲۰^{abc}	^{B}۵/۸۵±۰/۳۴^{cd}	۶
^{C}۵/۲۲±۰/۲۹^{b}	^{C}۶/۲۱±۰/۰۰^{a}	^{C}۴/۴۵±۰/۱۶^{c}	^{E}۵/۱۹±۰/۱۲^{b}	^{C}۵/۲۹±۰/۱۲^{b}	^{B}۵/۱۵±۰/۳۳^{b}	۸
^{D}۴/۲۳±۰/۴۲^{b}	^{D}۵/۳۶±۰/۲۵^{a}	^{D}۳/۵۲±۰/۰۶^{b}	^{F}۴/۱۲±۰/۰۷^{b}	^{D}۴/۲۶±۰/۱۹^{b}	^{C}۳/۶۳±۰/۳۲^{b}	۱۰
^{F}۲/۲۳±۰/۱۰^{c}	^{E}۴/۵۷±۰/۲۶^{a}	^{E}۲/۳۴±۰/۱۶^{c}	^{F}۳/۲۷±۰/۰۷^{b}	^{E}۳/۴۹±۰/۱۶^{b}	^{D}۲/۵۶±۰/۳۰^{c}	۱۲
^{G}۱/۲۲±۰/۱۶^{a}	^{G}۱/۹۴±۰/۴۲^{a}	^{E}۲/۰۵±۰/۴۲^{a}	^{G}۲/۱۴±۰/۰۷^{a}	^{F}۱/۷۷±۰/۳۲^{a}	^{D}۲/۰۳±۰/۰۳^{a}	۱۴

حروف کوچک متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد ($p<۰/۰۵$). حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار طی دوره نگهداری در هر تیمار می‌باشد ($p<۰/۰۵$).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.1.17.8]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.118889]

جدول ۶: تعیین فاکتورهای رشد ماهی قزل آلای رنگین کمان تغذیه شده با جیره های غذایی آزمایشی با درصدهای متفاوت پودر ماهی تخمیری

Table 6: Determination of growth performances of rainbow trout with experimental diets with different percent of fermented fish meal

فاکتورهای رشد	تیمارهای غذایی											
	جیره شاهد	*B. subtillis* (25%)	*B. subtillis* (50%)	*B. subtillis* (75%)	*B. subtillis* (100%)	*A. niger* (25%)	*A. niger* (50%)	*A. niger* (75%)	*A. niger* (100%)	*S. cervisiae* (25%)	*S. cervisiae* (50%)	*S. cervisiae* (75%)	*S. cervisiae* (100%)
وزن اولیه (گرم)	۱۰/۳۳±۰/۰۶^{a}	۱۰/۴۴±۰/۰۶^{a}	۱۰/۵۷±۰/۲۴^{a}	^{a}۱۰/۳۸±۰/۱۱	۱۰/۲۳±۰/۱۰^{a}	۱۰/۳۱±۰/۱۷^{a}	۱۰/۴۴±۰/۱۲^{a}	۱۰/۲۱±۰/۰۷^{a}	۱۰/۳۶±۰/۰۹^{a}	۱۰/۴۷±۰/۱۲^{a}	۱۰/۳۰±۰/۰۷^{a}	۱۰/۲۱±۰/۰۴^{a}	۱۰/۲۴±۰/۱۰^{a}
وزن نهایی (گرم)	۷۲/۹۱±۰/۳۰^{a}	۷۱/۷۶±۰/۷۷^{b}	۶۳/۲۲±۰/۰۵^{d}	۶۰/۲۳±۰/۰۶^{f}	۵۷/۵۳±۰/۳۵^{gh}	۷۱/۸۰±۰/۴۳^{b}	۶۱/۵۹±۰/۲۶^{e}	۵۹/۵۱±۰/۳۰^{f}	۵۶/۵۸±۰/۳۷^{h}	۷۱/۵۱±۰/۳۰^{b}	۶۵/۱۱±۰/۰۶^{c}	۶۱/۵۶±۰/۲۸^{e}	۵۸/۲۲±۰/۶۴^{g}
افزایش وزن بدن (گرم)	۶۲/۵۸±۰/۰۹^{a}	۶۱/۳۲±۰/۷۶^{b}	۵۲/۶۵±۰/۲۶^{d}	۴۹/۸۵±۰/۰۴^{f}	۴۷/۲۹±۰/۳۷^{gh}	۶۱/۴۹±۰/۵۸^{b}	۵۱/۱۵±۰/۱۷^{e}	۴۹/۳۰±۰/۳۷^{f}	۴۶/۲۲±۰/۳۸^{h}	۶۱/۰۴±۰/۴۲^{b}	۵۴/۸۱±۰/۱۳^{c}	۵۱/۳۴±۰/۳۲^{e}	۴۷/۹۷±۰/۵۳^{g}
افزایش وزن بدن (٪)	۶۰۵/۸۷±۴/۸۴^{a}	۵۸۷/۴۵±۷/۸۸^{a}	^{c}۴۹۸/۷۵±۱۳/۸۹	۴۸۰/۳۷±۵/۵۶^{cde}	۴۶۲/۱۳±۷/۱۹^{ef}	۵۹۶/۷۵±۱۵/۲۷^{a}	۴۹۰/۱۲±۵/۱۳^{cd}	۴۸۳/۰۲±۷/۲۲^{cde}	۴۴۶/۲۹±۶/۲۴^{f}	۵۳۲/۲۱±۵/۱۰^{b}	۵۰۲/۷۹±۵/۵۳^{c}	۱۶۵۰/۴۲±۱۰/۵۵^{e}	۱۵۴۲/۰۰±۱۷/۳۳^{g}
ضریب تبدیل غذایی	۱/۶۱±۰/۱۰^{g}	۱/۶۸±۰/۱۱^{g}	۱/۹۵±۰/۰۰^{e}	۲/۰۳±۰/۱۰^{cd}	۲/۱۷±۰/۰۴^{ab}	۱/۶۷±۰/۲۰^{g}	۱/۹۷±۰/۱۰^{e}	۲/۰۶±۰/۲۰^{c}	۲/۲۲±۰/۳۰^{a}	۱/۸۴±۰/۱۰^{f}	۱/۹۹±۰/۱۰^{de}	۲/۱۵±۰/۱۰^{b}	
ضریب رشد ویژه (روز/ ٪)	۳/۱۸±۰/۰۴^{a}	۳/۴۴±۰/۰۳^{a}	۳/۱۹±۰/۰۴^{c}	۳/۱۴±۰/۱۰^{cde}	۳/۰۸±۰/۰۲^{ef}	۳/۴۶±۰/۰۳^{a}	۳/۱۶±۰/۰۱^{cd}	۳/۱۴±۰/۰۲^{cde}	۳/۰۳±۰/۰۲^{f}	۳/۴۳±۰/۰۳^{a}	۳/۲۹±۰/۰۱^{b}	۳/۲۰±۰/۰۱^{c}	۳/۱۰±۰/۰۰^{def}
ضریب رشد حرارتی (٪)	۲۰۱۱/۵۰±۳/۱۷^{a}	۱۹۷۱/۲۱±۰/۲۴^{b}	۱۶۹۲/۳۲±۸/۵۶^{d}	۱۶۰۲/۳۲±۱/۴۷^{f}	۱۵۲۰/۱۴±۲/۱۲^{gh}	۱۹۷۶/۵۷±۱۸/۷۶^{ab}	۱۶۴۴/۳۲±۵/۶۹^{e}	۱۵۸۴/۸۵±۱۲/۲۰^{f}	۱۴۸۵/۸۵±۱۲/۴۷^{h}	۱۹۶۲/۱۰±۱۳/۷۵^{b}	۱۷۶۱/۷۵±۴/۳۲^{c}	۱۶۵۰/۴۲±۱۰/۵۵^{e}	۱۵۴۲/۰۰±۱۷/۳۳^{g}
قابلیت هضم ظاهری پروتئین (٪)	۸۵/۲۶±۰/۰۶^{ab}	۸۴/۵۳±۰/۵۶^{b}	۸۰/۸۸±۰/۳۸^{d}	۸۰/۴۸±۰/۴۷^{d}	۷۷/۲۵±۱/۷۰^{e}	۸۴/۸۰±۰/۵۳^{b}	۸۰/۷۷±۰/۵۷^{d}	۸۰/۳۴±۰/۰۵^{d}	۷۸/۱۸±۰/۰۵^{e}	۸۶/۳۳±۰/۵۵^{a}	۸۲/۲۵±۰/۱۱^{c}	۸۲/۳۲±۰/۱۷^{c}	۷۷/۶۸±۰/۷۳^{e}
مقدار بقا (٪)	۹۶/۶۶±۳/۳۳	۹۶/۶۶±۳/۳۳	۹۶/۶۶±۳/۳۳	۹۳/۳۳±۶/۶۶	۹۰/۰۰±۵/۷۷	۹۶/۶۶±۵/۷۷	۸۶/۶۶±۶/۶۶	۹۶/۶۶±۳/۳۳	۹۰/۰۰±۰/۰۰	۸۶/۶۶±۶/۶۶	۹۶/۶۶±۳/۳۳	۹۶/۶۶±۳/۳۳	۹۶/۶۶±۳/۳۳

[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.118889] [DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.1.17.8] [Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]

همانطوریکه در جدول ۶ مشاهده می‌گردد، ضریب رشد حرارتی ماهی قزل آلای رنگین کمان با افزیش مقدار پودر ماهی تخمیری در هر یک از خوراک های تلقیح شده با *B. subtilis*، *A. niger* و *S. cerevicie*، کاهش معنی‌داری نشان داد. ضریب رشد حرارتی ماهیان قزل آلای رنگین کمان تغذیه شده با جیره‌های غذایی به مقدار ۲۵ درصد پودر ماهی تخمیری در *B. subtilis*، *A. niger* و *S. cerevicie* بترتیب ۱۹۷۱/۲۱، ۱۹۷۶/۵۷ و ۱۹۶۲/۱۰ درصد بود ($p>۰/۰۵$) که در مقایسه با جیره‌های غذایی با مقدار ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد دارای بیشترین مقدار بود ($p<۰/۰۵$). نتایج این مطالعه نشان داد که مقدار قابلیت هضم ظاهری پروتئین در جیره غذایی شاهد و خوراک آزمایشی محتوی ۲۵ درصد پروتئین ماهی تخمیری در *B. subtilis* و*A. niger* بیشترین مقدار را نشان داد (جدول ۶). ضریب قابلیت هضم ظاهری پروتئین در جیره‌های غذایی آزمایشی محتوی ۵۰ و ۷۵ درصد پودر ماهی تخمیری، تفاوت معنی‌داری بین آنها مشاهده نگردید. کمترین میزان ضریب قابلیت هضم ظاهری پروتئین در جیره غذایی آزمایشی محتوی ۱۰۰ درصد پودر ماهی تخمیری در *B. subtilis*، *A. niger* و *S. cerevicie* مشاهده گردید ($p>۰/۰۵$) که بترتیب ۷۷/۲۵، ۷۸/۱۸ و ۷۷/۶۸ درصد بود.

بحث

همانطوریکه در جدول ۲ نشان داده شده است، میزان رطوبت در پودر ماهی تخمیری تلقیح شده با باکتری، قارچ و مخمر با پیشرفت دوره تخمیر افزایش معنی‌داری نشان داده است ($p<۰/۰۵$). افزایش میزان رطوبت را طی فرآیند تخمیر می‌توان به فعالیت پروتئولیتیک میکروارگانیسم‌ها مربوط دانست که منجر به رهاسازی آب از طریق هیدرولیز پپتیدها می‌گردد (Anihouvi *et al*., 2012; Hammoumi *et al*., 1998). همچنین میکروارگانیسم‌ها دارای فعالیت متابولیک هستند که دی اکسید کربن و آب تولید می‌کنند (Chutmanop *et al*., 2008). Vijayan و همکاران (۲۰۰۹) نتایجی مشابه تحقیق حاضر را بدست آوردند. بین میزان رطوبت در سیلاژ زیستی تهیه شده با میکروارگانیسم‌های مختلف از نظر آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید ($p>۰/۰۵$).

جدول ۳ تغییرات میزان پروتئین سیلاژ تخمیری با میکروارگانیسم‌های مختلف را طی فرآیند تخمیر نشان می‌دهد. میزان پروتئین سیلاژ تخمیری با میکروارگانیسم‌های مختلف طی دوره نگهداری به طور معنی‌داری افزایش یافت. میزان پروتئین سیلاژ تخمیری حاصل از باکتری‌ها در مقایسه با قارچ و مخمر به طور معنی‌داری بیشتر است ($p<۰/۰۵$). در مطالعه‌ای مشخص گردید که باکتری *Bacillus subtilis* قادر به تولید مقدار زیادی پروتئین است (Shrestha *et al*., 2010). علت افزایش میزان پروتئین پودر ماهی تخمیری را می‌توان به توانایی میکروارگانیسم‌ها در تبدیل کربوهیدرات‌های محلول آرد گندم به پروتئین (Vijayan *et al*., 2009; Rajesh *et al*., 2010; Joseph *et al*., 2008)، افزایش توده سلول میکروبی (Antai and Obong, 1992) و همچنین توانایی میکروارگانیسم‌ها در ترشح برخی از آنزیم‌های خارج سلولی (پروتئین‌ها) (Oseni and Joseph *et al*., 2008 ; Akindahunsi, 2011) مربوط دانست. همچنین آنزیم‌های متنوع و پپتیدهای هیدولیز شده آزاد می‌تواند منجر به تولید پروتئین و در نتیجه افزایش میزان پروتئین گردند (Bhatnagar *et al*., 2010). قارچ *A. niger* می‌تواند بیش از ۱۹ نوع آنزیم تولید نماید که در ساخت پروتئین اهمیت دارند (Joseph *et al*., 2008). باکتری *Bacillus subtilis* قادر به ترشح مقدار زیادی پروتئین می باشد (Shrestha *et al*., 2010). Vijayan و همکاران (۲۰۰۹) میزان پروتئین خام در پودر ماهی تخمیری حاصل از ضایعات ماهی تون تلقیح شده با باکتری*L. plantarum* را ۶۱/۸۳ درصد طی ۱۴ روز تخمیر تخمین زدند. در حالیکه Yamamoto و همکاران (۲۰۰۵) مشاهده کردند که میزان پروتئین پودر ماهی ساردین تخمیری تلقیح شده با *A.awamorri* تغییری نشان نداد.

میزان خاکستر سیلاژ تخمیری با میکروارگانیسم‌های مختلف طی دوره نگهداری به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۴). سیلاژ تخمیری حاصل از قارچ‌ها و

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.1.17.8]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.118889]

باکتری‌ها به طور معنی‌داری بالاترین میزان خاکستر را نشان داد. افزایش میزان خاکستر طی فرآیند تخمیر با کاهش ماده خشک (Vijayan *et al*., 2009) و افزایش میزان مواد معدنی (Antai and Obong, 1992) در ارتباط می‌باشد. افزایش میزان خاکستر نمونه‌های تخمیری بر خوش طعمی خوراک در جیره غذایی تاثیر می‌گذارد. بنابراین، Arruda و همکاران (۲۰۰۷) و Fagbenro و همکاران (۱۹۹۴) پیشنهاد کردند که پودر ماهی تخمیری باید با مواد خوش طعمی چون پودر ذرت یا کنجاله سویا در خوراک حیوانات مخلوط گردند.

افزایش میزان فیبر خام نمونه‌های تخمیری در اوایل مدت فرآیند را می‌توان به مصرف مواد مغذی ماده جامد توسط میکروارگانیسم‌ها و افزایش مقدار فیبر خام مرتبط دانست (Rajesh *et al*., 2010; Joseph *et al*., 2008) و کاهش میزان فیبر پس از گذشت ۴ روز را نیز می‌توان به دلیل شکست پلی‌ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای به پروتئین تک سلولی توسط میکروارگانیسم‌ها دانست (Rajesh *et al*., 2010). همچنین، فیبرها توسط میکروارگانیسم‌ها جهت کسب انرژی و سایر فعالیت‌های سلولی مصرف می‌گردند (Yamamoto *et al*., 2004). مشابه چنین روند افزایش و کاهش توسط Rajesh و همکاران (۲۰۱۰) گزارش شده است.

جدول ۶ تاثیر درصدهای متفاوت پودر ماهی تخمیری بر فاکتورهای رشد ماهی قزل آلای رنگین کمان پس از ۶۵ روز دوره پرورش نشان داده شده است. کاهش میزان فاکتورهای رشد در ماهیان قزل آلای رنگین کمان تغذیه شده از خوراک‌های حاوی ۲۵، ۷۵ و ۱۰۰ درصد پودر ماهی تخمیری را می‌توان در مقادیر بالای اسیدهای آمینه آزاد و همچنین اسیدیته خوراک دانست (Sao, 2005). اسیدهای آمینه آزاد ممکن است اشتهای ماهی را کاهش دهند (Sao, 2005). در حالیکه اسیدیته خوراک پذیرش غذا را توسط ماهی کاهش می‌دهد و همچنین بر فعالیت آنزیم پروتئاز در معده ماهی قزل آلای رنگین کمان تاثیر می‌گذارد. قابلیت هضم یکی از فاکتورهای مهم در فرمولاسیون خوراک می‌باشد (Fagbenro and Bello-Olusoji, 1997). خوراک‌هایی که قابلیت هضم کمی دارند، برای حیوانات محدودیت مواد مغذی ایجاد می‌کنند (Fagbenro and Bello-Olusoji, 1997). ارزش مغذی خوراک به کیفیت مغذی آن و توانایی حیوانات به جذب مواد مغذی بستگی دارد (Soltan and El-Laithy, 2008). مقدار قابلیت هضم ظاهری پروتئین در جیره غذایی شاهد و خوراک آزمایشی محتوی ۲۵ درصد پروتئین ماهی تخمیری در *B. subtilis* و*A. niger* بیشترین مقدار را نشان داد. جیره غذایی آزمایشی محتوی ۱۰۰ درصد پودر ماهی تخمیری در *B. subtilis*، *A. niger* و *S. cerevicie* کمترین میزان ضریب قابلیت هضم ظاهری پروتئین نشان داد. علت کاهش مقدار قابلیت هضم ظاهری پروتئین ممکن است در میزان بالای اسیدهای آمینه آزاد در پودر ماهی تخمیری باشد. بخش بزرگی از پروتئین به صورت دی پپتید و تری پپتید جذب می گردد، در حالیکه بخش اندکی از پروتئین‌ها به شکل اسیدهای آمینه آزاد جذب می‌گردند (Fagbenro *et al*., 1997). اسیدهای آمینه آزاد دارای محدودیت جذب برای حیوانات هستند (اویسی‌پور و قمی، ۱۳۸۷). Fagbenro و همکاران (۱۹۹۴) دریافتند که مقدار بالای نیتروژن غیر پروتئین (اسیدهای آمینه آزاد، پپتیدها) که در نتیجه پروتئولیزیز تولید می‌گردد، منجر به کاهش قابلیت هضم ظاهری پروتئین می‌گردد و بر جذب پروتئین نیز تاثیر می‌گذارد. پودر ماهی تخمیری محتوی مقدار قابل ملاحظه‌ای نیتروژن غیر پروتئینی (اسیدهای آمینه آزاد، پپتیدها) می‌باشد، ولی پودر ماهی حاوی پروتئین دست نخورده می‌باشد (Fagbenro *et al*., 1997). گروه‌های آلفا-اسید آمینه پروتئین‌های هیدرولیز شده مستعد واکنش با گروه های آلدهید کربوهیدرات‌ها می‌باشند که منجر به تولید محصولات حاصل از واکنش میلارد می‌گردد و دسترسی اسید های آمینه را کاهش می‌دهد (Fagbenro *et al*., 1997). دسترسی اندک اسیدهای آمینه آزاد منجر به مصرف پروتئین اندک و قابلیت هضم پروتئین کم می‌گردد که در نتیجه باعث کاهش رشد ماهی می‌شود.

با توجه به تقاضای پرورش دهندگان برای دسترسی به پودر ماهی با کیفیت بالا و نگرانی جهانی به دلایل

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.1.17.8]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.118889]

مشکلات ناشی از کمبود پودر ماهی در آینده و نیز نگرانی‌های زیست محیطی ناشی ضایعات ماهیان، تهیه پودر ماهی تخمیری می‌تواند جایگزین مناسبی باشد. ماهیان تغذیه شده با ۲۵ درصد پودر ماهی تخمیری در غذا بهترین فاکتور رشد و قابلیت هضم ظاهری پروتئین را نشان دادند ($p<۰/۰۵$). لذا پودر ماهی تخمیری می‌تواند تقاضای پرورش دهندگان به پودر ماهی با کیفیت مغذی بالا را تامین نماید. از اینرو، فرآیند تخمیر نوعی از تکنولوژی را ایجاد می‌کند که می‌تواند به عنوان یک جایگزین مناسب در خوراک ماهیان عمل کند.

منابع

اویسی پور، م. ر. و قمی، م. ر.، ۱۳۸۷. بیوتکنولوژی در تولید فرآورده های دریایی. انتشارات دانشگاه آزاد واحد تنکابن، ۱۹۲ صفحه.

حسینی، ش.، غرقی، ا.، جمالزاده، ح.ر.، صفری، ر. و حسینی، ش. ۱۳۹۱. مقایسه پرونئین هیدرولیز شده از امعا و احشا و سر ماهی فیتوفاگ (*Hypophthalmichthys molitrix*) با استفاده از آنزیم آلکالاز و آنزیم های داخلی بافت. مجله علمی شیلات ایران. ۲۱: ۶۲-۵۵.

رضوی شیرازی، ح.، ۱۳۸۶. تکنولوژی فرآورده های دریایی، اصول نگهداری و عمل آوری (۱). انتشارات پارس نگار، تهران، ۳۲۵ صفحه.

فلاحی، م.، شریفیان، م.، طلوعی، م.ح.، امیری، ا. و دقیق روحی، ج. ۱۳۹۱. تاثیر شیرابه کود آلی تخمیر شده بی هوازی در پرورش ماهی سفید (تا ۱ گرم) و مقایسه فاکتورهای رشد و بقا با تغذیه مرسوم. مجله علمی شیلات ایران. ۲۱: ۷۶-۶۵.

Anihouvi, V.B, Kpoclou, E.Y. and Hounhouigan, J.D., 2012. Use of starter cultures of Bacillus and Staphylococcus in the controlled fermentation of Lanhouin, a traditional fish-based condiment from West African. *African Journal of Microbiology Research*, 6: 4767-4774. DOI: 10.5897/AJMR12.413

Antai, S.P. and Obong, U.S., 1992. The effect of fermentation on the nutrient status and on some toxic components of (*Icacinia manni). Plant Foods for Human Nutrition*, 42: 219-224. DOI: 10.1007/BF02193929

Arruda, L.F., Borghesi, R. and Oetterer, M., 2007. Use of fish waste as silage- a review. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50: 897-886. DOI: 10.1590/S1516-89132007000500016

AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 1990. Official Methods of Analysis, 13th edn. Washington DC, USA, 1094P.

Bailey, J. and Aianärä, A., 2006. Effects of feed portion size on growth of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), reared at different temperatures. *Aquaculture*, 253: 728-730. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2005.09.026

Bhatnagar, D., Joseph, I. and Raul Raj, R., 2010. Amylase and acid protease production by solid state fermentation using (*Aspergillus niger)* from mangrove swamp. *Indian Journal of Fisheries*, 57: 45-51.

Bligh, E.G. and Dyer, W.J., 1959. A rapid method for total lipid extraction and purification. *Canadian Journal Biochemistry and Physiology*, 37: 911-917. DOI: 10.1139/o59-099

Chutmanop, J., Chuichulcherm, S., Chisti, Y. and Srinophakun P., 2008. Protease production by *(Aspergillus oryzae)* in solid-state fermentation using agroindustrial substrate. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 83: 1012-1018. DOI: 10.1002/jctb.1907.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.1.17.8]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.118889]

Fagbenro, O., Jauncey, K. and Haylor, G., 1994. Nutritive value of diet containing dried lactic acid fermented fish silage and soybean meal for juvenile (*Oreochromis niloticus)* and (*Clarias gariepinus)*. *Aquatic Living Resources*, 7: 79-85. DOI: 10.1051/alr: 1994010

Fagbenro, O., Jauncey, K. and Krueger, R., 1997. Nutritive value of dried; actic acid fermented fish silage and soybean meal in dry diets for juvenile catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Journal of Applied Ichthyology*, 13: 27-30. DOI: 10.1111/j.1439-0426.1997.tb00094.x

Fagbenro, O.A. and Bello-Olusoji, O.A., 1997. Preparation, nutrient composition and digestibility of fermented shrimp head silage. *Food Chemistry*, 60: 489-493. DOI: 10.1016/S0308-8146(96)00314-7

Faid, M., Zouiten, A., Elmarrakchi, A. and Achkari-Begdouri, A., 1997. Biotransformation of fish waste into a stable feed ingredient. Food Chemistry, 60: 13-18. DOI: 10.1016/S0308-8146(96)00291-9

FAO., 1950. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Washington, D.C., U.S.A.

Hammoumi, A., Faid, M., El yachioui, M. and Amarouch, H., 1998. Characterization of fermented fish waste used in feeding trials with broilers. Process Biochemistry, 33: 423-427. DOI: 10.1016/S0032-9592(97)00092-7

Joseph, I., Paul Raj, R. and Bhatnagar, D., 2008. Effect of solid state fermentation on nutrient composition of selected feed ingredients. *Indian Journal of Fisheries*, 55: 327- 332.

López, L.M., Torres, A.L., Durazo, E., Drawbridge, M. and Bureau, D.P., 2006. Effects of lipid on growth and feed utilization of white seabass (*Atractoscion nobilis*) fingerlings. *Aquaculture*, 253: 557-263. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2005.08.007

NRC (National Research Council), 1993. Nutrient requirements of fish. National Academy Press, Washington D.C., U.S.A.

Ochoa-Solano, J.L. and Olmos-Soto, J., 2006. The functional property of *Bacillus* for shrimp feeds. *Food Microbiology*, 23: 519- 525. DOI: 10.1016/j.fm.2005.10.004

Oseni, O.A. and Akindahunsi, A.A., 2011. Some phytochemical properties and effect of fermentation on the seed of (*Jatropha curcas* L). *American Journal of Food Technology*, 6: 158-165. DOI: 10.3923/ajft.2011.158.165

Rahmi, M., Faid, M., EIYachioui, M., Berny, E.H., Fakir, M. and Ouhssine, M., 2008. Protein rich ingredients from fish waste for sheep feeding. *African Journal of Microbiology Research*, 2: 73-77.

Rajesh, N., Joseph, I. and Paul Raj, R., 2010. Value addition of vegetable wastes by solid-state fermentation using (*Aspergillus niger)* for use in aquafeed industry. Waste Management, 30: 2223-2227. DOI: 10.1016/j.wasman.2009.12.017

Sao, K., 2005. Study on substitution of fermented fish for fish meal in hybrid

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.1.17.8]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.118889]

catfish (*Clarias macrocephalus* × *Clarias gariepinus*) diet. A thesis. Kasetsart University.

Shrestha, A.K., Dahal, N.R. and Ndungutse, V., 2010. *Bacillus* fermentation of soybean: a review. *Journal of Food Science and Technology Nepal*, 6: 1-9.

Soltan, M.A. and El- Laithy, S.M., 2008. Evaluation of fermented silage mae from fish, tomato and potato by- products as a feed ingredient for Nil Tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Egyption Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 12: 25- 41. DOI: 10.21608/ejabf.2008.1969

Tibbetts, S.m., Milley, J.E. and Lall, S. P., 2006. Apparent protein and energy digestibility of common and alternative feed ingrediends by Atlantic Cod, *Gadus morhua* (Linnaeus, 1758). *Aquaculture*, 261: 1314- 137. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2006.08.052

Vijayan, H., Joseph, I. and Paul Raj, R., 2009. Biotransformation of tuna waste by co-fermentation into an aquafeed ingredient. *Aquaculture Research*, 40: 1047-1053. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2009.02197.x

Williams, C.H., David, D.J. and Lismaa, O., 1962. Determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. *Journal of Agricultural Science*, 59: 281-285.

Yamamoto, M., Saleh, F. and Hayashi, K. 2004. A fermentation method of dry and convert shochu distillery by-product to a source of protein and enzymes. *Animal Science Journal*, 41: 275-280. DOI: 10.2141/jpsa.41.275

Yamamoto, M., Saleh, F., Ohtsuka, A. and Hayashi, K., 2005. New fermentation technique to process fish waste. *Animal Science Journal*, 76: 245-248. DOI: 10.1111/j.1740-0929.2005.00262.x

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.1.17.8]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.118889]

Replacement of fish meal with different content of fermented silage from Kilka (*Clupeonella engrauliformis* Svetovidov, 1941) meal on growth performance and apparent digestibility of protein of rainbow trout diet

Khodanazary A.[1,2*]; Hajimoradloo A.[2]; Ghorbani R.[2]

[*]khodanazary@yahoo.com

1- Department of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran
2- Faculty of Fisheries, Department of Fisheries and environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.1.17.8]

[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.118889]

Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of fermented silage on growth performance and apparent digestibility of protein at feed of rainbow trout. In this study, Anchoy Kilka meal were mixed with 25% wheat flour and inoculated with microorganisms (10^8 cell/ml) and kept in an incubator for 14 days at 37 ºC. Fermentation of Anchoy Kilka has resulted in a significant increase in moisture, protein and pH values at the end of the period. Ash content of the fermented product was almost twice as that of the unfermented fish meal in all of the samples. Fiber and crude fat contents of the fermented product was respectively reduced and increased ($p<0.05$) in comparison with the initial product. Replacement of fish meal with fermented silage (0, 25, 50, 75 and 100%) showed that there was significant difference in growth performance and apparent digestibility protein ($p<0.05$). Fish fed with 25 percent fermented silage had the best of growth performance and apparent digestibility of protein ($p<0.05$). In conclusion, the results of this study suggest that fish meal produced with fermentation manner can be used as good alternative for feedstuff of rainbow trout.

Keywords: Fermented silage, Rainbow trout, Quality characteristic, Growth factor, Apparent digestibility of protein.

[*]Corresponding author