

Федеральное агентство по рыболовству
Государственный научный центр Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии»



**III Международная научно-практическая конференция
и V Школа молодых ученых и специалистов**

РЫБОХОЗЯЙСТВЕННАЯ НАУКА В XXI ВЕКЕ: ключевые направления развития

**(Москва, ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»,
7-10 апреля 2025 г.)**

В 2-х томах. Том 2

Издательство ВНИРО
МОСКВА

УДК 574.55:502:517.088.1

Р 93

Р 93 Рыбохозяйственная наука в XXI веке: ключевые направления развития.

Материалы III Международной научно-практической конференции и V Школы молодых ученых и специалистов: сборник научных статей // ответственный редактор Колончин К.В., авторы-составители: Булатов О.А., Колмаков А.Н., Межонов А.В., Беляев В.А., Мышкин А.В., Бобылев А.Б. М.: Изд-во ВНИРО, 2025. В 2-х томах. Том 2. 440 с.

ISBN 978-5-85382-567-3

© ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», 2025

© Колончин К.В., Булатов О.А.,
Колмаков А.Н., Межонов А.В.,
Беляев В.А., Мышкин А.В.,
Бобылев А.Б., 2025

**1-Й ВСЕРОССИЙСКИЙ СЕМИНАР.
«МИКРОПЛАСТИКИ В ВОДНЫХ
БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСАХ
И СРЕДЕ ИХ ОБИТАНИЯ»**

Микропластики в мышечной ткани рыб: тематическое исследование загрязнения микропластиками дикой рыбы, выловленной из приливных рек в штате Сабах, Борнео, Малайзия

Ч.Л. Су^{1}, Р.К. Калвант-Сингх¹, Ч.А. Чен²*

¹ Институт тропической биологии и охраны природы, Университет Малайзии Сабах, Джалан УМС, 88400 Кота-Кинабалу, Сабах, Малайзия.

² Институт морских исследований Борнео, Университет Малайзии Сабах, Джалан УМС, 88400 Кота-Кинабалу, Сабах, Малайзия.

* e-mail: soo@ums.edu.my (Чен Лин Су)

Реферат

Загрязнение рыб микропластиками представляет опасность для здоровья человека. Скудость предыдущих исследований по загрязнению рыбы микропластиком, особенно в мышечной ткани, подчеркивает пробелы в знаниях в этой области. Таким образом, целью данного исследования была оценка встречаемости, обилия и характеристик микропластиков в съедобной части рыбы, выловленной из приливных рек Сабаха. Всего было выловлено 146 образцов рыбы, и из всех мышечных тканей были извлечены микропластики. Результаты указывают, что 45,9% образцов мышечной ткани рыбы были загрязнены микропластиком, при среднем содержании $2,0 \pm 4,3$ единиц на особь. Микропластики небольшого размера (87,6%), фрагменты (39,1%), черный цвет (36,5%) и вискоза (53,4%) были преобладающими характеристиками микропластиков, обнаруженных в мышцах рыбы. Потребление этих рыб, загрязненных микропластиком, может представлять опасность для здоровья местных жителей штата Сабах.

Ключевые слова: Рыба; микропластик; мышцы; Сабах

ВВЕДЕНИЕ

Микропластиковое загрязнение стало возникать повсеместно в водных средах, в результате сбросов местных и промышленных отходов, стоков очистных сооружений, и рыбохозяйственной деятельности (Soo et al., 2021). Микропластики могут загрязнять водные организмы, такие как рыба, различными путями, включая прямое попадание в организм рыб, трофический перенос и абсорбцию (Soo et al., 2021). Микропластики были обнаружены в различных частях рыб, включая желудочно-кишечный тракт, жабры и мышечную ткань (Daniel et al., 2020; Jaafar et al., 2021). Механизмы загрязнения микропластиком мышечной ткани рыбы пока четко не продемонстрированы, хотя некоторые исследования предполагают, что это может произойти, когда проглоченные микропластики переносятся в съедобные ткани или посредством физической адсорбции через кожные повреждения (Abbasi et al., 2018; Barboza et al., 2020).

Исследование микропластиков в мышечной ткани рыбы имеет решающее значение из-за возможности употребления в пищу человеком, поскольку это вызывает опасения по поводу безопасности пищевых продуктов, если, по сообщениям, микропластики накапливаются в мышечной ткани рыбы (Daniel et al., 2020). Признавая потенциальное воздействие на продовольственную безопасность и здоровье человека контаминации микропластиком рыбы (Barboza et al., 2018, 2020), важно решить растущую проблему контаминации микропластика в мышечной ткани рыбы. Однако состояние микропластикового загрязнения в части рыбы остается неясным по сравнению с внутренними органами (Makhdoumi et al., 2023). Следовательно, целью данного исследования было восполнить пробелы в знаниях о загрязнении микропластиком мышечной ткани рыбы в штате Сабах острова Борнео, Малайзия. Целью этого исследования был сбор предварительных данных о встречаемости, обилии, и характеристиках микропластиков в мышечной ткани рыбы. Эти исходные данные имеют решающее значение для раннего предупреждения местных жителей о безопасности пищевых продуктов и закладывают основу для будущих исследований по разработке мониторинга, смягчению последствий и планов действий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОД

Настоящее исследование проводилось в Сабане, который является малазийским штатом, расположенным в северной части острова Борнео, как показано на рисунке 1. Отбор проб проводился с использованием жаберных сетей на четырех выбранных приливных реках в штате Сабах. Все пойманные рыбы были убиты в результате передозировки раствора NIKA transmore

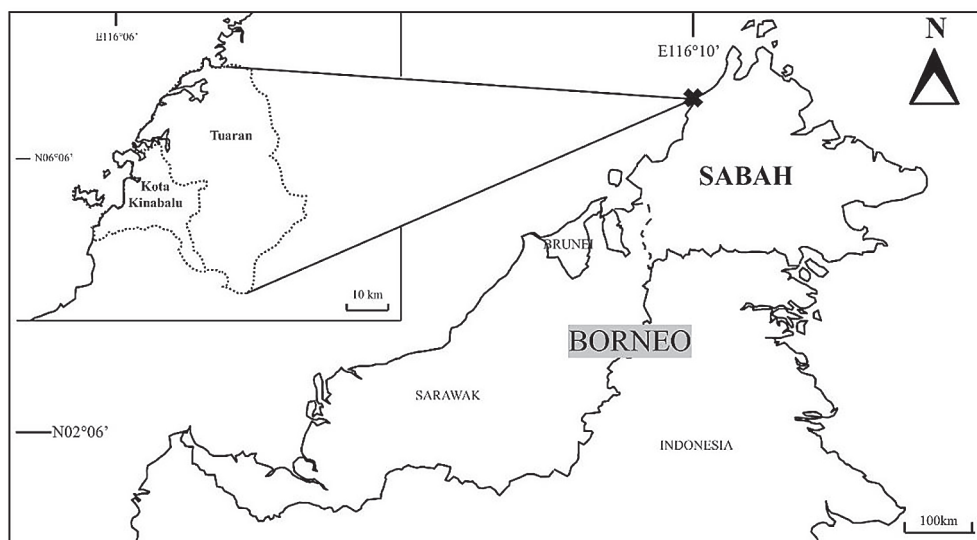


Рисунок 1: Исследуемый район, расположенный в штате Сабах, Борнео, Малайзия.

solution, помещены в алюминиевые герметичные пакеты, и хранились в морозильной камере при температуре $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ в Институте тропической биологии и охраны природы (ITBC) Университета Малайзии Сабах (UMS), и дальнейшего анализа. Все собранные рыбы были отсортированы, подсчитаны и идентифицированы до видового уровня, где это было возможно, согласно имеющимся книгам таксономической идентификации (Annie & Albert, 2009). В этом исследовании для извлечения микропластика использовали в общей сложности 146 особей рыб, относящихся к 20 видам. Для контроля качества дистиллированную воду использовали в качестве заготовки и подвергали тем же процессам экстракции и анализа, что и образцы. Во время сбора образцов и лабораторного анализа использовалась хлопчатобумажная одежда. Все устройства, используемые в лаборатории для извлечения микропластика, были изготовлены из стекла или металла.

Сначала с рыбы счищали чешую, разделявали на филе и переваривали в 10% растворе гидроксида калия (KOH) при оптимальной температуре $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 24 часов. Затем микропластики экстрагировали методом разделения по плотности в 5М растворе хлорида натрия (NaCl) и фильтровали через стеклянный фильтр из микрофибры с размером пор 1,2 мкм (Whatman GF/C). Фильтровальную бумагу помещали в чистую чашку Петри и сушили на воздухе перед идентификацией (Daniel et al., 2020). Частицы микропластика, оставшиеся на фильтровальной бумаге, были визуальным образом классифицированы и подсчитаны под стереомикроскопом (Leica EZ24) в соответствии с размером, формой и цветом (Peng et al., 2017; Singh et al., 2022). Отобранные образцы были отправлены в лабораторию ALS Technichem в Шах-Аламе, Малайзия, для идентификации типа полимера с использованием микро-FTIR (Nicolet iN10 MX) со спектральным диапазоном $4000-1200\text{ см}^{-1}$. Была рассчитана частота встречаемости (%) микропластика в мышечной ткани 146 рыб, и состав микропластика (%) по размеру, форме, цвету и типу полимера был определен на основе микропластика, обнаруженного в мышечной ткани рыбы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Настоящее исследование показало, что 45,9% рыбы мышечной ткани, образцы, полученные из дикой рыбы в приливных рек в штате Сабах, Малайзия, были загрязнены микропластиком (рис. 2). Среднее содержание микропластика в мышечной ткани рыбы составило $2,0 \pm 4,3$ ед./рыба, при этом примерно 19,2% образцов мышечной ткани рыбы содержали 1-2 ед./рыба, тогда как 4,8% образцов мышечной ткани рыбы содержали более 10 ед./рыба. Частота встречаемости микропластиков в мышцах рыб в предыдущей литературе варьировалась: от 7% рыб, содержащих микропластики в съедобных тканях (Daniel et al., 2020), до 32% образцов рыбы, в спинных мышцах которых были обнаружены микропластики (Barboza et al., 2020), и до 100 процентное содержание микропластика в мышцах рыб (Jitkaew et al., 2024). Среднее содержание микропластика в мышечной ткани рыб в настоящем

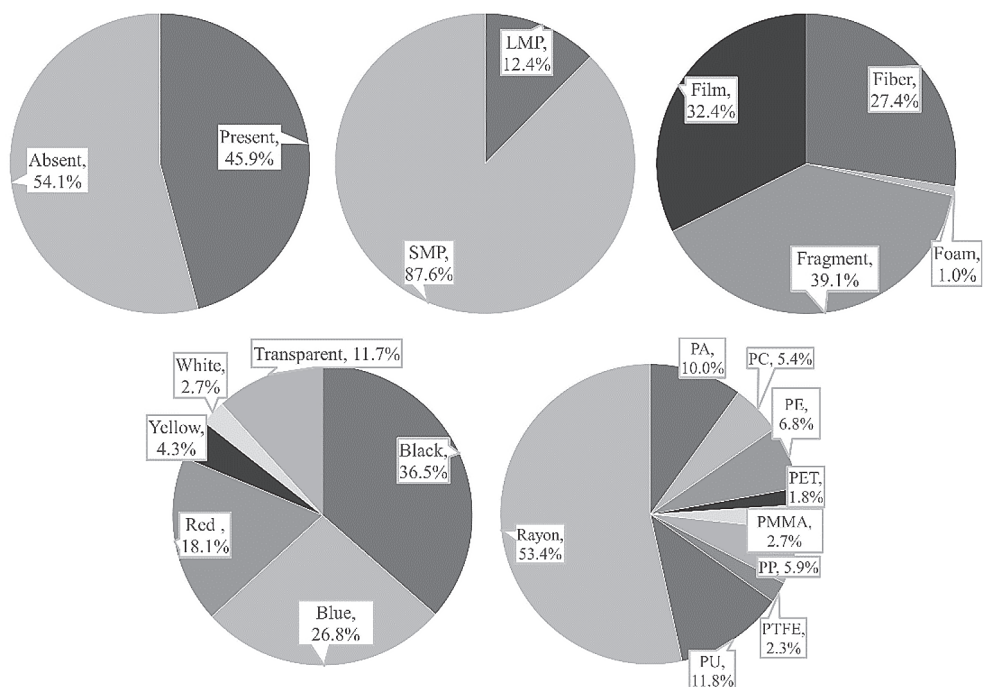


Рисунок 2: Наличие и характеристика микропластиков в мышечной ткани диких рыб, выловленных в приливных реках в штате Сабах, Борнео, Малайзия.

исследовании было сопоставимо с данными ($1,97 \pm 0,19$ шт./рыба), о которых сообщили Jitkaew и соавт. (2024), но оно было выше, чем среднее содержание микропластика ($0,07 \pm 0,26$ шт./рыба), о котором сообщили Daniel и соавт. (2020). Однако следует отметить, что различные виды рыб, обитающие в этом районе, различия в видовом богатстве рыб, размере выборки и методах, используемых для извлечения и идентификации микропластика в каждом исследовании, затрудняют прямое сравнение с более ранними исследованиями.

В образцах мышечной ткани рыб были обнаружены микропластики различных размеров, форм, цветов и полимерных типов (рисунок 2). Большинство микропластиков (87,6%) были мелкими микропластиками (SMP) размером менее 1 мм, тогда как крупные микропластики (LMP) размером от 1 мм до 5 мм составляли оставшиеся 12,4%. В образцах мышечной ткани рыб наблюдались микропластики четырех форм, включая фрагменты (39,1%), пленки (32,4%), волокна (27,4%) и «пену» (1,0%), в порядке убывания. Черный (36,5%) и синий (26,8%) были наиболее распространенными цветами микропластика, обнаруженными в мышцах рыб. Девять различных полимеров были идентифицированы с помощью микро-ИК-анализа, а именно полиамиды (PA), поликарбонат (PC), полиэтилен (PE), полиэтилентерефталат (PET), полиметилметакрилат (PMMA), полипропилен (PP), политетрафторэтилен (PTFE),

полиуретан (PU) и вискоза. Наиболее распространенным типом полимера был искусственный шелк (53,4%), за ним следовали PU (11,8%) и PA (10,0%).

Настоящие результаты показали, что дикая рыба, обитающая в приливных реках в штате Сабах, была загрязнена вторичными микропластиками, образующимися в результате фрагментации более крупных пластмасс, таких как пластиковые бутылки, контейнеры, упаковка для пищевых продуктов, полиэтиленовые пакеты и одежда, полученная в результате жилой и промышленной деятельности поблизости. Это также подтверждается распространенностью вискозы, которая представляет собой полусинтетические полимерные волокна на основе целлюлозы, обычно используемые в синтетической одежде, текстильном производстве и рыболовных сетях (Kelly et al., 2024); полиуретаны, которые обычно используются в красках, пенопласте, эластичных волокнах и жидких покрытиях (Liong et al., 2021); и полиамиды, которые обычно используются в текстиле, лесках и сетях (Zaki et al., 2021).

ВЫВОДЫ

Это исследование продемонстрировало, что рыба из приливных рек в штате Сабах, была загрязнена микропластиками в съедобной части рыбы. Микропластик, обнаруженный в мышцах рыб, был вторичным микропластиком, состоящим в основном из фрагментов, пленок, волокон и пенопластовых форм, которые, возможно, были получены в результате утилизации бытовых отходов и промышленной деятельности вблизи рек. Не следует упускать из виду возможность трофического переноса микропластика местным жителям штата Сабах, учитывая, что почти половина образцов тканей рыб были загрязнены микропластиком. Следовательно, для снижения риска загрязнения рыбы микропластиком в долгосрочной перспективе рекомендуется надлежащее обращение с бытовыми отходами и промышленными предприятиями.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы хотели бы поблагодарить Университет Малайзии Сабах (UMS) за финансирование этого исследования через Skim Dana Khas (SDK0334-2022). Авторы выражают признательность за услуги, предоставленные Институтом тропической биологии и охраны природы (ITBC) и Институтом морских исследований Борнео (BMRI), UMS. Это исследование было проведено с одобрения Совета по биоразнообразию штата Сабах [Ссылка на лицензию на доступ – JKM / MBS.1000-2 / 2 JLD.16 (53-55)] и Комитета по этике животных UMS [номер ссылки: AEC0031 /2022].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Abbasi, S., Soltani, N., Keshavarzi, B., Moore, F., Turner, A., & Hassanaghaei, M. (2018). Microplastics in different tissues of fish and prawn from the Musa Estuary, Persian Gulf. *Chemosphere*, 205, 80-87. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.04.076>

2. Annie, L. P. K., & Albert, C. G. (2009). *Field guide to marine and estuarine fishes of Sarawak. Sarawak*. Fisheries Research Institute Bintawa.
3. Barboza, L. G. A., Lopes, C., Oliveira, P., Bessa, F., Otero, V., Henriques, B., Raimundo, J., Caetano, M., Vale, C., & Guilhermino, L. (2020). Microplastics in wild fish from North East Atlantic Ocean and its potential for causing neurotoxic effects, lipid oxidative damage, and human health risks associated with ingestion exposure. *Science of The Total Environment*, 717, 134625. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2019.134625>
4. Barboza, L. G. A., Vethaak, A. D., Lavorante, B. R. B. O., Lundebye, A., & Guilhermino, L. (2018). Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 336-348. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.047>
5. Daniel, B. D., Ashraf, P. M., & Thomas, S. N. (2020). Microplastics in the edible and inedible tissues of pelagic fishes sold for human consumption in Kerala, India. *Environmental Pollution*, 266, 115365. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115365>
6. Jaafar, N., Azfaralariff, A., Musa, S. M., Mohamed, M., Yusoff, A. H., & Lazim, A. M. (2021). Occurrence, distribution and characteristics of microplastics in gastrointestinal tract and gills of commercial marine fish from Malaysia. *Science of the Total Environment*, 799. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149457>
7. Jitkaew, P., Pradit, S., Noppradit, P., Sengloyluan, K., Yucharoen, M., Suwanno, P., Tanrat-tanakul, V., Sornplang, K., Nitiratsuan, T., Krebanathan, H., Chandran, K., & Murugiah, K. (2024). Microplastics in estuarine fish (*Arius maculatus*) from Songkhla Lagoon, Thailand. *Regional Studies in Marine Science*, 69, 103342. <https://doi.org/10.1016/J.RSMA.2023.103342>
8. Kelly, N. E., Trela, O., Gavel, H., & Kuylen, A. Vander. (2024). Plastic and anthropogenic microfiber pollution on exposed sandy beaches in Nova Scotia, Canada. *Water Emerging Contaminants and Nanoplastics*, 3(1). <https://doi.org/10.20517/wecn.2023.66>
9. Liong, R. M. Y., Hadibarata, T., Yuniarto, A., Tang, K. H. D., & Khamidun, M. H. (2021). Microplastic occurrence in the water and sediment of Miri River Estuary, Borneo Island. *Water, Air, and Soil Pollution*, 232(8). <https://doi.org/10.1007/s11270-021-05297-8>
10. Makhdoui, P., Hossini, H., & Pirsahab, M. (2023). A review of microplastic pollution in commercial fish for human consumption. *Reviews on Environmental Health*, 38(1), 97-109. <https://doi.org/10.1515/reveh-2021-0103>
11. Peng, G., Zhu, B., Yang, D., Su, L., Shi, H., & Li, D. (2017). Microplastics in sediments of the Changjiang Estuary, China. *Environmental Pollution*, 225, 283-290. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.12.064>
12. Singh, R., Kumar, R., & Sharma, P. (2022). Microplastic in the subsurface system: Extraction and characterization from sediments of River Ganga near Patna, Bihar. *Advances in Remediation Techniques for Polluted Soils and Groundwater*, 191-217. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823830-1.00013-4>
13. Soo, C. L., Sabana, S., Chen, C. A., & Hii, Y. S. (2021). Understanding microplastics in aquatic ecosystems – A mini review. *Borneo Journal of Marine Science and Aquaculture*, 5(5), 63-69.
14. Zaki, M. R. M., Ying, P. X., Zainuddin, A. H., Razak, M. R., & Aris, A. Z. (2021). Occurrence, abundance, and distribution of microplastics pollution: an evidence in surface tropical water of Klang River estuary, Malaysia. *Environmental Geochemistry and Health*, 43(9), 3733-3748. <https://doi.org/10.1007/s10653-021-00872-8>

Проблемы современного механизма статистического учета аква- и марикультуры в Российской Федерации	784
<i>А. О. Павлова</i>	
Результаты биолого-статистического анализа по уловам, выпуску продукции из карповых рыб, в том числе из воблы Волжско-Каспийского региона на современном этапе	789
<i>М.В. Сытова, Н.Ю. Терпугова, С.В. Камшуков</i>	
Экосистема науки и инноваций в РХК	795
<i>Е.Э. Толикова</i>	
Анализ рыбопромышленного комплекса Сахалинской области	800
<i>Труба А.С., Труба М.А.</i>	
Развитие научного и кадрового потенциала агропромышленного комплекса России в современных экономических условиях на основе формирования научно-образовательных кластеров в сельских территориях. Региональный аспект (на примере Московской области)»	810
<i>Р.И. Ушаков, В.П. Черданцев, А.А. Солоненко</i>	

1-й Всероссийский семинар. «Микропластики в водных биологических ресурсах и среде их обитания»

Метод ¹ H-ЯМР спектроскопии для анализа микропластика и нанопластика в мышечной ткани рыб.	821
<i>Л.С. Абрамова, А.В. Козин</i>	
Комплексный анализ загрязнения микропластиком донных отложений: комбинация Пи-ГХ-МС, ИК-спектроскопии и гравиметрии	826
<i>А.В. Белесов, А.Ю. Кожевников, С.А. Покрышкин, Е.Ю. Молоткова</i>	
Микропластик в водах Арктики: химический состав и физические характеристики	831
<i>Я.Ю. Блиновская, А.П. Педченко</i>	
Внутриротовое тестирование у рыб – эффективный механизм защиты от потребления микропластика	837
<i>Е.В. Ганжа, Чан Дык Зиен, Телат Янык, Е.Д. Павлов</i>	
Микропластик в организмах рыб семейства Gadidae Баренцева моря	842
<i>Д.А. Манухова, А.О. Травникова, М.И. Виноградская, И.А. Жданов, В.В. Ильинский</i>	
Исследования содержания микропластика в морской среде и ЖКТ рыб в районах российского промысла.	847
<i>А.П. Педченко, М.Ю. Анциферов, М.А. Губанищев, М.О. Рыбаков, А.Н. Старовойтов, Е.А. Малыгин, В.А. Ульченко¹</i>	
Лабораторный эксперимент по накоплению микропластика промысловыми рыбами на примере молоди микижи <i>Oncorhynchus (Parasalmo) mykiss</i>	853
<i>И.В. Седлецкий, П.С. Беляев, М.А. Ёжкин, И.Ф. Олемской</i>	
Обнаружение полимерных частиц в морском окуне (<i>Sebastes alutus</i>) восточной Камчатки	858
<i>А.В. Согрина, А.П. Педченко, Я.Ю. Блиновская, П.С. Беляев</i>	
Микропластики в биологических ресурсах Желтого и Восточно-Китайского морей.	863
<i>Сяоя Сунь, Люцзян Мэн</i>	
Микропластик в желудочно-кишечном тракте окуня (<i>Perca fluviatilis</i> L.) и корюшки (<i>Osmerus eperlanus</i> L.) на примере Ладожского озера	870
<i>Д.А. Тихонова, К.М. Зарипова</i>	

Микропластик в желудочно-кишечном тракте рыб водных экосистем Вологодской области	875
<i>Н.Ю. Тропин, Е.В. Угрюмова, С.Н. Рахматуллина, Е.Д. Воробьев, Ю.А. Франк, Д.С. Воробьев</i>	
О микропластиках в прудах и рыбе в провинции Лимпопо, Южная Африка: мнение работников аквакультурных ферм.	877
<i>Р.А. Тицифура, докт. Т. Далу, проф. Франко Тейшейра Де Меллу</i>	
Микропластики в мышечной ткани рыб: тематическое исследование загрязнения микропластиками дикой рыбы, выловленной из приливных рек в штате Сабах, Борнео, Малайзия	887
<i>Ч.Л. Су, Р.К. Калвант-Сингх, Ч.А. Чен</i>	

Колончин К.В.,
авторы-составители: Булатов О.А., Колмаков А.Н., Межонов А.В.,
Беляев В.А., Мышкин А.В., Бобылев А.Б.

**Рыбохозяйственная наука в XXI веке:
ключевые направления развития**

В 2-х томах. Том 2

Редактор *А.Б. Бобылев*
Компьютерная верстка *Ю.С. Яковлев*
Подписано в печать 08.09.2025
Формат 70×100/16. Печ. л. 55
Тираж 300 экз.

Federal Agency for Fisheries
The State Scientific Center of the Russian Federation
Federal State Budgetary Scientific Institution
«Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography»



**III International Scientific and Practical Conference
and V School of Young Scientists and Specialists**

**FISHERIES SCIENCE
IN THE 21ST CENTURY:
key areas of development**

**(Moscow, State Scientific Center
of the Russian Federation — VNIRO, April 7–10, 2025)**

In two volumes. Volume 2

VNIRO Publishing House
Moscow

UDC 574.55:502:517.088.1

P 93

P 93 **Fisheries Science in the 21st century: key areas of development.** Materials of the III International Scientific and Practical Conference and the V School of Young Scientists and Specialists: Proceedings // Editor-in-Chief Kolonchin K.V., Compilers Bulatov O.A., Kolmakov A.N., Mezhonov A.V., Belyaev V.A., Myshkin A.V., Bobylev A.B. Moscow.: VNIRO Publishing House, 2025. In two volumes. Vol. 2. 392 p.

ISBN 978-5-85382-567-3

© Moscow, State Scientific Center of the Russian Federation – VNIRO, 2025

© Kolonchin K.V., Bulatov O.A., Kolmakov A.N., Mezhonov A.V., Belyaev V.A., Myshkin A.V., Bobylev A.B., 2025

1st Russian seminar.
**«MICROPLASTICS IN AQUATIC BIOLOGICAL
RESOURCES AND THEIR HABITATS»**

Microplastics in Fish Muscle Tissue: A Thematic Study of Microplastic Contamination in Wild Fish Caught from Tidal Rivers in Sabah State, Borneo, Malaysia

C.L. Soo¹, R.K. Kalwant-Singh¹, C.A. Chen²

¹ Institute of Tropical Biology and Conservation, University Malaysia Sabah, Jalan UMS, 88400 Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia

² Borneo Marine Research Institute, University Malaysia Sabah, Jalan UMS, 88400 Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia

E-mail: soo@ums.edu.my (Chin Lin Su)

Abstract

Microplastic contamination in fish poses a risk to human health. The scarcity of previous studies on microplastic contamination in fish, especially in muscle tissue, highlights knowledge gaps in this area. Therefore, the aim of this study was to assess the occurrence, abundance, and characteristics of microplastics in the edible parts of fish caught from tidal rivers in Sabah. A total of 146 fish samples were caught, and microplastics were extracted from all muscle tissues. Results indicate that 45.9% of fish muscle tissue samples were contaminated with microplastics, with an average content of 2.0 ± 4.3 items per individual. Small-sized microplastics (87.6%), fragments (39.1%), black color (36.5%), and viscose (53.4%) were the predominant characteristics of microplastics found in fish muscle. Consumption of these microplastic-contaminated fish may pose health risks to local residents of Sabah state.

Keywords: Fish; microplastic; muscle; Sabah

INTRODUCTION

Microplastic pollution has become ubiquitous in aquatic environments due to local and industrial waste discharges, effluents from treatment plants, and fisheries activities (Soo et al., 2021). Microplastics can contaminate aquatic organisms such as fish through various pathways, including direct uptake, trophic transfer, and adsorption (Soo et al., 2021). Microplastics have been detected in various fish parts, including the gastrointestinal tract, gills, and muscle tissue (Daniel et al., 2020; Jaafar et al., 2021). The mechanisms of microplastic contamination in fish muscle tissue remain unclear, although some studies suggest it may occur when ingested microplastics are transported into edible tissues or via physical adsorption through skin lesions (Abbasi et al., 2018; Barboza et al., 2020).

Studying microplastics in fish muscle tissue is critical due to the potential for human consumption, raising food safety concerns if microplastics accumulate in fish muscle (Daniel et al., 2020). Recognizing the potential impact of microplastic contamination on food security and human health (Barboza et al., 2018, 2020), it is important to address the growing issue of microplastic contamination in fish muscle tissue. However, the status of microplastic contamination in fish muscle

remains unclear compared to internal organs (Makhdoumi et al., 2023). Consequently, this study aimed to fill knowledge gaps regarding microplastic contamination in fish muscle tissue in Sabah state, Borneo, Malaysia. The objective was to collect preliminary data on the occurrence, abundance, and characteristics of microplastics in fish muscle tissue. These baseline data are critical for early warning to local communities on food safety and lay the foundation for future research on monitoring, mitigation, and action plans.

MATERIALS AND METHODS

This study was conducted in Sabah, a Malaysian state located in northern Borneo, as shown in Figure 1. Sampling was conducted using gill nets in four selected tidal rivers in Sabah. All caught fish were euthanized by overdose of NIKA transmore solution, placed in aluminum-sealed bags, and stored at $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ at the Institute of Tropical Biology and Conservation (ITBC), University Malaysia Sabah (UMS) for further analysis. All collected fish were sorted, counted, and identified to species level where possible, using available taxonomic identification guides (Annie & Albert, 2009). A total of 146 fish individuals from 20 species were used for microplastic extraction. Distilled water was used as a blank control and subjected to the same extraction and analysis procedures as the samples. Cotton clothing was worn during sampling and laboratory analysis. All laboratory equipment used for microplastic extraction was made of glass or metal.

Fish scales were first scraped off, filets prepared, and digested in 10% potassium hydroxide (KOH) solution at an optimal temperature of $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ for 24 hours. Microplastics were then extracted by density separation using 5 M sodium chloride (NaCl) solution and filtered through glass microfiber filters with $1.2\text{ }\mu\text{m}$ pore

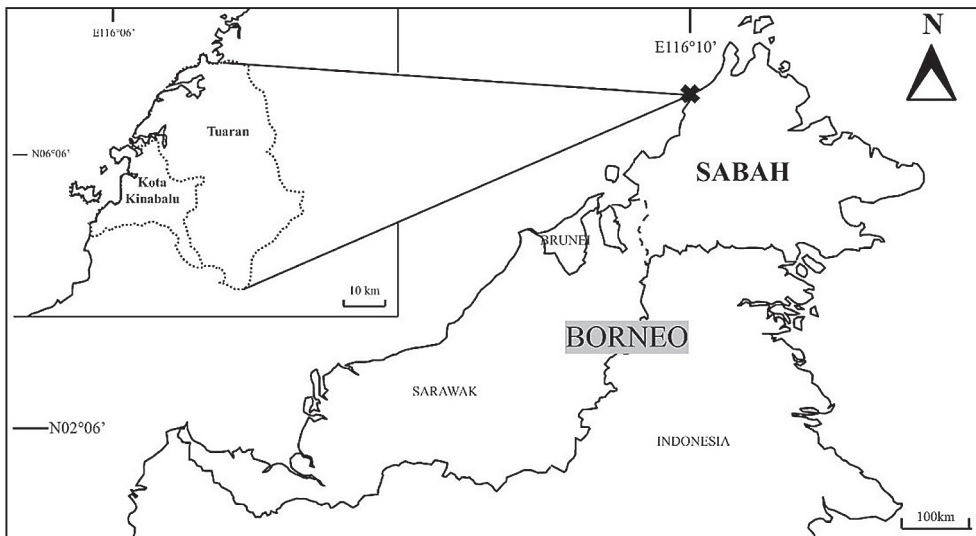


Figure 1: Study area located in Sabah state, Borneo, Malaysia.

size (Whatman GF/C). Filter papers were placed in clean Petri dishes and air-dried before identification (Daniel et al., 2020). Microplastic particles remaining on the filter paper were visually classified and counted under a Leica EZ24 stereomicroscope according to size, shape, and color (Peng et al., 2017; Singh et al., 2022). Selected samples were sent to ALS Technichem Laboratory in Shah Alam, Malaysia, for polymer type identification using micro-FTIR (Nicolet iN10 MX) with a spectral range of 4000-1200 cm^{-1} . The frequency of microplastic occurrence (%) in fish muscle tissue was calculated, and microplastic composition (%) by size, shape, color, and polymer type was determined based on microplastics detected in fish muscle.

RESULTS AND DISCUSSION

This study showed that 45.9% of fish muscle tissue samples from wild fish caught in tidal rivers in Sabah, Malaysia, were contaminated with microplastics (Figure 2). The average microplastic content in fish muscle was 2.0 ± 4.3 items per fish, with approximately 19.2% of muscle tissue samples containing 1-2 items per fish, while 4.8% contained more than 10 items per fish. The frequency of microplastic occurrence in fish muscle reported in the literature varies: from 7% of fish containing microplastics in edible tissues (Daniel et al., 2020), to 32% of fish samples with microplastics detected in dorsal muscles (Barboza et al., 2020), and up to 100% microplastic presence in fish muscle (Jitkaew et al., 2024). The average

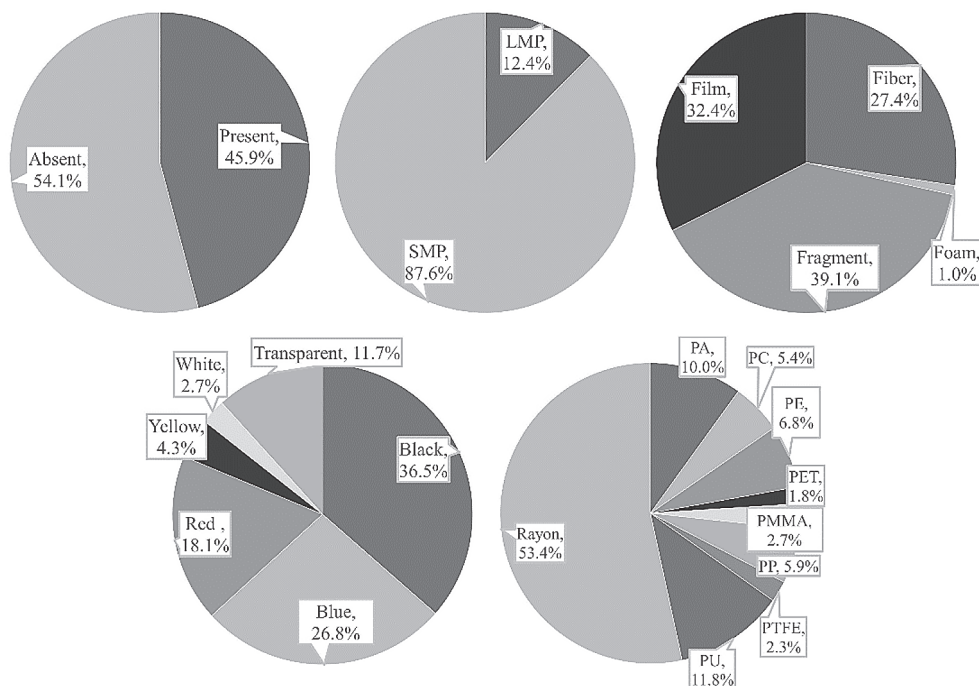


Figure 2: Presence and characteristics of microplastics in muscle tissue of wild fish caught in tidal rivers in Sabah, Borneo, Malaysia.

microplastic content in fish muscle in this study was comparable to that reported by Jitkaew et al. (2024) (1.97 ± 0.19 items/fish), but higher than that reported by Daniel et al. (2020) (0.07 ± 0.26 items/fish). However, differences in fish species, species richness, sample size, and extraction and identification methods complicate direct comparison with previous studies.

Microplastics of various sizes, shapes, colors, and polymer types were detected in fish muscle samples (Figure 2). Most microplastics (87.6%) were small microplastics (SMP) less than 1 mm, while large microplastics (LMP) sized 1-5 mm accounted for the remaining 12.4%. Four microplastic shapes were observed in fish muscle samples, including fragments (39.1%), films (32.4%), fibers (27.4%), and foam (1.0%), in descending order. Black (36.5%) and blue (26.8%) were the most common microplastic colors detected in fish muscles. Nine different polymers were identified by micro-FTIR analysis, namely polyamides (PA), polycarbonate (PC), polyethylene (PE), polyethylene terephthalate (PET), polymethyl methacrylate (PMMA), polypropylene (PP), polytetrafluoroethylene (PTFE), polyurethane (PU), and viscose. The most abundant polymer type was viscose (53.4%), followed by PU (11.8%) and PA (10.0%).

These results indicate that wild fish inhabiting tidal rivers in Sabah were contaminated with secondary microplastics formed by fragmentation of larger plastics such as bottles, containers, food packaging, polyethylene bags, and clothing resulting from nearby residential and industrial activities. This is also supported by the prevalence of viscose, a semi-synthetic cellulose-based polymer fiber commonly used in synthetic clothing, textile manufacturing, and fishing nets (Kelly et al., 2024); polyurethanes, commonly used in paints, foam, elastic fibers, and liquid coatings (Liong et al., 2021); and polyamides, typically used in textiles, fishing lines, and nets (Zaki et al., 2021).

CONCLUSIONS

This study demonstrated that fish from tidal rivers in Sabah state were contaminated with microplastics in their edible muscle tissue. The microplastics found in fish muscle were secondary microplastics, mainly consisting of fragments, films, fibers, and foam forms, likely originating from disposal of domestic waste and industrial activities near the rivers. The possibility of trophic transfer of microplastics to local residents of Sabah should not be overlooked, given that nearly half of fish tissue samples were contaminated. Therefore, proper management of domestic waste and industrial discharges is recommended to reduce the risk of microplastic contamination in fish in the long term.

Acknowledgments

The authors would like to thank the University Malaysia Sabah (UMS) for funding this research through Skim Dana Khas (SDK0334-2022). The authors also appreciate the services provided by the Institute of Tropical Biology and Conservation (ITBC) and the Borneo Marine Research Institute (BMRI), UMS. This study was conducted with the approval of the Sabah Biodiversity Council [Access license

reference – JKM/MBS.1000-2/2 JLD.16 (53-55)] and the UMS Animal Ethics Committee [Reference number: AEC0031/2022].

REFERENCES

1. Abbasi, S., Soltani, N., Keshavarzi, B., Moore, F., Turner, A., & Hassanaghaei, M. (2018). Microplastics in different tissues of fish and prawn from the Musa Estuary, Persian Gulf. *Chemosphere*, 205, 80-87. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.04.076>
2. Annie, L. P. K., & Albert, C. G. (2009). *Field guide to marine and estuarine fishes of Sarawak. Sarawak*. Fisheries Research Institute Bintawa.
3. Barboza, L. G. A., Lopes, C., Oliveira, P., Bessa, F., Otero, V., Henriques, B., Raimundo, J., Caetano, M., Vale, C., & Guilhermino, L. (2020). Microplastics in wild fish from North East Atlantic Ocean and its potential for causing neurotoxic effects, lipid oxidative damage, and human health risks associated with ingestion exposure. *Science of The Total Environment*, 717, 134625. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2019.134625>
4. Barboza, L. G. A., Vethaak, A. D., Lavorante, B. R. B. O., Lundebye, A., & Guilhermino, L. (2018). Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 336-348. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.047>
5. Daniel, B. D., Ashraf, P. M., & Thomas, S. N. (2020). Microplastics in the edible and inedible tissues of pelagic fishes sold for human consumption in Kerala, India. *Environmental Pollution*, 266, 115365. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115365>
6. Jaafar, N., Azfaralariff, A., Musa, S. M., Mohamed, M., Yusoff, A. H., & Lazim, A. M. (2021). Occurrence, distribution and characteristics of microplastics in gastrointestinal tract and gills of commercial marine fish from Malaysia. *Science of the Total Environment*, 799. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149457>
7. Jitkaew, P., Pradit, S., Noppradit, P., Sengloyluan, K., Yucharoen, M., Suwanno, P., Tanrattanakul, V., Sornplang, K., Nitiratsuan, T., Krebanathan, H., Chandran, K., & Murugiah, K. (2024). Microplastics in estuarine fish (*Arius maculatus*) from Songkhla Lagoon, Thailand. *Regional Studies in Marine Science*, 69, 103342. <https://doi.org/10.1016/J.RSMA.2023.103342>
8. Kelly, N. E., Trela, O., Gavel, H., & Kuylen, A. Vander. (2024). Plastic and anthropogenic microfiber pollution on exposed sandy beaches in Nova Scotia, Canada. *Water Emerging Contaminants and Nanoplastics*, 3(1). <https://doi.org/10.20517/wecn.2023.66>
9. Liong, R. M. Y., Hadibarata, T., Yuniarto, A., Tang, K. H. D., & Khamidun, M. H. (2021). Microplastic occurrence in the water and sediment of Miri River Estuary, Borneo Island. *Water, Air, and Soil Pollution*, 232(8). <https://doi.org/10.1007/s11270-021-05297-8>
10. Makhdoumi, P., Hossini, H., & Pirsahab, M. (2023). A review of microplastic pollution in commercial fish for human consumption. *Reviews on Environmental Health*, 38(1), 97-109. <https://doi.org/10.1515/reveh-2021-0103>
11. Peng, G., Zhu, B., Yang, D., Su, L., Shi, H., & Li, D. (2017). Microplastics in sediments of the Changjiang Estuary, China. *Environmental Pollution*, 225, 283-290. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.12.064>
12. Singh, R., Kumar, R., & Sharma, P. (2022). Microplastic in the subsurface system: Extraction and characterization from sediments of River Ganga near Patna, Bihar. *Advances in Remediation Techniques for Polluted Soils and Groundwater*, 191-217. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823830-1.00013-4>
13. Soo, C. L., Sabana, S., Chen, C. A., & Hii, Y. S. (2021). Understanding microplastics in aquatic ecosystems – A mini review. *Borneo Journal of Marine Science and Aquaculture*, 5(5), 63-69.
14. Zaki, M. R. M., Ying, P. X., Zainuddin, A. H., Razak, M. R., & Aris, A. Z. (2021). Occurrence, abundance, and distribution of microplastics pollution: an evidence in surface tropical water of Klang River estuary, Malaysia. *Environmental Geochemistry and Health*, 43(9), 3733-3748. <https://doi.org/10.1007/s10653-021-00872-8>

The Ecosystem of Science and Innovation in the Fisheries Complex (FIC)	724
<i>E.E. Tolikova</i>	
Analysis of the Fishery Complex of the Sakhalin Region	728
<i>A.S. Truba, M.A. Truba</i>	
Development of the Scientific and Human Resource Potential of the Agro-Industrial Complex of Russia in Current Economic Conditions Based on the Formation of Scientific and Educational Clusters in Rural Areas. Regional Aspect (Using the Example of the Moscow Region) . .	737
<i>R.I. Ushakov, V.P. Cherdantsev, A.A. Solonenko</i>	

1st Russian seminar.

«MICROPLASTICS IN AQUATIC BIOLOGICAL RESOURCES AND THEIR HABITATS»

¹ H NMR Spectroscopy Method for the Analysis of Microplastics and Nanoplastics in Fish Muscle Tissue	747
<i>L.S. Abramova, A.V. Kozin</i>	
Comprehensive Analysis of Microplastic Pollution in Bottom Sediments: Combination of Pyrolysis-GC-MS, IR Spectroscopy, and Gravimetry	752
<i>A.V. Belesov, A.Yu. Kozhevnikov, S.A. Pokryshkin, E.Yu. Molotkova</i>	
Microplastics in Arctic Waters: Chemical Composition and Physical Characteristics	757
<i>Y.Yu. Blinovskaya, A.P. Pedchenko</i>	
Intraoral Testing in Fish – An Effective Mechanism of Protection Against Microplastic Ingestion . .	762
<i>E.V. Ganja, Chan Duc Dien, Telat Yanyk, E.D. Pavlov</i>	
Microplastics in fish organisms of the Gadidae family of the Barents Sea.	766
<i>D.A. Manukhova, A.O. Travnikova, M.I. Vinogradskaya, I.A. Zhdanov, V.V. Ilyinsky</i>	
Study of Microplastic Content in the Marine Environment and Fish Gastrointestinal Tracts in Russian Fishing Areas	771
<i>A.P. Pedchenko, M.Yu. Antsiferov, M.A. Gubanichev, M.O. Rybakov, A.N. Starovoitov, E.A. Malygin, V.A. Ulchenko</i>	
Laboratory Experiment on Microplastic Accumulation by Commercial Fish Using Juvenile Rainbow Trout <i>Oncorhynchus (Parasalmo) mykiss</i> as a Model	777
<i>I.V. Sedletskiy, P.S. Belyaev, M.A. Yozhkin, I.F. Olemskoy</i>	
Detection of Polymer Particles in Pacific Ocean Perch (<i>Sebastes alutus</i>) from Eastern Kamchatka . .	782
<i>A.V. Sogrina, A.P. Pedchenko, Ya.Yu. Blinovskaya, P.S. Belyaev</i>	
Microplastics in Biological Resources of the Yellow Sea and East China Sea	786
<i>Xiaoxia Sun, Liujuan Meng</i>	
Microplastics in the Gastrointestinal Tract of Perch (<i>Perca fluviatilis</i> L.) and Smelt (<i>Osmerus eperlanus</i> L.): A Case Study of Lake Ladoga	793
<i>D.A. Tikhonova, K.M. Zariipova²</i>	
Microplastics in the Gastrointestinal Tract of Fish in Aquatic Ecosystems of Vologda Oblast . . .	797
<i>N.Yu. Tropin, E.V. Ugryumova, S.N. Rakhmatullina, E.D. Vorobyev, Yu.A. Frank, D.S. Vorobyev</i>	
Microplastics in the Gastrointestinal Tract of Fish in Aquaculture Ponds in Limpopo Province, South Africa: Perspectives of Aquaculture Farm Workers.	799
<i>R.A. Tshifura, Dr. T. Dalu, Prof. Franco Teixeira De Mello</i>	
Microplastics in Fish Muscle Tissue: A Thematic Study of Microplastic Contamination in Wild Fish Caught from Tidal Rivers in Sabah State, Borneo, Malaysia.	807
<i>C.L. Soo, R.K. Kalwant-Singh, C.A. Chen</i>	