(DOI): 10.22092/ISFJ.2026.136344 35(4) 27-42 Iranian Scientific Fisheries Journal

Microplastic pollution monitoring in rainbow trout farms of Fars and Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Provinces

Vazirzadeh A.[1*]; Askarinia E.[1]

*aryavazirzadeh@yahoo.com

1-Department of Natural Resources and Environmental Engineering, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

Received: May 2026 Accepted: July 2026 Published: November 2026

Copyright: © 2025 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Introduction

Microplastic (MP) pollution in aquatic environments has become a major environmental concern due to its widespread distribution and detrimental effects on aquatic organisms. Microplastics can accumulate and biomagnify throughout aquatic food webs, posing substantial ecological risks and raising concerns about potential threats to human health through the consumption of contaminated aquatic products. In fish, MPs may cause direct physical damage by accumulating in the gastrointestinal tract, inducing false satiety, and injuring the gills and other tissues. Moreover, MPs can act as carriers of chemical contaminants that adsorb onto their surfaces during production or transport in aquatic environments. Once ingested, these toxic compounds may be released within the fish, adversely affecting physiological functions, including endocrine regulation and immune responses (Vazirzadeh *et al*., 2025).

Methodology

To investigate MP accumulation in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), six fish were collected from each of eight selected trout farms in Fars and Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad provinces at each sampling event over a two-year period. Microplastics were examined in the entire gastrointestinal tract, gills, and a 5-g muscle sample collected from the dorsal musculature above the lateral line. In addition, samples of incoming water (500 mL) and commercial feed (50 g) were collected to assess potential sources of MP contamination (Gündoğdu *et al*., 2021). To remove organic matter, tissue samples were digested with 10% KOH at a tissue-to-solution ratio of 1:10 (v/v) (Devries *et al*., 2015). Following a 14-day digestion period, the digested samples were sequentially filtered through stainless-steel sieves and 60-µm paper filters using vacuum filtration to isolate MP particles. The isolated particles were initially characterized according to their shape, color, and size using a stereomicroscope. Polymer composition was subsequently identified by Raman spectroscopy (Gündoğdu *et al*., 2021).

Results

The gastrointestinal tract contained the highest total number of MPs regardless of particle size or shape. However, when MP abundance was normalized to tissue weight, the gills exhibited the highest concentration. Fibers were the predominant particle shape in all examined tissues, accounting for 47.98%, 87.62%, and 57.14% of the MPs detected in the gastrointestinal tract, gills, and muscle, respectively.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]

The dominant particle size in the gastrointestinal tract exceeded 1000 µm, whereas particles measuring 100–250 µm were most common in the gills and muscle tissue. Significant differences in MP contamination were observed between the two provinces, with farm water from Fars Province containing lower MP levels than that from Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province. In feed samples collected from the eight farms, fragments were the dominant particle shape (57.14%), with most particles ranging from 500 to 1000 µm. Moreover, Feed from farms in Fars Province contained higher MP contamination than feed from farms in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province. Raman spectroscopy revealed a diverse range of polymer types, predominantly polyurethane, polyamide, polyether, polystyrene, polyolefins, and polyhalogenated polymers. Among these, polyamides were the most abundant polymers detected across all examined tissues.

Discussion and conclusion

The present study investigated the occurrence, distribution, and characteristics of microplastics in different tissues of rainbow trout -as the cold-species with the highest production rate in Iran- and examined potential sources of contamination in aquaculture farms. In Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province, the highest mean microplastic abundance per gram of tissue was detected in the gills, approximately twice that observed in the gills of fish from Fars Province. Microplastic concentrations in the incoming water of farms in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad were also higher than those in Fars, suggesting that the greater microplastic load in the incoming water may partly explain the higher accumulation in the gills. In contrast, microplastic abundance per gram of muscle was significantly higher in fish from Fars Province, where the feed also contained significantly more microplastics than feed from Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad. This pattern suggests that feed may contribute to microplastic transfer to muscle tissue, although further studies are required to confirm this relationship. In line with present study, Shayana *et al.* (2022) examined microplastics in the gastrointestinal tract, gills, and muscle of 56 fish belonging to *Selar crumenophthalmus* and *Decapterus macarellus* from the Maldives. The mean abundance was 4.6 particles per fish, with gills showing the highest abundance. Microplastics were mainly fragments (57.5%), fibers (41.5%), and films (1%), and polyethylene (PE) and polypropylene (PP) were the dominant polymers. In the present study, although the highest absolute number of microplastics was detected in the gastrointestinal tract, gills showed the highest abundance after normalization by tissue weight. This may be related to the continuous direct exposure of gills to the surrounding water and their large surface area, which increases the probability of microplastic retention. The predominance of microplastics in the gastrointestinal tract was also consistent with previous studies. Microplastics may enter fish through direct ingestion or unintentionally with food and can cause intestinal obstruction and physical damage, histopathological alterations, behavioral changes, and disturbances in lipid metabolism (Jovanovic, 2017). In the present study, fiber-shaped particles were the most abundant. Atamanalp *et al.* (2021) similarly reported the highest microplastic abundance in the gastrointestinal tract (40%) of two commercially important fish species from the Black Sea, followed by the gills. Most particles were fibrous (51%), black (49%), and 50–200 µm in size. Microplastics may enter aquaculture systems through incoming water, feed, and secondary generation caused by abrasion and wear of farm equipment and materials (Vazirzadeh *et al*., 2025). Feed may represent an important pathway because fishmeal can contain considerable amounts of microplastics. Thiele *et al.* (2021) reported 0.72 microplastic particles per fish and 123.9 ± 16.5 particles per kg of fishmeal, with fibers and polyethylene among the dominant components. Thus, part of the microplastics detected in the present study may have originated from feed ingredients, although source-tracking studies are needed to determine the relative contribution of feed and water. Raman spectroscopy revealed a diverse range of polymers in the present study, predominantly polyurethane, polyamide, polyether, polystyrene, polyolefin, and polyhalofin. Similarly, Keshavarzifard *et al.* (2021)

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]

identified polyethylene terephthalate (46%), polypropylene (27%), and polystyrene (27%) as the dominant polymers in white shrimp (*Metapenaeus affinis*) from the Persian Gulf. The diversity of polymers detected in the present study suggests multiple potential sources, including urban and industrial wastewater and plastic waste. Plastic debris can undergo physical degradation, producing smaller particles that may subsequently enter aquatic environments and, ultimately, aquaculture systems. Interestingly, larger fish (>750 g) contained fewer MPs per unit of muscle tissue (one particle per 203 g of muscle) than smaller fish weighing 250–500 g (one particle per 55 g of muscle). This finding may be associated with faster somatic growth in larger fish, together with reduced exposure to incoming water, which was identified as the primary source of MP contamination. During a one-year production cycle, approximately 315,360 L of water enters a farm for every kg of rainbow trout produced. Based on the measured MP concentrations in incoming water, this volume introduces an estimated 197,100 MP particles into trout farms in the two studied provinces. Overall, the findings indicate that microplastic contamination in rainbow trout farms is likely associated with multiple pathways, particularly incoming water and feed. The differences observed among provinces and tissues highlight the need for improved monitoring and source-control strategies to reduce microplastic exposure in aquaculture systems. In conclusion, the findings demonstrate that farmed rainbow trout from Fars and Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad provinces are exposed to considerable MP contamination. Nevertheless, most MPs accumulated in non-edible tissues, particularly the gastrointestinal tract and gills, suggesting that the potential risk to consumers through the consumption of fish muscle is relatively low.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors gratefully acknowledge the Vice Chancellery for Research of Shiraz University for providing partial financial support for this study. The authors also sincerely thank the owners and staff of the selected trout farms for their valuable cooperation throughout the study and their assistance with sample collection.

Keywords: Microplastics, Rainbow trout, Fars, Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad, gastrointestinal tract, Gills, Flesh

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]

مجله علمی شیلات ایران
(DOI): 10.22092/ISFJ.2026.136344 ۳۵ (٤) ۲۷-٤۲ مجله علمی شیلات ایران

مقاله علمی - پژوهشی:

پایش مزارع قزل‌آلای رنگین‌کمان استان‌های فارس و کهگیلویه و بویراحمد از نظر آلودگی به میکروپلاستیک‌ها

آریا وزیرزاده*[1]، عیسی عسکری‌نیا[1]

*aryavazirzadeh@yahoo.com

۱-گروه مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱٤۰۵ تاریخ پذیرش: تیر ۱٤۰۵ تاریخ چاپ: آبان ۱٤۰۵

چکیده

برای بررسی تجمع میکروپلاستیک‌ها در قزل‌آلای رنگین‌کمان، از مزارع منتخب دو استان مهم پرورش‌دهنده این ماهی طی دو سال (فصول زمستان و بهار) و در هر فصل از ۸ مزرعه نمونه‌برداری و میکروپلاستیک‌ها در دستگاه گوارش و بافت آبشش، عضله بررسی شدند. همچنین برای محاسبه شار ورودی، از آب ورودی و خوراک مزارع نیز نمونه‌برداری شد. برای تجزیه‌وتحلیل میکروپلاستیک‌ها، کل دستگاه گوارش و بافت آبشش و ۵ گرم از بافت ماهیچه جداسازی شده و ۱۴ روز تحت تیمار محلول KOH ۱۰ درصد قرار گرفتند. پس از جداسازی با صافی ۶۰ میکرومتری، میکروپلاستیک‌ها با استریومیکروسکوپ شناسایی شدند و اندازه، رنگ و شکل آنها ثبت گردید. بیشترین تعداد میکروپلاستیک فارغ از اندازه و شکل در دستگاه گوارش یافت شد. اما زمانی که میکروپلاستیک‌ها برحسب وزن نمونه نرمال شدند، آبشش دارای بیشترین تعداد میکروپلاستیک بود. فراوان‌ترین شکل در همه بافت‌ها میکروپلاستیک‌های رشته‌ای به‌ترتیب با ۴۷/۹۸ درصد برای دستگاه گوارش، ۸۷/۶۲ درصد در آبشش و ۵۷/۱۴۳ درصد در عضله بود. از نظر اندازه، بیشترین فراوانی میکروپلاستیک‌های دستگاه گوارش در محدوده بالای ۱۰۰۰ میکرون و در بافت آبشش و عضله ۲۵۰-۱۰۰ میکرون بود. بین آب مزارع تفاوت معنی‌داری از لحاظ وجود میکروپلاستیک مشاهده شد به‌طوری‌که مزارع استان فارس دارای شار ورودی کمتری از طریق آب ورودی بودند. در خوراک هشت مزرعه طی دو فصل، بیشترین فراوانی مربوط به شکل چند وجهی (۵۷/۱۴ درصد) با اندازه ۵۰۰ تا هزار میکرومتر بود و ماهیان استان کهگیلویه و بویراحمد دارای تعداد میکروپلاستیک بیشتری در غذای مصرفی بودند. بر اساس نتایج رامان اسپکتروفوتومتری، میکروپلاستیک‌های نمونه‌های آب از نوع پلی‌یورتان و نمونه‌های غذا طیف متنوعی از ترکیبات پلیمری بود. همچنین در بافت‌های مختلف پلی‌آمیدها دارای بیشترین فراوانی بودند. به طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد، اگرچه ماهیان هردواستان آلوده به میکروپلاستیک بودند، اما میکروپلاستیک‌ها عمدتاً در بافت‌های غیرخوراکی تجمع داشتند که نمی‌تواند خطر خاصی برای مصرف‌کننده نهایی (انسان) داشته باشد.

لغات کلیدی: میکروپلاستیک، قزل‌آلای‌رنگین‌کمان، فارس، کهگیلویه و بویر احمد، دستگاه گوارش، آبشش، بافت

*نویسنده مسئول

Copyright: © 2025 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]

مقدمه

صنعت پرورش آبزیان به یکی از بخش‌های حیاتی و روبه‌رشد کشاورزی در تمام نقاط جهان تبدیل شده است. افزایش تقاضا برای ماهی در نتیجه رشد سریع جمعیت، افزایش درآمد و ترجیح ماهی نسبت به سایر پروتئین‌های حیوانی به دلیل ارزش‌های غذایی فراوان، رشد صنعت آبزی‌پروری را تسریع کرده است (Hardy, 2002). پیش‌بینی می‌شود، در آینده تولید محصولات شیلاتی از طریق آبزی‌پروری افزایش یابد. بنابراین، این صنعت باید کارآمد و سودآور بوده و دارای کمترین تأثیر بر محیط زیست باشد.

تولید انبوه پلاستیک از دهه ۱۹۴۰ میلادی آغاز شده و از آن هنگام، آلودگی میکروپلاستیک یک مشکل جدی و روبه‌رشد برای محیط زیست به‌خصوص آبزیان بوده است (Walkinshaw *et al*., 2022). امروزه شناسایی پلاستیک‌ها و مواد آلاینده محیط زیست از اهمیت بالایی برخوردار است. زیرا رابطه مستقیم با موجودات زنده پیرامون خود دارند که این رابطه می‌تواند تأثیرهای سمی و خطرناکی بر موجودات زنده بگذارند که انسان نیز شامل آن است (Ryan *et al*., 2009). میکروپلاستیک‌ها ذرات جامد مصنوعی یا ماتریس‌های پلیمری با اشکال منظم یا نامنظم هستند (Frias and Nash, 2019)، که عموماً به پلاستیک‌هایی با اندازه کوچک‌تر از پنج میلی‌متر اشاره دارند (Arthur *et al*., 2009). میکروپلاستیک‌های اولیه به گروهی از پلاستیک‌ها اطلاق می‌گردد که از ابتدا با همین اندازه تولید می‌شوند، ولی میکروپلاستیک‌های ثانویه از طریق تکه‌تکه شدن یا تجزیه محصولات حاوی پلاستیک تشکیل می‌شوند (Liu *et al*., 2019; Chen *et al*., 2021). میکروپلاستیک‌ها به روش‌های مختلف به محیط‌های پرورش آبزیان وارد می‌شوند. با مشاهده سطح تولید و پرورش آبزیان می‌توان به این موضوع پی برد که آلودگی میکروپلاستیک‌ها تأثیر گسترده‌ای بر مزارع پرورشی آبزیان و در حوزه سلامت نیز خواهند داشت (Bordaos *et al*., 2019; Ma *et al*., 2020; Wang *et al*., 2020).

به‌علاوه، میکروپلاستیک‌ها می‌توانند پس از تجمع در محیط آبزی‌پروری در محیط طبیعی رها شده و سپس باعث انتشار آلودگی شوند (Cao *et al*., 2007). امروزه میکروپلاستیک‌ها از طریق محیط آب وارد محصولات آبزی‌پروری می‌شوند و اثرات نامطلوب متعددی بر جای می‌گذارند (Moore *et al*., 1998; Tabata and Ikada, 2005). برای مثال، میکروپلاستیک‌ها می‌توانند سرعت رشد مداکای ژاپنی (*Oryzias latipes*) را کاهش دهند و باعث آسیب DNA شوند (Pannetier *et al*., 2020)، میکروپلاستیک‌ها و افزودنی‌های مرتبط با میکروپلاستیک نیز می‌توانند بر سیستم ایمنی محصولات آبزی‌پروری تأثیر بگذارند و سمیت عصبی ایجاد کنند و کیفیت محصولات آبزی‌پروری را کاهش دهند (Tang *et al*., 2022). بنابراین، میکروپلاستیک‌ها رشد و تکثیر محصولات آبزی‌پروری و میزان بقاء محصولات مرتبط با آن را کاهش می‌دهند و باعث زیان اقتصادی برای این صنعت می‌شوند. در نهایت، به‌عنوان مصرف کنندگان محصولات آبزی‌پروری، این میکروپلاستیک‌ها اثرات مختلفی بر سلامت انسان (کاهش فعالیت آنزیم‌های گوارشی و تأثیر بر عملکرد جذب گوارشی)، دارند (Tan *et al*., 2020). علاوه‌براین، میکروپلاستیک‌ها می‌توانند باعث تجمع سایر آلاینده‌های آلی در محصولات آبزی‌پروری (آنتی‌بیوتیک‌ها و افزودنی‌های آلی)، شوند و خطرات سلامتی که برای انسان ایجاد می‌کنند، افزایش دهند. این افزودنی‌ها در میکروپلاستیک‌ها دارای سمیت تولیدمثلی، ایجاد ناهنجاری‌های مادرزادی و جهش‌زایی برای بدن انسان هستند (Powel *et al*., 2010; Zhou *et al*., 2020; Lim *et al*., 2021; Zhang *et al*., 2022). بنابراین، آلودگی میکروپلاستیک در صنعت پرورش آبزیان باید مورد توجه قرار گیرد. هدف پژوهش حاضر، بررسی شدت آلودگی ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی استان‌های فارس و کهگیلویه و بویراحمد به انواع میکروپلاستیک و مطالعه مقدار میکروپلاستیک‌ها در آب، خوراک تجاری و بافت‌های مختلف ماهی شامل دستگاه گوارش، آبشش و عضله بود.

مواد و روش کار

برای بررسی آلودگی‌های میکروپلاستیکی در قزل‌آلای رنگین‌کمان در محیط پرورشی، نمونه‌برداری طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۴۰۱ از ۸ مزرعه پرورش ماهی و در دو نوبت در استان‌های فارس و کهگیلویه و بویراحمد در دو فصل (زمستان و بهار) صورت گرفت (جدول ۱).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]

جدول ۱: مشخصات مزارع قزل‌آلای رنگین‌کمان نمونه‌برداری شده برای بررسی آلودگی میکروپلاستیک در دو استان فارس و کهگیلویه و بویراحمد

Table 1: Characteristics of rainbow trout farms sampled to investigate the microplastic contamination in Fars and Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad provinces.

Farm ID	Location	Water Source	Annual Production Capacity (MT)	First Sampling Date	Second Sampling Date	Geographic Coordinates
1	Dena Highlands, Sisakht, Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province	Salt Waterfall and Upstream Springs	250	2021-05-17	2022-05-23	30.854604, 51.503563
2	Chitab, Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province	Khersan River (Kabgian River)	150	2021-05-17	2022-04-26	30.737080, 51.312434
3	Tangeh Sariz, Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province	Drainage Well Adjacent to the Bashar River	60	2021-05-31	2022-04-26	30.725024, 51.504252
4	Tang-e Sorkh and Dasht-e Rum, Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province	Gravity-Fed Water Supply from the Bashar River	50	2021-05-31	2022-06-11	30.440228, 51.734830
5	Tang-e Tizab, Fars Province	Gravity-Fed Spring Water with Recirculation and Pumping of Farm Effluent	80	2021-06-12	2022-05-07	30.370922, 51.792137
6	Kamfiruz, Fars Province	Gravity-Fed River Water via an Earthen and Concrete Canal	40	2021-06-26	2022-07-15	30.295864, 52.083998
7	Margoon, Fars Province	Gravity-Fed River Water through a Diversion Concrete Canal	120	2021-11-14	2022-08-29	30.515546, 51.910280
8	Rostam County, Fars Province	Gravity-Fed Spring Water through a Concrete Canal	80	2021-12-05	2022-04-09	30.497910, 51.270911

نمونه‌برداری از مزارع

در هر مزرعه و در هر بار نمونه‌برداری از شش قطعه ماهی نمونه‌برداری شد. ماهی‌ها در فویل آلومینیومی همراه با یخ به آزمایشگاه منتقل شدند. وزن کل ماهیان و وزن اندام‌ها (دستگاه گوارش، آبشش و عضله) با ترازوی با دقت ۰/۰۰۰ گرم سنجیده شد. از هر ماهی پنج گرم عضله بدون پوست از ناحیه بین سر و باله پشتی جدا شد. از هر مزرعه ۵۰ گرم خوراک و ۵۰۰ میلی‌لیتر آب (از نقاط ورودی و خروجی) نیز نمونه‌برداری شد. نمونه‌های دستگاه گوارش، آبشش و بافت پس از توزین در داخل ظروف شیشه‌ای قرار داده شده و ۱۰ برابر وزن هر بافت، محلول ۱۰٪ KOH اضافه شده و به مدت ۱۴ روز در زیر هود برای هضم بافت نگهداری شدند. با هضم بخش آلی و بافت‌ها و نسوج، امکان جداسازی میکروپلاستیک‌ها تسهیل گردید (Vazirzadeh *et al.*, 2025). محلول KOH ده درصد با حل کردن ۱۰۰ گرم KOH(مرک، آلمان) در ۹۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر تهیه شد.

شناسایی میکروپلاستیک در بافت‌ها

هضم، فیلتر، جداسازی و شناسایی میکروپلاستیک بافت ها به روش Devriese و همکاران (۲۰۱۵) انجام شد. بافت‌ها پس از هضم در محل هیدروکسیدپتاسیم، ابتدا با استفاده از الک‌های فلزی ۵۰۰ و ۱۰۰ میکرون فیلتر شدند تا مواد

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]

درشت احتمالی از آنها جدا گردد. سپس مایع باقی مانده با استفاده از پمپ خلاء و قیف بوخنر دارای کاغذ صافی جانسون (۶۰ میکرون) فیلتر شدند. کاغذ صافی به مدت ۱۴ ساعت و در داخل پتری دیش درب بسته داخل آون با دمای ۴۰ درجه سانتی گراد (که به پلاستیک‌ها آسیب نزند)، خشک شده و محتویات آن با استفاده قلم‌مو (غیرپلاستیکی) به پتری‌دیش منتقل گردید.

تعیین میکروپلاستیک در آب و غذای تجاری

نمونه‌های آب ابتدا از الک های فلزی ۵۰۰ و ۱۰۰ میکرون فیلتر شده و آب باقیمانده در نهایت از الک ۴۵ میکرون عبور داده شده و محتویات باقیمانده به پتری‌دیش منتقل و خشک گردید.

شناسایی و شمارش میکروپلاستیک در غذای تجاری به روش Gündoğdu و همکاران (۲۰۲۱) انجام شد. نمونه‌های غذا ابتدا با KOH ۱۰٪ به مدت ۱۴ روز هضم، سپس مشابه نمونه‌های بافت و به روش مذکور فوق، الک و فیلتر گردید.

بررسی میکروپلاستیک‌ها با استفاده از استرئومیکروسکوپ

پتری‌دیش های حاوی میکروپلاستیک هر نمونه با استفاده از استرئومیکروسکوپ (مدل ZSM1001 صاایران)، بررسی گردید. در صورت مواجهه با موارد مشکوک، با سوزاندن با نیدل سرنگ انسولین داغ شده ماهیت پلاستیک بودن موارد مشکوک شناسایی و شمارش شدند. به منظور شناسایی میکروپلاستیک‌های یک قالب شناسایی شامل اندازه (L<100، 100≤L<250، 250≤L<500، 500≤L<1000 و 1000≤L)، شکل (رشته‌ای، صفحه‌ای، چندوجهی و کروی) و طیف رنگ (سفید تا شفاف، زرد تا نارنجی، قرمز تا صورتی، سیاه تا خاکستری و آبی تا سبز)، طراحی و اطلاعات مربوط به هر بخش پس از مشاهده نمونه‌ها بر زیر استرئومیکروسکوپ یادداشت گردید (Vazirzadeh *et al.*, 2025).

تجزیه‌وتحلیل رامان

نمونه‌های منحصربفرد روی چسب مسی به پتری‌دیش منتقل شده و برای تجزیه‌وتحلیل رامان آماده شدند. این تجزیه‌وتحلیل در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه شیراز و با دستگاه Confocal Raman Spectroscopy (مدل Lab Ram HR، ساخت کمپانی: Horiba ژاپن)، انجام شد. این دستگاه دارای سه لیزر با طول موج‌های: ۵۳۲ نانومتر با توان ۱۰۰ میلی‌وات، ۷۸۵ نانومتر با توان ۱۰۰ میلی‌وات و ۶۳۳ نانومتر با توان ۱۷ میلی‌وات و آغاز اندازه‌گیری از ۵۰-۱ سانتی‌متر است.

روش تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها

نتایج به صورت میانگین ± انحراف‌معیار گزارش شد. نتایج حاصله با توجه به تعداد مقایسات با استفاده از تجزیه‌وتحلیل واریانس یا T-test مقایسه شدند. پیش از مقایسات یکنواختی داده‌ها و واریانس‌ها به‌ترتیب با استفاده از آزمون Kolmogorov-Smirnov و Levene برآورد شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون Tukey استفاده شد. در مواردی که واریانس‌ها یکنواخت نبودند، از آزمون Tamhane به جای Tukey استفاده شد. چنانچه باقی مانده داده‌ها یکنواخت نبود از آزمون Kruskal–Wallis به جای تجزیه‌وتحلیل واریانس استفاده می‌شود. همه تجزیه‌وتحلیل‌ها در نرم‌افزار SAS انجام شد.

نتایج

فراوانی میکروپلاستیک در بافت‌های مختلف، آب و خوراک

تعداد کل میکروپلاستیک‌های یافت شده در هر دو استان در دو مرحله نمونه برداری ۳۱۹ قطعه بود که به‌ترتیب دستگاه گوارش، آبشش و عضله دارای ۱۹۸، ۹۷ و ۷ قطعه بودند. میکروپلاستیک‌های موجود در آب و خوراک به‌ترتیب ۱۰ و ۷ قطعه بود.

مقایسه میکروپلاستیک‌های یافت شده در دو استان فارس و کهگلویه و بویراحمد

در مجموع، ماهیان استان کهگیلویه و بویراحمد دارای میکروپلاستیک بیشتری نسبت به استان فارس بودند. یک مزرعه واقع در تنگه سریز (استان کهگیلویه و بویراحمد)، بیشترین میکروپلاستیک و دو مزرعه واقع در تنگ تیزاب و

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]

شهرستان رستم (استان فارس) دارای کمترین میزان میکروپلاستیک بودند (جدول ۲). نتایج تحقیق حاضر، نشان داد که درصد فراوانی میکروپلاستیک‌ها در اندام‌های مختلف در مزارع استان کهگیلویه و بویراحمد به ازاء هر قطعه ماهی به‌ترتیب در دستگاه گوارش ۲/۱۰، در آبشش ۱/۲۱۰ و عضله ۰/۰۴۲ و در استان فارس به ازاء هر قطعه ماهی: گوارش ۲/۰۲، آبشش ۰/۸۱ و عضله ۰/۱۰۴ عدد در هر قطعه ماهی، وجود داشت. اما وقتی مکروپلاستیک‌ها بر حسب تعداد بر وزن محاسبه گردید، در استان کهگیلویه و بویراحمد بیشترین فراوانی در هر گرم به‌ترتیب در آبشش ۰/۳۰۰±۰/۲۱۶، گوارش ۰/۸۹±۰/۰۵۱ و عضله ۰/۰۵۷±۰/۰۰۸ و در استان فارس آبشش با بیشترین میانگین در هر گرم ۰/۱۴۷±۰/۱۲۰، گوارش ۰/۰۴۹±۰/۰۴۲ و کمترین میکروپلاستیک در عضله با ۰/۰۶۴±۰/۰۲۲ قطعه در هر گرم است.

جدول ۲: تعداد میکروپلاستیک‌های مشاهده شده در مزارع قزل‌آلای دو استان فارس و کهگیلویه و بویراحمد

Table 2: Abundance of microplastics observed in rainbow trout farms in Fars and Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad provinces

Province	Farm	No of MPs in different tissues and resources					Total in each farm	Total in each province
		Water	Feed	Muscle	Gill	Gastrointestinal		
Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad	1	2	1	0	16	8	27[a]	169[a]
	2	1	0	0	0	47	48[bc]	
	3	3	1	2	29	23	56[c]	
	4	0	0	2	13	23	38[bc]	
Fars	5	0	0	0	7	19	26[a]	150[b]
	6	3	3	2	11	29	48[bc]	
	7	0	2	1	10	37	50[c]	
	8	1	0	2	11	12	26[a]	

میانگین‌های فاقد حروف مشترک از نظر آماری معنی‌دار نیستند ($p \geq 0.05$).

Means that do not share a letter are significantly different ($p \geq 0.05$).

تفکیک میکروپلاستیک‌ها بر اساس وزن ماهی

در ماهیان کمتر از ۲۵۰ گرم به ازاء هر ۵۵ گرم وزن ماهی کامل یک قطعه میکروپلاستیک یافت شد. در ماهیان ۵۰۰-۲۵۱ گرم به ازاء هر ۱۱۰ گرم یک قطعه و در ماهیان ۷۵۰-۵۰۱ گرم به ازاء هر ۲۰۳ گرم وزن ماهی یک قطعه میکروپلاستیک یافت گردید. همچنین در ماهیان بیشتر از ۷۵۰ گرم به ازاء هر ۳۴۸ گرم یک قطعه میکروپلاستیک یافت شد (جدول ۳).

جدول ۳: فراوانی میکروپلاستیک ها در گروه های وزنی مختلف ماهی قزل آلای رنگین کمان نمونه برداری شده از مزارع استان‌های فارس و کهگیلویه و بویراحمد

Table 3: Abundance of microplastic in different weight groups of rainbow trout sampled from farms in Fars and Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad provinces

Fish weight category	Number of fish in each group	No of MPs			
		Muscle	Gill	Gastrointestinal	Total
Fish < 250 g	9	1	16	12	38[c]
Fish 251–500 g	25	2	25	58	110[b]
Fish 501–750 g	39	2	39	78	158[a]
Fish > 750 g	23	2	17	50	92[b]

میانگین‌های فاقد حروف مشترک از نظر آماری معنی‌دار نیستند ($p \leq 0.05$).

Means that do not share a letter are significantly different ($p \leq 0.05$).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]

میکروپلاستیک یافت‌شده از آب و خوراک مزارع

در بررسی خوراک مزارع دو استان در کل دوره، در مجموع هفت قطعه و در آب مزارع دو استان ۱۰ قطعه میکروپلاستیک یافت شد. تخمین میزان میکروپلاستیک موجود در خوراک و آب مزارع دو استان در واحدهای مورد بررسی در جداول ۴ و ۵ ارائه شده است. طی بررسی مشخص شد که هر قطعه ماهی یک کیلوگرمی در طول دوره یک‌ساله پرورشی خود در معرض ۱۹۷۱۰۰ عدد میکروپلاستیک از طریق آب و ۱۲۲/۵ قطعه از طریق غذا قرار می‌گیرد (جداول ۴ و ۵).

جدول ۴: میانگین میکروپلاستیک در خوراک مزارع دو استان

Table 4: Estimated Abundance of microplastics in the feeds of rainbow trout farms in Fars and Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad provinces

Province	No of MPs			
	Total in Four farms	Per 5 g	Per 1 kg	Per 1 MT
Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad	2	0.25	50	50,000[a]
Fars	5	0.625	125	125,000[b]

میانگین‌های فاقد حروف مشترک از نظر آماری معنی‌دار نیستند ($p\geq0.05$).

Means that do not share a letter are significantly different ($p\geq0.05$).

جدول ۵: میانگین میکروپلاستیک در آب مزارع دو استان

Table 5: Estimated Abundance of microplastics in the waters of rainbow trout farms in Fars and Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad provinces

Province	No of MPs			
	Total in 4 farms	Mean per 0.5 L water	Mean Per 1 L	Per 1 m³
Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad	6	0.375	0.75	750[a]
Fars	4	0.25	0.5	500[b]

میانگین‌های فاقد حروف مشترک از نظر آماری معنی‌دار نیستند ($p\geq0.05$).

Means that do not share a letter are significantly different ($p\geq0.05$).

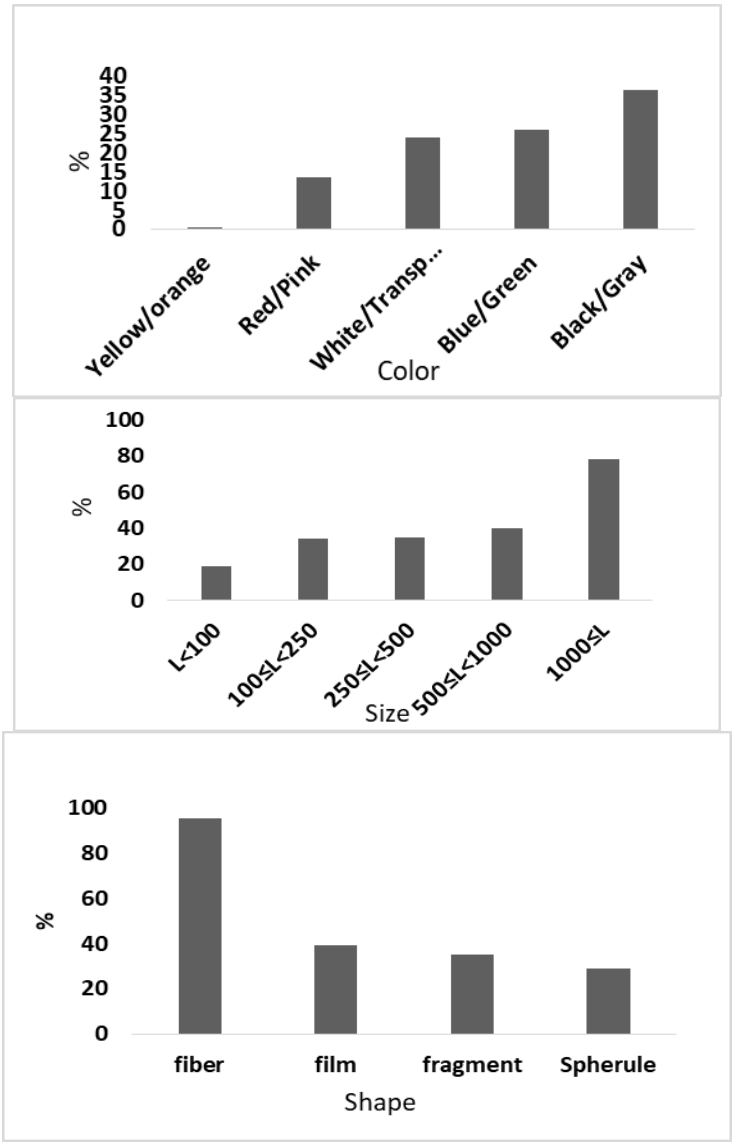
مشخصات میکروپلاستیک‌های شناسایی‌شده از دستگاه گوارش

در مجموع، در بررسی دستگاه گوارش ماهیان تعداد میکروپلاستیک بیشتری نسبت به سایر بافت‌های مورد بررسی یافت گردید. از مجموع ۱۹۸ میکروپلاستیک شناسایی گردیده ۴۷/۹۸درصد مربوط به شکل رشته‌ای (بیشترین) و ۱۴/۶۴درصد مربوط به شکل کروی (کمترین) بود که این اشکال با ۹/۱۷درصد (کمترین)، و ۳۷/۶۸درصد (بیشترین) به‌ترتیب بین اندازه‌های L<100 و 1000≤L پخش شده بودند. از نظر رنگ نیز میکروپلاستیک‌هایی با رنگ سیاه تا خاکستری با ۳۶/۳۶ درصد و آبی تا سبز با ۲۵/۷۶ درصد، بیشترین میکروپلاستیک را به‌خود اختصاص دادند. همچنین رنگ‌های سفید تا شفاف، قرمز تا صورتی و زرد تا نارنجی با ۲۳/۷۳درصد، ۱۳/۶۴درصد ۰/۵۰درصد در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (شکل ۱).

مشخصات میکروپلاستیک‌های شناسایی‌شده از آبشش ماهیان

در مجموع، ۹۷ عدد میکروپلاستیک از آبشش ماهیان مزارع نمونه‌برداری شده در دو نوبت شناسایی شد که ۸۷/۶۲ درصد آن مربوط به میکروپلاستیک‌های رشته‌ای بود و کمترین میزان (۱/۰۳درصد) آن کروی بوده که ۴۸/۴۵ درصد این میکروپلاستیک‌ها دارای اندازه 1000≤L بوده و کمترین فراوانی (۸/۲۴ درصد) مربوط به اندازه 250≤L<500 بودند. از نظر رنگ بیشترین تعداد میکروپلاستیک مشاهده شده دارای رنگ قرمز تا صورتی با ۳۲/۹۹ درصد و کمترین رنگ یافت شده با ۲/۰۶ درصد مربوط به رنگ زرد تا نارنجی بود (شکل ۲).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]



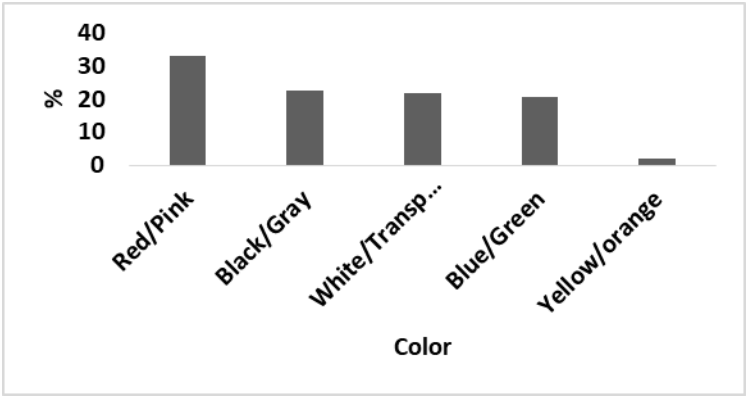
شکل ۱: توزیع رنگ، اندازه و شکل میکروپلاستیک‌های یافت شده در دستگاه گوارش ماهیان قزل‌آلای مزارع منتخب استان‌های فارس و کهگیلویه و بویراحمد

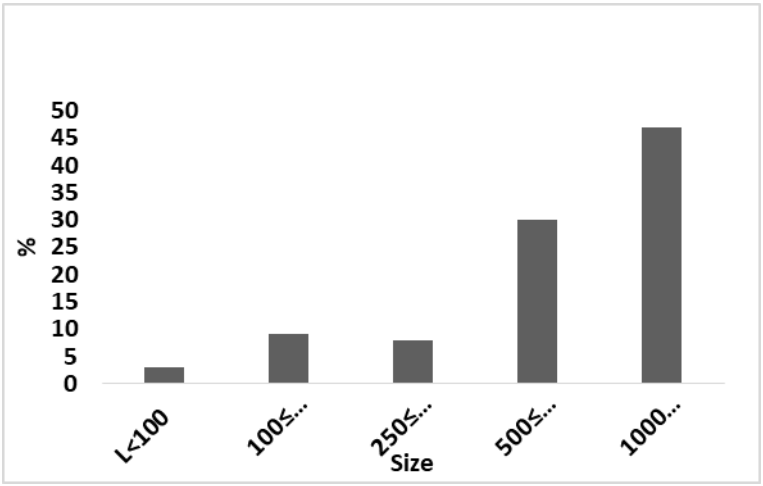
Figure 1: Distribution of color, size, and shape of microplastics found in the gastrointestinal tract of rainbow trout from selected farms in Fars and Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad provinces.

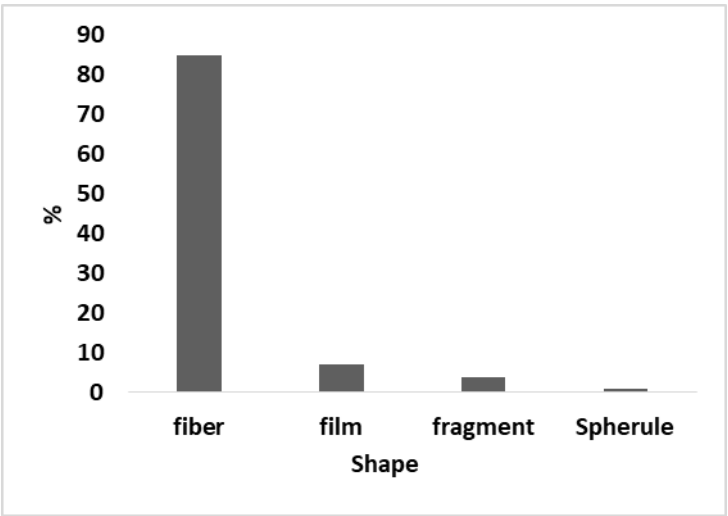
مشخصات میکروپلاستیک‌های شناسایی‌شده از عضله ماهیان

در مجموع، در دو نوبت نمونه‌برداری و بررسی بافت عضله ماهیان، هفت عدد میکروپلاستیک شناسایی گردید که به‌ترتیب ۵۷/۱۴۳ درصد و ۴۲/۸۵۷ درصد مربوط به میکروپلاستیک‌های رشته‌ای و صفحه‌ای شکل بودند. از نظر اندازه، بیشترین فراوانی (۴۲/۸۵ درصد) در دامنه 100≤L<250 و کمترین فراوانی ۱۴/۲۸۶درصد مربوط به میکروپلاستیک‌های در دامنه 1000≤L و 100≤L بودند. تمام میکروپلاستیک‌های مشاهده شده دارای رنگ سفید تا شفاف (۷۱/۴۲۹درصد) یا آبی تا سبز (۲۸/۵۷۱ درصد) بودند (شکل ۳).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]



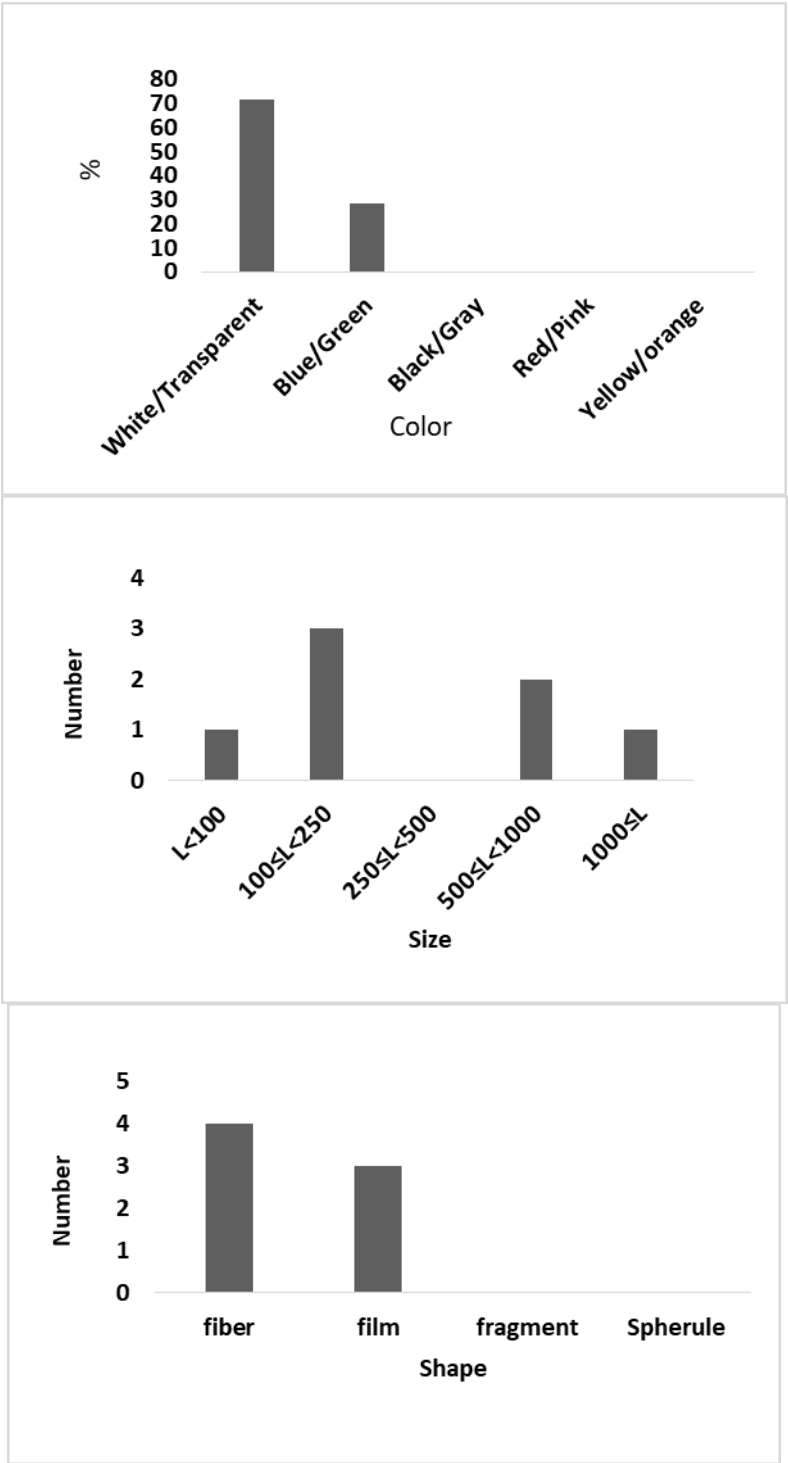




شکل ۲: توزیع رنگ، اندازه و شکل میکروپلاستیک‌های یافت شده در آبشش ماهیان قزل‌آلای مزارع منتخب استان های فارس و کهگیلویه و بویراحمد

Figure 2: Distribution of color, size, and shape of microplastics found in the gills of rainbow trout from selected farms in Fars and Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad provinces

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]



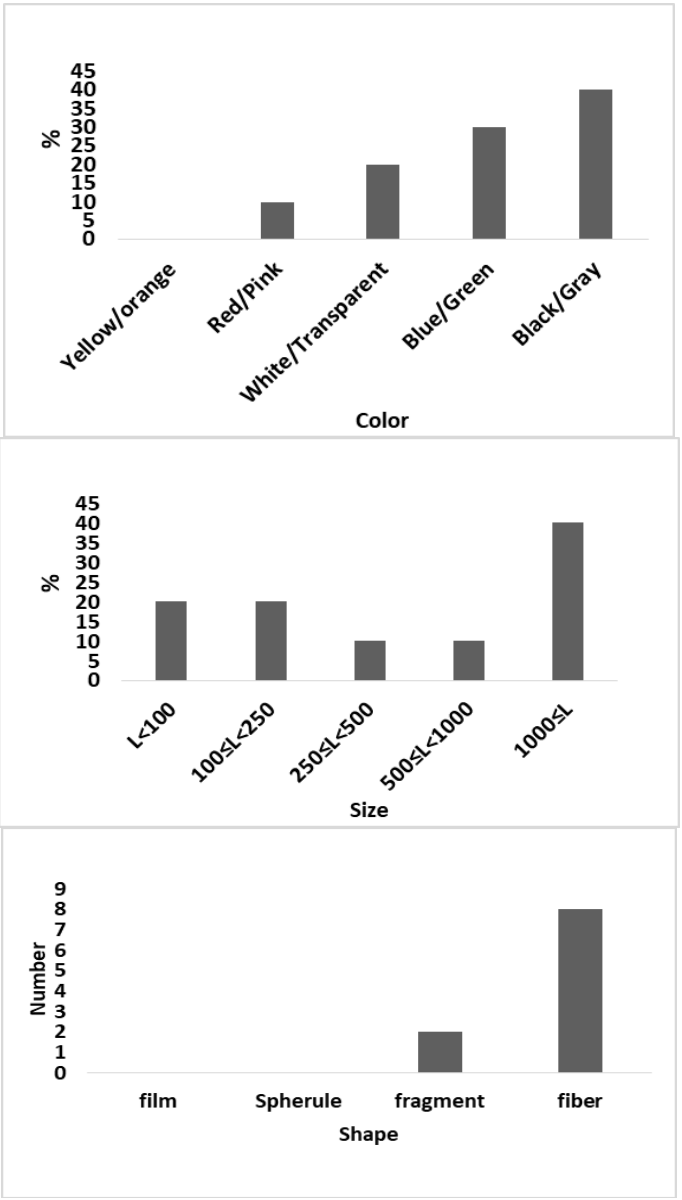
شکل ۳: توزیع رنگ، اندازه و شکل میکروپلاستیک‌های یافت شده در عضله ماهیان قزل‌آلای مزارع منتخب استان‌های فارس و کهگیلویه و بویراحمد

Figure 3: Distribution of color, size, and shape of microplastics found in the muscles of rainbow trout from selected farms in Fars and Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad provinces

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]

مشخصات میکروپلاستیک‌های شناسایی‌شده از آب مزارع

در بررسی ۵۰۰ سی‌سی آب ورودی و خروجی هر مزرعه از نظر آلودگی به میکروپلاستیک، در مجموع دو نوبت نمونه‌برداری، ۱۰ میکروپلاستیک یافت شد. ۸۰ درصد از تعداد کل میکروپلاستیک‌ها فیبری شکل و ۲۰ درصد باقی‌مانده چندوجهی بودند که بیشترین فراوانی مربوط به اندازه $1000 \leq L$ و کمترین فراوانی مربوط به اندازه $250 \leq L < 500$، و $500 \leq L < 1000$ بود که از این تعداد ۴۰ درصد به رنگ خاکستری تا سیاه، ۳۰ درصد به آبی تا سبز، ۲۰ درصد به سفید تا شفاف و ۱۰درصد به قرمز تا صورتی مربوط بود (شکل ۴).



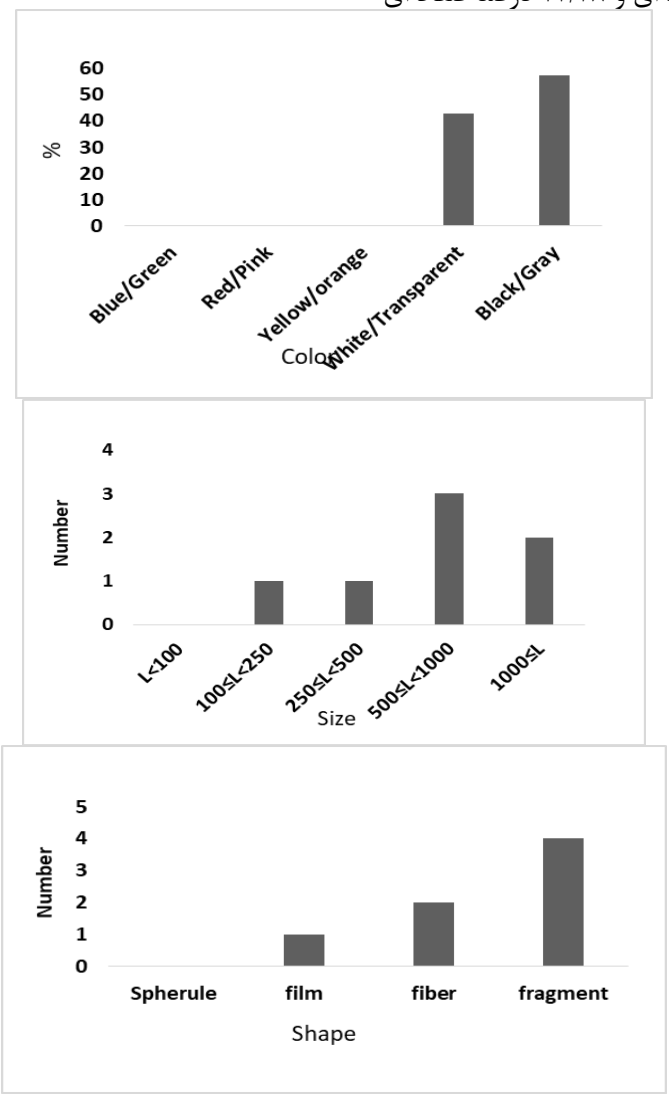
شکل ۴: توزیع رنگ، اندازه و شکل میکروپلاستیک‌های یافت شده در آب مزارع ماهیان قزل‌آلای منتخب استان‌های فارس و کهگیلویه و بویراحمد

Figure 4: Distribution of color, size, and shape of microplastics found in the waters of selected rainbow trout farms in Fars and Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad provinces

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]

مشخصات میکروپلاستیک‌های شناسایی‌شده از خوراک مزارع

در بررسی خوراک مزارع به آلودگی میکروپلاستیک از هشت مزرعه، چهار مزرعه اول، سوم، ششم و هفتم دارای آلودگی به میکروپلاستیک به تعداد یک، یک، سه و دو عدد در حجم موردنظر بودند. در مجموع دو نوبت نمونه‌برداری، ۷ مورد میکروپلاستیک یافت شد که از این تعداد ۵۷/۱۴ درصد فرگمنت، ۲۸/۵۷ درصد رشته‌ای و ۱۴/۲۸ درصد صفحه‌ای بودند. اندازه 500≤L<1000 بیشترین درصد فراوانی (۴۲/۸۵درصد) را به‌خود اختصاص داد و ۱۴/۲۸درصد به اندازه‌های 250≤L<500 و 100≤ 250 اختصاص داشت و از نظر رنگ در دو گروه سیاه تا خاکستری و سفید تا شفاف (۵۷/۱۴ درصد و ۴۲/۸۵ درصد)، دسته‌بندی شدند (شکل ۵).



شکل ۵: توزیع رنگ، اندازه و شکل میکروپلاستیک‌های یافت‌شده در خوراک مزارع ماهیان قزل‌آلای منتخب استان های فارس و کهگیلویه و بویراحمد

Figure 5: Distribution of color, size, and shape of microplastics found in the feeds of selected rainbow trout farms in Fars and Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad provinces.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]

بحث

قزل‌آلای رنگین‌کمان از آبزیان اصلی خوراکی بوده و مطالعات محدودی در رابطه با وجود میکروپلاستیک در این گونه انجام شده است، با توجه به این موضوع آلودگی میکروپلاستیک در این گونه در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است (جدول ۱).

در استان کهگیلویه و بویراحمد بیشترین میانگین میکروپلاستیک در هر گرم بافت در آبشش یافت شد که نزدیک ۲ برابر میکروپلاستیک در آبشش ماهیان فارس بود (جدول ۲). به‌علاوه، مقدار میکروپلاستیک در آب مزارع ورودی استان کهگیلویه و بویراحمد بیش از مزارع استان فارس بود که این عامل می‌تواند افزایش میکروپلاستیک را در آبشش ماهیان کهگیلویه و بویراحمد توجیه کند (جدول ۵). همچنین تعداد میکروپلاستیک یافت‌شده در هر گرم عضله ماهیان استان‌فارس به طور معناداری بیش از ماهیان کهگیلویه و بویراحمد (جدول ۲) و تعداد میکروپلاستیک یافت‌شده در غذای مزارع استان فارس به طور معناداری بیش از مزارع استان کهگیلویه بویر احمد بود (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد، افزایش تعداد میکروپلاستیک در غذای ماهیان می تواند سبب ورود بیشتر آنها به بافت عضلانی ماهیان باشد که البته به مطالعات تکمیلی بیشتری برای نتیجه‌گیری مطمئن‌تر، نیاز دارد. در مطالعه‌ای مشابه، تعداد میکروپلاستیک موجود در روده، آبشش و بافت ماهیچه در ۵۶ قطعه ماهی از دو گونه *Selar crumenophthalmus* و *Decapterus macarellus* در اقیانوس هند (سواحل مالدیو) مورد بررسی قرار گرفت و ۲۰۰ قطعه میکروپلاستیک با تجزیه‌وتحلیل بصری شناسایی شده است. مشخص شد که میزان وجود میکروپلاستیک بین دو گونه متفاوت بوده است. میانگین فراوانی میکروپلاستیک در ماهی ۴/۶ در هر فرد بود و در هر دو گونه، فراوانی میکروپلاستیک در آبشش‌ها در مقایسه با سایر اعضای بدن بالاترین بود. پلاستیک بلعیده شده عمدتاً شامل قطعات (۵۷/۵ درصد) الیاف (۴۱/۵ درصد) و فیلم (۱درصد) بود. ذرات شناسایی شده از نمونه‌های مورد تجزیه‌وتحلیل عمدتاً شامل رنگ‌های آبی (۳۶/۹۰ درصد)، خاکستری (۳۰/۴۸ درصد)، سیاه (۱۷/۱۱ درصد) و قرمز (۹/۰۹ درصد) بود. پلاستیک بلعیده شده پلی‌اتیلن (PE) و پلی‌پروپیلن (PP) بود (Shayana *et al*., 2022). در مطالعه حاضر نیز اگرچه بیشترین تعداد میکروپلاستیک یافت‌شده در گوارش بود، اما وقتی داده‌ها برحسب وزن نمونه ها نرمال شدند (نسبت میکروپلاستیک یافت شده در هر گرم بافت نمونه)، آبشش دارای بیشترین مقدار میکروپلاستیک بود. این امر ممکن است، به آن دلیل باشد که شاید ماهی میکروپلاستیک‌ها را بیشتر از محیط دریافت کند تا از طریق تغذیه. آبشش دارای بیشترین سطح تماس با آب است. بنابراین، امکان گیرکردن ریزپلاستیک‌ها در این اندام بسیار بالاست.

همچنین هم‌سو با نتایج مطالعه حاضر برای مجموع مزارع در این مطالعه، سایر پژوهش‌ها نیز نشان‌دهنده بیشترین تعداد میکروپلاستیک در دستگاه گوارش آبزیان بودند. میکروپلاستیک‌ها از طریق بلع انتخابی و به عنوان غذا یا به همراه غذا به صورت غیرانتخابی می‌تواند وارد دستگاه گوارش ماهی گردد. بلع میکروپلاستیک باعث انسداد روده، آسیب فیزیکی، تغییرات آسیب‌شناسی بافتی در روده، تغییر در رفتار، تغییر در متابولیسم لیپید می‌شود (Jovanović, 2017).

در مطالعه حاضر، شکل اغلب این میکروپلاستیک‌ها، رشته‌ای و به دنبال آن صفحه‌ای، چندوجهی و کمترین فرم یافت‌شده، کروی بود (شکل های ۱ الی ۵). در بررسی‌های پیش‌تر انجام شده نیز بیشترین شکل یافت‌شده، رشته‌ای و بیشترین سایز یافت‌شده، بزرگتر از هزار میکرون بود. در تحقیقاتی که در دریای سیاه بر دو گونه ماهی تجاری و کفزی انجام شد، از نظر فراوانی میکروپلاستیک در بافت ماهی‌های خوراکی مطالعه شده در دریای سیاه، دستگاه گوارش (۴۰ درصد) در هر دو گونه ماهی در رتبه اول قرار گرفت درحالی‌که کمترین تراکم MPs در بافت مغز (۷ درصد) تعیین شد. بعد از دستگاه گوارش، آبشش‌ها به عنوان دومین بافت با بیشترین تراکم MPs شناسایی شدند. صرف‌نظر از گونه ماهی، شکل MPs عمدتاً فیبری (۵۱ درصد)، سیاه رنگ (۴۹ درصد) و در اندازه۲۰۰-۵۰

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]

میکرومتر (۵۵ درصد) بود. در بین ۹ پلیمر مختلف تعیین شده، پلی کلروپرن (۱۸/۸ درصد) و پلی‌آمید (۱۵ درصد) بیشتر یافت شد (Atamanalp *et al*., 2021).

راه‌های ورود میکروپلاستیک به مزارع شامل آب، خوراک و میکروپلاستیک‌هایی که در مزارع از فرسایش و سایش ابزار و ادوات مورداستفاده در مزرعه تولید می‌شوند، است (Vazirzadeh *et al*., 2025).

حدود یک چهارم ماهی‌های دریایی جهان به عنوان پودر ماهی برای خوراک حیوانات و آبزیان استفاده می‌شود. در مطالعه‌ای به بررسی میکروپلاستیک در ماهی‌هایی که به عنوان پودر ماهی استفاده می‌شوند، پرداخته شد. به ازاء هر قطعه ماهی ۷۲/. قطعه و در هر کیلو پودر ماهی ۱۲۳/۹±۱۶/۵ میکروپلاستیک گزارش شد که بیشتر آنها رشته‌ای و از جنس پلی‌اتیلن ۵۲±۱۴ بودند (Thiele *et al*., 2021). بنابراین، منطقی است که در مطالعه حاضر نیز بخشی از میکروپلاستیک‌ها منشا غذایی داشتند و از ماهیان مورد استفاده برای تهیه پودر ماهی نشات گرفته باشند.

نکته قابل‌توجه آن بود که با افزایش وزن ماهیان، تعداد میکروپلاستیک یافت‌شده به ازاء هر گرم عضله آنها کاهش یافت (جدول ۳). این موضوع می‌تواند به دلیل رشد سریع‌تر ماهی ماهیان درشت‌تر و در معرض قرارگیری کمتر آنها در مقایسه با ماهیان ریزتر باشد. باید توجه داشت که اگرچه رشد ویژه (SGR) در ماهیان با سن کمتر بیشتر است، اما مدت زمانی که طول می‌کشد تا یک ماهی ۷۵۰ گرمی به وزن ۱ کیلوگرمی برسد، بسیار کمتر از زمانی است که نیاز است تا یک ماهی ۱ گرمی به ۲۵۰ گرم برسد. بنابراین، مواجهه آن با آب آلوده به میکروپلاستیک، کمتر است.

بر اساس نتایج حاصله از طیف‌سنجی رامان، جنس میکروپلاستیک‌های مطالعه حاضر طیف وسیعی از پلیمرها و عمدتاً متعلق به پلی‌یورتان، پلی‌آمید، پلی‌اتر، پلی‌استایرن، پلی‌اولفین و پلی‌هالوفین بود. در مطالعه انجام‌شده در خلیج فارس، MPs موجود در میگوهای سفید (*Metapenaeus affnis*) مورد بررسی قرار گرفت. طیف‌سنجی رامان کانفوکال نشان داد که پلی‌اتیلن ترفتالات (۴۶ درصد)، پلی‌پروپیلن (۲۷ درصد) و پلی‌استایرن (۲۷ درصد)، از پلیمرهای غالب بودند (Keshavarzifard *et al*., 2021). پلی‌آمیدها عمدتاً در صنایع نساجی، اتومبیل‌سازی، لوازم آشپزخانه استفاده می‌شوند. پلی‌اتر در صنایع رنگ‌سازی و اتومبیل‌سازی به عنوان روان‌کننده و پوشش‌دهنده استفاده می‌شود. پلی‌الفین‌ها (پلی‌پروپیلن و پلی‌اتیلن)، به فراوانی در بطری آب آشامیدنی، ظروف پلاستیکی و ... یافت می‌شوند. با توجه منشأ میکروپلاستیک‌ها در مطالعه حاضر، بایستی در پسماند و فاضلاب شهری و صنعتی فراوان باشد. قطعات پلاستیکی در پسماندها به آسانی می‌تواند به‌تدریج تجزیه فیزیکی شده و در محیط پراکنده و نهایتاً وارد منابع آبی گردند.

نتایج این تحقیق نشان داد که هر قطعه ماهی یک کیلوگرمی در یک دوره پرورش یک ساله در معرض ۱۹۷۲۲۲/۵ میکروپلاستیک از طریق آب و غذا قرار می‌گیرد که کمتر از ۰/۰۰۳ درصد از آنها را جذب می‌کند که عمدتا هم در بافت‌های غیرخوراکی مثل آبشش و دستگاه گوارش تجمع پیدا میکند و تنها ۲/۳ درصد از این مقدار میکروپلاستیک یافت شده در ماهی، ممکن است در بافت-های خوراکی مثل عضله تجمع پیدا کند.

نتایج سایر پژوهش‌ها نیز نشان داد که بیشترین میکروپلاستیک وارد دستگاه گوارش شده، دفع می‌شود و میکروپلاستیک کمتری در بافت‌های خوراکی وجود دارد. نسبت میکروپلاستیک‌هایی که در دستگاه گوارش در این بررسی یافت شده، نسبت به سایر تحقیق‌ها کمتر بوده است و این امر ممکن است به دلیل کمتر بودن میکروپلاستیک‌ها در آبهای شیرین باشد که در مناطقی با ارتفاع بالاتری نسبت به سطح دریاها هستند و بیشتر می‌توانند محل گذر میکروپلاستیک‌ها باشند و نه محل تجمع و انباشت آنها مثل دریاها. این موضوع نیاز به مقایسه و تحقیق بیشتری دارد.

تشکر و قدردانی

از معاونت پژوهشی دانشگاه شیراز به دلیل تامین هزینه این پژوهش و از مالکان و کارکنان مزارع به دلیل همکاری در نمونه‌برداری صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]

منابع

Arthur, C., Baker, J.E. and Bamford, H.A., 2009. Proceedings of the international research workshop on the occurrence, effects, and fate of microplastic marine debris. University of Washington Tacoma, Tacoma, WA, USA.

Atamanalp, M., Köktürk, M., Uçar, A., Duyar, H.A., Özdemir, S., Parlak, V., Esenbuga, N. and Alak, G., 2021. Microplastics in tissues (brain, gill, muscle and gastrointestinal) of *Mullus barbatus* and *Alosa immaculata*. *Archives of Environmenta Contamination and Toxicology*, 81(3):460–469. DOI:10.1007/s00244-020-00801-4.

Bordás, G., Urbányi, B., Micsinai, A., Kriszt, B., Palotai, Z., Szabó, I., Hantos, Z. and Szoboszlay, S., 2019. Identification of microplastics in fish ponds and natural freshwater environments of the Carpathian Basin, Europe. *Chemosphere*, 216:110–116. DOI:10.1016/j.chemosphere.2018.10.125.

Cao, L., Wang, W., Yang, Y., Yang, C., Yuan, Z., Xiong, S. and Diana, J., 2007. Environmental impact of aquaculture and countermeasures to aquaculture pollution in China. *Environmental Science and Pollution Research*, 14:452–462. DOI:10.1065/espr2007.06.426.

Chen, G., Li, Y. and Wang, J., 2021. Occurrence and ecological impact of microplastics in aquaculture ecosystems. *Chemosphere,* 274:129989. DOI:10.1016/j.chemosphere.2021.129989.

Devriese, L.I., Van der Meulen, M.D., Maes, T., Bekaert, K., Paul-Pont, I., Frère, L., Robbens, J. and Vethaak, A.D., 2015. Microplastic contamination in brown shrimp (*Crangon crangon*, Linnaeus 1758) from coastal waters of the Southern North Sea and Channel area. *Marine Pollution Bulletin*, *98:* 179-187. DOI:10.1016/j.marpolbul.2015.06.051

Frias, J.P. and Nash, R., 2019. Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Marine Pollution Bulletin* 138:145–147. DOI:10.1016/j.marpolbul.2017.02.021.

Gündoğdu, S.E., Eroldoğan, O.T., Evliyaoğlu, E., Turchini, G.M. and Wu, X.G., 2021. Fish out, plastic in: Global pattern of plastics in commercial fishmeal. *Aquaculture*, 534:736316. DOI:10.1016/j.aquaculture.2020.736316.

Hardy, R.W., 2002. Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). In: Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture. CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 184–202.

Jovanović, B., 2017. Ingestion of microplastics by fish and its potential consequences. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 13(3):510–515. DOI:10.1002/ieam.1913.

Keshavarzifard, M., Vazirzadeh, A. and Sharifinia, M., 2021. Occurrence and characterization of microplastics in white shrimp (*Metapenaeus affinis*). *Marine Pollution Bulletin*, 169:112581. DOI:10.1016/j.marpolbul.2021.112581.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]

Lim, D., Jeong, J., Song, K.S., Sung, J.H., Oh, S.M. and Choi, J., 2021. Inhalation toxicity of polystyrene micro(nano) plastics. *Chemosphere*, 262:128330 DOI:10.1016/j.chemosphere.2020.128330.

Liu, X., Yuan, W., Di, M., Li, Z. and Wang, J., 2019. Transfer and fate of microplastics during activated sludge process. *Chemical Engineering Journal*, 362:176–182. DOI:10.1016/j.cej.2019.01.033.

Ma, J., Niu, X., Zhang, D., Lu, L., Ye, X., Deng, W., Li, Y. and Lin, Z., 2020. High levels of microplastic pollution in aquaculture water. *Science of the Total Environment*, 744:140679. DOI:10.1016/j.scitotenv.2020.140679

Moore, J.D., Ototake, M. and Nakanishi, T., 1998. Particulate antigen uptake during immersion immunisation of fish. *Fish & Shellfish Immunology*, 8(6):393–408. DOI:10.1006/fsim.1998.0143.

Pannetier, P., Morin, B., Le Bihanic, F., Dubreil, L., Clérandeau, C., Chouvellon, F., Van Arkel, K., Danion, M. and Cachot, J., 2020. Environmental microplastics induce toxic effects in fish larvae. *Environment International*, 134:105047. DOI:10.1016/j.envint.2019.105047.

Powell, J.J., Faria, N., Thomas-McKay, E. and Pele, L.C., 2010. Origin and fate of dietary nanoparticles. *Journal of Autoimmunity*, 34(3). DOI:10.1016/j.jaut.2009.11.006.

Shiyana, F., Buyong, F., Shareef, A., Fazlina Nazrah Hirzin, R.S., Ismail, A., 2022. The presence of microplastics in fishes of South Maldives. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing.1055(1):012015.

Ryan, P.G., Moore, C.J., Van Franeker, J.A. and Moloney, C.L., 2009. Monitoring plastic debris in marine environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 364:1999–2012. DOI:10.1098/rstb.2008.0207.

Tabata, Y. and Ikada, Y., 2005. Phagocytosis of polymer microspheres by macrophages. *New Polymer Materials*, pp 107–141.

Tan, H., Yue, T., Xu, Y., Zhao, J. and Xing, B., 2020. Microplastics reduce lipid digestion in gastrointestinal system. *Environmental Science and Technology*, 54(19):125-138. DOI:10.1021/acs.est.0c02608.

Tang, Y., Han, Y., Zhang, W., Yu, Y., Huang, L., Zhou, W., Shi, W., Tian, D. and Liu, G., 2022. BPA and microplastics weaken immune responses in blood clams. *Environmental Pollution*, 307:119497. DOI: 10.1016/j.envpol.2022.119497.

Thiele, C.J., Hudson, M.D., Russell, A.E., *et al*., 2021. Microplastics in fish and fishmeal. *Scientific Reports*, 11:2045. DOI:10.1038/s41598-021-81499-8.

Vazirzadeh, A., Ergun, S., Mossafa, H., Farhadi, A., Keshavarzifard, M., Yigit, M. and Yilmaz, S., 2025. Microplastics contamination suppressed immune and health status in cage cultured Barramundi: An investigation on pollution sources, ecotoxicological impacts, and transcription of genes involved in detoxification.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]

Aquaculture, 594:741370. DOI:10.1016/j.aquaculture.2024.741370.

Walkinshaw, C., Tolhurst, T.J., Lindeque, P.K., Thompson, R. and Cole, M., 2022. Detection of microplastics in fishmeal and soybean meal. *Marine Pollution Bulletin*, 185:114189. DOI:10.1016/j.marpolbul.2022.114189.

Wang, F., Wang, B., Duan, L., Zhang, Y., Zhou, Y., Sui, Q., Xu, D., Qu, H. and Yu, G., 2020. Microplastics in wastewater sources. *Water Research*, 182:115956. DOI:10.1016/j.watres.2020.115956.

Zhang, W., Sun, S., Du, X Han, Y., Tang, Y., Zhou, W., Shi, W. and Liu, G., 2022. Toxic impacts of microplastics on microalgae. *Gondwana Research*, 108:158–170. DOI: 10.1016/j.gr.2021.08.011.

Zhou, W., Han, Y., Tang, Y., Shi, W., Du, X., Sun, S. and Liu, G., 2020. Microplastics and antibiotics bioaccumulation. *Environmental Science and Technology*, 54(13):8115-8122. DOI:10.1021/acs.est.0c01575.

Ziajahromi, S., Neale, P.A., Silveira, I.T., *Chua,* A. and Leusch, F.D., 2021. Microplastics in wastewater treatment plants. *Chemosphere*, 263:128294. DOI:10.1016/j.chemosphere.2020.128294.

Zwollo, P., Quddos, F., Bagdassarian, C., Seeley, M.E., Hale, R.C. and Abderhalden, L., 2021. Polystyrene microplastics reduce abundance of developing B cells in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) primary cultures. *Fish and Shellfish Immunology*, 114:102111. DOI:10.1016/j.fsi.2021.04.014.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-16]