

## 경북지역 유통 수산물 중 미세플라스틱 모니터링

김희철 · 김민혁 · 박정주 · 변정수 · 김명주 · 이나윤 · 박명섭 · 강윤주

안동농수산물검사소

### Monitoring of Microplastics in Distributed Seafood in the Gyeongbuk Region

H. C. Kim, M. H. Kim, J. J. Park, J. S. Byeon, M. J. Kim, N. Y. Lee, M. S. Park and Y. J. Kang

#### An-Dong Agricultural & Marine Products Inspection Division

#### Abstract

This study investigated residual microplastics in seafood distributed in the Gyeongbuk region to provide data on microplastic contamination and establish analytical methods to enhance seafood safety.

When analyzing the residual amount of microplastics (MPs/g) and the distribution by composition and size of microplastics 16 distributed seafoods in the Gyeongbuk region, the average residual amount of microplastics was highest in the viscera of shellfish ( $0.392 \pm 0.580$  MPs/g). The material of the most detected residual microplastics was confirmed to be PP (30 MPs), and when combined with PE (5 MPs), which was detected in the next highest proportion, it showed a high proportion of more than 90% of the total detected microplastics. The size of microplastics was mostly detected in the range of 40-59  $\mu\text{m}$ . Microplastics of various sizes were detected in the viscera of both fish and shellfish compared to the flesh, which is presumed to be due to the ingestion process of food. The level of microplastic contamination varied greatly among samples of the same type. This means that for a clear analysis, in addition to the sample type, it is necessary to understand various information such as the origin, habitat, and shipping time. It is believed that the reliability of microplastic contamination analysis can be increased through continuous data accumulation.

**Key Words** : Microplastic, FT-IR, Seafood

# I. 연구사업

## 1. 서론

플라스틱은 20세기 중반부터 급속히 발전한 재료로, 저렴한 비용, 내구성, 경량성 등으로 인해 산업과 일상생활의 필수적인 요소로 자리 잡았다. 이로 인해 플라스틱 생산량은 1950년 약 150만 톤에서 2021년 약 3억 9천만 톤으로 260배 이상 증가했다.<sup>1)</sup> 이러한 성장은 경제와 생활의 편리성을 높였으나, 동시에 환경에 치명적인 문제를 야기하고 있다.

생산된 플라스틱의 대다수는 일회용 제품으로 사용된 후 폐기되며, 재활용 비율은 매우 낮다. 플라스틱은 자연에서 쉽게 분해되지 않기 때문에 점차적으로 환경에 축적되고, 특히 해양으로 유입되어 생태계에 광범위한 영향을 미친다.<sup>2)</sup> 현재 해양 쓰레기의 약 80%가 플라스틱으로 구성되어 있으며, 이 중 상당 부분이 풍화, 침식 등으로 인해 미세한 입자로 분해된다.<sup>3)</sup>

미세플라스틱은 크기가 5mm 이하의 합성수지로, 제품 제조 과정에서 직접 생성된 1차 미세플라스틱과 큰 플라스틱이 물리적·화학적 분해를 거쳐 생성된 2차 미세플라스틱으로 나뉜다.<sup>4)</sup>

미세플라스틱은 강과 하천을 통해 해양으로 유입되며, 연안부터 심해까지 광범위하게 분포한다.<sup>2)</sup> 이렇게 해양으로 유입된 미세플라스틱은 크기가 작아 다양한 생물들이 섭취할 수 있다. 물고기, 조개류, 플랑크톤 등은 이를 섭취하며, 이는 생식 능력 감소, 조직 손상, 면역 체계 약화와 같은 문제를 유발할 수 있다.<sup>5)</sup> 또한 이러한 영향은 생태계 내에서 먹이사슬을 통해 상위 포식자로

전달된다.

미세플라스틱은 해산물, 소금, 공기 등 다양한 경로로 인간에게 노출될 수 있다. 그리고 노출된 미세플라스틱은 체내에 축적되어 염증 반응, 산화적 스트레스, 세포 노화 등을 유발할 가능성이 제기되고 있다.<sup>6~7)</sup> 특히 해산물 섭취는 미세플라스틱 노출의 주요 경로 중 하나로 주목받고 있다. 국내 연구에서도 수산물에서 미세플라스틱이 다량 검출되었으며, 이는 소비자의 건강과 안전에 대한 우려를 증폭시키고 있다.<sup>8)</sup> 이러한 미세플라스틱의 오염은 지역적 특성, 서식 환경, 유통 과정 등에 따라 차이가 나며, 이에 대한 체계적 모니터링이 필요하다.<sup>9)</sup>

경북 지역은 2023년 기준 17개 시도 중 5번째로 어업생산량(10만 3천톤)이 많은 국내 주요 수산물 생산지이다.<sup>10)</sup> 따라서 지역 내 수산물의 안전성을 확인하고, 미세플라스틱 오염의 특성을 파악하는 것이 필수적이다. 이는 지역 주민의 건강 뿐만 아니라 수산업 지속 가능성 확보에도 중요한 역할을 한다.

본 연구는 FT-IR을 이용하여 경북지역 유통 수산물에서 Polyethylene(PE), Polypropylene(PP), Polyamide(PA), Polystyrene(PS), Polyurethane(PU), Polyester, Polyvinyl chloride(PVC), Polyethylene terephthalate(PET) 재질의 미세플라스틱을 분석하고, 이들의 분포와 농도 등 특성을 조사하여 경북지역 수산물의 잔류 미세플라스틱 현황 데이터를 제공하고, 수산물 중 미세플라스틱 분석법을 확립하여 경북지역 유통 수산물의 안전성을 강화하는데 기여하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 시료 채집

2024년 4-10월 중 경북도내 유통 중인 수산물 16건을 도매시장, 재래시장 및 마트 등에서 수거하여 미세플라스틱 오염도 조사를 실시하였다. 이 중 수산물은 어류 9건, 패류 7건이고, 수산물 중 살과 내장은 따로 채취하여 각각 검사하였다.

### 2.2. 시료 전처리

실험 진행과정 중 시료의 오염 가능성을 줄이기 위해 면소재의 실험복과 라텍스 장갑을 착용하였으며, 모든 용액은 사용하기 전에 mesh filter (stainless wire mesh; 20 $\mu$ m; 25mm diameter)에 여과하여 사용하였다. 또한 실험 용기는 유리나 스테인리스 소재를 사용하였으며, 모든 용기는 사용 전에 mesh filter에 여과한 3차 증류수로 세척하여 사용하였다.

시료의 전처리 방법은 국립수산물과학원에서 발간한 ‘해수 및 수산생물 중 미세플라스틱 정성·정량을 위한 조사지침서<sup>9)</sup>’를 참고하여 실험하였다. 비커 1L에 시료를 넣은 후 시료 무게의 10배 양 만큼 10 % 수산화칼륨(KOH, Samchun, Korea) 용액을 넣고 65℃에서 5시간 동안 교반하고, n-헥산(n-Hexane, Fisher, USA)을 이용하여 시료의 지방질을 분리한 뒤, mesh filter로 감압여과 하였다. 잔여유기물이 남은 경우, 30% 과산화수소수(30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Junsei,

Japan)를 이용하여 75℃에서 1시간 이상 교반하고 mesh filter로 감압여과한 뒤, 뚜껑을 덮은 페트리디쉬에서 자연건조 하였다. 건조된 mesh filter는 FT-IR 시료 분석구에 장착하여 미세플라스틱 분석에 사용하였다.

### 2.3. FT-IR 분석

각각의 시료는 FT-IR(Lumos II, Bruker Optik, Germany)을 이용하여 분석하였다. FT-IR은 쌍극자 모멘트의 변화에 의해 생성된 적외선 스펙트럼을 사용하며, 각각의 플라스틱은 구성하는 분자들의 결합 구조 차이에 의해 적외선에 노출되면 고유의 스펙트럼을 생성한다.

FT-IR은 이러한 원리를 이용하여 고유한 스펙트럼을 분석하여 입자의 유형을 식별하고 플라스틱의 종류를 구분할 수 있다.

본 연구는 WSA사에서 제공되는 소프트웨어(Purency Microplastics Finder, WSA, Austria)를 이용하여 실제 검출된 입자의 스펙트럼과 소프트웨어에서 제공하는 플라스틱 스펙트럼 라이브러리 자료와 대조하여 플라스틱을 판별하였다.

입자의 크기와 개수는 mesh filter의 영향으로 하나의 입자가 여러 개로 나뉘어 표현되었기 때문에 판별 후 제공된 입자의 크기 데이터와 Video image를 통해 분석자의 경험적 판단과 육안으로 계수하였다(Fig. 1).

## I. 연구사업

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 유효성 확인 평가

시료와 동일한 분석방법을 적용하여 3개의 공시험을 진행하였다. 공시험 시료당 총 미세플라스틱의 평균 입자 수는 0.33 MP/s/sample로 나타났으며, 재질별 입자 수는 0.00 ~ 0.33 MP/s/sample로 공시험 시료 당 미세플라스틱의 오염 가능성이 1 MP/s/sample을 넘지 않아 실제 시료에서 발견된 플라스틱은 유효값으로 처리하고, 잔류량에서 공시험 값은 빠지 않고 계산하였다 (Table 1).

#### 3.2. 수산물 중 유형별 미세플라스틱 잔류량

미세플라스틱 잔류량은 국내·외 수산물 체내의 미세플라스틱 오염 관련 문헌 중에서 가장 많이 사용되는 단위인 시료 무게 당 미세플라스틱의 잔류량(microplastics, MPs)인 MP/s/g으로 표기하였다. 경북지역에서 유통되는 수산물의 미세플라스틱 오염도를 파악하고자 어류와 패류, 두 유형으로 나누어 분석하였고, 해양에서 개체가 먹이로 착각하여 플라스틱을 수동적으로 섭취하거나 먹이사슬에 의한 2차 오염 가능성이 있다고 판단하여 살과 내장 부분을 분리하여 잔류량을 분석하였다. 수산물 총 16건의 분석결과는 Fig 2에 요약하였다. 그 결과 평균 미세플라스틱 잔류량은 패류 내장( $0.392 \pm 0.580$  MP/s/g)에서 가장 높게

확인되었으며, 그 뒤로 패류 살( $0.120 \pm 0.209$  MP/s/g), 어류 내장( $0.074 \pm 0.066$  MP/s/g), 어류 살( $0.013 \pm 0.028$  MP/s/g) 순으로 나타났다. 각 시료의 미세플라스틱 잔류량 편차가 크게 나타났는데, 이는 수산물 유형의 차이 외에도 수산물의 원산지, 서식환경, 출하 시기 등 다양한 원인들의 영향을 받았을 것으로 추정된다.

인천지역 유통 수산물의 미세플라스틱 오염도를 조사한 기존 연구에 따르면 수산물 내장 > 수산물 살 > 패류 순으로 본 연구와 상당한 차이를 보이고 있다.<sup>8)</sup> 이 결과는 전처리 방법과 FT-IR 검사 방법의 차이 등으로 인해 비교에 한계가 있으며, 통일된 검사 방법을 통한 지속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

#### 3.3. 미세플라스틱의 재질별 잔류량

수산물에서 검출된 미세플라스틱은 PP (Polypropylene), PE(Polyethylene), PU(Polyuretane), PET(Polyethylene terephthate)가 있었다. 전체 검출된 미세플라스틱의 재질별 잔류량은 PP(30 MP/s) > PE(5 MP/s) > PET(2 MP/s) > PU(1 MP/s) 순으로 나타났으며, 각 유형별로 검출된 미세플라스틱의 재질도 PP와 PE의 수가 높게 나타났다(Table 2). 기존에 보고된 자료에 따르면 PP와 PE로 구성된 제품은 일상생활 속에서 가장 흔히 사용되는 플라스틱으로 알려졌다<sup>1)</sup>. 이는 본 연구에서 PP와 PE의 잔류 비율이 높게 나타난 원인으로 추정된다.

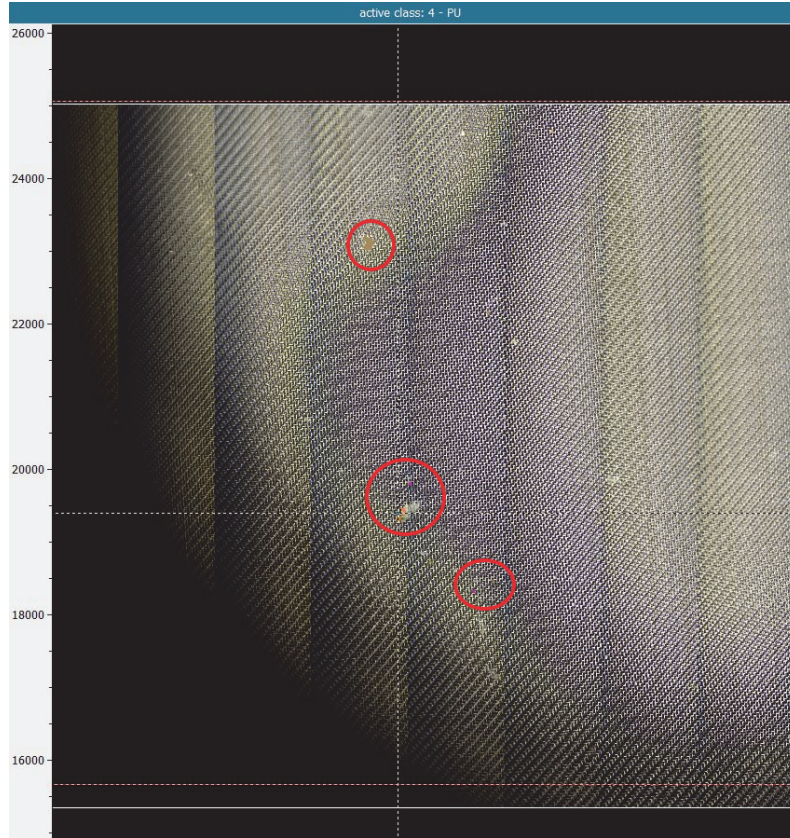


Fig 1. Video image of microplastics on meshfilter.

Table 1. Mean of total MPs/sample and each type of MPs/sample in the blank sample

	PP	PE	PA	PS	PU	Poly ester	PVC	PET	Total MPs
MPs/sample	0.33± 0.58 <sup>1)</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33± 0.58

1) Data are expressed as the Mean ± SD

## I. 연구사업

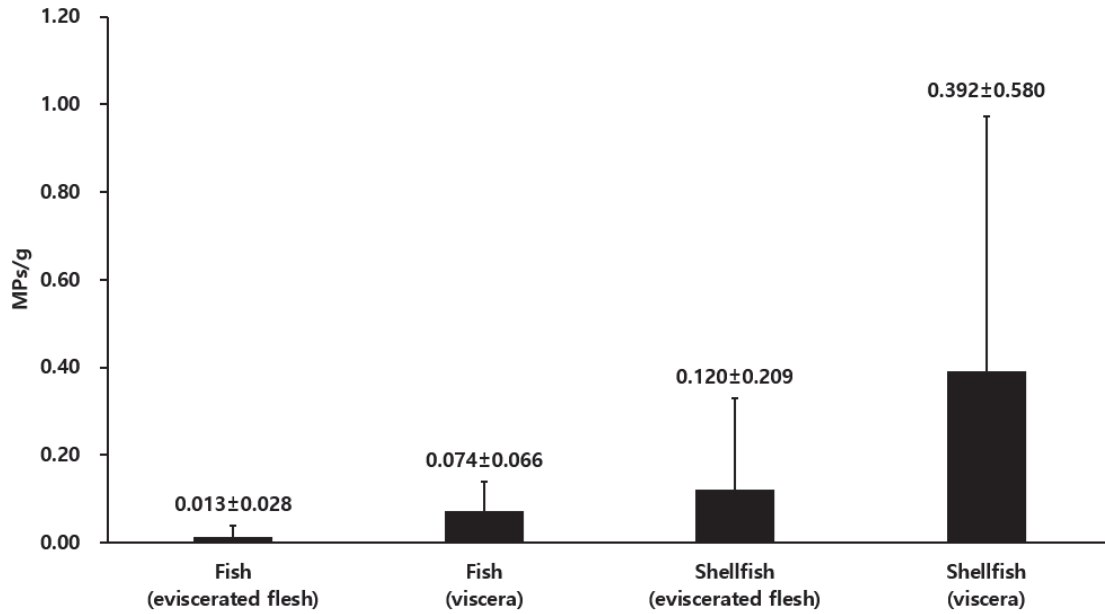


Fig 2. Average microplastics of each type in seafoods.

Table 2. Microplastic composition in seafoods

	No. of sample	PP	PE	PA	PS	PU	Poly ester	PVC	PET
Fish (eviscerated flesh)	5	0	2	0	0	0	0	0	0
Fish (viscera)	4	5	1	0	0	1	0	0	2
Shellfish (eviscerated flesh)	3	13	0	0	0	0	0	0	0
Shellfish (viscera)	4	12	2	0	0	0	0	0	0
Total	16	30	5	0	0	1	0	0	2

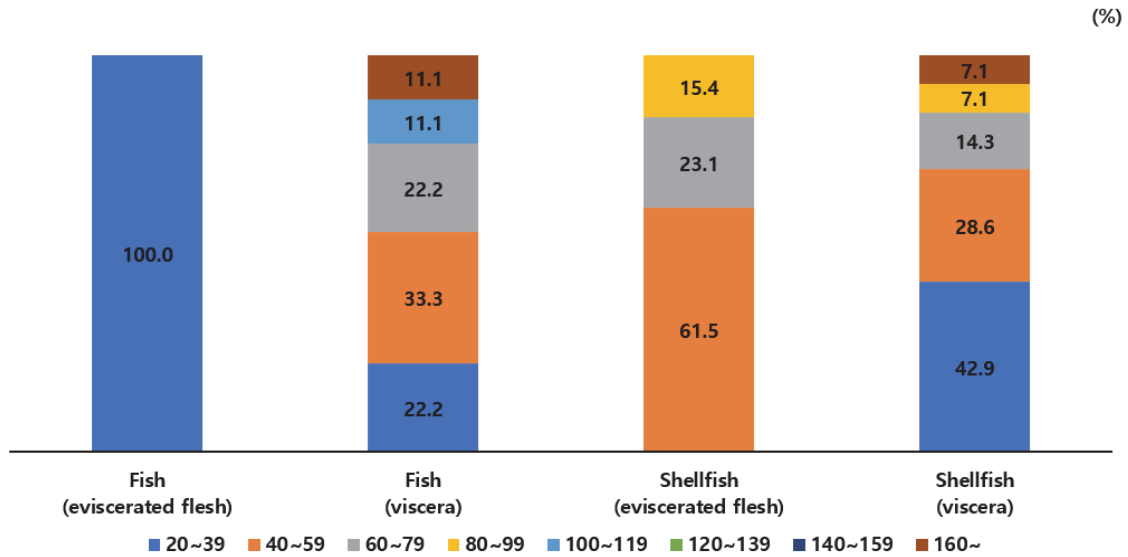


Fig 3. Distribution % of microplastic sizes(µm) in seafoods.

### 3.4. 수산물 미세플라스틱의 크기별 잔류량

수산물의 체내에서 다양한 크기의 미세플라스틱이 검출되었다. 검출된 미세플라스틱의 크기를 측정하여 8개 구간으로 나누어 크기 분포를 확인하였다(Fig 3). 재료 전처리 과정에서 20 µm mesh filter를 사용하였기 때문에 cut off size는 20 µm로 하였다. 미세플라스틱의 크기를 판단할 때, 측정된 길이(length)와 폭(width) 중 측정된 크기가 큰 값을 플라스틱의 크기로 사용하였다. 크기는 40-59 µm 범위의 크기가 가장 많이 확인되었고, 20-39 µm 범위의 크기가 두 번째로 우세한 것으로 나타났다. 어류와 패류 두 유형 모두 내장에서 크기가 다양하게 나타났는데 이러한 결과는 먹이 섭취과정에서 기인한 것으로 추정된다.

## 4. 결론

본 연구에서는 경북지역 유통 수산물에 대한 잔류 미세플라스틱을 조사하여 수산물의 잔류 미세플라스틱 현황 데이터를 제공하고, 미세플라스틱 분석법을 확립하여 경북지역 유통 수산물의 안전성 강화에 기여하고자 하였다.

경북지역 유통 수산물 16건의 미세플라스틱 잔류량(MPs/g)과 재질별, 크기별 분포를 분석하였을 때, 평균 미세플라스틱 잔류량은 패류 내장(0.392±0.580 MPs/g)에서 가장 높게 나타났다. 가장 많이 검출된 잔류 미세플라스틱의 재질은 PP(30 MPs)로 확인되었으며, 다음으로 많은 비율로 검출된 PE(5MPs)와 합하면 전체 검출된 미세플라스틱의 90 %를 넘는 높은 비율을 보였다. 미세플라스틱의 크기는 40~59 µm 범위가 많이 검출되었다.

## I. 연구사업

---

어류와 패류 모두 살에 비해 내장에서 다양한 크기의 미세플라스틱이 검출되었는데, 이는 먹이의 섭취과정에서 기인한 것으로 추정된다. 미세플라스틱의 오염 수준은 같은 유형에서도 각 시료마다 차이가 크게 나타났는데, 정확한 모니터링을 위해서는 시료 유형 외에도 원산지나 서식 환경, 출하시기 등 다양한 정보 파악이 필요하고, 지속적인 데이터 축적을 통해서 미세플라스틱 오염도 분석의 신뢰성을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

### 참 고 문 헌

1. PlasticsEurope, *Plastics – the facts 2022*, Plastics Europe AISBL, Brussels. pp.1~80(2022).
2. H. Yang, G. Chen, and J. Wang, "Microplastics in the Marine Environment: Sources, Fates, Impacts and Microbial Degradation", *Toxics.*, 9(2), 41(2021).
3. UNEP, *SINGLE-USE PLASTICS: A Roadmap for Sustainability*, United Nations Environment Programme, Nairobi. (2018).
4. H. S. Auta, C. U. Emenike and S. H. Fauziah, "Distribution and importance of microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate, effects, and potential solutions", *Environment International*, 102, 165~176(2017).
5. A. L. Andrady, "Microplastics in the marine environment", *Marine Pollution Bulletin*, 62, 1596~1605(2011).
6. Y. H. Choi, "Recent Research Trends in Induction of Cellular Senescence by Microplastics", *Journal of Life Science*, 34, 594-607(2024).
7. M. B. Tekman, B. A. Walther, C. Peter, L. Gutow and M. Bergmann "Impacts of plastic pollution in the oceans on marine species", *biodiversity and ecosystems*, Berlin pp 1~221(2022).
8. 김지선, 황경화, 장승은, 송성민, 임윤선, 한영선, 허명제, "인천지역 유통 수산물 및 수산물가공품 중 미세플라스틱 오염도 조사", *한국식품저장유통학회지*, 28(2), 161~168 (2021).
9. 국립수산과학원, *해수 및 수산생물 중 잔류하는 미세플라스틱(Microplastics)의 정성·정량을 위한 조사 지침서*(2020).
10. 통계청, *어업생산동향 총괄표*,(2024).