pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 38, No. 6, pp. 496~507 (2023)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2023.38.6.496

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

국내 온라인 유통 새우 제품의 종판별 및 표시사항 모니터링 연구

김건희 · 이지영 · 강태선*
서울여자대학교 자연과학대학 식품공학과

Species Identification and Labeling Compliance Monitoring of Commercial Shrimp Products Sold in Online Markets of South Korea

Kun Hee Kim, Ji Young Lee, and Tae Sun Kang*
Division of Applied Food System, Major of Food Science and Technology, Seoul Women's University, Seoul, Korea

(Received November 12, 2023/Revised November 27, 2023/Accepted November 27, 2023)

ABSTRACT - This study investigated species identification and labeling compliance of 48 shrimp products sold in the Korean online markets. Species identification was conducted using the standard DNA barcoding method, using the cytochrome c oxidase subunit I gene. The obtained sequences were compared with those deposited in the NCBI GenBank and BOLD Systems databases. Additionally, phylogenetic analysis was performed to further verify the identified shrimp species. Consequently, 16 shrimp species were identified, including *Penaeus vannamei*, *Pandalus borealis*, *Palaemon gravieri*, *Leptochela gracilis*, *Penaeus monodon*, *Pleoticus muelleri*, *Metapenaeopsis dalei*, *Euphausia pacifica*, *Lebbeus groenlandicus*, *Trachypenaeus curvirostris*, *Argis lar*, *Metanephrops thomsoni*, *Metapenaeopsis barbata*, *Alpheus japonicus*, *Penaeus chinensis*, and *Mierspenaeopsis hardwickii*. The most prevalent species was *Penaeus vannamei*, found in 45.8% of the analyzed products. A significant mislabeling rate of 72.9% was found; however, upon excluding generic names such as shrimp, the mislabeling rate reduced to 10.4%. The mislabeling rate was higher in highly-processed products (89.3%) compared with that in minimally-processed products (50%). No correlation was found between the country of origin and mislabeling rate. The results of this study provide crucial data for future monitoring of shrimp products and improving the labeling of shrimp species in Korea.

Key words: Shrimp products, Food fraud, Species identification, DNA barcoding

최근 건강 및 지속가능한 식단에 및 대한 관심 증가로 건강식품인 수산물의 소비가 증가하고 있다. 2021년 기준 우리나라 국민 1인당 수산물 소비량은 65.6 kg으로 지난 연평균 증가율은 2.2%를 기록하였다[1]. 수산물은 육류 제품보다 기후 변화에 미치는 영향이 적고[2] 오메가 3 지방산, 필수 미네랄 함량이 높으며 가격 접근성이 좋아 전 세계적으로 수요가 높다[3]. 이러한 높은 인기로 인해 수산물은 두 번째로 식품사기(food fraud)의 위험이 높은 유형으로 알려져 있다[4]. 식품사기란 경제적 이익을 위해 제품을 의도적으로 속이는 것을 의미하며, 제품 자체나 관련 문서의 조작을 통해 이루어진다[5]. 가장 일반적인 식품사기의 종류는 허위표시(mislabeling)로, 수산물의 경우 특정 수산물의 종 또는 학명이 아닌 일반명(홍어, 복어 등)을 사용하여 저가의 수산물을 고가의 수산물로 속여 판매하거나, 원재료명 및 원산지를 정확하게 표시하지 않는 행위 등이 이에 속한다. 국내 주요 수산물의 모니터링을 수행한 선행연구에 따르면, 초밥뷔페(27%)[6], 민어(21%)[7] 그리고 두족류(37.5%)[8] 등에서 높은 비율의 허위표시가 보고되었다. 특히 온라인을 통한 식품구매가 증가함에 따라, 다중 가공을 거친 조리식품, 간편식 등이 활발하게 거래되고 있다[1]. 이처럼 사용 재료의 형태학적 특징을 확인 할 수 없는 다중 가공 제품의 경우 단순 가공 제품보다 높은 빈도의 식품사기가 보고되고 있다[9].

*Correspondence to: Tae Sun Kang, Division of Applied Food System, Major of Food Science and Technology, Seoul Women's University, 621 Hwarang-ro, Nowon-gu, Seoul 01797 Korea
Tel: +82 29705637; Fax: +82 29705977
E-mail: missa1976@swu.ac.kr

Copyright © The Korean Society of Food Hygiene and Safety. All rights reserved. The Journal of Food Hygiene and Safety is an Open-Access journal distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution,and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

다양한 수산물 중 새우는 칼슘, 단백질, 필수아미노산 그리고 비타민 E 등이 풍부한 식품으로 전 세계적으로 매우 중요한 수산자원 중 하나이다[10]. '2021년 수산물 생산 및 유통산업 실태조사' 보고서[11]에 따르면, 2021년 기준 1인당 연간 식품공급량에서 기타 품목을 제외하고 새우가 17.09 kg으로 어패류 중 1위를 차지하였다. 또한 2016년부터 2022년 동안 새우의 평균 수입금액 증감률은 4.73%로 꾸준히 증가하고 있으며, 2021년 기준 수산물 수입품목 중 수입금액 기준으로 새우와 새우살이 3위(414,042 천 달러)와 6위(330,915 천 달러)를 각각 차지하였다[12]. 이러한 통계자료는 국내에서 새우 관련 제품의 수요가 꾸준히 증가하고 있으며, 이에 따른 새우의 수입이 크게 증가하고 있는 사실을 잘 설명해 준다. 새우의 수요 증가에 따라 새우 제품은 비교적 높은 가격대를 형성하고 있으나[13], 새우는 형태학적으로 유사한 종이 많고 형태를 알아볼 수 없는 가공식품으로 제조되어 유통되는 경우가 많아 허위표시 등의 식품사기에 취약한 제품군 중 하나이다[14,15]. 선행연구 결과에 따르면 전 세계적으로 2010년부터 2020년 사이 수산물 중 새우 제품에서 가장 빈번히 허위표시가 발생했으며[5], 미국에서는 새우 제품의 35%에서 허위표시가 보고되었다[16].

수산물의 진위여부 판별을 위해 중합효소연쇄반응(polymerase chain reaction, PCR)에 기반한 다양한 분석법들(DNA barcoding, forensically informative nucleotide sequencing, microsatellite analysis, PCR-restriction fragment length polymorphism analysis, species-species PCR 등)이 개발되어 널리 활용되고 있다[17]. 이중 DNA 바코드 분석 방법은 PCR을 이용하여 cytochrome c oxidase subunit I (*CoI*) 유전자의 표준화된 염기서열(600-700 bp)을 분석하고, 분석된 염기서열을 미국 국립보건원(National Center for Biotechnology Information, NCBI) GenBank 데이터베이스 및 생명 바코드 데이터 시스템(Barcode of Life Data Systems, BOLD Systems)에 등록되어있는 생물 종의 염기서열과 비교하여 다양한 생물종을 판별하는 방법이다. 미토콘드리아 DNA는 핵 DNA보다 높은 염기서열 복제수, 높은 변이율 등의 특징을 가져 생물종의 판별에 더 적합하며, 미토콘드리아 DNA 중 *CoI* 유전자는 높은 종내 보존성 및 높은 종간 변이를 나타내어 DNA 바코드 분석에 널리 활용되고 있다[17]. 본 연구에서는 국내 온라인 마켓에서 유통 중인 48개의 새우 제품을 대상으로 *CoI* 유전자를 이용한 DNA 바코드 분석을 수행하여 사용원재료와 표시사항 일치여부의 모니터링을 수행하였다.

Materials and Methods

검체 수집

본 연구에 사용된 새우 48개 새우 제품은 2023년 1월부터 2023년 7월까지 국내 인터넷 판매 사이트를 통해 구입하였다. 구매한 제품은 형태적 특징을 확인할 수 있는 단순 가공 제품(n=20)과 이러한 단순 가공 새우를 열처리 등 2차 가공 과정을 거쳐 형태적 특징을 확인할 수 없는 건조, 분쇄, 자숙 및 튀김 등 다중 가공 제품(n=28)으로 분류하였다(Table 1). 표준 새우 시료 8종 〔그라비새우(*Palaemon gravieri*, Chinese ditch prawn), 긴발딱총새우(*Alpheus japonicus*, Japanese snapping shrimp), 꽃새우(*Trachypenaeus curvirostris*, Southern rough shrimp), 돗대기새우(*Leptochela gracilis*, Lesser glass shrimp), 산모양깔깔새우(*Metapenaeopsis dalei*, Kishi velvet shrimp), 얼룩새우(*Penaeus monodon*, Giant tiger prawn), 흰다리새우(*Penaeus vannamei*, Whiteleg shrimp or Pacific white shrimp), 그리고 가시발새우(*Metanephrops thomsoni*, Red-banded lobster)〕은 국립수산과학원(Busan, Korea)과 국립해양수산생물자원관(Seocheon, Korea)에서 분양받았으며 계통도 작성에 사용하였다.

시료 전처리 및 DNA 추출

PCR 저해인자로 작용할 수 있는 염분, 가공과정 중 오염물, 양념 및 기타 불순물을 제거하기 위하여 증류수 및 70% ethanol (Daejung chemicals & metals, Siheung, Korea)을 이용하여 충분히 세척 하였으며, 각 시료에서 껍질을 제거한 가식 부위를 취하여 95% ethanol (Daejung chemicals & metals)에 담가 -20°C에서 보관하였다. 전처리 후 각 시료로부터 가식 부위 25 mg을 취하여 DNA 추출에 사용하였다. DNA 추출은 DNeasy Blood and Tissue Kit (Qiagen, Hilden, Germany)를 이용하여 제조사 매뉴얼에 따라 수행하였다. 추출된 DNA의 농도 및 순도는 Nanodrop (Thermo Fisher Scientific, Middlesex County, MA, USA)을 사용하여 확인하였다. DNA 농도는 260 nm에서 UV 흡광도를 측정하여 결정하였으며, 순도는 260 nm에서 측정된 흡광도와 280 nm에서 측정된 흡광도의 비율을 계산하여 1.8-2.0 사이의 값을 확인하였다.

목적 유전자 증폭 및 염기서열 분석

표준시료 및 새우 제품에서 추출한 DNA 중 PCR 저해인자 및 증폭 가능한 DNA의 존재 유무를 확인하기 위해 18S ribosomal RNA (*18S rRNA*) 유전자를 18S uni-F (GTAATTTGCGCGCCTGCT) 및 18S uni-R (GTTCGATTCCGGAGAGGGA) 프라이머[18]를 이용하여 증폭하였다. 이후 새우 제품의 종판별을 위해서 *CoI* 유전자를 LCO1490 (GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG) 및 HCO2198 (AAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA)[19] 프라이머를 이용하여 선택적으로 증폭했다. PCR 반응액 조성은 AccuPower PCR PreMix (Bioneer, Yuseong, Korea)를 이용하여 10 μM의 정방향 및 역방향 프라이머를 각각 0.5 μL, 주형 DNA

2 μL (10 ng/μL)를 첨가하였으며, 총 반응액의 부피가 20 μL가 되도록 멸균증류수를 첨가하였다. PCR 반응은 Thermal Cycle 2720 (Applied Bio systems, Foster City, CA, USA) 장비를 이용하여 초기 변성(95°C, 5분) 후 변성(94°C, 50초), 결합 (52°C, 40초), 및 신장(72°C, 1분) 과정을 35회 반복하였으며, 이후 최종신장(72°C, 5분) 과정을 수행하였다. 특이적 PCR 증폭 산물의 생성 유무는 GreenStar (Bioneer)로 염색된 1.5% 아가로스 젤에서 전기영동(100 V, 30분) 후 100 bp DNA 표지(Bioneer)와 비교하여 확인했다. PCR 증폭 산물은 AccuPrep PCR Purification Kit (Bioneer)를 사용하여 정제하였으며, 염기 서열 분석은 ㈜ 젠큐브플러스(Seoul, Korea)에 의뢰하였다.

DNA 바코드 정보를 이용한 새우의 종판별

CoI 유전자의 염기서열은 Chromas 프로그램(Version 2.6.6)을 이용하여 질적 점수(quality score)를 확인하였으며, 질적 점수 20 이하의 염기서열은 분석에서 제외하였다. Labelfish Consortium[20]에 제시된 방법에 따라 시료별 정방향과 역방향의 상보적 염기서열을 하나의 공통 염기서열로 결합하여 최종 종판별에 사용하였다. 편집이 완료된 시료별 *CoI* 유전자의 공통 염기서열은 NCBI에서 제공하는 Basic Local Alignment Search Tool (BLAST; https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi) 검색 기능을 이용하여 GenBank에 등록되어있는 염기서열 정보와 비교하였으며, BOLD Systems (http://www.barcodinglife.org/index.php/database)에서 제공하는 IDENTIFICATION ENGINE 검색 기능을 이용하여 추가로 검증하였다. 98% 이상의 염기서열 유사성(identity 및 similarity) 및 쿼리 적용 범위(query coverage)를 종판별을 위한 기준으로 사용하였다. 최종 판별된 새우의 학명에 해당하는 국명은 식품공전 「제2023-13호 (2023.02.17.)」, 별표1 '식품에 사용할 수 있는 동물성 원료'의 목록[21] 에 제시된 식용 가능한 새우의 학명에 해당하는 국명을 사용하였다. 식품공전에 해당 학명이 없을 경우, 국립생물자원관에서 제공하는 국가생물종목록(https://species.nibr.go.kr/)에 제시된 학명에 해당하는 국명을 사용하였다.

계통도 분석

BLAST 및 IDENTIFICATION ENGINE 검색 후 판별된 새우 종의 추가 검증을 위하여 Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) 프로그램(Version 11)을 이용하여 계통 분석(phylogenetic analysis)을 수행하였다. 계통도 작성에는 새우 표준시료(n=8)와 유통제품(n=48)의 *CoI* 유전자의 염기서열이 사용되었다. 추가로 DNA 바코드 분석에서 단일종으로 동정된 16개의 새우종의 *CoI* 유전자 염기서열을 NCBI GenBank 데이터베이스로부터 다운로드 받아 계통도 작성에 사용하였다. 외집단(outgroup)으로는 멸치(*Engraulis japonicus*)의 *CoI* 유전자 염기서열(accession No. MW128520.1)을 사용하였다. *CoI* 유전자의 공통 염기서열을 ClustalW 방법을 이용하여 정렬한 후 각 염기서열이 동일한 길이(560 bp)를 갖도록 양 말단을 편집한 후 계통 분석에 사용하였다. 계통도(phylogenetic tree)는 Kimura 2-parameter 모델과 1,000 bootstrap 반복을 설정한 Neighbor-Joining 방법을 이용하여 분석하였다.

Results and Discussion

추출한 DNA 농도, 순도 및 사용 적합성 확인

다양한 가공 제품으로부터 추출한 DNA의 농도 및 순도는 PCR을 통한 DNA 바코드 마커의 증폭에 중요한 정량적 지표이다. 새우 제품(n=48) 및 표준시료(n=8)에서 추출한 DNA의 평균 농도 및 순도는 58.9±4.3 ng/μL 및 1.9±0.1으로 각각 측정되었다. PCR 기반의 수산물 종판별을 수행한 선행연구에서 *18S rRNA* 유전자는 위음성, PCR

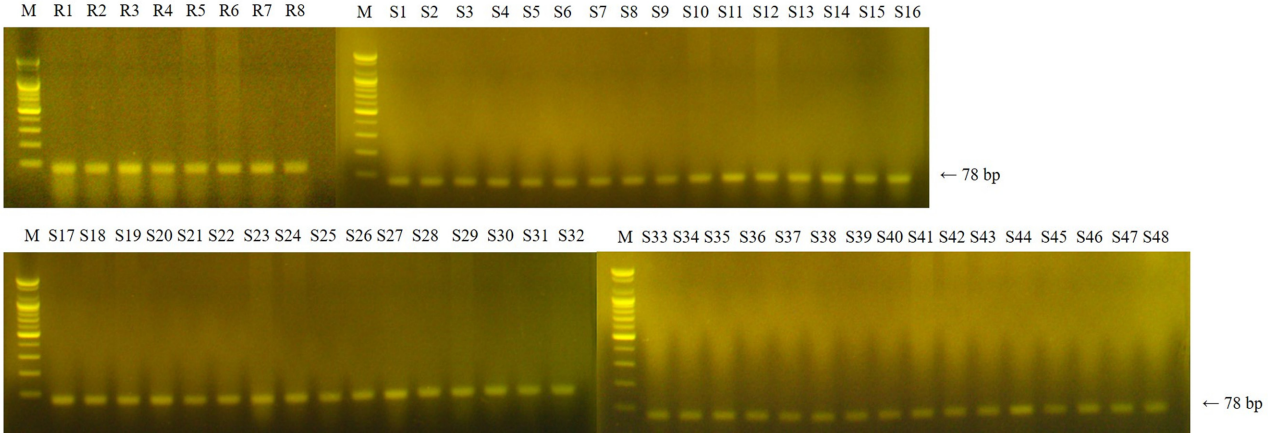

Fig. 1. Integrity of DNA extracts using *18S rRNA* universal primers. Numbers for reference and commercial samples are consistent with the numbers listed in Table 1. Lane M: 100 bp ladder, lanes R1-R8: reference shrimp samples, and lanes S1-S48: commercial shrimp products.

Table 1. Reference and commercial shrimp samples and their identification results analyzed by the standard DNA barcoding method

Sample	Species declared on label[a]	Acceptable market name[a]	Commodity type	Country of origin[c]	NCBI BLAST			BOLD system		Identified species	Labeling complicance
					Coverage (%)	Identity (%)	Species	Similarity (%)	Species		
R1		Chinese ditch prawn[b]	Frozen	NIFS						*Palaemon gravieri*	NT
R2		Japanese snapping shrimp	Frozen	NIFS						*Alpheus japonicus*	NT
R3		Southern rough shrimp	Frozen	NIFS						*Trachypenaeus curvirostris*	NT
R4		Lesser glass shrimp	Frozen	NIFS						*Leptochela gracilis*	NT
R5		Kishi velvet shrimp	Frozen	NIFS						*Metapenaeopsis dalei*	NT
R6		Giant tiger prawn	Frozen	NIFS						*Penaeus monodon*	NT
R7		Whiteleg shrimp or Pacific white shrimp	Frozen	NIFS						*Penaeus vannamei*	NT
R8		Red-banded lobster	Frozen	MABIK						*Metanephrops thomsoni*	NT
S1	Whiteleg shrimp	Whiteleg shrimp or Pacific white shrimp	Frozen sushi	Thailand	98	99.7-99.4	*Penaeus vannamei*	100-99.3	*Penaeus vannamei*	*Penaeus vannamei*	C
S2	Shrimp	Whiteleg shrimp or Pacific white shrimp	Frozen sushi	Thailand	99	100	*Penaeus vannamei*	100-99.7	*Penaeus vannamei*	*Penaeus vannamei*	NC
S3	Whiteleg shrimp	Whiteleg shrimp or Pacific white shrimp	Frozen	Vietnam	100-99	99.7-99.3	*Penaeus vannamei*	100-99.3	*Penaeus vannamei*	*Penaeus vannamei*	C
S4	Giant tiger prawn	Giant tiger prawn	Frozen	Malaysia	100-98	100-98.7	*Penaeus monodon*	100-99.0	*Penaeus monodon*	*Penaeus monodon*	C
S5	Whiteleg shrimp	Whiteleg shrimp or Pacific white shrimp	Frozen	Vietnam	100-98	100-99.3	*Penaeus vannamei*	100-99.4	*Penaeus vannamei*	*Penaeus vannamei*	C
S6	Shrimp	Whiteleg shrimp or Pacific white shrimp	Frozen	Korea	100-98	100-98.5	*Penaeus vannamei*	100-99.2	*Penaeus vannamei*	*Penaeus vannamei*	NC
S7	Whiteleg shrimp	Whiteleg shrimp or Pacific white shrimp	Frozen	Indonesia	100-98	100-98.8	*Penaeus vannamei*	100-99.5	*Penaeus vannamei*	*Penaeus vannamei*	C
S8	Shrimp	Kishi velvet shrimp	Frozen	Korea	100	99.7	*Metapenaeopsis dalei*	100-99.7	*Metapenaeopsis dalei*	*Metapenaeopsis dalei*	NC
S9	Giant tiger prawn	Alaskan pink shrimp	Frozen	Korea	100-98 98	99.7-98.3 99.4	*Pandalus borealis* *Pandalus eous*	100-98.9 99.5-99.3	*Pandalus borealis* *Pandalus eous*	*Pandalus borealis*	NC

Table 1. (Continued) Reference and commercial shrimp samples and their identification results analyzed by the standard DNA barcoding method

Sample	Species declared on label[a]	Acceptable market name[a]	Commodity type	Country of origin[c]	NCBI BLAST			BOLD system		Identified species	Labeling complicance
					Coverage (%)	Identity (%)	Species	Similarity (%)	Species		
S10	Alaskan pink shrimp	Alaskan pink shrimp	Frozen sushi	Canada	98	99.9-98.8	*Pandalus borealis*	100-98.9 99.68-99.5	*Pandalus borealis* *Pandalus eous*	*Pandalus borealis*	C
S11	Giant tiger prawn	Giant tiger prawn	Frozen sushi	Vietnam	100-98	99.9-99.4	*Penaeus monodon*	100-98	*Penaeus monodon*	*Penaeus monodon*	C
S12	Shrimp	Kuro shrimp[b]	Frozen	Russia	98	99.8-98.2	*Argis lar*	100-98.1	*Argis lar*	*Argis lar*	NC
S13	Japanese spiny lobster	Spiny lebbeid	Frozen	Russia	98	99.8-99.7	*Lebbeus groenlandicus*	99.83-98.3	*Lebbeus groenlandicus*	*Lebbeus groenlandicus*	NC
S14	Shrimp	Red-banded lobster	Frozen	Korea	100-99	100-99.9	*Metanephrops thomsoni*	100-99.7	*Metanephrops thomsoni*	*Metanephrops thomsoni*	NC
S15	Shrimp	Argentine red shrimp	Frozen sushi	Argentina	100	100-98.3	*Pleoticus muelleri*	100-98.7	*Pleoticus muelleri*	*Pleoticus muelleri*	NC
S16	Alaskan pink shrimp	Alaskan pink shrimp	Frozen	Canada	100-99	100-99.0	*Pandalus borealis*	100-98.9	*Pandalus borealis*	*Pandalus borealis*	C
S17	Argentine red shrimp	Argentine red shrimp	Frozen	Argentina	99	99.9	*Pleoticus muelleri*	100-98.3	*Pleoticus muelleri*	*Pleoticus muelleri*	C
S18	Fleshy prawn	Fleshy prawn	Frozen	Korea	99	98.7-98.5	*Penaeus chinensis*	99.0	*Penaeus chinensis*	*Penaeus chinensis*	C
S19	Shrimp	Whiteleg shrimp or Pacific white shrimp	Frozen	Korea	100-98	98.4-98.1	*Penaeus vannamei*	99.6-98.3	*Penaeus vannamei*	*Penaeus vannamei*	NC
S20	Shrimp	Whiteleg shrimp or Pacific white shrimp	Frozen	Korea	99-98	98.5-98.1	*Penaeus vannamei*	99.6-98.2	*Penaeus vannamei*	*Penaeus vannamei*	NC
S21	Kuruma prawn	Isada krill[b]	Powder	Korea	100	98.3	*Euphausia pacifica*	98.4	*Euphausia pacifica*	*Euphausia pacifica*	NC
S22	Kuruma prawn	Lesser glass shrimp	Dried	Korea	100	91.0	*Leptochela gracilis*	NI		*Leptochela gracilis*	NC
S23	Shrimp	Chinese ditch prawn[b]	Dried	China	100-99	100-98.7	*Palaemon gravieri*	100-99.2	*Palaemon gravieri*	*Palaemon gravieri*	NC
S24	Shrimp	Spear shrimp	Dried	China	99	99.7	*Mierspenaeopsis hardwickii*	100-99.7	*Mierspenaeopsis hardwickii*	*Mierspenaeopsis hardwickii*	NC
S25	Shrimp	Kishi velvet shrimp	Dried	China	100	99.8	*Metapenaeopsis dalei*	100-99.8	*Metapenaeopsis dalei*	*Metapenaeopsis dalei*	NC
S26	Kuruma prawn	Lesser glass shrimp	Dried	China	100-99	99.7-98.7	*Leptochela gracilis*	99.7	*Munida psamathe*	*Leptochela gracilis*	NC

Table 1. (Continued) Reference and commercial shrimp samples and their identification results analyzed by the standard DNA barcoding method

Sample	Species declared on label[a]	Acceptable market name[a]	Commodity type	Country of origin[c]	NCBI BLAST			BOLD system		Identified species	Labeling complicance
					Coverage (%)	Identity (%)	Species	Similarity (%)	Species		
S27	Shrimp	Alaskan pink shrimp	Dried	Korea	98	98.8	*Pandalus borealis*	100-98.3 99.3-99.2	*Pandalus borealis* *Pandalus eous*	*Pandalus borealis*	NC
S28	Shrimp	Southern rough shrimp	Dried	Korea	100-99	98.7-98.7	*Trachypenaeus curvirostris*	100-98.3	*Trachypenaeus curvirostris*	*Trachypenaeus curvirostris*	NC
S29	Whiteleg shrimp	Whiteleg shrimp or Pacific white shrimp	Shrimp fried rice	Vietnam	100-98	100-99.4	*Penaeus vannamei*	100-99.5	*Penaeus vannamei*	*Penaeus vannamei*	C
S30	Whiteleg shrimp	Whiteleg shrimp or Pacific white shrimp	Shrimp dumpling	Vietnam	100-98	99.9-99.3	*Penaeus vannamei*	100-99.3	*Penaeus vannamei*	*Penaeus vannamei*	C
S31	Shrimp, Anchovy	Isada krill	Dried	Korea	99	99.3	*Euphausia pacifica*	99.1	*Euphausia pacifica*	*Euphausia pacifica*	NC
S32	Shrimp	Whiteleg shrimp or Pacific white shrimp	Fried shrimp	Vietnam	99-98	100-99.4	*Penaeus vannamei*	100-99.5	*Penaeus vannamei*	*Penaeus vannamei*	NC
S33	Shrimp	Chinese ditch prawn[b]	Dried	China	100-99	100-98.9	*Palaemon gravieri*	100-98.6	*Palaemon gravieri*	*Palaemon gravieri*	NC
S34	Shrimp	Whiteleg shrimp or Pacific white shrimp	Fried shrimp	Vietnam	100-99	100-98.9	*Penaeus vannamei*	100-99.5	*Penaeus vannamei*	*Penaeus vannamei*	NC
S35	Shrimp	Whiteleg shrimp or Pacific white shrimp	Fried shrimp	India, Indonesia, Vietnam etc	100	98.0	*Penaeus vannamei*	98.1	*Penaeus vannamei*	*Penaeus vannamei*	NC
S36	Shrimp	Lesser glass shrimp	Dried	Korea	100-99	99.9-99.1	*Leptochela gracilis*	99.9	*Munida psamathe*	*Leptochela gracilis*	NC
S37	Shrimp	Whiskered velvet shrimp[b]	Fried shrimp	Indonesia	100	98.4-98.1	*Metapenaeopsis barbata*	98.4	*Metapenaeopsis barbata*	*Metapenaeopsis barbata*	NC
S38	Shrimp	Japanese snapping shrimp	Dried	China	100	98.4-98.2	*Alpheus japonicus*	100-98.5	*Alpheus japonicus*	*Alpheus japonicus*	NC
S39	Shrimp	Chinese ditch prawn	Dried	Korea	100-99	99.4-98.7	*Palaemon gravieri*	99.5-98.5	*Palaemon gravieri*	*Palaemon gravieri*	NC
S40	Shrimp	Whiteleg shrimp or Pacific white shrimp	Shrimp fried rice	Vietnam	99-98	99.1-99.0	*Penaeus vannamei*	100-99.1	*Penaeus vannamei*	*Penaeus vannamei*	NC
S41	Shrimp	Whiteleg shrimp or Pacific white shrimp	Shrimp fried rice	Vietnam	100-98	99.4-98.8	*Penaeus vannamei*	100-99.4	*Penaeus vannamei*	*Penaeus vannamei*	NC
S42	Shrimp	Whiteleg shrimp or Pacific white shrimp	Fried shrimp	Vietnam, China, Indonesia etc	99	98.5	*Penaeus vannamei*	99.8-99.0	*Penaeus vannamei*	*Penaeus vannamei*	NC

Table 1. (Continued) Reference and commercial shrimp samples and their identification results analyzed by the standard DNA barcoding method

Sample	Species declared on label[a]	Acceptable market name[a]	Commodity type	Country of origin[c]	NCBI BLAST			BOLD system		Identified species	Labeling complicance
					Coverage (%)	Identity (%)	Species	Similarity (%)	Species		
S43	Shrimp	Whiteleg shrimp or Pacific white shrimp	Fried shrimp	Imported	98	99.9	*Penaeus vannamei*	100-99.5	*Penaeus vannamei*	*Penaeus vannamei*	NC
S44	Shrimp	Whiteleg shrimp or Pacific white shrimp	Shrimp sausage	United States	99-98	99.3-98.6	*Penaeus vannamei*	100-99.5	*Penaeus vannamei*	*Penaeus vannamei*	NC
S45	Whiteleg shrimp	Whiteleg shrimp or Pacific white shrimp	Shrimp dumpling	Vietnam	98	98.73	*Penaeus vannamei*	100-99.5	*Penaeus vannamei*	*Penaeus vannamei*	C
S46	Shrimp	Whiteleg shrimp or Pacific white shrimp	Fried shrimp	Vietnam	100-98	100-99.4	*Penaeus vannamei*	100-99.5	*Penaeus vannamei*	*Penaeus vannamei*	NC
S47	Shrimp	Whiteleg shrimp or Pacific white shrimp	Fried shrimp	ND	100-98	99.6-99.0	*Penaeus vannamei*	100-99.3	*Penaeus vannamei*	*Penaeus vannamei*	NC
S48	Shrimp	Whiteleg shrimp or Pacific white shrimp	Shrimp dumpling	Vietnam	98	99.6-99.3	*Penaeus vannamei*	100-99.5	*Penaeus vannamei*	*Penaeus vannamei*	NC

a. Ingredient was declared in the labels of commercial products and English market names of shrimp were adapted from the acceptable names listed in the Food Code[21].
b. For market names only provided in Korean in the Food Code[21] and the National Institute of Biological Resource (https://species.nibr.go.kr/), the acceptable English market names were retrieved from he SeaLifeBase (https://www.sealifebase.ca/search.php).
c. NIFS and MABIK represent the National Institute of Fisheries Science and the National Marine Biodiversity Institute of Korea, respectively.
C: compliance, NC: non-compliance, NT: not tested, ND: not declared

저해물질, 및 증폭 가능한 DNA의 존재 유무를 판별하기 위한 양성대조군으로 사용되었다[18]. 본 연구에서는 효율적인 DNA 바코드 분석을 위해서 농도 및 순도의 정량 분석이 완료된 DNA를 대상으로 *18S rRNA* 유전자를 증폭하였다(Fig. 1). 모든 시료에서 78 bp의 단편이 선택적으로 증폭되는 것을 확인한 후, 표준 DNA 바코드 마커인 *CoI* 유전자를 PCR로 증폭하여 700 bp의 단편이 선택적으로 증폭되는 것을 확인하였다.

DNA 바코드 방법을 이용한 새우의 종판별

분석에 사용한 새우 제품(n=48)에서 유래한 *CoI* 유전자 염기서열을 NCBI GenBank 및 BOLD Systems 데이터베이스에 등록되어 있는 생물종의 염기서열과 비교한 결과 총 16종[흰다리새우, 태평양난바다곤쟁이(*Euphausia pacifica*, Isada krill), 돗대기새우, 그라비새우, 산모양깔깔새우, 북쪽분홍새우(*Pandalus borealis*, Alaskan pink shrimp), 얼룩새우, 아르헨티나붉은새우(*Pleoticus muelleri*, Argentine red shrimp), 가시발새우, 꽃새우, 진흙새우(*Argis lar*, Kuro shrimp), 가시배새우(*Lebbeus groenlandicus*, Spiny lebbeid), 깔깔새우(*Metapenaeopsis barbata*, Whiskered velvet shrimp), 긴발딱총새우, 대하(*Penaeus chinensis,* Fleshy prawn), 긴뿔민새우(*Mierspenaeopsis hardwickii*, Spear shrimp)]의 새우가 종 단위 수준에서 동정되었으나, 6개 제품의 경우 단일종으로 판별되지 않았다(Table 1). 시료 S9, S10, 및 S27의 경우 BLAST 및 IDENTIFICATION ENGINE 검색 결과 *Pandalus borealis* 및 *Pandalus eous* 두 종이 종판별 기준을 만족시켰으나, *Pandalus borealis* (Kroyer, 1838)는 *Pandalus eous* (Makarov, 1935)의 선행명으로[22], 본 연구에서는 선행명을 기준으로 *Pandalus borealis*를 최종 학명으로 결정하였다. 시료 S26 및 S36의 경우 NCBI BLAST 검색에서는 *Leptochela gracilis*로 동정되었으나, BOLD system IDENTIFICATION ENGINE 검색에서는 *Munida psamathe*로 동정되어 데이터베이스별 서로 다른 종으로 판별되었다. 동정된 *Leptochela gracilis* 및 *Munida psamathe*의 경우 각각 새우와 바닷가재(lobster) 종으로서 서로 다른 형태학적 특징을 갖는다. 따라서 시료 S26의 형태학적 특징을 바탕으로 *Leptochela gracilis*로 최종 판별하였다. 시료 S22의 경우 NCBI BLAST 검색 결과 *Leptochela gracilis*가 염기서열 유사성 91.0% 및 쿼리 적용 범위 100%로 동정되었으며, BOLD Systems에서는 종 판별 기준을 만족시키는 종이 검색되지 않았다. 따라서 시료 S22는 DNA 바코드 방법으로 단일종으로 동정되지 않았다.

계통분석을 통한 새우종 판별의 검증 결과

DNA 바코드 분석 결과의 추가 검증을 위해 계통분석을 수행하였다. 계통도 작성에는 새우 표준시료(n=8), 유통제품(n=48), 외집단(n=1), 및 NCBI GenBank 데이터베이스로부터 추가로 다운로드 받은 염기서열(n=16)을 포함

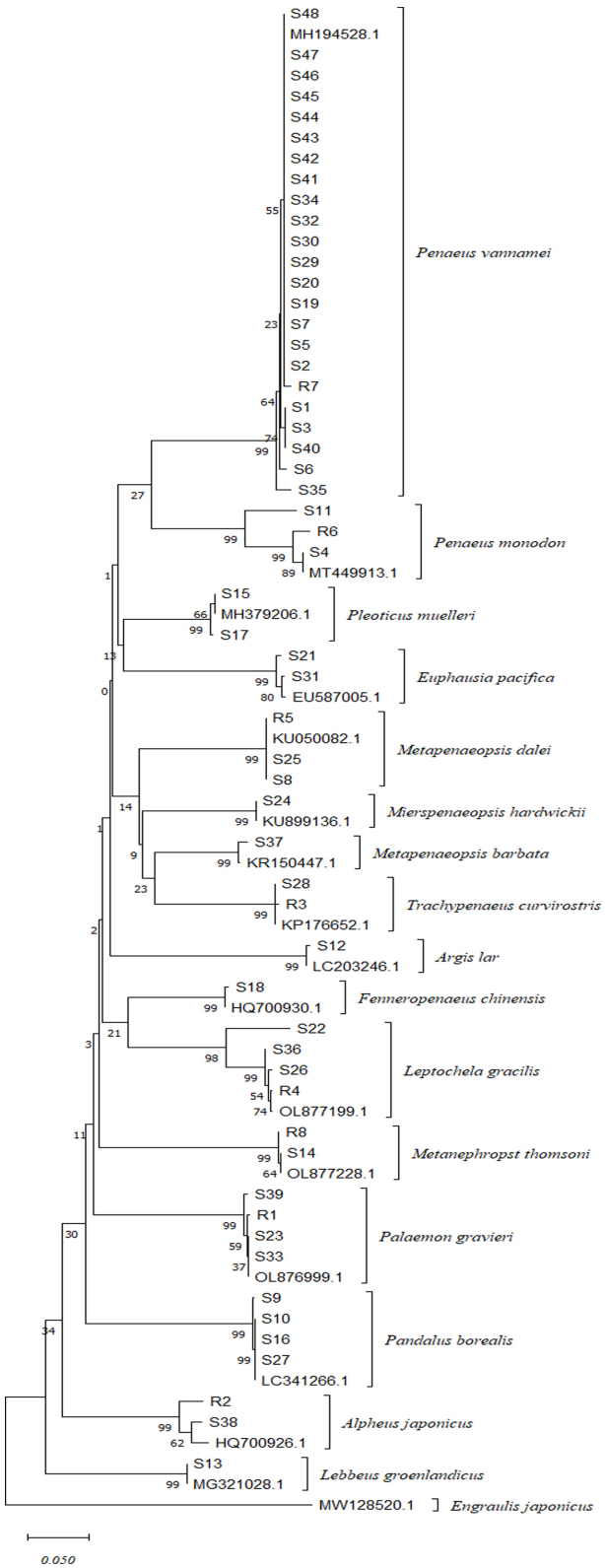

Fig. 2. Phylogenetic tree of *CoI* sequences constructed by Neighbor-Joining method. Reference shrimp samples (R1-R8), commercial shrimp products (S1-S48), and additional 17 sequences downloaded from the NCBI GenBank database. Numbers for reference and commercial samples are consistent with the numbers listed in Table 1.

한 총 73개의 *CoI* 유전자의 염기서열이 사용되었다(Fig. 2). 외집단으로 사용된 멸치는 새우와는 독립된 계통(clade)를 형성하였으며, DNA 바코드 분석에서 단일종으로 판별된 47개 새우 제품은 새우 표준시료 및 NCBI GenBank 데이터베이스로부터 다운로드 받은 16개 염기서열과 함께 독립된 16개의 계통을 형성하였다. DNA 바코드 분석에서 종판별 기준을 만족시키지 못했던 시료 S22의 경우, 돗대기새우 표준시료 및 돗대기새우로 최종 종 판별된 유통제품과 같은 계통을 형성하여 최종적으로 돗대기새우로 판별하였다(Table 1).

따라서 48개 새우 제품에 사용된 새우는 총 16종으로, 흰다리새우(n=22, 45.8%), 북쪽분홍새우(n=4, 8.3%), 그라비새우(n=3, 6.3%), 돗대기새우(n=3, 6.3%), 얼룩새우(n=2, 4.2%), 아르헨티나붉은새우(n=2, 4.2%), 산모양깔깔새우(n=2, 4.2%), 태평양난바다곤쟁이(n=2, 4.2%), 긴뿔민새우(n=1, 2.1%), 꽃새우(n=1, 2.1%), 진흙새우(n=1, 2.1%), 가시배새우(n=1, 2.1%), 가시발새우(n=1, 2.1%), 깔깔새우(n=1, 2.1%), 긴발딱총새우(n=1, 2.1%), 그리고 대하(n=1, 2.1%)의 빈도순으로 확인되었다(Fig. 3). 흰다리새우는 전 세계적으로 가장 많이 양식되는 새우로, 국제연합식량농업기구(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)의 자료[13]에 따르면 2022년 5,812.2 천 만톤이 생산되었다. 또한 2021년 수산물 생산 및 유통산업 실태조사[1]에 따르면 우리나라 천해양식어업의 부류별·품종별 생산량에서 흰다리새우는 갑각류 중 1위를 차지하였다. 따라서 본 연구에 사용된 유통 새우 제품 중 흰다리새우가 가장 높은 빈도로 사용된 것으로 사료된다. 태평양난바다곤쟁이(S21), 깔깔새우(S37)와 긴발딱총새우(S38)는 식품에 사용할 수 있는 동물성 원료 목록[21]에 등록되지 않은 종으로 확인되었다. 하지만 수산물은 FAO 등 국제 공인 기구에서 어획량, 식용 근거, 학명·이명 등에 대한 정보를 제시한 근거가 있을 경우에는 식품 사용이 가능한 별도 조항[21]이 있어, 태평양난바다곤쟁이, 깔깔새우 및 긴발딱총새우는 식품에 사용 가능한 원료로 확인되었다[23,24]. 따라서 이러한 결과는 수산물의 수입 증가에 따라 우리나라에서 전통적으로 소비되지 않았던 새로운 새우종이 수입되어 유통되고 있음을 시사한다.

사용 원재료와 표시사항 일치도 분석

48개 새우 제품의 표시사항에 제시된 원재료명은 새우(n=30, 62.5%), 흰다리새우(n=7, 14.6%), 얼룩새우(n=3, 6.3%), 보리새우(n=3, 6.3%), 북쪽분홍새우(n=2, 4.2%), 아르헨티나붉은새우(n=1, 2.1%), 대하(n=1, 2.1%) 그리고 닭새우(n=1, 2.1%) 순으로 나타났다(Table 1). 새우 제품에 사용된 원재료명과 표시사항과의 일치여부는 다음의 두 절차에 따라 확인하였다. 1) DNA 바코드 분석을 통해 동정된 새우의 학명과 식품공전 및 국가생물종목에 제시된 학명의 일치여부 확인 후, 2) 식품공전 및 국가생물종목록에 제시된 해당 학명의 국명과 새우 제품의 표시사항에 제시된 새우명의 일치여부를 확인한 후 두 조건을 모두 만족시키는 경우 표시사항과 일치한다고 판단하였다. 모니터링에 사용한 48개 새우 제품 중 13개(27.1%) 제품은 표시사항과 종판별 결과가 일치하였으며, 흰다리새우(n=7, 14.6%), 얼룩새우(n=2, 4.2%), 북쪽분홍새우(n=2, 4.2%), 아르헨티나붉은새우(n=1, 2.1%), 대하(n=1, 2.1%) 순이었다(Fig. 3). 이중 얼룩새우가 사용된 제품(S4, S11)의 경우 100%의 표시사항 일치율을 보였다.

35개 제품에서는 표시사항과 종판별 결과의 불일치를 보였으며, 이는 72.9%의 높은 비율을 나타냈다. 이중 30개 제품(62.5%)에서는 일반명인 새우를 사용하여 표시사항과 일치하지 않다고 판단하였다. 일반명을 포함할 경우 표시사항과의 불일치율는 흰다리새우(n=15, 31.3%), 돗대기새우(n=3, 6.3%), 그라비새우(n=3, 6.3%), 북쪽분홍새우(n=2, 4.2%), 산모양깔깔새우(n=2, 4.2%), 태평양난바다곤쟁이(n=2, 4.2%), 진흙새우(n=1, 2.1%), 가시배새우(n=1, 2.1%), 가시발새우(n=1, 2.1%), 아르헨티나붉은새우(n=1, 2.1%), 긴뿔민새우(n=1, 2.1%), 꽃새우(n=1, 2.1%), 깔깔새우(n=1, 2.1%), 긴발딱총새우(n=1, 2.1%) 순이었다(Fig. 3). 흰다리

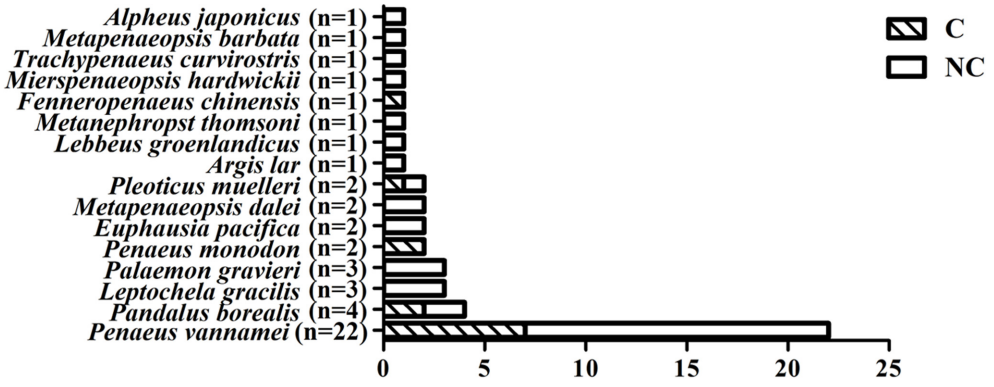

Fig. 3. Species identified in the 48 commercial shrimp products and their labeling compliance ratio. NC: non-compliance, C: compliance.

새우의 경우 표시사항 일치 및 불일치율이 가장 높은 새우로, 이는 흰다리새우의 생산량이 다른 새우에 비해 월등히 높아서 발생한 결과로 사료된다. 일반명을 사용한 제품을 표시사항 불일치에서 제외할 경우 불일치율은 10.4% (n=5)로 낮아졌으며, 이는 돗대기새우(n=2, 4.2%), 태평양난바다곤쟁이(n=1, 2.1%), 가시배새우(n=1, 2.1%) 그리고 북쪽분홍새우(n=1, 2.1%) 순이었다. 얼룩새우를 사용했다고 표시한 제품(S9)에는 북쪽분홍새우가 사용되었으며, 사용 원재료가 보리새우(*Marsupenaeus japonicus*, Kuruma prawn)로 표기된 제품의 경우 돗대기새우(S22 및 S26)와 태평양난바다곤쟁이(S21)가 사용되어 표시사항과 불일치하였다. 또한 긴발딱총새우로 표기된 제품(S13)은 가시배새우가 사용된 것으로 확인되었다(Table 1).

48개 새우 제품을 가공 정도에 따라 단순 가공 및 다중 가공 제품으로 분류하여 표시사항 불일치율을 분석하였다(Fig. 4). 단순 가공 제품(n=20, S1-S20, 41.7%)의 유형은 냉동새우(n=15) 및 초밥용 냉동새우(n=5) 제품 순이었다. 다중 가공 제품(n=28, S21-S48, 58.3%)의 경우 단순 가공 제품보다 다양한 건새우(n=12), 새우튀김(n=8), 새우볶음밥(n=3), 새우만두(n=3), 새우 분말(n=1) 및 새우맛바(n=1) 제품 순이었다(Table 1). 단순 가공 제품에서는 50% (n=10)의 불일치율이 관찰되었으며, 다중 가공 제품에서는 단순 가공 제품보다 높은 89.3% (n=25)의 불일치율이 관찰되었다(Fig. 3). 가공 제품에서 관찰되는 높은 표시사항 불일치율은 전 세계적인 현상으로, 스페인에서 판매되는 대구 제품[15] 및 한국에서 판매되는 복어 제품[25]의 경우 단순 가공 제품보다 다중 가공 제품에서 더 높은 표시사항 불일치율이 보고되었다. 또한 미국에서 판매되는 연어 제품의 경우 가공 정도에 따라 건조 제품, 캔 제품, 및 가공되지 않은 제품 순으로 높은 표시사항 불일치가 보고되었다[26].

이러한 결과는 다중 가공 제품에서 사용 원재료의 형태학적 특징을 육안으로 확인하기 어렵기 때문에, 단순 가공 제품보다 허위표시(mislabeling) 등의 표시사항 불일치가 빈번하게 발생하는 것으로 사료된다[15].

분석에 사용된 48개 새우 제품의 원산지는 대한민국(n=14), 베트남(n=12), 중국(n=6), 태국(n=2), 인도네시아(n=2), 캐나다(n=2), 러시아(n=2), 아르헨티나(n=2), 말레이시아(n=1), 및 미국(n=1) 순이었다(Fig. 5). 원산지 정보에 3개 이상의 국가를 표시한 원산지 혼합 제품(n=2), 원산지 정보를 '수입'으로 표시한 제품(n=1), 및 원산지 정보를 제시하지 않은 미표시 제품(n=1)도 확인되었다. 원산지별 표시사항 불일치율은 중국(n=6), 러시아(n=2), 미국(n=1), 원산지 혼합(n=2), 수입(n=1) 그리고 미표시(n=1) 제품에서 100%, 대한민국(n=13) 제품에서 92.9%, 베트남(n=6), 태국(n=1), 인도네시아(n=1), 및 아르헨티나(n=1) 제품에서 50%로 관찰되었다. 캐나다(S10 및 S16, 북쪽분홍새우) 및 말레이시아(S4, 얼룩새우) 제품은 불일치율이 0%로 확인되었다. 하지만 원산지별 분석 결과에서는 특정 국가와 불일치율과의 상관성을 확인할 수는 없었으며, 판매량이 많은 제품이 높은 불일치율을 보였다. 특히 원산지를 '대한민국'으로 표시한 제품의 경우 92.9%의 높은 불일치율을 보였으나, 이중 일반명 '새우'를 사용한 제품 10개를 제외하면 21.4%로 불일치율이 낮아짐을 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 국내에서 유통되는 48개 새우 제품의 표시사항 일치여부 모니터링을 수행하여 72.9%의 높은 불일치율을 확인하였다. 이는 국내 주요 수산물인 민어(21%)[7], 대게(12%)[27], 및 두족류(37.5%)[8] 제품에서 보고된 표시사항 불일치율보다 매우 높은 수준이며, 국내 주요 수산물 중 불일치율이 가장 높았던 복어(60.3%)[25]와 비교해도 높은 수준으로 확인되었다. 새우는 종간 형태학적 유사성이 높으며, 단순 및 다중 가공 상태로 유통되는 경우가 많아

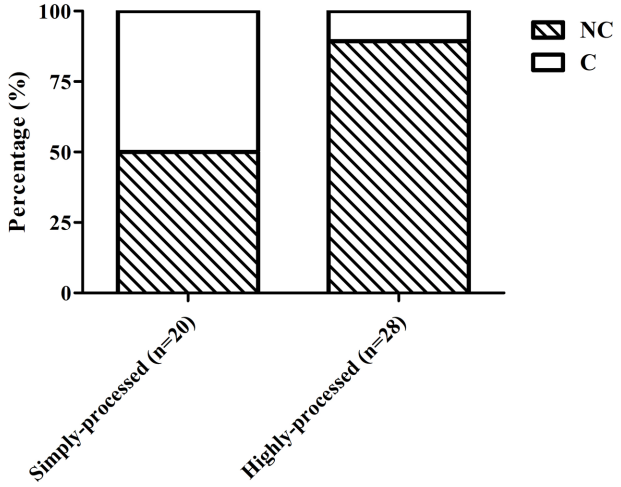

Fig. 4. Labeling compliance ratio by processed types of the 48 commercial shrimp products. NC: non-compliance, C: compliance.

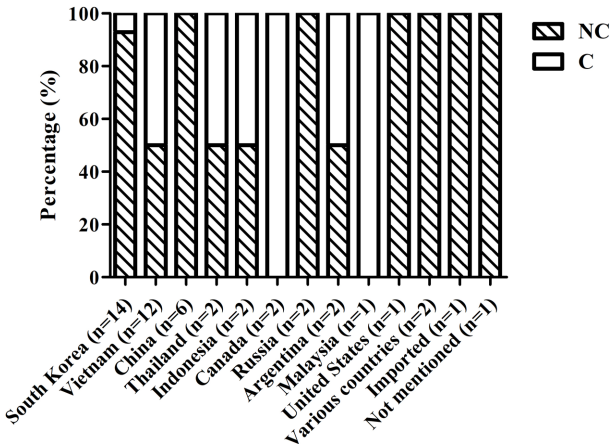

Fig. 5. Labeling compliance ratio by country of origin of the 48 commercial shrimp products. NC: non-compliance, C: compliance.

육안 구별이 어려운 실정이다. 따라서 수입 및 국내 새우 제품의 주기적인 모니터링 연구가 필요하며, 본 연구 결과는 향후 새우 제품의 모니터링 수행 및 새우의 국명 표시 개선을 위한 기초자료로 쓰일 수 있을 것이다.

Acknowledgement

본 연구는 2023년도 서울여자대학교 교내 연구비(2023-0240)로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

국문요약

본 연구는 대한민국 온라인 시장에서 판매되는 48개의 새우 제품의 종판별 및 제품 표시 사항 일치 여부를 조사하였다. 사용 원재료의 종 판별을 위해 cytochrome c oxidase subunit I 유전자의 염기서열을 분석하여 NCBI GenBank 및 BOLD system 데이터베이스에 등록된 생물종의 염기서열과 비교하였다. 또한 계통분석을 수행하여 동정된 새우종을 추가로 검증했다. 종판별 결과 총 16종[흰다리새우(*Penaeus vannamei*, Whiteleg shrimp or Pacific white shrimp), 북쪽분홍새우(*Pandalus borealis,* Alaskan pink shrimp), 그라비새우(*Palaemon gravieri*, Chinese ditch prawn), 돗대기새우(*Leptochela gracilis*, Lesser glass shrimp), 얼룩새우(*Penaeus monodon*, Giant tiger prawn), 아르헨티나붉은새우(*Pleoticus muelleri*, Argentine red shrimp), 산모양깔깔새우(*Metapenaeopsis dalei*, Kishi velvet shrimp), 태평양난바다곤쟁이(*Euphausia pacifica*, Isada krill), 가시배새우(*Lebbeus groenlandicus*, Spiny lebbeid), 꽃새우(*Trachypenaeus curvirostris*, Southern rough shrimp), 진흙새우(*Argis lar*, Kuro shrimp), 가시발새우(*Metanephrops thomsoni*, Red-banded lobster), 깔깔새우(*Metapenaeopsis barbata,* Whiskered velvet shrimp), 긴발딱총새우(*Alpheus japonicus,* Japanese snapping shrimp), 대하(*Penaeus chinensis,* Fleshy prawn), 긴뿔민새우(*Mierspenaeopsis hardwickii,* Spear shrimp)]이 확인되었으며, 흰다리새우(n=22, 45.8%)가 가장 큰 비중을 차지하였다. 일반명 '새우'를 포함하는 35개 제품(72.9%)에서 표시사항과 불일치를 나타내었으며, 일반명(n=30)을 제외할 경우 불일치율은 10.4%로 낮아졌다. 가공 정도별 불일치율은 다중 가공 제품(n=25, 89.3%)이 단순 가공 제품(n=10, 50%)보다 높은 비율을 보였다. 원산지별 분석 결과 특정 국가와 불일치율과의 상관성은 확인할 수 없었다. 본 연구 결과는 향후 새우 제품의 모니터링 수행 및 새우의 국명 표시 개선을 위한 기초자료로 쓰일 수 있을 것이다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Kun Hee Kim https://orcid.org/0000-0002-3906-9959
Ji Young Lee https://orcid.org/0009-0006-6317-9695
Tae Sun Kang https://orcid.org/0000-0001-5939-6247

References

1. Ministry of Oceans and Fisheries, (2023, November 10). Survey on the production and distribution industries of fisheries products in 2021. Retrieved from https://www.mof.go.kr/upload/whitebook/51568/book.pdf
2. Bianchi, M., Hallström, E., Parker, R.W., Mifflin, K., Tyedmers, P., Ziegler, F., Assessing seafood nutritional diversity together with climate impacts informs more comprehensive dietary advice. *Commun. Earth Env.*, **3**, 188 (2022).
3. Tacon, A.G., Contribution of fish and seafood to global food and feed supply: an analysis of the FAO food balance sheet for 2019. *Rev. Fish Sci. Aquac.*, **31**, 274-283 (2023).
4. Kroetz, K., Luque, G.M., Gephart, J.A., Jardine, S.L., Lee, P., Chicojay Moore, K., Cole, C., Steinkruger, A., Donlan, C.J., Consequences of seafood mislabeling for marine populations and fisheries management. *PNAS USA.*, **117**, 30318-30323 (2020).
5. Lawrence, S., Elliott, C., Huisman, W., Dean, M., van Ruth, S., The 11 sins of seafood: assessing a decade of food fraud reports in the global supply chain. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, **21**, 3746-3769 (2022).
6. Kang, T.S., Monitoring of commercial products sold on sushi buffet restaurants in South Korea using DNA barcode information. *J. Food Hyg. Saf.*, **35**, 45-50 (2020).
7. Kang, T.S., Identification and authentication of commercial mi-iuy croaker (*Miichthys miiuy*) products by two PCR-based methods. *J. Food Prot.*, **84**, 463-471 (2021).
8. Yu, Y.C., Hong, Y., Kim, J.J., Kim, H.S., Kang, T.S., Monitoring of commercial cephalopod products sold on the South Korea market using DNA barcode information. *J. Food Hyg. Saf.*, **34**, 502-507 (2019).
9. Silva, A.J., Hellberg, R.S., DNA-based techniques for seafood species authentication. *Adv. Food Nutr. Res.*, **95**, 207-255 (2021).
10. Dayal, J.S., Ponniah, A.G., Khan, H.I., Babu, E.M., Ambasankar, K., Vasagam, K.K., Shrimps–a nutritional perspective. *Curr. Sci.*, **104**, 1487-1491 (2013).
11. Korea Rural Economic Institute, (2023, November 10). 2021 Food balance sheet. Retrieved from https://www.krei.re.kr/krei/researchReportView.do?key=67&pageType=010101&biblioId=532274&pageUnit=10&searchCnd=all&searchKrwd=%EC%8B%9D%ED%92%88%EC%88%98%EA%B8%89&pageIndex=1&engView=
12. Korea Fisheries Export Information Portal, (2023, November 10). Fish item import species data. Retrieved from https://kfishinfo.co.kr/kor/view.do?no=626#
13. Food and Agriculture Organization of the United Nations,

(2023, November 10). The state of world fisheries and aquaculture. Retrieved from https://www.fao.org/3/cc0461en/cc0461en.pdf
14. Wilwet, L., Shakila, R.J., Sivaraman, B., Nayak, B.B., Kumar, H. S., Jaiswar, A. K., Jeyasekaran, G., Rapid detection of fraudulence in seven commercial shrimp products by species-specific PCR assays. *Food Control*, **124**, 107871 (2021).
15. Helgoe, J., Oswald, K.J., Quattro, J.M., A comprehensive analysis of the mislabeling of Atlantic cod (*Gadus morhua*) products in Spain. *Fish. Res.*, **222**, 105400 (2020).
16. Korzik, M.L., Austin, H.M., Cooper, B., Jasperse, C., Tan, G., Richards, E., Spencer, E.T., Steinwand, B., Fodrie, F.J., Bruno, J.F., Marketplace shrimp mislabeling in North Carolina. *PloS one*, **15**, e0229512 (2020).
17. Hellberg, R.S., Pollack, S.J., Hanner, R.H., 2016. Seafood species identification using DNA sequencing. Seafood authenticity and traceability. 1st ed., Cambridge, MA, USA, pp. 113-132.
18. Zagon, J., Schmidt, J., Schmidt, A.S., Broll, H., Lampen, A., Seidler, T., Braeuning, A., A novel screening approach based on six real-time PCR systems for the detection of crustacean species in food. *Food Control,* **79**, 27-34 (2017).
19. Folmer, O., Black, M., Hoeh, W., Lutz, R., Vrijenhoek, R., DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Mol. Mar. Biol. Biotechnol.,* **3**, 294-299 (1994).
20. Labelfish Consortium, (2023, November 10). Standard operating procedure for the genetic identification of fish species using DNA barcoding (mitochondrial cytochrome-c-oxidase I sequencing). Retrieved from https://www.seatraces.eu/wp-content/uploads/2019/04/SOP.pdf
21. Ministry of Food and Drug Safety, (2023, November 10). Food code, No. 2023-56. Retrieved from https://various.foodsafetykorea.go.kr/fsd/#/ext/Document/FC
22. Aoki, H., Ahsan, M.N., Matsuo, K., Hagiwara, T., Watabe, S., Purification and characterization of collagenolytic proteases from the hepatopancreas of northern shrimp (*Pandalus eous*). *J. Agric. Food Chem.*, **51**, 777-783 (2003).
23. Nicol, S., Endo, Y., 1997. Krill fisheries of the world. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, pp. 17-29.
24. Holthuis, L.B., 1980. FAO species catalogue. Vol. 1. Shrimps and prawns of the world: An annotated catalogue of species of interest to fisheries. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, pp. 31-138.
25. Kim, K.H., Kang, T.S., A systematic approach for pufferfish identification at the species level using DNA-based methods. *Food Control*, **147**, 109574 (2023).
26. Roungchun, J.B., Tabb, A.M., & Hellberg, R.S., Identification of tuna species in raw and processed products using DNA mini-barcoding of the mitochondrial control region. *Food Control*, **134**, 108752 (2022).
27. Kang, T.S., Rapid and simple identification of two closely-related snow crabs (*Chionoecetes opilio* and *C. japonicus*) by direct triplex PCR. *LWT-Food Sci. Technol.*, **99,** 562-567 (2019).