نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی
Journal homepage: http://jair.gonbad.ac.ir
ISSN: 2423-6349
دوره ۱۳، شماره۳، صفحات ۸۸-۷۳
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه گنبد کاووس

خشک کردن همزمان سیلاژ حاصل از ضایعات ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با ضایعات پسته

بهروز محمدزاده[1*]، زهرا حسین زاده[2]

[1] گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران.
[2] دکتری علوم و مهندسی علوم دامی، مدیر تولید شرکت خوراک دام و طیور مینوصباح

نوع مقاله:
پژوهشی اصیل

تاریخچه مقاله
دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۲۹
پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۱۶

نویسنده مسئول مکاتبه:
بهروز محمدزاده، گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران.

ایمیل:
Behrooz9@gmail.com

چکیده

سیلاژ ماهی به عنوان جایگزین پودر ماهی در صنعت خوراک دام، طیور و آبزیان شناخته می شود. در مطالعه حاضر، هدف رفع مشکل خشک کردن سیلاژ ماهی، از طریق افزودن ضایعات پسته می باشد. بدین منظور در مرحله اول پس از تهیه سیلاژ اسیدی از امعاء و احشای ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، به منظور خشک کردن همزمان، سطوح مختلف ۱۰، ۳۰ و ۵۰٪ ضایعات خشک پسته به سیلاژ ماهی افزوده شد. بر اساس نتایج، افزودن ضایعات پسته در سطح ۳۰٪ سبب کاهش رطوبت سیلاژ (۱۶/۱۸٪) و دستیابی به پروتئین مطلوب (۱۶/۳۳٪) در سیلاژ ماهی شد. در مرحله دوم، کیفیت فرآورده ترکیبی خشک شده حاوی ۷۰٪ سیلاژ ماهی و ۳۰٪ ضایعات پسته مورد ارزیابی قرار گرفت. در فرآورده ترکیبی، pH (۴/۹۳)، مجموع بازهای نیتروژنی فرار (۴۳/۸۷ گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم)، عدد پراکساید (۳/۸۲ میلی اکی والان اکسیژن در کیلوگرم روغن) و شمار کل باکتریهای هوازی (۲×۱۰^{۴} واحد تشکیل کلونی بر گرم) بود که حاکی از کیفیت قابل قبول فرآورده ترکیبی جهت جایگزینی بخشی از منبع پروتئینی در خوراک حیوانات می باشد. آنالیز عناصر معدنی نشان داد که فرآورده ترکیبی منبع خوبی از کلسیم (۱۲/۶۹میلی گرم در کیلوگرم) و آهن (۱۳۳/۵ میکروگرم در گرم) می باشد. در مجموع، افزودن ضایعات پسته در سطح ۳۰٪ به سیلاژ ماهی قزل آلای رنگین کمان، سبب اقتصادی کردن فرایند خشک کردن سیلاژ ماهی شده و با توجه به ارزش غذایی فرآورده ترکیبی، این فرآورده می تواند به عنوان یک منبع پروتئینی جایگزین بخشی از پروتئین حیوانی مورد استفاده در خوراک دام، طیور و آبزیان شود.

کلمات کلیدی : سیلاژ ماهی، خشک کردن همزمان، پروتئین، کیفیت.

۱ مقدمه

صنعت آبزی پروری نقش مهمی در تامین آبزیان خوراکی مورد مصرف انسان از طریق فعالیت های شیلاتی در دنیا دارد. چنانچه از کل تولیدات شیلاتی دنیا که در سال ۲۰۲۲ برابر ۱۸۵میلیون تن بوده است، مقدار ۹۴ میلیون تن سهم تولیدات آبزی پروری بوده که معادل ۵۱ درصد کل تولیدات شیلاتی دنیاست (FAO, 2024). ماهیان تولید شده در صنعت آبزی پروری غالبا طی فرآوری و بسته بندی و یا عرضه در بازار فروش ماهی مقداری ضایعات از خود بجا می گذارند. مقدار ضایعات حاصل از آماده سازی اولیه و فرآوری بسیار متغیر است و بین ۸۰-۲۰٪ وزن اولیه ماهی است. مقدار ضایعات ایجاد شده با توجه به نوع عملیات فرآوری نظیر تخلیه شکمی کردن، فلس گیری و فیله کردن، ویژگیهای گونه ماهی شامل ترکیب شیمیایی، اندازه و شکل بدن متفاوت است (Maksimenko et al., 2024). مهمترین محصولات جانبی بدست آمده طی فرآوری ماهی شامل برش های عضله (۲۰-۱۵٪)، پوست و باله ها (۳-۱٪)، استخوان ها (۱۵-۹٪)، سر (۱۲-۹٪)، امعاء و احشا

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-09-08]
[DOI: 10.22034/jair.13.3.71]

(۱۸-۱۲٪) و فلس ها (۵٪) می باشند (Coppola et al., 2021). ترکیبات با ارزشی همچون پروتئین، روغن ماهی، اسیدهای چرب امگا ۳ و آنزیم‌ها می توانند از محصولات جانبی حاصل از فرآوری ماهی بدست آیند (Arvanitoyannis and Kassaveti, 2008). ترکیبات مذکور با استفاده از فرایندهای مختلف قابل جداسازی می باشند. یکی از این فرایندهای قدیمی و ساده تولید سیلاژ است. سیلاژ ماهی یک محصول پروتئینی فوق العاده و با ارزش بیولوژیکی بالا برای تغذیه حیوانات می‌باشد که می تواند از ماهیان مرده، گونه های کمتر بهره برداری شده، محصولات جانبی حاصل از صید ماهیان دریایی، ضایعات ماهیان تجاری و باقی مانده های صنعتی تولید گردد. (Vidotti et al., 2003).

سیلاژ ماهی بطور معمول به دو روش قابل تولید است اسیدی و زیستی، در روش اسیدی از اسیدهای آلی و معدنی به صورت ترکیبی و یا منفرد استفاده می شود و در روش زیستی با استفاده از باکتریهای تولید کننده اسیدلاکتیک سیلاژ ماهی تولید می گردد (Arruda et al., 2007). تولید سیلاژ ماهی آن در مناطقی که واحد تولیدی پودر ماهی ندارند ولی به ماهیان آب شیرین پرورشی دسترسی دارند یا مناطقی که واحدهای فرآوری با مقیاس کوچک دارند، دارای مزایایی از جمله کاهش آلودگی محیط زیست، استفاده بهینه از ضایعات ماهیان آب شیرین، کاهش هزینه های مربوط به حمل و نقل ضایعات و اقتصادی بودن سرمایه گذاری به منظور راه اندازی آن می باشد (Maksimenko et al., 2024). علاوه بر این با توجه به اینکه ضایعات حاصل از فرآوری ماهی به سرعت فاسد می شوند، فن آوری سیلاژ که به آسانی اجرا شده و نیاز به تجهیزات گران قیمت ندارد، اجازه می دهد تا این ضایعات بلافاصله حفظ شده و کیفیت مواد اولیه برای استفاده ای بعدی به عنوان اجزای خوراکی حفظ گردد (Maksimenko et al., 2024). کیفیت تغذیه ای سیلاژ ماهی بویژه محتوای پروتئینی، ترکیب اسیدآمینه و قابلیت هضم پذیری، از عواملی هستند که مفید بودن آنرا به عنوان یک جزء غذایی در آبزی پروری تائید می کنند (Toppe et al., 2018).

گرچه صنعت آبزی در سال های اخیر رشد قابل توجهی داشته است، لیکن با برخی چالش ها روبرو است که یکی از مهمترین آنها هزینه بالای تامین خوراک و عدم تامین پیوسته پودر و روغن ماهی است (Maksimenko et al., 2024)، چنانچه تامین خوراک و تغذیه آبزیان در آبزی پروری مهمترین بخش تشکیل دهنده هزینه است و تقریبا بیش از ۷۰٪ هزینه را به خود اختصاص می دهد (Dossou et al., 2018; Zakaria et al., 2022). پودر ماهی یکی از اجزای اصلی خوراک در آبزی پروری است که تامین کننده پروتئین با کیفیت بالا، قابل هضم و متوازن از لحاظ ترکیب اسیدآمینه است (Cho and Kim, 2011). با این وجود فناوری تولید پودر ماهی مصرف انرژی بالایی دارد، علاوه بر آن نوسانات تولید، تغییر قیمت سبب شده است تا روند استفاده از پودر ماهی در فراهم کردن خوراک آبزیان کاهشی شود (FAO, 2022). از اینرو، با توجه به نقش حیاتی آبزی پروری در تامین امنیت غذایی، توسعه پایدار آن وابسته به یافتن منابع پروتئینی جایگزین پودر ماهی است که از لحاظ اقتصادی صرفه داشته و وابستگی به پودر ماهی را کاهش داده و سبب توسعه اقتصادی و زیست محیطی آبزی پروری شود (Hua et al., 2019; Sampathkumar et al., 2023). یکی از مهمترین کاربردهای سیلاژ ارائه آن به عنوان یک منبع پروتئینی جایگزین پودر ماهی در جیره غذایی دام، طیور و آبزیان (Arruda et al., 2007; Goddard and Perret, 2005). استفاده از سیلاژ ماهی به عنوان یکی از اجزای جیره خوراکی حیوانات علاوه بر اینکه دارای ارزش غذایی بالایی است، به دلیل کیفیت مناسب میکروبیولوژیکی و شیمیایی در مطالعات متعددی مورد توجه قرار گرفته است (Maksimenko et al., 2024). باکتری لاکتوباسیلوس پلانتاروم و قارچ آسپرژیلوس اورایزا به هدف تولید سیلاژ تخمیری از ضایعات ماهی ساردین و سپس بکارگیری آن در سطوح صفر، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ درصد در جیره جوجه های گوشتی با هدف جایگزینی با کنجاله سویا (شبانی و همکارانف ۱۳۹۵)، تخمیر حالت جامد پودر ماهی کیلکای آنچوی دریای خزر (*Clupeonella engrauliformis*) توسط توسط باکتری های *Lactiplantibacillus plantarum*، *Bacillus subtilis* و قارچ های *Aspergillus niger*، *Aspergillus awamori*، *Saccgaromyces cerevisiae*، *Saccgaromyces Carlsbergensis* به مدت ۱۴ روز در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد و جایگزینی در سطوح مختلف ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰٪ با پودر ماهی در جیره خوراکی ماهی قزل آلای رنگین کمان(خدانظری و همکاران،۱۳۹۷).

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-09-08]

[DOI: 10.22034/jair.13.3.71]

استفاده از سیلاژ ماهی به صورت مایع دارای محدودیت هایی در نگهداری، حمل و نقل و خصوصا استفاده در انواع خوراک‌های حیوانی در مقیاس صنعتی بویژه در مناطق گرمسیری را دارد (Disney et al., 1978). از اینرو جهت اطمینان از بهینه کردن استفاده از سیلاژ ماهی که یک محصول مایع است، آب این محصول باید کاهش یابد و سیلاژ خشک شود (Majumdar et al., 2014). روش های مرسوم خشک کردن با صرف انرژی بالا برای خشک کردن سیلاژ ماهی مقرون به صرفه نمی باشد. یکی از فرایندهای کاهش آب، خشک کردن همزمان است که طی آن مواد غذایی خشک یا پرکننده ها به سیلاژ تر به منظور جذب پروتئین‌های محلول و رطوبت افزوده می‌شوند (Lopez, 1990; Dong et al., 1993). به منظور خشک کردن سیلاژ حاصل از گونه های مختلف آزاد ماهیان، به میزان ۳۰٪ وزن سیلاژ ماهی به آن سبوس گندم اضافه شد و فرآورده ترکیبی در ۱۲۰-۱۰۰ درجه سانتی گراد خشک شد (Valenzuela and Dale, 2016). فرآورده ترکیبی خشک شده حاوی ۱۲/۳٪ رطوبت، ۴۴٪ پروتئین، ۵٪ عصاره اتری، ۳/۳٪ فیبرخام و ۹/۴٪ خاکستر، کلسیم ۱/۰۱٪ و فسفر ۱/۰۸٪ بود. سیلاژ بدست آمده از تخمیر ضایعات ماهیان عرضه شده در بازار با شیرلخته شده به عنوان منبع باکتریهای اسیدلاکتیک و ملاس چغندرقند، از طریق افزودن سطوح مختلف سبوس برنج (۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰٪) به سیلاژ ماهی و در ادامه استفاده از یک خشک کن خورشیدی، طی مدت ۳-۲ روز خشک شد که افزودن ۳۰٪ سبوس برنج بهترین کیفیت را در محصول نهایی ایجاد نمود (Palkar et al., 2018).

وجود مقادیر بالای مواد لیگنوسلولزی در ضایعات و پسماندهای خشک بخش کشاورزی از جمله سبوس گندم و برنج، سبب شده است تا این ضایعات پتانسیل بالایی جهت کاهش رطوبت طی فرایند خشک کردن همزمان با ضایعات حاوی رطوبت بالا از جمله سیلاژ ماهی داشته باشند. پتانسیل کاهش رطوبت طی فرایند خشک کردن همزمان توسط این ضایعات لیگنوسلولزی عمدتا ناشی از ساختار متخلخل، درصد بالای سلولز و همی سلولز و نسبت سطح به حجم زیاد این مواد می باشد (Makowska et al., 2025). پسته یکی از محصولات کشاورزی است فرآوری آن در به صورت پوست کنی و خشک کردن حدود ۴۰٪ ضایعات ایجاد می کند (محمدی و همکاران، ۱۳۹۸). این فرآورده غالبا به عنوان یکی از اقلام مورد استفاده در کارخانه های خوراک دام، طیور و آبزیان شناخته می شود. پوست سبز پسته حاوی ۱۱٪ پروتئین، ۵۵٪ قند احیا و ترکیبات فنولیک بین ۱۵/۳ تا ۳۱/۱ میلی گرم در گرم معادل گالیک اسید می باشد (گل محمدی، ۱۳۹۱؛ رجایی و همکاران، ۱۳۸۸) که علاوه بر ایجاد توازن ارزش غذایی پتانسیل ایجاد پایداری اکسیداتیو را نیز در محصول حساس به فساد اکسیداسیونی همچون سیلاژ ماهی را خواهد داشت. افزون بر این ضایعات پسته حاوی مقادیر بالایی مواد لیگنوسلولزی است، چنانچه گزارش شده است که ضایعات پسته ۳۵/۸٪ کربوهیدارت غیرفیبری دارند که نشان دهنده پتانسیل بالای آن جهت استفاده به عنوان جاذب زیستی از جمله با هدف کاهش رطوبت می باشد (Toghiani et al., 2022).

مجموع تولید ماهی قزل آلای رنگین کمان به عنوان اصلی ترین ماهی سردآبی پرورشی در کشور در سال ۱۴۰۲ بیش از ۲۳۷ هزار تن بوده است (سالنامه آماری شیلات، ۱۴۰۳). شکل غالب عرضه و آماده سازی ماهی قزل آلای رنگین کمان به صورت تخلیه شکمی شده می باشد. آماده سازی این ماهی بصورت تخلیه شکمی و جداسازی امعاء و احشا، حدود ۱۸-۱۲٪ ضایعات ایجاد می کند که بدون استفاده خاصی دورریز شده و سبب آلودگی محیط زیست می گردد. بر این اساس در تحقیق حاضر هدف خشک کردن همزمان سیلاژ امعاء و احشای ماهی قزل آلای رنگین کمان از طریق افزودن سطوح مختلف پودر خشک ضایعات پسته بوده و ارزیابی کیفیت فراورده ترکیبی بدست آمده جهت جایگزینی آن به پروتئین حیوانی در جیره های حیوانات پرورشی است.

۲ مواد و روش‌ها

۲-۱ آماده سازی مواد اولیه

به منظور تولید سیلاژ ماهی، از امعاء و احشای ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) استفاده شد، بدین منظور ماهیان به صورت تازه در بازار ماهی شهر گنبدکاووس تخلیه شکمی شده، امعاء و احشا جداسازی و در شرایط سرد به آزمایشگاه دانشگاه گنبدکاووس منتقل شد. برای خشک کردن همزمان سیلاژ از پودر خشک ضایعات پسته استفاده شد. این پودر که حاوی پوسته سخت

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-09-08]

[DOI: 10.22034/jair.13.3.71]

پسته و خرده های پسته کامل بود از کارخانه خوراک دام، طیور و آبزیان مینوصبح گنبدکاووس تهیه گردید. قابل ذکر است به منظور تعیین ترکیب شیمیایی از مواد اولیه نمونه برداری انجام شد و تا زمان انجام آزمایش در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد نگهداری گردید.

۲-۲ تولید سیلاژ ماهی

امعاء واحشای ماهی قزل آلای رنگین کمان، در مرحله نخست، با استفاده از چرخ گوشت (Panasonic,MK-ZJ2700, Japan) با صفحه سوراخ دار متوسط (۳ میلی متر) چرخ شده و در ادامه به منظور تولید سیلاژ اسیدی اسید فرمیک با ۸۵٪ خلوص به میزان ۲/۵٪ (حجمی/وزنی)، آنتی اکسیدان بوتیل هیدروکسی تولوئن (BHT) به میزان ۲۵۰ میلی گرم در کیلوگرم، سوربات پتاسیم به عنوان قارچ کش به میزان ۲ گرم در کیلوگرم به ضایعات چرخ شده افزوده شدند (van 't Land et al., 2017; Ozyurt et al., 2018). جهت کامل شدن فرایند سیلاژ، مخلوط فوق به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۲± ۳۰ درجه سانتیگراد قرار گرفت و طی این مدت هر ۱۲ ساعت یکبار بخوبی هم زده شد. پس از کامل شدن فرایند، جهت توقف فرایند هیدرولیز و جداسازی بهتر روغن، سیلاژ در دمای ۸۵ درجه سانتیگراد به مدت ۵ دقیقه حرارت داده شد و سپس به منظور جداسازی روغن به مدت ۲۰ دقیقه در دور ۷۰۰۰ جی سانتریفیوژ گردید و فاز بالایی که حاوی روغن بود جداشد (Ozyurt et al., 2018). باقی مانده نیز به عنوان سیلاژ ماهی که به صورت سوسپانسیون بود جداشد.

۲-۳ خشک کردن همزمان

به منظور خشک کردن سیلاژ تولید شده که به صورت سوسپانسیون بوده و رطوبت بالا و ماده خشک پائینی داشت، از فرایند خشک کردن همزمان استفاده شد. بدین منظور سیلاژ ماهی به مخلوط کن منتقل گردید و پودر ضایعات پسته در نسبت های ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد (وزنی/وزنی) به آن افزوده شد و بخوبی با یکدیگر مخلوط گردید. سپس ترکیب های بدست آمده جهت خشک شدن نهایی درون آون با دمای ۶۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند. پس از خشک شدن، فرآورده نهایی توسط آسیاب برقی پودر شده و توسط الک، یکدست شد. مراحل تولید فرآوره ترکیبی حاوی سیلاژ ماهی و ضایعات پسته در تصویر ۱ آورده شده است.

۲-۴ تعیین ترکیب شیمیایی

ترکیب شیمیایی شامل پروتئین خام، چربی کل، رطوبت، ماده خشک و خاکستر مواد اولیه مورد استفاده شامل امعاء و احشای ماهی، پودر ضایعات پسته، سیلاژ امعاء و احشای ماهی، فرآورده ترکیبی حاوی سطوح مختلف سیلاژ ماهی و ضایعات پسته بر اساس روش های استاندارد تعیین شد. بدین منظور مقدار رطوبت بر اساس اختلاف وزن حاصل از قراردادن نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد (AOAC, 1990). با کسر کردن میزان رطوبت از ۱۰۰ مقدار ماده خشک بدست آمد. برای تعیین میزان خاکستر، ۰/۵ گرم از نمونه‌های خشک-شده جهت سنجش رطوبت در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت سوزانده شد و مقدار خاکستر از طریق محاسبه نسبت اختلاف وزن بوته ها به وزن نمونه بدست آمد (AOAC, 1990). مقدار پروتئین خام به روش کلدال، با استفاده از سنجش نیتروژن کل و از طریق ضرب نمودن در ضریب ۶/۲۵ با استفاده از دستگاه کجلدال محاسبه می شود (AOAC, 2000). میزان چربی کل نمونه ها با استفاده از دستگاه سوکسله تعیین گردید (AOAC, 2000).

۲-۵ تعیین کیفیت فرآورده ترکیبی خشک شده

پس از انتخاب بهترین ترکیب از بین نسبت های مختلف ضایعات ماهی و ضایعات پوست سبز پسته، کیفیت تغذیه ای فرآورده ترکیبی حاوی سیلاژ ماهی و ضایعات پسته از طریق تعیین آنالیز تقریبی و سنجش عناصر معدنی شامل کلسیم، فسفر، سدیم، پتاسیم، منیزیم؛ مس، آهن؛ منگنز، سلنیوم، روی تعیین گردید. جهت تعیین ترکیب عناصر مغذی مکمل پروتئینی تهیه شده، ابتدا نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت درون خشک کن انجمادی خشک شده، سپس پس از هضم اسیدی نمونه ها، با استفاده از دستگاه پلاسمای جفت شده القایی-طیف سنج جرمی (ICP-MASS) غلظت عناصر بر حسب میلی گرم در کیلوگرم تعیین می گردد (Kazemi et al., 2022). علاوه بر این جهت تعیین کیفیت فرآورده خشک شده حاوی سیلاژ ماهی و ضایعات پسته، شاخص های pH، مجموع بازهای نیتروژنی فرار، عدد پراکساید و شمار باکتریهای هوازی تعیین شد. بدین منظور مجموع بازهای نیتروژنی فرار مکمل پروتئینی نیز با تقطیر مستقیم نمونه ها به درون اسید بوریک با استفاده از یک دستگاه کجلدال تعیین گردید (Zarei, et al., 2012).

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-09-08]

[DOI: 10.22034/jair.13.3.71]

برای تعیین عدد پراکساید از روش تیتراسیون یدومتریک ارائه شده توسط Egan و همکاران (۱۹۸۱) استفاده شد. به منظور تعیین شمار کل باکتریهای هوازی، نخست ۱۰ گرم نمونه در ۹۰ میلی لیتر محلول ۸۵٪ کلرید سدیم رقیق و بخوبی هموژن شد و سپس از این نمونه رقت های سریالی تهیه شد. در مرحله بعد، نمونه های رقیق شده در محیط کشت پلیت کانت آگار به روش پورپلیت کشت داده شدند. گرمخانه گذاری در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد و به مدت ۴۸ ساعت انجام شد. شمار کل باکتریهای هوازی به صورت لگاریتم واحد تشکیل دهنده کلونی در گرم گزارش شد (Ojagh et al., 2010).

۲-۶ تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به دست آمده در غالب طرح کاملا تصادفی با نرم افزار SPSS 21 انجام پذیرفت. به منظور تجزیه و تحلیل مقادیر کمی به دست آمده از آزمایش‌های شیمیایی تعیین ارزش غذایی نسبت های مختلف ترکیب سیلاژ ماهی و ضایعات پسته، پس از کنترل نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگراف - اسمیرنوف از آزمون پارامتری تجزیه‌ی واریانس یک طرفه استفاده شد. همچنین برای مقایسه میانگین‌ها در مواردی که اثر کلی تیمارها معنی دار شناخته شود از آزمون دانکن استفاده شد. در تمامی موارد سطح معنی داری ۰/۰۵ در نظر گرفته می شود.

۳ نتایج

۳-۱ ترکیبات تقریبی و انرژی کل مواد اولیه

مقادیر ترکیبات تقریبی مواد اولیه تولید فرآورده ترکیبی شامل امعاء و احشای ماهی قزل آلای رنگین کمان و ضایعات پسته در جدول ۱ آورده شده است. میزان ماده خشک و خاکستر در ضایعات پسته در مقایسه با امعاء و احشای ماهی بالا می باشد و در مقابل مقادیر پروتئین و چربی در امعاء و احشای ماهی بالاست.

جدول ۱: ترکیبات تقریبی و انرژی کل امعاء و احشای ماهی قزل آلای رنگین کمان و ضایعات پسته

	ماده خشک (٪)	پروتئین (٪)	چربی (٪)	خاکستر (٪)	انرژی کل (کیلوژول در ۱۰۰ گرم)
ضایعات پسته	۹۴/۰±۲۷/۴۳	۶/۱±۱۶/۶۵	۲/۰±۲۹/۲۷	۱۸/۳±۱۰/۱۴	۱۷۳۹/۳۰±۷۶/۴۶
امعاء و احشای ماهی	۳۵/۰±۹۲/۸۳	۲۴/۳±۹۵/۴۱	۴۳/۲±۱۴/۸۴	۵/۰±۲۵/۷۲	۲۲۹۲/۳۰±۸۰/۴۶

میانگین ± انحراف معیارترکیبات تقریبی شیمیایی شامل ماده خشک، پروتئین، چربی و خاکستر برحسب درصد از کل و انرژی کل حاصل از این ترکیبات در ضایعات (اندورنه) ماهی قزل آلای رنگین کمان و ضایعات پسته برحسب کیلوژول در ۱۰۰ گرم ماده خشک. داده ها به صورت میانگین سه تکرار ± انحراف معیار بیان شده‌اند.

۳-۲ ترکیبات تقریبی و انرژی کل فرآورده ترکیبی

مقادیر ترکیبات تقریبی فرآورده حاصل از ترکیب سیلاژ امعاء و احشای ماهی قزل آلای رنگین کمان و سطوح مختلف پودر ضایعات پسته در جدول ۲ آورده شده است. همانطور که مشاهده می شود با افزایش نسبت ضایعات پسته در ترکیب با سیلاژ ماهی، رطوبت فرآورده ترکیبی نهایی بطور معنی داری کاهش یافت ($p\leq$۰۵/). کمترین رطوبت در فرآورده حاوی ۵۰٪ پودر ضایعات پسته بدست آمد. نتایج حاصل از آنالیز ترکیب تقریبی نشان داد که مقادیر پروتئین با افزایش نسبت ضایعات پسته در ترکیب با سیلاژ ماهی بطور معنی داری کاهش یافت ($p\leq$۰۵/). کمترین و بیشترین مقدار پروتئین به ترتیب در فرآورده حاوی ۵۰٪ ضایعات پسته و سیلاژ ماهی بدون ضایعات پسته بدست آمد. مقدار چربی با افزایش نسبت ضایعات پسته در ترکیب با سیلاژ ماهی کاهش یافت و تنها فرآورده حاوی ۵۰٪ ضایعات پسته بطور معنی داری مقدار چربی کمتری نسبت به سایر فرآورده های ترکیبی داشت ($p\leq$۰۵/) و در سایر فرآورده های ترکیبی تفاوت معنی داری وجود نداشت ($p\geq$۰۵/). مقدار خاکستر در فرآورده های حاوی ۳۰ و ۵۰ درصد ضایعات پسته بطور معنی داری بیشتر از سیلاژ ماهی و سیلاژ ماهی حاوی ۱۰٪ ضایعات پسته بود ($p\leq$۰۵/). مقایسه مقدار انرژی کل تفاوت معنی داری را در بین فرآورده های مختلف نشان نداد ($p\geq$۰۵/). با این وجود کمترین و بیشترین انرژی کل به ترتیب در فرآورده حاوی ۱۰٪ ضایعات پسته و فرآورده حاوی ۳۰٪ ضایعات پسته بدست آمد.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-09-08]

[DOI: 10.22034/jair.13.3.71]

جدول۲ : ترکیبات تقریبی و انرژی کل در فرآورده ترکیبی حاوی سطوح مختلف سیلاژ ماهی و پودر ضایعات پسته

ترکیبات تقریبی	رطوبت (٪)	پروتئین (٪)	چربی (٪)	خاکستر (٪)	انرژی کل (٪)
سیلاژ ماهی	۶۰/۴±۴۳/۲۶^{a}	۳۶/۴±۱۰/۴۰^{a}	۴۱/۱±۸۳/۵۵^{a}	۵/۰±۸۱/۴۳^{b}	۲۵۰۴/۶۹±۰۳/۶۲^{a}
سیلاژ ماهی + ۱۰٪ ضایعات پسته	۳۹/۱±۴۳/۰۵^{b}	۲۳/۲±۰۲/۳۳^{b}	۴۰/۹±۰۹/۸۳^{a}	۶/۰±۳۱/۷۲^{b}	۲۴۷۲/۳۶۱±۹۴/۲۸^{a}
سیلاژ ماهی + ۳۰٪ ضایعات پسته	۱۶/۰±۱۸/۸۸^{c}	۱۶/۰±۳۳/۴۱^{c}	۳۱/۲±۵۲/۵۳^{a}	۹/۰±۳۶/۹۵^{a}	۲۷۰۵/۱۲۴±۵۹/۷۳^{a}
سیلاژ ماهی + ۵۰٪ ضایعات پسته	۶/۰±۳۰/۵۸^{d}	۱۱/۰±۵۴/۸۴^{d}	۱۸/۳±۷۰/۳۲^{b}	۹/۰±۰۰/۶۷^{a}	۲۴۸۱/۹۱±۲۷/۱۴^{a}

میانگین ± انحراف معیارترکیبات تقریبی شیمیایی شامل ماده خشک، پروتئین، چربی و خاکستر برحسب درصد از کل و انرژی کل حاصل از این ترکیبات در سیلاژ ماهی و سیلاژ ماهی و درصدهای مختلف ضایعات پسته برحسب کیلوژول در ۱۰۰ گرم ماده خشک. داده ها به صورت میانگین سه تکرار ± انحراف معیار بیان شده‌اند. تفاوت حروف کوچک در هر ردیف نشان دهنده اختلاف آماری معنی‌دار بین گونه های مختلف است ($p\leq$۰۵/).

۳-۳ کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی فرآورده

نتایج آنالیز پارامترهای شیمیایی و میکروبی مربوط به کیفیت فرآورده ترکیبی متشکل از ۷۰٪ سیلاژ ماهی و ۳۰٪ ضایعات پسته به در جدول ۳ آورده شده است. در مطالعه حاضر میزان pH سیلاژ تهیه شده از امعاء و احشای ماهی قزل آلای رنگین کمان ۳/۳۷ بود که پس از افزودن ۳۰٪ ضایعات پسته، در فرآورده ترکیبی به ۴/۹۳ رسید. سایر پارامترهای کیفی فرآورده ترکیبی شامل مجموع بازهای نیتروژنی فرار ۴۳/۸۷ گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم نمونه، مقدار عدد پراکساید ۳/۸۲ میلی اکی والان اکسیژن در کیلوگرم روغن و شمار کل باکتری های هوازی ۲×۱۰^{۴} واحد تشکیل کلونی بر گرم بود.

جدول ۳ : پارامترهای کیفیت شیمیایی و میکروبی فرآورده حاوی ۷۰٪ سیلاژ ماهی و ۳۰٪ ضایعات پسته

پارامترهای کیفیت	مکمل پروتئینی
pH	۴/۰±۹۳/۰۳
مجموع بازها نیتروژنی فرار	۴۳/۲±۸۷/۱۴
عددپراکساید	۳/۰±۸۲/۲۸
شمار کل باکتری	$۲/۳\times۱۰^{۴}$

میانگین ± انحراف معیار مجموع بازهای نیتروژنی فرار (TVB-N) و عدد پراکساید (PV) و میانگین شمارکل باکترهای هوازی

۳-۴ ترکیب عناصر مغذی فرآورده ترکیبی

نتایج ترکیب عناصر مغذی فرآورده حاوی ۷۰٪ سیلاژ ماهی و ۳۰٪ ضایعات پسته در جدول ۴ آورده شده است. همانطور که مشاهده می شود، بیشترین و کمترین مقدار در بین عناصر درشت مغذی مکمل پروتئینی به ترتیب مربوط به کلسیم (۱۲/۶۹میلی گرم در کیلوگرم نمونه) و منیزیم (۰/۳۵ میلی گرم در کیلوگرم نمونه) بود. علاوه بر این بیشترین و کمترین مقدار عناصر ریز مغذی به ترتیب متعلق به آهن (۱۳۳/۵ میکروگرم در گرم) و سلنیوم (۱ میکروگرم در گرم) بود.

جدول ۴ : مقادیر عناصر درشت و ریز مغذی در فرآورده حاوی ۷۰٪ سیلاژ ماهی و ۳۰٪ ضایعات پسته

ترکیب عناصر	فرآورده ترکیبی	*مقدار مورد نیاز در جیره ماهیان
درشت مغذی ها		
کلسیم	۱۲/۰±۶۹/۰۳	۱/۵ -۰/۱۷
فسفر	۲/۰±۵۹/۱۵	۱/۵ -۰/۵۰
سدیم	۱/۰±۲۶/۰۳	۲-۰
پتاسیم	۵/۰±۲۳/۱۰	۲ -۰/۲۰
منیزیم	۰/۰±۳۵/۰۱	۰/۰۷۷ -۰/۰۲۳
ریز مغذی ها		
مس	۳۲/۰±۲۵/۵۰	۵۰۰ -۱/۵
آهن	۱۳۳/۹±۵۰/۶۲	۱۹۹ -۳۰
منگنز	۵/۰±۷۵/۳۷	۱۵۰ -۱/۷
سلنیوم	۱/۰±۰۰/۲۵	۰/۷ -۰/۲۵

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-09-08]

[DOI: 10.22034/jair.13.3.71]

روی	۶۲/۲±۷۵/۰۰	۱۵۰- ۱۵۰
نسبت		
کلسیم به فسفر	۴/۰±۳۷/۲۷	۰/۵۰- ۱۸/۷۵

میانگین ± انحراف معیار عناصر درشت مغذی (کلسیم، فسفر، سدیم، پتاسیم و منیزیم) بر حسب میلی گرم در کیلوگرم و عناصر ریز مغذی (مس، آهن، منگنز، سلنیوم و روی) بر حسب میکروگرم در گرم و نسبت کلسیم به فسفر در مکمل پروتئینی متشکل از ۷۰٪ سیلاژ ماهی و ۳۰٪ ضایعات پسته. *مقدار مورد نیاز عناصر درشت مغذی بر حسب گرم در ۱۰۰ گرم جیره خوراکی و عناصر ریز مغذی بر حسب میلی گرم در ۱۰۰ گرم جیره خوراکی (NRC, 2011).

۴ بحث و نتیجه گیری

۴-۱ ترکیبات تقریبی و انرژی کل مواد اولیه

با توجه به اینکه یکی از اهداف اصلی مطالعه حاضر کاهش زمان خشک شدن فرآورده نهایی حاصل از ترکیب سیلاژ امعاء و احشای ماهی و پودر ضایعات پسته بود، بالا بودن مقدار ماده خشک ضایعات پسته به تحقق این هدف کمک قابل توجهی نمود. در مطالعاتی که در زمینه خشک شدن همزمان سیلاژ ماهی انجام شده است، نیز غالبا از ضایعات محصولات کشاورزی دارای ماده خشک بالا همچون سبوس برنج و سبوس گندم استفاده شده است و علت انتخاب این دو ماده اولیه برای تولید یک فرآورده ترکیبی، در دسترس بودن و ارزان بودن بیان شده است (Goddard and Perret, 2005; Majumdar et al., 2014; Dale et al., 2018 and Valenzuela, 2016; Palkar et al.). بر اساس آنالیز شیمیایی امعاء و احشای ماهی قزل آلای رنگین کمان، فراونترین درشت مولکول موجود، چربی (۴۳/۱۴٪) و پس از آن پروتئین (۲۴/۹۵٪) می باشد که این مقادیر مشابه نتایج آنالیز تقریبی امعاء و احشای ماهی قزل آلای رنگین کمان در مطالعه Concha و همکاران (۲۰۱۸) (چربی ۶۹/۲٪ و پروتئین ۲۷/۲۷ ٪ بود. آنالیز تقریبی امعاء و احشای ماهی قزل آلای رنگین کمان در مطالعه Raeesi و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد که مقادیر رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر به ترتیب ۶۹/۳۷٪، ۱۲/۷۹٪، ۱۹/۵۳٪ و ۱/۹۰٪ بر اساس وزن تر بود که مشابه نتایج مطالعه حاضر بوده و موید این است که چربی و در مرتبه بعد پروتئین مهمترین اجزای تشکیل دهنده امعاء و احشای ماهی قزل آلای رنگین کمان هستند. ترکیب و مقدار پروتئین و چربی امعاء و احشای ماهی متاثر از گونه ماهی است (Estiasih et al., 2021). در ماهی قزل آلای رنگین کمان، امعاء و احشا نسبت به سایر اجزای بدن ماهی (عضله، پوست، استخوان و سر) چربی و پروتئین کمتری دارد (Escamilla-Rosales et al., 2024).

۴-۲ ترکیبات تقریبی و انرژی کل فرآورده ترکیبی

ترکیب تقریبی سیلاژ ماهی علاوه بر وابسته بودن به گونه ماهی، تحت تاثیر زمان نگهداری، نوع ماده اولیه و شرایط جغرافیایی نیز می باشد (Haider et al., 2015). میزان چربی سیلاژ ماهی متاثر از میزان چربی در ماده اولیه می باشد (Bureau et al., 2000). در سیلاژ تهیه شده از امعاء و احشای ماهی روهو (*Labeo rohita*)، مقادیر رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر به ترتیب ۵/۱۶، ۳۲/۱۷، ۹/۵۶ و ۶/۵٪ بود (Haider et al., 2015). محتوای خاکستر در سیلاژ متاثر از نوع ماده خام مورد استفاده می باشد، در مطالعه حاضر بدلیل استفاده از امعاء و احشا میزان خاکستر (۵/۸۱٪ بر حسب وزن خشک) پائین بود که مشابه میزان خاکستر (۱/۹۰٪ بر حسب وزن تر) در مطالعه Raeesi و همکاران (۲۰۲۱) بود. همچنین میزان خاکستر در مطالعه حاضر در سیلاژ ماهی و فرآورده ترکیبی حاوی ۷۰٪ سیلاژ و ۳۰٪ ضایعات پسته کمتر از میزان خاکستر گزارش شده در پودر ماهی تجاری (۱۱/۲ تا ۲۸/۳٪ بر حسب وزن خشک) بود. مقادیر بالای خاکستر در سیلاژ ماهی نشان دهنده مقادیر بالای مواد معدنی است که عمدتا ناشی از حضور استخوان در ترکیب ماده خام اولیه در تهیه سیلاژ می باشد (van 't Land et al., 2017). در مطالعه حاضر بدلیل عدم حضور استخوان در ترکیب ماده اولیه (امعاء و احشا) میزان خاکستر زیاد نبود. در سیلاژ تهیه شده از ضایعات ماهی تیلاپیا شامل سر، استخوان ها، پوست، باله ها و امعاء و احشا، مقدار خاکستر ۲۱/۵٪ بر حسب وزن خشک بود که بدلیل حضور استخوان در ماده اولیه تهیه سیلاژ بود (Neto et al., 2019). ترکیب تقریبی سیلاژ اسیدی امعاء و احشای ماهی قزل آلای رنگین کمان شامل رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر به ترتیب ۶۹/۳۷، ۱۲/۷۹، ۱۹/۵۳ و ۱/۹۰٪ برحسب وزن تر بود (Raeesi et al., 2021). نتایج بدست آمده در مطالعه حاضر مشابه نتایج مطالعه مذکور بود، چنانچه در هر دو

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-09-08]

[DOI: 10.22034/jair.13.3.71]

مطالعه مقدار ماده خشک سیلاژ حاصل از هیدرولیز اسیدی امعاء و احشای ماهی قزل آلای رنگین کمان پائین بود (۳۱/۶۳ و ۳۹/۵۷٪) که ناشی از مایع سازی ضایعات ماهی می باشد (Hossain and Alam, 2015). علاوه بر این در مطالعه حال حاضر سطح چربی مشابه مطالعه Raeesi و همکاران (۲۰۲۱) بالا بود که به دلیل استفاده از امعاء و احشا در تهیه سیلاژ می باشد که ماهیتا دارای چربی بالایی است. حداکثر مقدار چربی در پودر ماهی با کیفیت ۱۱-۱۰٪ بر حسب وزن خشک می باشد (Vant Land et al., 2017)، از اینرو در سیلاژ تهیه شده با مقادیر بالای چربی مشابه مطالعه حاضر جدا کردن روغن پیش از خشک کردن ضروری است (Arruda et al., 2007). در سیلاژ تهیه شده از ضایعات ماهی هامور (*Epinephelus malabaricus*) حداکثر ماده خشک بدست آمده ۲۳/۳۳٪ بود که طی ۳۰ روز کامل شدن فرایند سیلاژ به ۱۷/۰۲٪ کاهش یافت (Ramasubburayan et al., 2013) کاهش ماده خشک طی فرایند سیلاژ به هیدرولیز پروتئین ضایعات ماهی تویط آنزیم یا میکروارگانیسم ها نسبت داده می شود (Hammoumi et al., 1998). پارامترهای فرآوری بصورت سیلاژ کردن نظیر انتخاب اسید، pH، افزودنی های اضافه شده، دما و زمان نگهداری می توانند بر ترکیب نهایی و کیفیت تغذیه ای سیلاژ ماهی تاثیر بگذارند (Arason, 1994). گرچه پارامترهای ذکر شده عمدتا قابل کنترل هستند، لیکن ترکیب ماده خام و تازگی به سختی قابل کنترل بوده و بشدت وابسته به نوع گونه ماهی، روش فرآوری و زمان هندلینگ دارند (van 't Land et al., 2017).

یکی از مهمترین مسائل در استفاده از سیلاژ ماهی در تغذیه حیوانات رطوبت بالای سیلاژ می باشد و از اینرو انجام فرایندهای بیشتر جهت کاهش رطوبت، اجازه می دهد تا عمر ماندگاری سیلاژ ماهی افزایش یابد و استفاده از سیلاژ ماهی در مقیاس تجاری را ممکن سازد (Ozyurt et al., 2017). چنانچه توصیه شده است به منظور جلوگیری از فساد غذای تهیه شده برای آبزی پروری، اجزای تشکیل دهنده خوراک ماهی باید رطوبت کمی داشته باشند، چنانچه اشاره شده است برای جلوگیری از فساد میکروبی خوراک ماهی، رطوبت باید کمتر از ۱۲٪ داشته باشد (Hardy and Barrows, 2002). در مطالعه حاضر رطوبت سیلاژ حاصل از امعاء و احشای ماهی قزل آلای رنگین کمان ۶۱/۴۱٪ بود که پس از انجام فرایند خشک کردن همزمان با ۳۰٪ ضایعات پسته این میزان رطوبت ۱۶/۱۸٪ رسید که به میزان رطوبت قابل قبول برای استفاده در ترکیب خوراک ماهی نزدیک بود. یکی از فرایندهای کاهش محتوای رطوبت سیلاژ ماهی فرایند خشک کردن همزمان می باشد که طی آن یکی از اجزای خوراک به عنوان پرکننده جهت جذب پروتئین های محلول و آب به سیلاژ ماهی افزوده می شود (Majumdar et al., 2014). این جزء خشک غالبا از محصولات کشاورزی و یا ضایعات کشاورزی می باشد که می تواند سبب کاهش زمان خشک کردن، ایجاد بافت نرم در محصول خشک شده و افزایش ارزش غذایی آن شود بطوریکه می تواند به فراهم نمودن نیازمندیهای فرمولاسیون خوراک ماهی کمک نماید (Goddard and Al-Yahyai, 2001). خشک کردن همزمان سیلاژ تهیه شده از مخلوط ضایعات سه گونه ماهی روهو (*Labeo rohita*)، کاتلا (*Catla catla*) و کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) از طریق مخلوط کردن به نسبت ۱به ۱ با سبوس برنج و سپس خشک کردن در دمای ۴۵ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت، منجر به کاهش رطوبت فرآورده نهایی شده و ماده خشک آن را به ۹۵/۹۴٪ افزایش داد (Majumdar et al., 2014). همچنین خشک کردن همزمان موجب شد تا در فرآورده ترکیبی محتوای چربی از ۲/۴۷٪ به ۵/۵۸٪ و پروتئین از ۱۴/۳۳٪ به ۱۶/۱٪ افزایش یابد، در حالیکه مقدار خاکستر در فرآورده ترکیبی (۳/۳۳٪) کمتر از مقدار خاکستر در سیلاژ ماهی (۴/۰۶٪) بود (Majumdar et al., 2014). خشک کردن همزمان سیلاژ تخمیری تهیه شده از مخلوط ضایعات ماهیان از طریق افزودن سطوح مختلف سبوس برنج (Palkar et al., 2018)، نشان داد که با افزایش سطح سبوس برنج در فرآورده ترکیبی، مقادیر پروتئین، چربی، خاکستر و رطوبت کاهش یافت، لیکن در بین سطوح سبوس برنج، سطح ۳۰٪ به دلیل محتوای پروتئین نزدیک به سطوح ۱۰ و ۲۰٪، و علاوه بر آن محتوای رطوبت قابل قبول جهت استفاده در ترکیب خوراک ماهی این سطح به عنوان بهترین سطح جهت خشک کردن همزمان سیلاژ ماهی انتخاب شد. ترکیب ۷۰٪ سیلاژ تخمیری ضایعات ماهی و ۳۰٪ سبوس برنج پس از خشک کردن حاوی ۱۰/۹۱٪ رطوبت، ۲۷/۶۶٪ پروتئین، ۱۴/۴۵٪ چربی و ۱۵/۲۷٪ خاکستر بود (Palkar et al., 2018). در مطالعه حاضر نیز گرچه مقدار پروتئین

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-09-08]

[DOI: 10.22034/jair.13.3.71]

در فرآورده ترکیبی حاوی ۱۰٪ ضایعات پسته، بیشتر از فرآورده حاوی ۳۰٪ ضایعات پسته بود، لیکن با صرف انرژی کمتر طی خشک کردن، مقدار ماده خشک فرآورده نهایی ۸۳/۸۲٪ بود که جهت استفاده در ترکیب خوراک ماهی قابل قبول می باشد. از اینرو فرآورده متشکل از ۷۰٪ سیلاژ ماهی و ۳۰٪ ضایعات پسته به عنوان فرآورده ترکیبی منتخب جهت معرفی به عنوان جایگزین پروتئین ماهی در ترکیب جیره غذایی آبزیان انتخاب شد.

۳-۴ کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی فرآورده ترکیبی

در مطالعه حاضر میزان pH سیلاژ تهیه شده از امعاء و احشای ماهی قزل آلای رنگین کمان ۳/۳۷ بود که پس از افزودن ۳۰٪ ضایعات پسته، در فرآورده ترکیبی به ۴/۹۳ رسید. حفظ pH سیلاژ بالاتر از ۳/۵ سبب می شود تا نیازی به حنشی سازی پیش از استفاده آن در خوراک حیوانات نباشد (van't Land et al., 2017). از اینرو در مطالعه حاضر مخلوط کردن سیلاژ امعاء و احشای ماهی قزل آلای رنگین کمان با ۳۰٪ ضایعات پسته دارای درجه pH قابل قبولی است و نیاز به خنثی سازی پیش از استفاده در ترکیب خوراک آبزیان را ندارد. سیلاژ کردن امعاء و احشا ماهی قزل آلای رنگین کمان با ۳٪ اسید فرمیک سبب شد تا pH امعاء و احشا از ۶/۲۲ به ۳/۴۱ برسد (Raeesi et al., 2021). در سیلاژ نمودن ماهی *Sebastes mentella* از طریق افزودن اسید فرمیک سبب شد تا pH از ۶/۷ به ۳/۸ برسد (Khiari and Mason, 2018). pH سیلاژ مخلوط ضایعات ماهیان پس از افزودن ۳۰٪ سبوس برنج و خشک کردن ۶/۴۵ بود که جهت به کار بردن در فرمولاسیون غذای ماهی نیازی به خنثی سازی نداشت (Palkar et al., 2018). در تمامی مطالعات ذکر شده با افزودن اسید آلی و انجام فرایند سیلاژ ، pH کاهش یافته است که تائید کننده نتیجه بدست آمده در مطاله حاضر می باشد. علاوه بر این افزودن اسید می تواند پایداری pH سیلاژ را افزایش دهد و تولید آمونیاک را به حداقل رسانده که موجب بهبود کیفیت سیلاژ می شود (Haaland and Njaa, 1989).

مجموع بازهای نیتروژنی فرار یکی از مهمترین پارامترهای جهت تعیین کیفیت سیلاژ ماهی و پودر ماهی است (van't Land et al., 2017). مقدار مجاز توصیه شده این پارامتر در غذای ماهی ۴۰ تا ۵۰ میلی گرم در ۱۰۰ گرم نمونه می باشد (Arason, 1994; Haaland et al., 1990). سطوح بالای این شاخص نشان دهنده رشد باکتریایی و تجزیه اسیدهای آمینه بواسطه تولید آمونیاک و کاهش کیفیت پروتئین است (Haaland and Njaa, 1989; Lindgren and Pleje, 1983). در مطالعه حاضر، مجموع بازهای نیتروژنی فرار فرآورده نهایی ۴۳/۸۷ گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم نمونه بود که در دامنه مقدار قابل قبول برای استفاده در خوراک ماهی بود. نتایج این مطالعه نزدیک به نتایج بدست آمده در بررسی انواع سیلاژ تولیدی از امعاء و احشای ماهی قزل آلای رنگین کمان توسط Raeesi و همکاران (۲۰۲۱) بود، چنانچه این شاخص در سیلاژ اسیدی توسط اسید فرمیک، در روز اول تولید تقریبا ۳۰ میلی گرم در ۱۰۰ گرم بود. مجموع بازهای نیتروژنی در هیدرولیز پروتئینی بدست آمده از سیلاژ اسیدی امعاء و احشا ماهی قزل آلای رنگین کمان ۱۰۹/۴ میلی گرم در ۱۰۰ گرم نمونه بود که بیشتر از نتایج مطالعه حاضر بود (Concha et al., 2018). حضور اسیدفرمیک در سیلاژ ماهی و اسیدی کردن محیط، سبب می شود تا از رشد میکروبهای مسوول فرایند آمونیوفیکیشن جلوگیری نماید، آمونیوفیکشین باعث همزمانی کاهش اسیدهای آمینه آزاد و تولید آمونیاک شده که کاهش میزان پروتئین و متعاقبا کاهش ارزش غذایی سیلاژ را به همراه دارد (Concha et al., 2018).

عدد پراکساید نشان دهنده وضعیت اکسیداسیون چربی است و در تعیین درجه فساد اهمیت دارد (Boran et al., 2006; Manral et al., 2008). مقدار قابل قبول عدد پراکساید برای روغن با هدف مصرف انسانی ۵ میلی اکی والان گرم اکسیژن در کیلوگرم روغن می باشد (Ismail et al., 2016). در مطالعه حاضر، مقدار عدد پراکساید در فرآورده حاوی ۷۰٪ سیلاژ ماهی و ۳۰٪ ضایعات پسته ۳/۸۲ میلی اکی والان اکسیژن در کیلوگرم روغن بود که کمتر از حدمجاز پذیرفته شده برای روغن با مصرف انسانی بود، علاوه بر این، نتایج مطالعه حاضر نزدیک به نتایج مطالعه Concha و همکاران (۲۰۱۸) بود، چنانچه عدد پراکساید در هیدرولیز پروتئینی بدست آمده از سیلاژ کردن امعاء و احشای ماهی قزل آلای رنگین کمان با اسید فرمیک ۰/۸۸ میلی اکی والان اکسیژن در کیلوگرم بود. همچنین عددپراکساید در سیلاژ ضایعات حاصل از فیله کردن ماهی هرینگ (*Clupea harengus*) در محدوده ۳/۶ تا ۳/۷

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-09-08]

[DOI: 10.22034/jair.13.3.71]

میلی اکی والان گرم اکسیژن در کیلوگرم روغن بود (Sajib et al., 2022). حضور مواد چربی ناپایدار نظیر فسفولیپیدها و اسیدهای با غیراشباعیت بالا در غشای سلولی و پراکسیدانت هایی مثل هموگلوبین بدلیل محتوای آهن، فرایند اکسیداسیون روغن را افزایش داده و در بروز بوی ناخوشایند موثر می باشد (Maqsood and Benjakul, 2011). پراکساید ها توانایی ایجاد پیوندهای کووالان با پروتئین ها را دارند که می تواند منجر به تغییرات ساختاری و تخریب اسیدهای آمینه ای نظیر تریپتوفان و متیونین شود (de Arruda et al., 2007; Shahidi and Zhong, 2005). افزون بر این، اکسیداسیون چربی موجب شکل گیری بو و طعم ترشیدگی در سیلاژ ماهی می شود (Shahidi, 2006). در سیلاژ ماهی تهیه شده از ماهیان پرچرب، توصیه شده است که بخش روغن پیش از خشک کردن سیلاژ جداشود تا لیپولیز محدود شده و از حفظ سیلاژ بطور مناسب اطمینان حاصل شود (de Arruda et al., 2007).

پائین بودن شمار باکتریها در غذای آبزیان بهداشت خوراک را بهبود می بخشد (Goosen et al., 2014). محدوده قابل قبول شمار کل باکتریهای هوازی در فرآورده های غذایی $۱۰^{۷}$ یا ۷ لگاریتم واحد تشکیل کلونی بر گرم می باشد (ICMSF, 1978). در مطالعه حاضر در فرآورده خشک حاوی ۷۰٪ سیلاژ و ۳۰٪ ضایعات پسته شمار کل باکتری های هوازی ۲×۱۰^{۴} واحد تشکیل کلونی بر گرم بود که کمتر از حد مجاز آلودگی میکروبی یک ماده غذایی بود. برخلاف نتایج مطالعه حاضر، در سیلاژ تهیه شده از ضایعات بازار ماهی، شمار کل باکتری، $۶/۲\times۱۰^{۶}$ واحد تشکیل کلونی بر گرم بود (Palkar et al., 2018). از سویی دیگر، نتایج بدست آمده در مطالعه حاضر نزدیک به نتایج بررسی آلودگی میکروبی برخی مطالعات مشابه بود، چنانچه شمار کل باکتریهای هوازی در سیلاژ اسیدی تهیه شده از ماهی کفال مرواریدی (*Alburnus tarichi*) ۲×۱۰^{۲} واحد تشکیل کلونی بر گرم بود که حاکی ازعدم وجود آلودگی میکروبیولوژیکی در فرآورده مذکور بلافاصله پس از تولید و یا نگهداری بود (Tezel et al., 2016). همچنین سیلاژ تخمیری خشک شده حاوی ۷۰٪ سیلاژ مخلوط ضایعات ماهی و ۳۰٪ سبوس برنج پس از تهیه دارای ۲×۱۰^{۴} واحد تشکیل کلونی بر گرم بود (Palkar et al., 2018). در سیلاژ اسیدی تهیه شده از امعاء و احشای ماهی قزل آلای رنگین کمان نیز شمار کل باکتری در مواد اولیه ۵/۲۹ لگاریتم واحد تشکیل کلونی بر گرم بود که پس از کامل شدن فرآیند سیلاژ به ۳/۷۰ لگاریتم واحد تشکیل کلونی بر گرم رسید (Raeesi et al., 2021). طی فرایند تولید سیلاژ ماهی از طریق افزودن اسیدآلی pH به زیر ۴ کاهش یافته که بطور موثری از تکثیر و رشد میکروارگانیسم عامل فساد و بیماریزا در سیلاژ جلوگیری می کند (Maksimenko et al., 2024). علاوه بر این بیان شده است که کاهش سریع pH جهت حفظ بهداشت میکروبی و کیفیت فرآورده جهت استفاده در غذای آبزیان ضروری است (Tropea et al., 2021).

۴-۳ ترکیب عناصر مغذی فرآورده ترکیبی

همانطور که نتایج جدول ۴ نشان می دهد، با توجه به مقادیر استاندارد مورد نیاز در جیره ماهیان (NRC, 2011)، فرآورده حاوی ۷۰٪ سیلاژ ماهی و ۳۰٪ ضایعات پسته می تواند به عنوان منبع تامین کننده نیاز ماهیان به تمامی عناصر درشت مغذی و ریز مغذی گزارش شده در جیره خوراکی ماهی در نظر گرفته شود. همچنین نسبت کلسیم به فسفر در این فرآورده در محدوده مورد نیاز برای تامین جیره خوراکی ماهیان نیز قرار داشت. قابل ذکر است که امعاء و احشای ماهی قزل آلای رنگین کمان عمدتا حاوی پروتئین و چربی بوده و مقادیر مواد معدنی آن کمتر از سایر اجزا همچون استخوان ها و فلس هاست (Escamilla-Rosales et al., 2024)، لیکن با توجه به افزودن ۳۰٪ ضایعات پسته به سیلاژ ماهی، مواد معدنی در مقدار قابل قبولی در فرآورده ترکیبی نهایی وجود داشتند. ترکیب شیمیایی سیلاژ ماهی و از جمله ترکیب و مقادیر عناصر معدنی وابسته به گونه و اجزایی است که به عنوان ماده اولیه جهت تهیه سیلاژ استفاده شده اند، مقادیر متفاوتی از این عناصر در سیلاژ تهیه شده از گونه های مختلف گزارش شده است. مقادیر عناصر فسفر، پتاسیم و سدیم در سیلاژ ضایعات ماهی هامور (*Epinephelus malabaricus*) به ترتیب ۰/۹۶، ۰/۶۲ و ۰/۱۹ درصد در ماده خشک بود (Ramasubburayan et al., 2013). مقادیر فسفر، کلسیم، سدیم و کلر در سیلاژ ستاره ماهی (*Asterias rubens*) به ترتیب ۹، ۱، ۱۲ و ۱۷ گرم در کیلوگرم ماده خشک بود که حدود ۵۰٪ میزان خاکستر را تشکیل می دادند، در بین عناصر سنجش شده مقدار بالای کلسیم در سیلاژ ستاره ماهی مشابه مطالعه حاضر بطور

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-09-08]

[DOI: 10.22034/jair.13.3.71]

کامل میزان نیاز به کلسیم را در جیره غذایی تامین می کند (Norgaard et al., 2015). در سیلاژ تهیه شده از ضایعات ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) مقدار فسفر ۰/۸۱ گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک بود (Llanes et al., 2011). مقادیر عناصر سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، روی، آهن و فسفر در سیلاژ تهیه شده از ماهی ماکرل اسپانیایی (*Scomberomorus maculatus*) به صورت کامل (پوست، سر، استخوان ها و امعاء و احشا) به ترتیب ۱۸۹۵، ۱۳۲۰، ۱۳۸۶۳، ۱۰۱۹، ۴/۴۵، ۱۳/۱، ۲۴۴۷۰ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک بود (Santana-Delgado et al., 2008). در مجموع، فرآورده ترکیبی حاوی ۷۰٪ سیلاژ ماهی و ۳۰٪ ضایعات پسته می تواند به عنوان منبع خوبی از عناصر کلسیم و آهن جهت استفاده در ترکیب خوراک ماهی معرفی شود. وجود این دو عنصر در ترکیب خوراک ماهی ضروری است، چنانچه آهن دارای نقش حیاتی در فرایندهای انتقال الکترون، تنظیم ژن، پیوند با اکسیژن و انتقال اکسیژن، تنظیم رشد و تمایز سلولی دارد (Lall and Kaushik, 2021). همچنین کلسیم جهت توسعه و حفظ سیستم اسکلت و علاوه بر آن حفظ تعادل اسید و باز در ماهیان ضروری است (Zimmer et al., 2019).

۵-۳ نتیجه گیری کلی

سیلاژ کردن ضایعات ماهی یکی از فرایندهای ساده، ارزان و قابل انجام در واحدهای پرورش ماهی و عرضه ماهی است و توسط سازمان جهانی خوار و بار و کشاورزی (فائو) توصیه شده است. سیلاژ ماهی با وجود اینکه مزایای متعددی از جمله کاهش آلودگی های زیست محیطی و ایجاد ارزش افزوده در ضایعات ماهی می باشد، به دلیل مایع بودن، با چالش هایی از جمله هزینه های بالای حمل و نقل، بسته بندی و استفاده به عنوان یک منبع پروتئین در خوراک حیوانات پرورشی می باشد. خشک کردن همزمان با ضایعات بخش کشاورزی یکی از راهکارهای کم هزینه، موثر و دردسترس برای رفع این چالش است. در پروژه حاضر با هدف کاهش مصرف انرژی خشک کردن سیلاژ ماهی و همچنین و تولید یک منبع پروتئینی، از فرایند خشک کردن همزمان سیلاژ ضایعات قزل آلای رنگین کمان با سطوح مختلف پودر خشک ضایعات پسته استفاده شد. نتایج نشان داد که افزودن ضایعات خشک پسته در سطح ۳۰ ٪ می تواند موجب کاهش قابل توجه رطوبت و کاهش زمان خشک کردن نسبت به نمونه شاهد شده و از سویی سبب حفظ محتوای پروتئین این فرآورده در حدقابل قبول شود. فرآورده مذکور دارای ۱۶/۱۸٪ رطوبت و ۱۶/۳۳٪ پروتئین بوده و از منبع مطمئنی جهت تامین نیاز آبزیان به کلسیم و آهن می باشد. از این رو افزودن ضایعات پسته در سطح ۳۰ ٪ جهت تسهیل و تسریع در خشک کردن سیلاژ تهیه شده از امعاء و احشای ماهی قزل آلای رنگین کمان پیش از استفاده در ترکیب خوراک حیوانات پرورشی از جمله دام، طیور و آبزیان به واحدهای صنعتی توصیه می شود.

منابع

خدانظری، آ.، حاجی مرادلو، ع.، قربانی، ر. ۱۳۹۷. جایگزینی پودر ماهی با درصدهای مختلف سیلاژ تخمیری حاصل از پودر ماهی کیلکا آنچوی بر فاکتور رشد و قابلیت هضم پروتئین خوراک قزل آلای رنگین کمان. مجله علمی شیلات ایران. ۲۸ (۱) : ۹۵-۱۰۷.

رجایی، ا.، برزگر، م.، سحری، م.ع. ۱۳۹۰. بررسی خاصیت آنتی اکسیدانی و ضدمیکروبی عصاره‌ی متانولی پوست سبز پسته (*Pistachia vera*). فصلنامه علوم و صنایع غذایی. ۸ (۱) : ۱۱۱-۱۲۰.

شبانی، ا.، بلداجی، ف.، دستار، ب.، قورچی، ت. ۱۳۹۵. تاثیر جیره های حاوی ضایعات ماهی تخمیری بر عملکرد رشد و خصوصیات لاشه جوجه های گوشتی. نشریه علوم دامی (پژوهش و سازندگی). ۱۱۱ : ۸۶-۷۵.

صفری، ر.، ریحانی پول، س.، بانکه ساز، ز.، تقوی، م.ج.، صفری، ع.ا. ۱۴۰۰. تولید سیلاژ بیولوژیک از ضایعات ماهی قزل آلای رنگین (*Oncorhynchus mykiss*) با استفاده از باکتری های اتوژن و سنجش کمی و کیفی پروفیل اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب محصول. نشریه علوم آبزی پروری. ۹ (۱۶): ۲۱۲-۲۰۴.

قربانزاده، ر.، نظری، س. ۱۴۰۳. سالنامه آماری سازمان شیلات ایران ۱۴۰۲-۱۳۹۸. سازمان شیلات ایران، معاونت برنامه ریزی و مدیریت منابع، دفتر برنامه ریزی و بودجه، گروه برنامه ریزی و آمار. ۶۴ ص.

گل محمدی، ف. ۱۳۹۱. نگاهی بر راهکارها و مزایایی تولید خوراک دام از پوست تازه پسته. همایش بررسی چال های زیست محیطی عرصه کشاورزی و امنیت غذایی، اصفهان. نیمسال دوم ۱۳۹۰ و نیمسال اول ۱۳۹۱: ۳۱۴-۲۹۸.

محمدی، م.، قربانی، م.، بیگ بابایی، ع.، یگانه زاد، س.، صادقی

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-09-08]

[DOI: 10.22034/jair.13.3.71]

ماهونک، ع. ۱۳۹۸. بررسی اثر تلقیح ترکیبات استخراجی توسط آب مادون بحرانی از پوست پسته جهت افزایش پایداری روغن سویا. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران. ۱۴ (۱): ۴۶-۳۶.

هدایتی فرد، م. ۱۳۸۶. تولید و نگهداری کود مایع (سیلاژ) از کیلکاماهیان دریای خزر. مجله شیلات. ۱ (۲) : ۷-۱.

AOAC. 1990.Official methods of analysis. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

AOAC. 2000. Official methods of analysis. Washington, DC Association of Official Analytical Chemists.

Arason, S., 1994. Production of fish silage. In Fisheries processing: biotechnological applications. Chapman and Hall, London, 245-271.

Arruda, L.F.D., Borghesi, R. and Oetterer, M. 2007. Use of fish waste as silage: a review. Brazilian archives of Biology and Technology. 50: 879-886.

Arvanitoyannis, I.S. and Kassaveti, A., 2008. Fish industry waste: treatments, environmental impacts, current and potential uses. International Journal of Food Science and Technology. 43(4):726-745.

Boran, G., Karaçam, H. and Boran, M. 2006. Changes in the quality of fish oils due to storage temperature and time. Food chemistry. 98(4): 693-698.

Bureau, D.P., Harris, A.M., Bevan, D.J., Simmons, L.A., Azevedo, P.A. and Cho, C.Y. 2000. Feather meals and meat and bone meals from different origins as protein sources in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets. Aquaculture. 181(3-4), pp.281-291.

Cho, J.H. and Kim, I. 2011. Fish meal–nutritive value. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 95(6): 685-692.

Concha, J.L.H., Samue, H., Castillo, V., Quintero, A.F. and Méndez, J.R.B. 2018. Chemical characterization of hydrolyzed protein meal obtained from trout (*Oncorynchus mykiss*) by-products silage. Ind. J. Sci. Technol. 11:1-13.

Coppola, D., Lauritano, C., Palma Esposito, F., Riccio, G., Rizzo, C. and de Pascale, D., 2021. Fish waste: From problem to valuable resource. Marine drugs. 19(2): 116.

Crexi, V.T., Souza-Soares, L.A. and Pinto, L.A., 2009. Carp (*Cyprinus carpio*) oils obtained by fishmeal and ensilage processes: characteristics and lipid profiles. International Journal of Food Science and Technology. 44(8): 1642-1648.

Dale, N. and Valenzuela, C. 2016. Nutritional properties of dried salmon silage for broiler feeding. Animal Science Journal. 87(6): 791-795.

Disney, J.G., Hoffman, A., Olley, J., Clucas, I.J., Barranco, A., Francis, B.J. 1978. Development of a fish silage/carbohydrate animal feed for use in the tropics. Tropical Science. 20 (2): 29–143.

Dong, E. M., Fairgrieve, W. T., Skonberg, D. I. and Rasco, B. A. 1993. Preparation and nutrient analyses of lactic acid bacterial ensiled salmon viscera. Aquaculture. 109: 351-66.

Dossou, S., Koshio, S., Ishikawa, M., Yokoyama, S., Dawood, M.A., El Basuini, M.F., El-Hais, A.M. and Olivier, A. 2018. Effect of partial replacement of fish meal by fermented rapeseed meal on growth, immune response and oxidative condition of red sea bream juvenile, Pagrus major. Aquaculture. 490: 228-235.

Egan, H., Kirk, R.S. and Sawyer, R., 1981. Oil and fat in pearsons chemical analysis of foods.

Escamilla-Rosales, M.F., Pérez-Escalante, E., Jara-Gutiérrez, C.E., Santana-Sepúlveda, P.A., Álvarez-Álvarez, C.A., Castañeda-Ovando, A. and González-Olivares, L.G., 2024. Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) proteins as a source of antioxidant peptides with promising anticancer activity. Future Foods.100509.

Estiasih, T., Ahmadi, K., Ali, D.Y., Nisa, F.C., Suseno, S.H. and Lestari, L.A. 2021, November. Valorisation of viscera from fish processing for food industry utilizations. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 924 (1): 012024.

FAO. 2022. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation; Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy. https://openknowledge.fao.org/items/11a4abd8-4e09-4bef-9c12-900fb4605a02

FAO. 2024. The State of World Fisheries and Aquaculture 2024. Sustainability in action. Rome. https://openknowledge.fao.org/items/06690

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-09-08]

[DOI: 10.22034/jair.13.3.71]

fd0-d133-424c-9673-1849e414543d

Goddard, J.S. and Al-Yahyai, D.S.S. 2001. Chemical and nutritional characteristics of dried sardine silage. Journal of Aquatic Food Product Technology. 10(4): 39-50.

Goddard, J.S.; Perret, J.S.M. 2005. Co-drying fish silage for use in aquafeeds. Animal Feed Science and Technology. 118: 337–342.

Goosen, N.J., de Wet, L.F. and Goergens, J.F. 2016. Rainbow trout silage as immune stimulant and feed ingredient in diets for Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*). Aquaculture Research. 47(1): 329-340.

Goosen, N.J., de Wet, L.F., Görgens, J.F., Jacobs, K. and de Bruyn, A. 2014. Fish silage oil from rainbow trout processing waste as alternative to conventional fish oil in formulated diets for Mozambique tilapia Oreochromis mossambicus. Animal Feed Science and Technology. 188: 74-84.

Haaland, H. and Njaa, L.R., 1989. Total volatile nitrogen—A quality criterion for fish silage? Aquaculture. 79(1-4): 311-316.

Haaland, H., Espe, M., Njaa, L.R. and Myklestad, H., 1990. Chemical composition and variation in some parameters during storage of 8 formic acid silages prepared from capelin. Fisk. Dir. Skr. 3 (2): 59–74.

Haider, M.S., Ashraf, M., Azmat, H., Khalique, A., Javid, A., Atique, U., Zia, M., Iqbal, K.J. and Akram, S. 2015. Nutritive evaluation of fish acid silage in Labeo rohita fingerlings feed. Journal of Applied Animal Research. 44(1): 158-164.

Hammoumi, A., Faid, M. and Amarouch, H. 1998. Characterization of fermented fish waste used in feeding trials with broilers. Process Biochemistry. 33(4): 423-427.

Hardy, R.W. and Barrows, F.T., 2002. Diet formulation and manufacture. In Fish nutrition. Academic press: 505-600.

Hossain, U. and Alam, A.K.M.N. 2015. Production of powder fish silage from fish market wastes. SAARC Journal of Agriculture. 13(2): 13-25.

Hua, K., Cobcroft, J.M., Cole, A., Condon, K., Jerry, D.R., Mangott, A., Praeger, C., Vucko, M.J., Zeng, C., Zenger, K. and Strugnell, J.M. 2019. The future of aquatic protein: implications for protein sources in aquaculture diets. One Earth. 1(3): 316-329.

ICMSF. 1978. Microorganisms in foods. 1. Their significance and method of enumeration. 2nd ed. Toronto: University of Toronto Press.

Ismail, A., Bannenberg, G., Rice, H.B., Schutt, E. and MacKay, D. 2016. Oxidation in EPA- and DHA-rich oils: an overview. Lipid Technology. 28(3-4): 55-59.

Kazemi, A., Esmaeilbeigi, M., Ansari, A., Asl, A. G., and Mohammadzadeh, B. 2022. Alterations and health risk assessment of the environmental concentration of heavy metals in the edible tissue of marine fish (*Thunnus tonggol*) consumed by different cooking methods. Regional Studies in Marine Science. 53: 102361.

Khiari, Z. and Mason, B. 2018. Comparative dynamics of fish by-catch hydrolysis through chemical and microbial methods. Lwt. 97: 135-143.

Lall, S.P. and Kaushik, S.J. 2021. Nutrition and metabolism of minerals in fish. Animals. 11(09):2711.

Lindgren, S. and Pleje, M. 1983. Silage fermentation of fish or fish waste products with lactic acid bacteria. Journal of the Science of Food and Agriculture. 34(10): 1057-1067.

Llanes, J. and Toledo, J. 2011. Physicochemical composition and digestibility of silages from fishery residues in the Atlantic salmon (*Salmo salar*). Cuban Journal of Agricultural Science. 45(4): 418-422.

Lopez, C. S. 1990. Microbial ensilage of trash fish for animal feeds. In: Reilly, P. J. A., Parry, R. W. H. and Barile, L. E. (Eds.), Post-harvest technology, preservation and quality of fish in South-East Asia, International Foundation for Science, Stockholm.51-59.

Majumdar, R.K., Deb, S. and Nath, K.B. 2014. Effect of co-dried silage from fish market waste as substitute for fish meal on the growth of the Indian major carp Labeo rohita (Hamilton, 1822) fingerlings. Indian Journal of Fisheries. 61(4): 63-68.

Makowska, M., Kujawiak, S., Janczak, D., Miler, P. and Czekała, W. 2025. Analysis of Sewage Sludge Drying Parameters Using Different Additives. Sustainability, 17(14), p.6500.

Maksimenko, A., Belyi, L., Podvolotskaya, A., Son, O. and Tekutyeva, L. 2024. Exploring Sustainable Aquafeed Alternatives with a Specific Focus on the Ensilaging Technology of Fish Waste. Fermentation. 10(5): 258.

Manral, M., Pandey, M.C., Jayathilakan, K., Radhakrishna, K. and Bawa, A.S. 2008.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-09-08]

[DOI: 10.22034/jair.13.3.71]

Effect of fish (Catla catla) frying on the quality characteristics of sunflower oil. Food Chemistry. 106(2): 634-639.

Maqsood, S. and Benjakul, S. 2011. Comparative studies on molecular changes and pro-oxidative activity of haemoglobin from different fish species as influenced by pH. Food Chemistry. 124(3): 875-883.

Neto, J.D.R.S., Ribeiro, F.D.A.S., Gonçalves, A.A. and Emerenciano, M.G.C. 2019. Tilapia processing waste silage (TPWS): An alternative ingredient for Litopenaeus vannamei (Boone, 1931) diets in biofloc and clear-water systems. Aquaculture and Fisheries. 4(5): 214-218.

Nørgaard, J.V., Petersen, J.K., Tørring, D.B., Jørgensen, H. and Lærke, H.N. 2015. Chemical composition and standardized ileal digestibility of protein and amino acids from blue mussel, starfish, and fish silage in pigs. Animal Feed Science and Technology. 205:90-97.

NRC.2011. Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. National Research Council, The National Academies Press, Washington, D.C.

Ojagh, S.M., Rezaei, S.H., and Hosseini, S.M.H. 2010. Effect of chitosan coating enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. Food Chem. 120: 193-198.

Ozyurt, G., Boga, M., Uçar, Y.U.R.D.A.N.U.R., Boga, E.K. and Polat, A.B.D.U.R.A.H.M.A.N. 2018. Chemical, bioactive properties and in vitro digestibility of spray-dried fish silages: Comparison of two discard fish (*Equulites klunzingeri* and *Carassius gibelio*) silages. Aquaculture nutrition. 24(3): 998-1005.

Özyurt, G., Özkütük, A.S., Uçar, Y., Durmuş, M. and Özoğul, Y., 2018. Fatty acid composition and oxidative stability of oils recovered from acid silage and bacterial fermentation of fish (Sea bass–*Dicentrarchus labrax*) by-products. International Journal of Food Science and Technology, 53(5), pp.1255-1261.

Palkar, N.D., Koli, J.M., Gund, D.P., Patange, S.B., Shrangdher, S.T., Sadawarte, R.K. and Akhade, A.R. 2018. Preparation of co-dried fish silage by using fish market waste and its comparative study. Int J Pure Appl Biosci. 6:1567-77.

Raeesi, R., Shabanpour, B. and Pourashouri, P. 2021. Quality evaluation of produced silage and extracted oil from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) wastes using acidic and fermentation methods. Waste and Biomass Valorization. 12: 4931-4942.

Ramasubburayan, R., Iyapparaj, P., Subhashini, K.J., Chandran, M.N., Palavesam, A. and Immanuel, G. 2013. Characterization and nutritional quality of formic acid silage developed from marine fishery waste and their potential utilization as feed stuff for common carp Cyprinus carpio fingerlings. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 13: 281-289.

Sajib, M., Trigo, J.P., Abdollahi, M. and Undeland, I. 2022. Pilot-scale ensilaging of herring filleting co-products and subsequent separation of fish oil and protein hydrolysates. Food and Bioprocess Technology. 15(10): 2267-2281.

Sampathkumar, K., Yu, H. and Loo, S.C.J. 2023. Valorisation of industrial food waste into sustainable aquaculture feeds. Future Foods. 7: 100240.

Santana-Delgado, H., Avila, E. and Sotelo, A. 2008. Preparation of silage from Spanish mackerel (*Scomberomorus maculatus*) and its evaluation in broiler diets. Animal Feed Science and Technology, 141(1-2): 129-140.

Shahidi, F. and Zhong, Y., 2005. Lipid oxidation: measurement methods. Bailey's industrial oil and fat products. Bailey’s Ind. Oil Fat Prod. 357–385.

Shahidi, F. ed., 2006. Maximising the value of marine by-products. Woodhead Publishing. Cambridge, UK :559.

Tezel, R., Güllü, K., Alişarlı, M., Ekici, K. and Güzel, Ş. 2016. A study on chemical and microbiological composition of silage made of industrial fisheries processing waste. Mugla Journal of Science and Technology. 2(1): 30-37.

Toghiani, J., Fallah, N., Nasernejad, B., Mahboubi, A., Taherzadeh, M.J. and Afsham, N. 2023. Sustainable Pistachio Dehulling Waste Management and Its Valorization Approaches: A Review, Curr Pollut Rep 9, 60–72.

Toppe, J., Olsen, R.L., Peñarubia, O.R. and James, D.G. 2018. A manual on how to turn fish waste into profit and a valuable feed ingredient or fertilizer. Rome, FAO: 1-28.

van’t Land, M., Vanderperren, E. and Raes, K. 2017. The effect of raw material combination on the nutritional composition and stability of four types of autolyzed fish

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-09-08]

[DOI: 10.22034/jair.13.3.71]

silage. Animal feed science and technology. 234: 284-294.

Vidotti, R.M., Viegas, E.M.M. and Carneiro, D.J., 2003. Amino acid composition of processed fish silage using different raw materials. Animal feed science and technology. 105(1-4):199-204.

Zakaria, M.K., Kari, Z.A., Van Doan, H., Kabir, M.A., Che Harun, H., Mohamad Sukri, S.A., Goh, K.W., Wee, W., Khoo, M.I. and Wei, L.S. 2022. Fermented soybean meal (FSBM) in African catfish (*Clarias gariepinus*) diets: effects on growth performance, fish gut microbiota analysis, blood haematology, and liver morphology. Life.12(11): 1851.

Zarei, M., Najafzadeh, H., Eskandari, M.H., Pashmforoush, M., Enayati, A., Gharibi, D., and Fazlara, A. 2012. Chemical and microbial properties of mahyaveh, a traditional Iranian fish sauce. Journal of Food Control. 23: 511-514.

Zimmer, A.M., Brix, K.V. and Wood, C.M. 2019. Mechanisms of Ca 2+ uptake in freshwater and seawater-acclimated killifish, Fundulus heteroclitus, and their response to acute salinity transfer. Journal of Comparative Physiology B, 189:47-60.

نحوه استناد به‌مقاله:

محمدزاده ب.، حسین‌زاده ز.خشک کردن همزمان سیلاژ حاصل از ضایعات ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با ضایعات پسته. نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی. دانشگاه گنبد کاووس. ۱۴۰۴. ۱۳(۳): ۸۸–۷۳

Mohammadzadeh B., Hoseinzadeh Z. Co-drying of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) waste silage with pistachio waste. Journal of Applied Ichthyological Research, University of Gonbad Kavous. 2025, 13(3): 73-88.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-09-08]

[DOI: 10.22034/jair.13.3.71]

Journal of Applied Ichthyological Research
Vol. 13, No 3, 73-88
ISSN: 2423-6349
Journal homepage: http://jair.gonbad.ac.ir
Ministry of Science Reseach and Technology
Gonbad-Kavoos University

Co-drying of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) waste silage with pistachio waste

Behrooz Mohammadzadeh[*1], Zahra Hoseinzadeh [2]
[1-]Department of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Iran.
[2-]PhD in Animal Science and Engineering, Production Manager of Minusabah Livestock and Poultry Feed Company

Type:
Original Research Paper

Paper History:
Received: 08-06-2025
Accepted: 27-06-2025

Corresponding author:

Mohammadzadeh B. Department of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Iran.

Email:
Behrooz9@gmail.com

Abstract
Fish silage is an alternative to fish meal in livestock, poultry, and aquaculture feed industries. In this study, we aim to solve the challenge of drying fish silage by adding pistachio waste**.** First, the viscera of rainbow trout ensilage with acid, then different levels (10%, 30%, and 50%) of dried pistachio waste were added to the fish silage for co-drying. The results showed that the addition of 30% pistachio waste led to an acceptable reduction in moisture (16.18%) and a desirable increase in protein content (16.33%). In the second stage, the quality of the dried mixed product, containing 70% fish silage and 30% pistachio waste, was evaluated. The results demonstrated that the mixed product exhibited acceptable ranges for pH (4.93), total volatile nitrogen bases (43.87 g N per 100 g), peroxide value (3.82 meq oxygen per kg oil), and total aerobic bacterial count (2×10^4 CFU/g), so that its quality is confirmed for partial replacement of protein sources in animal feed. Mineral analysis showed that the mixed product is a good source of Calcium (12.69 mg/kg) and Iron (133.5 µg/g). In conclusion, the addition of 30% pistachio waste to rainbow trout silage leads to an economical drying process of fish silage, and according to its nutritional value of the mixed product, this product can be used as a protein supplement, a partial replacement for animal protein in livestock, poultry, and aquaculture feed.

Key words: Fish silage, Co-drying, Protein, Quality.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-09-08]

[DOI: 10.22034/jair.13.3.71]