JOMB
Journal of Marin Biology
J Marin Bio, 2026; 17(4): 48-58 Doi
https://jmb.ahvaz.iau.ir

Journal of Marin Biology

Islamic Azad university
Ahvaz Branch

Original Article

Health Risk Assessment and Modeling in the Supply Chain of Kurdistan Province Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Alireza Mobarhan fard[1*], Mohammadreza Sharifi[2]

1. Department of Fisheries, Sa. C., Islamic Azad University, Sanandaj, Iran.
2. Department of Economy, Ahv. C., Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

Article history:

Received: 13 January 2026
Revised: 22 April 2026
Accepted: 4 May 2026
ePublished: 4 May 2026

***Corresponding author:** Alireza Mobarhan fard, Department of Fisheries, Sa. C., Islamic Azad University, Sanandaj, Iran.

E-mail: alireza.mobarhan@iau.ac.ir

Abstract

In recent years, the increasing demand for seafood in Iran, especially in Kurdistan Province, has raised concerns about the safety and health of these products. Aquaculture in this region is mainly conducted in earthen and concrete ponds, and the products undergo several stages before reaching the consumer market, each of which can be a potential source of microbial and chemical contamination. The aim of this paper is to model the health risk assessment across the entire aquaculture production chain, from cultivation to final market delivery, with a focus on Kurdistan Province. For this purpose, a quantitative risk assessment (QRA) approach was used across four main stages of the production chain: farming, harvesting, transportation, and marketing. Field data were collected through microbiological sampling, direct observations, and structured questionnaires. Additionally, statistical models and specialized software such as @RISK and Crystal Ball were used to simulate various risk scenarios. The results showed that the highest likelihood of microbial contamination occurred during the harvesting stage, while the lowest was observed at the final market stage. Moreover, managerial factors such as workers' personal hygiene, water quality, and transportation methods had a direct impact on either reducing or increasing the risk. Finally, using the final model, critical points in the chain were identified, and recommendations for risk reduction at each stage were proposed. This study can serve as a model for improving seafood safety in other regions of the country.

Keywords: Risk modeling, seafood safety, production chain, microbial contamination, Kurdistan Province.

Please cite this article as follows: Mobarhan Fard A., Sharifi M. Health Risk Assessment and Modeling in the Supply Chain of Kurdistan Province Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). J Mar Bio, 2026; 17(4): 48–58. DOI:

Copyright © 2026 Journal of Marin Biology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (*http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/*) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-07-01]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۴، صفحات: ۴۸-۵۸
https://jmb.ahvaz.iau.ir

مقاله اصلی

ارزیابی و مدل‌سازی ریسک بهداشتی در زنجیره تأمین قزل‌آلای رنگین‌کمان استان کردستان

علیرضا مبرهن‌فرد[۱*]، محمدرضا شریفی[۲]

۱. گروه شیلات، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران.
۲. گروه اقتصاد، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

چکیده

در سال‌های اخیر، افزایش تقاضا برای مصرف آبزیان در ایران و به‌ویژه در استان کردستان، نگرانی‌هایی را پیرامون ایمنی و سلامت این محصولات در پی داشته است. تولید آبزیان در این منطقه عمدتاً به‌صورت پرورش ماهی در حوضچه‌های خاکی و بتنی انجام می‌گیرد و تا رسیدن محصول به بازار مصرف، مراحل متعددی را طی می‌کند که هر یک می‌تواند منبعی بالقوه برای آلودگی میکروبی و شیمیایی باشد. هدف این مقاله، مدل‌سازی ارزیابی ریسک بهداشتی در کل زنجیره تولید آبزیان، از مرحله پرورش تا عرضه نهایی در بازار، با تمرکز بر استان کردستان است. برای این منظور، از رویکرد ارزیابی ریسک کمی (QRA) در چهار مرحله اصلی زنجیره تولید شامل: پرورش، برداشت، حمل‌ونقل و عرضه استفاده شده و داده‌های میدانی با استفاده از نمونه‌برداری میکروبی، مشاهدات مستقیم و پرسش‌نامه‌های ساختاریافته جمع‌آوری گردیده است. همچنین از مدل‌های آماری و نرم‌افزارهای تخصصی نظیر @RISK و Crystal Ball جهت شبیه‌سازی سناریوهای مختلف ریسک استفاده شد. نتایج نشان داد که بیشترین احتمال آلودگی میکروبی مربوط به مرحله برداشت و کمترین آن در مرحله عرضه نهایی مشاهده شد. همچنین، عوامل مدیریتی نظیر رعایت بهداشت فردی کارگران، کیفیت آب، و روش‌های حمل‌ونقل، تأثیر مستقیم بر کاهش یا افزایش ریسک داشتند. در نهایت، با استفاده از مدل نهایی، نقاط بحرانی زنجیره شناسایی و پیشنهادهایی برای کاهش ریسک در هر مرحله ارائه شد. این مطالعه می‌تواند به‌عنوان الگویی برای بهبود ایمنی مواد غذایی دریایی در سایر مناطق کشور مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: مدل‌سازی ریسک، ایمنی آبزیان، زنجیره تولید، آلودگی میکروبی، استان کردستان.

تاریخچه مقاله
تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۱۰/۲۳
تاریخ ویرایش مقاله: ۱۴۰۵/۲/۲
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۵/۲/۱۴
تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۵/۲/۱۴

تمامی حقوق برای دانشگاه آزاد اهواز محفوظ است.

* نویسنده مسئول: علیرضا مبرهن‌فرد، گروه شیلات، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران.

ایمیل: alireza.mobarhan@iau.ac.ir

استناد: مبرهن‌فرد، علیرضا؛ شریفی، محمدرضا. ارزیابی و مدل‌سازی ریسک بهداشتی در زنجیره تأمین قزل‌آلای رنگین‌کمان استان کردستان. مجله زیست شناسی دریا، زمستان ۱۴۰۴؛ ۱۷(۴): ۴۸-۵۸

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-07-01]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۴، صفحات: ۴۸-۵۸
https://jmb.ahvaz.iau.ir

مقدمه

امروزه افزایش جمعیت، شهرنشینی و تغییر الگوی تغذیه‌ای مردم، منجر به افزایش تقاضا برای منابع پروتئینی سالم و در دسترس شده است. در این میان، آبزیان به دلیل ارزش تغذیه‌ای بالا، از جمله اسیدهای چرب امگا-۳، پروتئین قابل‌هضم، و ویتامین‌ها، جایگاه ویژه‌ای در رژیم غذایی مردم یافته‌اند (Kornelis et al., 2020). ایران نیز به‌عنوان کشوری دارای ظرفیت‌های گسترده در تولید آبزیان، طی دهه‌های اخیر شاهد رشد چشمگیری در صنعت آبزی‌پروری بوده است. استان کردستان با برخورداری از منابع آبی متنوع و اقلیم مناسب، به یکی از قطب‌های مهم پرورش ماهی قزل‌آلا در کشور تبدیل شده است (Rafiee et al., 2021). با این حال، توسعه کمی تولید آبزیان بدون توجه به ملاحظات بهداشتی و زیست‌محیطی می‌تواند خطرات جدی برای سلامت مصرف‌کنندگان به همراه داشته باشد. یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در این زمینه، ریسک‌های بهداشتی ناشی از آلودگی میکروبی و شیمیایی در زنجیره تولید و عرضه آبزیان است. این زنجیره شامل مراحل مختلفی از قبیل تکثیر، پرورش، برداشت، فرآوری، حمل‌ونقل، و عرضه نهایی است که هر مرحله می‌تواند منبعی بالقوه برای آلودگی باشد (Huss, 2018). مطالعات نشان داده‌اند که آب مورد استفاده در حوضچه‌ها، خوراک ماهی، بهداشت کارگران، تجهیزات برداشت، شرایط حمل‌ونقل، و نحوه نگهداری در بازار مصرف، همگی از عوامل مؤثر بر انتقال عوامل بیماری‌زا مانند *Salmonella spp.*، *Listeria monocytogenes*، *Aeromonas hydrophila* و *Escherichia coli* به بدن مصرف‌کنندگان هستند (Novotny et al., 2021; Reilly & Käferstein, 2019). در این راستا، سازمان‌های بین‌المللی نظیر FAO و WHO بر ضرورت انجام ارزیابی ریسک بهداشتی در زنجیره تأمین مواد غذایی تأکید کرده‌اند (FAO/WHO, 2021). ارزیابی ریسک بهداشتی فرایندی نظام‌مند برای شناسایی خطرات، ارزیابی میزان مواجهه، توصیف خطر، و مشخص‌کردن سطح ریسک ناشی از مواجهه انسان با عامل مخاطره‌آمیز است (Codex Alimentarius Commission, 2022). این فرایند به‌ویژه در صنایع غذایی، ابزاری کلیدی برای تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد در زمینه سیاست‌گذاری و مدیریت ایمنی غذایی محسوب می‌شود. با استفاده از مدل‌سازی‌های آماری و ابزارهای تحلیلی نظیر نرم‌افزار @RISK می‌توان سناریوهای مختلف خطر را شبیه‌سازی کرده و نقاط بحرانی زنجیره تأمین را شناسایی نمود (Pouillot & Albert, 2020). استان کردستان با توجه به پراکندگی مزارع پرورش ماهی، ضعف در زیرساخت‌های بهداشتی، و نبود نظام یکپارچه نظارتی، با چالش‌های متعددی در تضمین ایمنی مواد غذایی دریایی روبروست (Zand et al., 2022). اگرچه برخی مطالعات موردی به بررسی کیفیت میکروبی محصولات شیلاتی در این استان پرداخته‌اند، اما تاکنون مدلی جامع برای ارزیابی ریسک بهداشتی در کل زنجیره تولید و عرضه آبزیان ارائه نشده است (Alinejad et al., 2020). این خلأ پژوهشی، لزوم انجام مطالعه‌ای فراگیر با رویکرد مدل‌سازی کمی ریسک را برجسته می‌سازد. هدف این پژوهش، طراحی و پیاده‌سازی یک مدل ارزیابی ریسک بهداشتی در زنجیره تولید آبزیان در استان کردستان، از مرحله پرورش تا عرضه نهایی در بازار مصرف است. برای دستیابی به این هدف، ابتدا خطرات اصلی میکروبی و شیمیایی در زنجیره تولید شناسایی شده، سپس با بهره‌گیری از داده‌های میدانی و مدل‌های احتمالاتی، سطوح ریسک در هر مرحله تخمین زده می‌شود. در نهایت، نقاط بحرانی و پیشنهادهای مدیریتی برای کاهش ریسک ارائه می‌گردد.

در طراحی این مدل، چهار مرحله اصلی زنجیره تولید به‌صورت مجزا اما پیوسته مورد بررسی قرار می‌گیرند:

۱. مرحله پرورش: بررسی کیفیت آب ورودی، نوع خوراک مصرفی، وضعیت بهداشتی حوضچه‌ها و پرسنل مزرعه.

۲. مرحله برداشت: نحوه خروج ماهی از حوضچه، ابزارهای استفاده‌شده، و بهداشت محیط.

۳. مرحله حمل‌ونقل: زمان، دما، شرایط حمل، تجهیزات نگهداری و بسته‌بندی.

۴. مرحله عرضه در بازار: شرایط نگهداری، دمای محیط، رعایت زنجیره سرد، و بهداشت فروشندگان.

برای جمع‌آوری داده‌ها، از روش‌هایی نظیر نمونه‌برداری میکروبی از آب، خوراک و بدن ماهی، پرسش‌نامه‌های ساختاریافته، و مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با فعالان این حوزه استفاده شده است. سپس، با استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی نظیر @RISK و Crystal Ball، توزیع‌های احتمالاتی برای هر عامل خطر مدل‌سازی گردید. نتایج این مدل می‌تواند به سیاست‌گذاران، نهادهای نظارتی، و پرورش‌دهندگان کمک کند تا با مداخلات هدفمند، ریسک آلودگی را در زنجیره تولید کاهش دهند (Havelaar et al., 2021; Keiser & Utzinger, 2018). از آنجا که

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-07-01]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۴، صفحات: ۴۸-۵۸
https://jmb.ahvaz.iau.ir

زنجیره تولید آبزیان یک سیستم پویا و چندعاملی است، استفاده از روش‌های مدل‌سازی مونت‌کارلو و تحلیل حساسیت برای درک بهتر از نحوه اثرگذاری متغیرهای مختلف بر سطح نهایی ریسک بسیار حائز اهمیت است (Mokhtari et al., 2022). همچنین، اتخاذ رویکرد بین‌رشته‌ای و مشارکت ذی‌نفعان محلی در اجرای این مدل، از عوامل کلیدی در موفقیت آن به شمار می‌رود (Henriksson et al., 2018).

در سال‌های اخیر، چندین راهنمای بین‌المللی و مطالعات موردی نشان داده‌اند که ادغام رویکرد بین‌رشته‌ای (شامل دامپزشکی، بهداشت عمومی، محیط‌زیست و علوم اجتماعی) و مشارکت فعال ذی‌نفعان محلی- از جمله پرورش‌دهندگان، ناظران دولتی، فروشندگان و جامعه محلی- موجب افزایش اعتبار، دقت و پذیرش مدل‌های ارزیابی ریسک در بخش آبزی‌پروری شده است. به‌عنوان نمونه، سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO) در دستورالعملی جامع برای «درک و به‌کارگیری تحلیل ریسک در آبزی‌پروری» بر ضرورت شفافیت، مشارکت ذی‌نفعان و توجه به جنبه‌های اجتماعی- اقتصادی تأکید کرده است (FAO, 2008). مطالعات میدانی فائو نیز نشان داده‌اند که رویکردهای مشارکتی در پروژه‌های آسیایی و آفریقایی به شناسایی بهتر مخاطرات محلی و طراحی تدابیر مدیریتی بومی منجر شده‌اند (FAO, 2014). همچنین، راهکارهای چندذی‌نفعی برای ارتقای زیست‌امنیتی (biosecurity) و طراحی مسیرهای مدیریتی پیش‌رونده در گزارش‌های مشورتی فائو و بانک جهانی مورد استفاده قرار گرفته و نقش جلسات چندجانبه در تعریف اولویت‌ها و افزایش پذیرش سیاست‌ها برجسته شده است (FAO & World Bank, 2016). افزون بر این، رویکرد «One Health» که توسط سازمان جهانی بهداشت و نهادهای منطقه‌ای مطرح شده، لزوم ارزیابی‌های مشترک ریسک بین‌بخشی (Joint Risk Assessment) و مشارکت فعال بخش‌های مرتبط را برای مدیریت خطرات ناشی از پاتوژن‌ها و مقاومت دارویی پیشنهاد می‌کند (WHO, 2020). در نهایت، بررسی‌های سیستماتیک و پروژه‌های پژوهشی اروپایی و بین‌المللی نشان داده‌اند که استفاده از روش‌های مشارکتی مانند مدلسازی مفهومی مشارکتی و کارگاه‌های ذی‌نفعان، شکاف‌های داده‌ای محلی را پر کرده و پذیرش راهکارهای مدیریت ریسک را در سطح جامعه تسهیل می‌کند (Henriksson et al., 2018; Leitão et al., 2014).

در پایان، در این مطالعه تلاش شد تا با ارائه مدلی بومی‌شده و مبتنی بر داده‌های واقعی از استان کردستان، ارزیابی ریسک بهداشتی در کل زنجیره تولید آبزیان، از مرحله پرورش تا عرضه نهایی در بازار مدل‌سازی شود. نتایج این پژوهش می‌تواند نقش مهمی در ارتقاء ایمنی مواد غذایی دریایی، اعتماد مصرف‌کنندگان، و توسعه پایدار صنعت شیلات ایفا کند (Jennings et al., 2016).

مواد و روش‌ها

برای ارزیابی ریسک بهداشتی در زنجیره تولید آبزیان در استان کردستان، یک مطالعه ترکیبی (کمی-کیفی) طراحی و اجرا گردید. رویکرد اصلی پژوهش بر اساس مدل ارزیابی ریسک کمی (Quantitative Risk Assessment) بوده و از روش‌های نمونه‌برداری میدانی، پرسش‌نامه، تحلیل آماری و مدل‌سازی احتمالاتی بهره‌گیری شده است. در ادامه، مراحل مختلف تحقیق و ابزارهای مورد استفاده شرح داده می‌شود.

۱. طراحی مدل مفهومی زنجیره تولید

در مرحله نخست، یک مدل مفهومی از زنجیره تولید آبزیان طراحی گردید که شامل چهار گام اصلی بود: پرورش، برداشت، حمل‌ونقل و عرضه در بازار. هر مرحله بر اساس عوامل مؤثر بر آلودگی میکروبی و شیمیایی تجزیه و تحلیل شد. این مدل با استفاده از منابع علمی موجود (Kornelis et al., 2020; Rafiee et al., 2021) و مصاحبه با ۸ کارشناس شیلات و دامپزشکی در استان کردستان توسعه یافت.

۲. شناسایی عوامل خطر (Hazard Identification)

در این مرحله، مهم‌ترین عوامل خطر میکروبی و شیمیایی از طریق مرور متون و مشاهدات میدانی استخراج شد. خطرات میکروبی شامل *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes* و *Aeromonas hydrophila* بودند (Huss, 2018). همچنین، بقایای آنتی‌بیوتیک‌ها و آفت‌کش‌ها به‌عنوان خطرات شیمیایی شناسایی شدند. برای هر خطر، نقاط تماس و مسیرهای انتقال احتمالی در هر مرحله از زنجیره مشخص شد.

۳. جمع‌آوری داده‌های میدانی

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-07-01]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۴، صفحات: ۴۸–۵۸
https://jmb.ahvaz.iau.ir

برای جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز جهت تخمین احتمال مواجهه با هر عامل خطر،نمونه‌برداری از ۱۲ مزرعه پرورش ماهی قزل‌آلا، ۳ مرکز توزیع عمده، و ۴ بازار فروش خرده‌فروشی در شهرستان‌های سنندج، مریوان و سقز انجام شد. جزئیات نمونه‌برداری به شرح زیر است:

- نمونه‌های آب: از ورودی و خروجی حوضچه‌ها (در مجموع ۴۸ نمونه)؛ جهت بررسی کلونی‌های *E. coli* و *Salmonella*.
- نمونه‌های خوراک ماهی: از خوراک استفاده‌شده در زمان بازدید (۲۴ نمونه)؛ جهت بررسی باقیمانده دارویی و کپک.
- نمونه‌های بافت ماهی: از ناحیه عضله و روده (۳۶ نمونه)؛ برای بررسی آلودگی به *Listeria* و *Aeromonas*.
- نمونه‌های محیطی بازار: از سطح نگهداری، ظروف فروش و یخ (۲۰ نمونه)؛ برای بررسی آلودگی سطحی.

نمونه‌ها در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد با استفاده از یخ خشک منتقل و در آزمایشگاه تجزیه و تحلیل شدند (Novotny et al., 2021; Reilly & Käferstein, 2019).

همه آزمون‌های میکروبی و سنجش باقیمانده آنتی‌بیوتیک‌ها در آزمایشگاه کنترل کیفی و بهداشت مواد غذایی دانشگاه آزاد اسلامی استان کردستان (سنندج) انجام شد؛ نمونه‌ها تحت زنجیره سرد (۴°C، یخ خشک) و ظرف کمتر از ۲۴ ساعت پس از برداشت به آزمایشگاه رسیدند.

۳.۱ آزمون‌های میکروبی

- آب حوضچه‌ها
- کلیفورم‌ها و *E. coli*: از روش ISO 9308-1 (فیلتراسیون غشایی روی TBX agar؛ انکوباسیون ۳۶ ± ۲ °C؛ تأیید با آزمون‌های بیوشیمیایی/ اندول) استفاده شد (International Organization for Standardization, 2014).
- *Salmonella* spp.: روش ISO 6579-1 (پیش‌غنی‌سازی در BPW، غنی‌سازی انتخابی در RVS/MKTTn، کشت روی XLD/HE؛ تأیید بیوشیمیایی روی TSI/LIA/ اورآزه و آگلوتیناسیون سرولوژیک) به کار گرفته شد (International Organization for Standardization, 2017).
- بافت ماهی (عضله/روده)
- *Listeria monocytogenes*: شناسایی با روش ISO 11290-1 / -2 (نیم‌فریزر/فریزر، کشت روی Oxford/Aloa؛ تأیید با همولیز، CAMP و آزمون‌های بیوشیمیایی) انجام گردید (International Organization for Standardization, 2017).
- *Aeromonas hydrophila*: روش توصیه‌شده توسط (Food and Drug Administration, 2023) دنبال شد؛ کشت روی Ampicillin Dextrin Agar (Ryan/ADA) یا Starch Ampicillin Agar؛ تأیید با اکسیداز، تحرک، آزمون‌های آرژنین/اورنیتین و API 20E.
- کنترل کیفیت میکروبی: از سویه‌های مرجع ATCC (کنترل مثبت/منفی)، بلانک‌های فرایندی، و تکرار حداقل ۱۰٪ نمونه‌ها استفاده گردید؛ نتایج به‌صورت CFU/ml (آب) و CFU/g (بافت) گزارش شد.

۳.۲ باقیمانده آنتی‌بیوتیک‌ها در خوراک

- ترکیبات هدف: اکسی‌تتراسایکلین و فلورفنیکل (اسکرین سایر آنتی‌بیوتیک‌های رایج در صورت مشاهده الگوی مشکوک).
- آماده‌سازی/استخراج: از پروتکل QuEChERS اصلاح‌شده برای خوراک‌های آبزیان به همراه پاک‌سازی SPE (Oasis HLB/C18) استفاده گردید (Anastassiades et al., 2003).
- اندازه‌گیری: با دستگاه LC–MS/MS مجهز به استانداردهای داخلی ایزوتوپی و کالیبراسیون چندنقطه‌ای (حداقل ۶ نقطه) انجام شد.
- اعتبارسنجی روش: بر اساس معیارهای تعیین‌شده در (European Commission, 2002) (خطّیت، دقت، صحت، حد تشخیص/سنجش) و تطبیق با روش‌های رسمی AOAC برای آنتی‌بیوتیک‌ها در ماتریس‌های خوراک انجام پذیرفت. نتایجِ مشکوک در صورت نیاز با HPLC-UV برای تتراسایکلین‌ها تأیید شد.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-07-01]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۴، صفحات: ۴۸-۵۸
https://jmb.ahvaz.iau.ir

- کنترل کیفیت شیمیایی: ریکاوری نمونه‌های اسپایک‌شده (قبول ۱۲۰-۷۰٪)، بلانک، دوبلیکیت، کنترل کیفی روزانه دستگاه و چک استانداردهای میانی مورد بررسی قرار گرفت.

۳.۳ آفلاتوکسین B1 در خوراک

- اسکرینینگ: با استفاده از کیت تجاری ELISA مطابق دستورالعمل سازنده انجام شد.
- تأیید: با روش HPLC-FLD پس از پاک‌سازی ایمونوافینیتی طبق استاندارد ISO 16050 انجام و نتایج به g/kgμ گزارش گردید (International Organization for Standardization, 2003).
- تمامی پروتکل‌ها مطابق دستورکارهای استاندارد آزمایشگاه (SOP) و دستورالعمل‌های ایمنی زیستی اجرا شد؛ نتایج همراه با عدم‌قطعیت اندازه‌گیری و کروماتوگرام/صفحات کشت مستندسازی و آرشیو گردید.

٤. طراحی و اجرای پرسش‌نامه ساختاریافته

پرسش‌نامه‌ای شامل ۴۰ سؤال بسته و باز طراحی گردید که به بررسی رفتارهای بهداشتی، وضعیت شست‌وشو، استفاده از مواد ضدعفونی، آموزش‌های بهداشت و مشکلات حمل‌ونقل می‌پرداخت. این پرسش‌نامه‌ها میان ۶۰ فرد شاغل در مزارع، رانندگان حمل و فروشندگان بازار توزیع شد. اعتبار پرسش‌نامه با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ (α = ۰/۸۱) تأیید گردید.

۵. تعیین توزیع‌های احتمالاتی

برای متغیرهای کلیدی مانند سطح آلودگی میکروبی، مدت زمان نگهداری، دمای حمل‌ونقل و درصد رعایت بهداشت، توزیع‌های آماری مناسب (نرمال، پواسون، گاما، لاجستیک و لاپلاس) براساس آزمون کولموگروف-اسمیرنوف تعیین شدند (Pouillot & Albert, 2020). نرم‌افزار @RISK جهت تخمین و تطبیق توزیع‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

٦. مدل‌سازی مونت‌کارلو (Monte Carlo Simulation)

با استفاده از نرم‌افزار @RISK و افزونه اکسل، مدل مونت‌کارلو با ۱۰۰۰۰ تکرار برای هر مرحله از زنجیره اجرا شد. متغیرهای ورودی شامل سطح آلودگی، میزان مواجهه، فراوانی مصرف و احتمال حضور عامل خطر بودند. نتایج شبیه‌سازی‌ها به صورت نمودارهای هیستوگرام، منحنی تجمعی و حساسیت ارائه شدند (Mokhtari et al., 2022).

۷. تحلیل حساسیت و شناسایی نقاط بحرانی

برای تعیین تأثیرگذارترین متغیرها بر سطح نهایی ریسک، تحلیل حساسیت با استفاده از ضرایب همبستگی پیرسون و رتبه‌بندی متغیرها اجرا شد. همچنین، شاخص اهمیت نسبی (Relative Importance Index) برای رتبه‌بندی عوامل خطر و انتخاب نقاط بحرانی محاسبه گردید (Havelaar et al., 2021).

۸. روش تحلیل داده‌ها

داده‌های کیفی با استفاده از تحلیل مضمون (Thematic Analysis) طبقه‌بندی شدند. برای داده‌های کمی، از آزمون‌های آماری مانند ANOVA، تی‌تست، و تحلیل رگرسیون چندگانه در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ استفاده شد. سطح معنی‌داری آماری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

۹. ملاحظات اخلاقی

کلیه مراحل نمونه‌برداری و مصاحبه‌ها با کسب رضایت آگاهانه و رعایت اصول اخلاقی پژوهش انجام شد.

نتایج

در این بخش، نتایج حاصل از بررسی میدانی، تحلیل آزمایشگاهی، پرسش‌نامه‌ها و مدل‌سازی احتمالاتی ارائه می‌شود. یافته‌ها در چهار سطح طبقه‌بندی شده‌اند: ۱) نتایج آزمایش‌های میکروبی و شیمیایی، ۲) تحلیل پرسش‌نامه‌ها، ۳) خروجی مدل مونت‌کارلو، و ۴) تحلیل حساسیت و شناسایی نقاط بحرانی.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-07-01]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۴، صفحات: ۴۸–۵۸
https://jmb.ahvaz.iau.ir

۱. نتایج آزمایش‌های میکروبی و شیمیایی

آلودگی میکروبی آب

از مجموع ۴۸ نمونه آب حوضچه،در ۳۵ مورد (۷۲/۹٪) آلودگی به *E. coli* بالاتر از حد استاندارد مشاهده شد. میانگین تعداد کلونی‌های *E. coli* در ورودی حوضچه‌ها برابر با ۲/۸۷ Log CFU/ml و در خروجی حوضچه‌ها برابر با ۴/۱۵ Log CFU/ml بود. آلودگی به *Salmonella spp.* در ۱۸ مورد (۳۷/۵٪) تأیید شد که بیشتر در مزارع پایین‌دست مشاهده گردید.

آلودگی بافت ماهی

در ۳۶ نمونه بافت عضله و روده، *Listeria monocytogenes* در ۱۰ مورد (۲۷/۸٪) و *Aeromonas hydrophila* در ۱۴ مورد (۳۸/۹٪) شناسایی شد. میزان آلودگی در روده بیشتر از بافت عضله بود.

باقی‌مانده‌های شیمیایی

در ۲۴ نمونه خوراک، مقادیر قابل توجهی از باقی‌مانده آنتی‌بیوتیک اکسی‌تتراسایکلین در ۷ نمونه (۲۹/۱٪) و فلورفنیکل در ۳ نمونه (۱۲/۵٪) یافت شد. همچنین، در ۴ نمونه آثار آفلاتوکسین B1 مشاهده گردید.

۲. تحلیل پرسش‌نامه‌ها

از ۶۰ پرسش‌نامه تکمیل‌شده، نتایج زیر استخراج گردید:

- فقط ۲۵٪ افراد آموزش رسمی بهداشت آبزیان دیده بودند.
- ۶۸٪ از مزارع فاقد سیستم ضدعفونی‌کننده ورودی و خروجی بودند.
- ۴۲٪ حمل‌ونقل با خودروهای فاقد سیستم خنک‌کننده انجام می‌شد.
- در بازارها، ۵۶٪ فروشندگان ماهی را بدون تماس مستقیم با یخ می‌فروختند.

جدول ۱ نشان می‌دهد که بیشترین تهدیدهای ادراک‌شده توسط پاسخ‌دهندگان به ترتیب شامل کیفیت پایین آب، حمل‌ونقل غیراصولی و تغذیه و خوراک نامناسب بود.

جدول ۱. تهدیدهای ادراک‌شده توسط پاسخ‌دهندگان

تهدیدهای ادراک‌شده	درصد پاسخ‌دهی
کیفیت پایین آب	٪۷۵
حمل‌ونقل غیراصولی	٪۶۸
تغذیه و خوراک نامناسب	٪۵۴
عدم آموزش بهداشتی	٪۴۹
آلودگی محیط بازار فروش	٪۴۳

۳. نتایج مدل‌سازی مونت‌کارلو

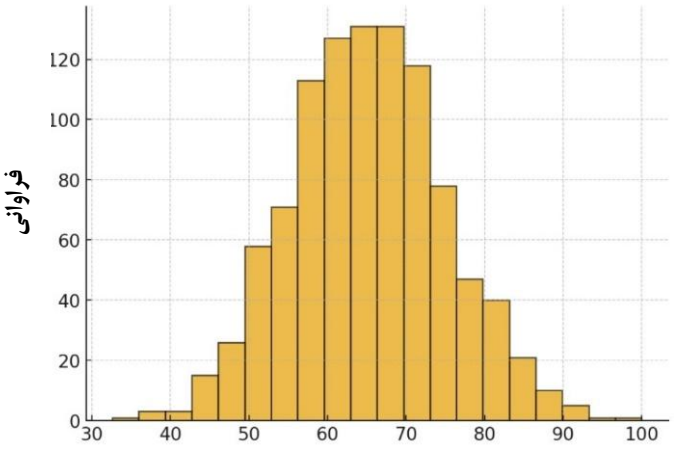
مدل مونت‌کارلو با ۱۰۰۰۰ تکرار برای هر خطر اجرا شد. احتمال نهایی مواجهه مصرف‌کننده با هر عامل خطر به‌صورت جدول ۲ تخمین زده شد.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-07-01]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۴، صفحات: ۴۸–۵۸
https://jmb.ahvaz.iau.ir

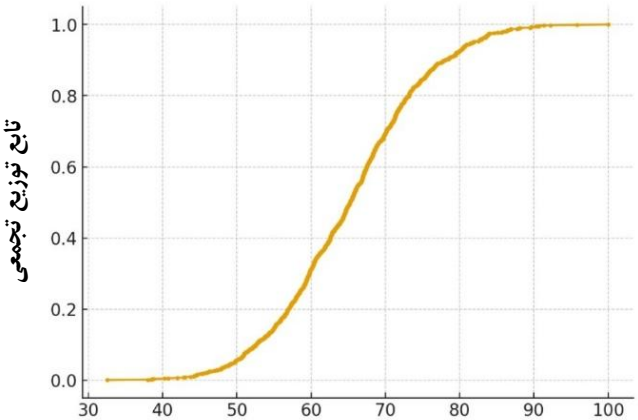
جدول ۲. میانگین احتمال مواجهه مصرف‌کننده با هر عامل خطر

عامل خطر	میانگین احتمال مواجهه (٪)	دامنه اطمینان ۹۵٪
E. coli	۶۴/۳	۴۸/۲ – ۸۲/۷
Aeromonas hydrophila	۳۹/۸	۲۶/۵ – ۵۲/۲
Salmonella spp.	۳۵/۱	۲۰/۹ – ۵۱/۳
آنتی بیوتیک ها	۲۸/۴	۱۶/۳ – ۴۰/۷
Listeria monocytogenes	۲۴/۷	۱۳/۴ – ۳۶/۹



درصد احتمال مواجهه با ***E. coli***

شکل ۱. هیستوگرام احتمال مواجهه با *E. coli*



درصد احتمال مواجهه با ***E. coli***

شکل ۲. نمودار تجمعی (CDF) احتمال مواجهه با ***E. coli***

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-07-01]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۴، صفحات: ۴۸–۵۸
https://jmb.ahvaz.iau.ir

هیستوگرام خروجی احتمال مواجهه با *E. coli* نشان داد که بیشترین فراوانی در محدوده ۶۰ تا ۷۰ درصد قرار دارد (شکل ۱). نمودار تجمعی (CDF) نیز نشان داد که ۸۵٪ موارد، احتمال مواجهه بیش از ۵۰٪ داشتند (شکل ۲).

٤. تحلیل حساسیت و نقاط بحرانی

تحلیل حساسیت نشان داد که مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار بر سطح نهایی ریسک به ترتیب زیر هستند:

۱. سطح آلودگی آب حوضچه

۲. دمای حمل‌ونقل

۳. نوع خوراک و روش نگهداری

۴. تماس مستقیم با یخ در بازار

۵. آموزش بهداشتی کارگران

شاخص اهمیت نسبی برای هر عامل مطابق جدول ۳ محاسبه شد.

جدول ۳. شاخص اهمیت نسبی عوامل موثر

عامل موثر	شاخص اهمیت نسبی (۰ تا ۱)
آلودگی آب حوضچه	۰/۸۳
حمل‌ونقل بدون یخچال	۰/۷۴
خوراک ناسالم	۰/۶۹
عدم استفاده از یخ در بازار	۰/۶۲
آموزش ناکافی	۰/۵۵

بر اساس تحلیل نتایج جدول ۳، دو نقطه بحرانی اصلی در زنجیره، مرحله "پرورش" (به‌ویژه کیفیت آب) و مرحله "توزیع بازار" (به‌ویژه شرایط نگهداری) شناسایی شدند.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان‌دهنده وجود تهدیدات قابل توجه بهداشتی در زنجیره تولید آبزیان در استان کردستان است. آلودگی میکروبی آب حوضچه‌ها، با درصد بالایی از نمونه‌ها دارای آلودگی به *E. coli* و *Salmonella* نشان‌دهنده رعایت ناکافی اصول بهداشتی در برخی مزارع است. این نتایج با مطالعات مشابه در دیگر مناطق ایران و کشورهای همسایه هم‌راستا است که به مشکلات مشابهی در مدیریت بهداشت در مزارع پرورش ماهی اشاره دارند (Kornelis et al., 2020; Rafiee et al., 2021). میزان آلودگی باکتری‌های *Listeria* و *Aeromonas* در بافت ماهی نیز نگرانی‌هایی را در مورد تأثیرات آن بر سلامت مصرف‌کنندگان ایجاد می‌کند.

یکی از یافته‌های کلیدی در این تحقیق، شناسایی *Listeria monocytogenes* در برخی از نمونه‌ها است که بر اهمیت نظارت دقیق بر شرایط حمل‌ونقل و عرضه در بازار تأکید دارد. این باکتری به‌ویژه در آبزیان به عنوان عامل بیماری‌زای خطرناک شناخته می‌شود که می‌تواند موجب مشکلات جدی بهداشتی برای مصرف‌کنندگان شود (Novotny et al., 2021). همچنین، یافته‌ها نشان می‌دهند که باقیمانده‌های شیمیایی در خوراک ماهی نیز باید تحت نظارت دقیق‌تری قرار گیرد، زیرا این مواد می‌توانند بر کیفیت و ایمنی محصول نهایی تأثیر بگذارند.

مقایسه نتایج این تحقیق با دیگر مطالعات انجام‌شده در مناطق مشابه نشان می‌دهد که آلودگی میکروبی آب، باقی‌مانده آنتی‌بیوتیک‌ها و عدم رعایت بهداشت در حمل‌ونقل، مشکلات مشترک در صنعت پرورش ماهی در ایران و کشورهای در حال توسعه هستند. به عنوان مثال، در مطالعه‌ای که در استان گیلان انجام شد، آلودگی به *E. coli* و *Salmonella* در ۶۰٪ از نمونه‌های آب حوضچه‌ها مشاهده گردید (Alinejad et al., 2020). همچنین، در مطالعه‌ای در ترکیه، میزان آلودگی به *Listeria* و *Aeromonas* مشابه با یافته‌های ما بود (Yücel & Balci, 2021).

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-07-01]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۷، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۴، صفحات: ۴۸-۵۸
https://jmb.ahvaz.iau.ir

یکی از نکات قابل توجه در مقایسه این نتایج، اهمیت آموزش بهداشتی و رعایت اصول بهداشتی در مزارع و بازار است. طبق یافته‌های این تحقیق، تنها ۲۵٪ از افراد شاغل در مزارع پرورش ماهی آموزش بهداشت آبزیان را گذرانده‌اند که این وضعیت مشابه با تحقیق دیگری در استان مازندران است که نشان می‌دهد کمبود آموزش در این زمینه یکی از مشکلات اصلی در صنعت شیلات کشور است (Zand et al., 2022).

از نظر روش‌شناسی، به‌کارگیری مدل مونت‌کارلو و نرم‌افزارهای تخصصی مانند @RISK و Crystal Ball این امکان را فراهم آورد که طیف وسیعی از عدم قطعیت‌ها و سناریوهای محتمل در نظر گرفته شوند. این رویکرد موجب شد تا تخمین ریسک به‌صورت کمی و با دقت بالاتری ارائه شود. به‌ویژه استفاده از هیستوگرام‌های توزیع احتمال و تحلیل حساسیت، درک بهتری از نقاط بحرانی زنجیره تولید ایجاد کرد. به بیان دیگر، مدل‌سازی کمی توانست شکاف‌های دانشی را که صرفاً با روش‌های توصیفی قابل شناسایی نبودند، آشکار سازد. این مزیت یکی از نقاط قوت تحقیق حاضر به شمار می‌رود و آن را از بسیاری از مطالعات قبلی متمایز می‌کند که صرفاً به آزمون‌های میکروبی محدود بودند.

مدل‌سازی مونت‌کارلو در این مطالعه نشان داد که احتمال مواجهه مصرف‌کننده با عوامل خطر میکروبی به‌ویژه *E. coli* و *Salmonella* در زنجیره تولید آبزیان استان کردستان، بسیار بالا است. این یافته‌ها تأکیدی بر لزوم اقدامات فوری برای کاهش آلودگی در مراحل مختلف تولید، به‌ویژه در مزارع پرورش ماهی و مراحل حمل‌ونقل هستند.

نتایج تحلیل حساسیت نشان داد که مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر ریسک بهداشتی، کیفیت آب حوضچه‌ها و دمای حمل‌ونقل هستند. این دو عامل باید در اولویت برنامه‌های بهبود بهداشت قرار گیرند. برای مثال، بهبود شرایط فنی و نظارتی بر سیستم‌های تصفیه آب و استفاده از یخچال‌های حمل‌ونقل می‌تواند تأثیر زیادی در کاهش آلودگی‌ها داشته باشد. این یافته‌ها مشابه با تحقیقاتی است که بر لزوم مدیریت کیفیت آب و شرایط حمل‌ونقل در کاهش آلودگی در صنعت آبزی‌پروری تأکید دارند (Havelaar et al., 2021).

نتایج کلی این تحقیق نشان می‌دهد که برای ارتقای ایمنی محصولات آبزیان در استان کردستان، باید تمرکز اصلی بر بهبود کیفیت آب، آموزش و نظارت بر بهداشت فردی کارگران و بهینه‌سازی فرآیند برداشت و حمل‌ونقل باشد. اجرای برنامه‌های پایش مستمر میکروبی و شیمیایی، توسعه استانداردهای بومی متناسب با شرایط اقلیمی منطقه و استفاده از فناوری‌های نوین پایش (مانند نانوسنسورها برای تشخیص سریع عوامل بیماری‌زا) می‌تواند نقش مهمی در کاهش ریسک ایفا کند. همچنین، آموزش بهره‌برداران و کارکنان مزارع در زمینه اصول بهداشت آبزی‌پروری و ایجاد زیرساخت‌های بهتر برای حمل‌ونقل بهداشتی ضروری به نظر می‌رسد.

به‌عنوان جمع‌بندی، این پژوهش با شناسایی نقاط بحرانی و ارائه یک مدل کمی برای ارزیابی ریسک، گامی مهم در جهت ارتقای ایمنی مواد غذایی دریایی در استان کردستان برداشت. نقاط قوت مطالعه شامل رویکرد جامع به کل زنجیره، استفاده از مدل‌سازی مونت‌کارلو و تحلیل حساسیت و نیز مقایسه نتایج با مطالعات ملی و بین‌المللی بود. در مقابل، محدودیت‌های اصلی مربوط به گستره نمونه‌برداری و پوشش ناکامل برخی آلاینده‌ها بود. بنابراین، پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی، پایش طولی در طول فصول مختلف انجام گیرد، دامنه آلاینده‌های شیمیایی و زیستی گسترش یابد و از روش‌های نوین مانند مدل‌سازی چندمعیاره و سناریوسازی اقلیمی برای ارتقای دقت ارزیابی ریسک استفاده شود. این رویکردها می‌تواند مبنای سیاست‌گذاری و تصمیم‌گیری علمی در حوزه ایمنی آبزیان و سلامت عمومی در سطح منطقه و کشور قرار گیرد.

پیشنهادات

با توجه به یافته‌های این تحقیق، چندین پیشنهاد برای بهبود شرایط بهداشتی در زنجیره تولید آبزیان استان کردستان مطرح می‌شود:

۱. تقویت آموزش‌های بهداشتی: باید برنامه‌های آموزشی گسترده‌ای برای کارگران و پرورش‌دهندگان ماهی در مورد اصول بهداشت آبزیان و مدیریت بیماری‌ها به‌ویژه در مراحل پرورش و برداشت برگزار شود. این آموزش‌ها می‌تواند شامل روش‌های بهداشتی صحیح، استفاده از ضدعفونی‌کننده‌ها، و رعایت شرایط بهداشت فردی باشد.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-07-01]

۲. بهبود کیفیت آب حوضچه‌ها: سرمایه‌گذاری در سیستم‌های تصفیه آب و افزایش نظارت بر کیفیت آب حوضچه‌ها می‌تواند تأثیر زیادی در کاهش آلودگی میکروبی داشته باشد. همچنین، استفاده از روش‌های نوین برای کاهش آلودگی آب مانند فیلتراسیون پیشرفته و استفاده از مواد ضدعفونی‌کننده طبیعی می‌تواند مفید باشد.

۳. ارتقاء شرایط حمل‌ونقل و عرضه در بازار: استفاده از خودروهای مجهز به یخچال و رعایت دمای مناسب برای حمل‌ونقل ماهی‌های زنده و گوشتی می‌تواند در کاهش آلودگی به باکتری‌های مضر تأثیرگذار باشد. همچنین، نظارت بیشتر بر شرایط عرضه در بازارها و آموزش فروشندگان در مورد اهمیت نگهداری صحیح ماهی می‌تواند خطر آلودگی را کاهش دهد.

۴. توسعه نظارت‌های آزمایشگاهی: به منظور کنترل باقی‌مانده‌های شیمیایی و میکروبی در محصولات آبزی، نیاز به توسعه و تقویت آزمایشگاه‌های دامپزشکی و شیلات در استان کردستان وجود دارد. این نظارت‌ها باید در مراحل مختلف تولید و عرضه، از جمله پس از برداشت و قبل از فروش، انجام شوند.

References

1. **Alinejad, M., Rahmani, K., & Soltani, M. (2020).** Microbial quality of water in trout farms in Guilan province, Northern Iran. Journal of Aquaculture Development, 14(2), 45-56.
2. **Anastassiades, M., Lehotay, S. J., Štajnbahr, D., & Schenck, F. J. (2003).** Fast and easy multiresidue method employing acetonitrile extraction/partitioning and "dispersive solid-phase extraction" for the determination of pesticide residues in produce. Journal of AOAC International, 86(2), 412–431.
3. **Codex Alimentarius Commission. (2022).** Codex Alimentarius: International food standards. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
4. **European Commission. (2002).** Commission Decision 2002/657/EC of 12 August 2002 implementing Council Directive 96/23/EC concerning the performance of analytical methods and the interpretation of results. Official Journal of the European Communities, L 221, 8–36.
5. **FAO. (2008).** Understanding and applying risk analysis in aquaculture. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 519/1. Rome: FAO.
6. **FAO. (2014).** Risk assessment and management in aquaculture. FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1082. Rome: FAO.
7. **FAO & World Bank. (2016).** Improving biosecurity through multi-stakeholder risk analysis in aquaculture. FAO Technical Consultation Report. Rome: FAO.
8. **FAO/WHO. (2021).** Food safety risk analysis: A guide for national food safety authorities. FAO Food and Nutrition Paper No. 87. Rome: FAO.
9. **Food and Drug Administration. (2023).** Bacteriological Analytical Manual (BAM): Chapter 29: Aeromonas. U.S. Food and Drug Administration. Retrieved from https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-29-aeromonas
10. **Havelaar, A. H., Kirk, M. D., Torgerson, P. R., Gibb, H. J., Hald, T., Lake, R. J., ... & World Health Organization Foodborne Disease Burden Epidemiology Reference Group. (2021).** World Health Organization global estimates and regional comparisons of the burden of foodborne disease in 2010. PLoS Medicine, 12(12), e1001923.
11. **Henriksson, P. J. G., Rico, A., Troell, M., Klinger, D. H., Buschmann, A. H., Saksida, S., Chadag, M. V., & Zhang, W. (2018).** Unpacking factors influencing antimicrobial use in global aquaculture and their implication for management: A review. Science of the Total Environment, 642, 1418–1439. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.113

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-07-01]

12. **Huss, H. H. (2018).** Assurance of seafood quality. FAO Fisheries Technical Paper No. 334. Rome: FAO.
13. **International Organization for Standardization. (2003).** ISO 16050:2003 Foodstuffs - Determination of aflatoxin B1, and the total content of aflatoxins B1, B2, G1 and G2 in cereals, nuts and derived products - High-performance liquid chromatographic method.
14. **International Organization for Standardization. (2014).** ISO 9308-1:2014 Water quality - Enumeration of Escherichia coli and coliform bacteria - Part 1: Membrane filtration method for waters with low bacterial background flora.
15. **International Organization for Standardization. (2017).** ISO 11290-1:2017 Microbiology of the food chain - Horizontal method for the detection and enumeration of Listeria monocytogenes and other Listeria species - Part 1: Detection method.
16. **International Organization for Standardization. (2017).** ISO 6579-1:2017 Microbiology of the food chain - Horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of Salmonella - Part 1: Detection of Salmonella spp.
17. **Jennings, S., Stentiford, G. D., Leocadio, A. M., Jeffery, K. R., Metcalfe, J. D., Katsiadaki, I., ... & Peel, G. T. (2016).** Aquatic food security: Insights into challenges and solutions from an analysis of interactions between fisheries, aquaculture, food safety, human health, fish and human welfare, economy and environment. Fish and Fisheries, 17(4), 893-938.
18. **Keiser, J., & Utzinger, J. (2018).** Antibiotic resistance in aquaculture: A review of the current status and future perspectives. Springer International Publishing.
19. **Kornelis, M., De Jonge, J., Frewer, L., & Dagevos, H. (2020).** The perceived healthiness of functional foods: A conjoint study. Appetite, 55(3), 531-541.
20. **Leitão, F., Brito, A. C., Pinto, R., Chainho, P., & Cabral, H. (2014).** Stakeholders' engagement in the implementation of the Marine Strategy Framework Directive: Lessons from Portugal. Marine Policy, 44, 344–351. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2013.09.028
21. **Mokhtari, A., Salmanzadeh-Ahrabi, S., & Rahimi, E. (2022).** Quantitative microbial risk assessment (QMRA) of foodborne pathogens: A review. Journal of Food Safety, 42(1), e12945.
22. **Novotny, L., Dvorska, L., Lorencova, A., Beran, V., & Pavlik, I. (2021).** Listeria monocytogenes and Aeromonas hydrophila in fish and fish products: A review. Food Control, 125, 108006.
23. **Pouillot, R., & Albert, I. (2020).** Statistical methods for risk assessment of foodborne hazards. CRC Press.
24. **Rafiee, G., Ahmadi, M., & Zare, P. (2021).** Aquaculture development in Iran: A review of the current status and future perspectives. Aquaculture Reports, 20, 100707.
25. **Reilly, A., & Käferstein, F. (2019).** Food safety and product quality in aquaculture. In Fish and Fishery Products (pp. 305-328). CRC Press.
26. **WHO. (2020).** Joint Risk Assessment Operational Tool (JRA OT) – One Health approach. Geneva: WHO.
27. **Yücel, N., & Balci, S. (2021).** Prevalence and antimicrobial resistance of Listeria monocytogenes and Aeromonas hydrophila in retail fish in Turkey. Journal of Food Protection, 84(8), 1345-1352.
28. **Zand, A. M., Vakhshoori, M., & Rezaei, M. (2022).** Challenges and opportunities for aquaculture development in Iran: A review. Aquaculture, 548, 737643.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-07-01]