

한국 연안산 가자미 5종의 일반성분, 지방산 및 총아미노산 함량 비교

정유린 · 김지은 · 권지영 · 양진우 · 윤나영*

국립수산과학원 기후환경연구부 식품안전가공과

Comparison of Proximate Fatty Acid and Total Amino Acid Contents of Five Flounder Species along the Korean Coast

Yu-Rin Jeong, Ji-Eun Kim, Ji-Young Kwon, Jin-Woo Yang and Na-Young Yoon*

Food Safety and Processing Research Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Republic of Korea

In this study, we analyzed the nutritional compositions of five species of flounder inhabiting Korean coastal waters. In terms of proximate composition, the moisture and crude fat contents of flounders ranged from 75.16±0.37 to 79.94±0.09 g/100 g and 0.48±0.02 to 4.07±0.09 g/100 g, respectively, and showed a negative correlation. Crude protein contents among the five species were found to range from 18.74±0.37 to 19.69±0.44 g/100 g and showed no significant inter-species differences. Among these flounders, *Clidoderma asperrimum* was characterized by the highest crude fat and total fatty acid contents of 4.07±0.09 g/100 g and 2,739.39 mg/100 g, respectively, as well as the highest content of polyunsaturated fatty acids, including EPA and DHA, at 620.24 mg/100 g. *Hippoglossoides dubius* was found to have a total amino acid content of 18,971.36 mg/100 g. Our finding in this study regarding the nutritional profiles of flounders will provide valuable information for industrial use.

Keywords: Amino acids, Fatty acids, Flounder, Proximate composition

서론

가자미과 어류는 전 세계적으로 103종이 분포하며, 우리나라에는 약 20여종의 가자미가 서식하고 있다(NIFS, 2020). 2000년 이후 전 세계적으로 가자미 생산량은 증가하고 있으며, 우리나라는 전세계 가자미 생산량에서 세계 10위를 기록할 만큼 많은 양을 어획하고 있다(KMI, 2015). 특히, 우리나라 연안은 가자미 서식에 적합한 환경을 갖추고 있으며, 외끌이대형저인망 어업의 전체 어획량 중 10% 전후를 차지하는 상업적으로 매우 중요한 종으로, 연간 생산량은 16,353톤(2020년)에 이른다(Sohn et al., 2013; KOSIS, 2020). 우리나라 전 연안에서 어획이 가능하고 소비가 많은 문치가자미(*Pleuronectes yokohamae*)는 국내에서는 ‘도다리’로 알려져 있으며, 가자미 활어 위판량의 약 60%를 차지할 정도로 상업적 가치가 매우 높은 어종이다(NFRDI, 2014; Kim et al., 2016). 물가자미(*Eopsetta grigorjewi*)는 포항 이남 해역에 주로 분포하며, 전체 가자미 어획량 중 10~25%를 차지하고 있다(Cha et al., 2011). 줄가자미

(*Clidoderma asperrimum*)는 한국, 일본 등 광범위하게 분포하고 있으며, 육질이 단단하고 감칠맛과 단맛이 강하여 고급 횡감으로 소비되고 있다(Lim et al., 2012). 기름가자미(*Glyptocephalus stelleri*)는 동해안에 분포 밀도가 높고, 어획량이 많은 것으로 알려져 있으며(Cha et al., 2008), 홍가자미(*Hippoglossoides dubius*)는 어획 통계에는 집계되지 않지만 강원 연안에서 기름가자미 다음으로 많이 어획되고 있으며, 횡감으로 많이 사용된다(Choi et al., 2013). 가자미는 회, 건제품, 조미포, 식해 등 식품 소재로 이용되고 있으며(Han et al., 2013), 최근에는 가자미를 활용한 간편식이나 고령친화식품 개발도 증가하고 있다. 가자미의 다양한 활용을 위해 가자미 품종별 영양정보를 필요로 하고 있으나, 가자미에 대한 연구는 분포, 성장, 생활사나 산란에 대한 생태학적 연구가 대부분을 차지하고 있어 다소비 수산물인 가자미류의 영양성분에 대한 연구는 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 우리나라 연안에서 어획되는 가자미 5종에 대한 일반성분, 지방산 및 총 아미노산 함량을 분석하였으며, 다소비 수산물인 가자미의 영양성분 정보를 제공하여 식품

*Corresponding author: Tel: +82. 51. 720. 2661 Fax: +82. 51. 720. 2669

E-mail address: dbssud@korea.kr



This is an Open Access article 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.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2024.0186>

Korean J Fish Aquat Sci 57(2), 186-191, April 2024

Received 19 February 2024; Revised 28 March 2024; Accepted 9 April 2024

저자 직위: 정유린(연구원), 김지은(연구원), 권지영(연구관), 양진우(연구사), 윤나영(연구사)

으로 활용하는데 기초자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

재료 및 시약

본 연구에 사용된 가자미는 문치가자미(*P. yokohamae*), 물가자미(*E. grigorjewi*), 줄가자미(*C. asperrimum*), 기름가자미(*G. stelleri*) 및 홍가자미(*H. dubius*)이며, 이들 가자미는 2020년 국립수산물과학원 자원조사를 통해 경상남도 남해군에서 시료를 확보하였다. 가자미의 마리 당 평균 체중과 크기는 각각 문치가자미(468.3 g, 25.0 cm), 물가자미(71.2 g, 33.5 cm), 줄가자미(396.6 g, 31.0 cm), 기름가자미(170.2 g, 19.3 cm), 홍가자미(459.4 g, 34.3 cm)이었다. 시료는 비늘, 지느러미, 뼈, 껍질 및 내장을 제거한 육(가식부)을 사용하였으며, 분석을 위해 육을 마쇄하고 균질화하여 -80°C 심온고에 보관하였다.

일반성분 분석

일반성분은 식품공전(KMFDS, 2021)에 수록된 방법과 AOAC (2005)법에 따라 분석하였다. 수분은 상압가열건조법, 단백질은 킬달법, 지질은 에테르를 용제로 한 soxhlet 추출법, 회분은 건식회화법으로 분석하였다. 시료는 각각 3회 반복 분석하여 얻은 평균값을 함량값으로 하였으며, 평균 $g \pm$ 표준편차로 나타내었다.

지방산 분석

지방산은 chloroform:methanol (1:2, v/v) 혼합 용액을 추출 용매로 하는 Bligh and Dyer (1959) 방법을 이용하여 총 지질(total lipid)을 추출하였으며, 지방산 함량은 식품공전(KMFDS, 2021)에 따라 14% BF₃-methanol 용액 2 mL를 가하여 메틸 에스테르화한 후, SPTM-2560 FUSED SILICA capillary column (100 m × 0.25 mm × 0.2 μm; Supelco, Inc., New Castle County, DE, USA)를 이용하여 불꽃이온화검출기(flame ionization detector)가 장착된 기체 크로마토그래피(Shimadzu 17A; Shimadzu Seisakusho, Co, Ltd. Kyoto, Japan)로 분석하였다. 시료 주입구 및 검출기 온도는 260°C, 컬럼 오븐 온도는 100°C에서 5분 간 유지한 후, 4°C/min으로 240°C까지 승온시킨 후 15

분간 유지하였다. Carrier gas는 헬륨가스(30.0 mL/min)를 사용하고, split ratio는 1:50으로 하였다. 분석된 지방산은 시료와 동일한 조건에서 분석한 표준물질(Supelco 37 Component FAME Mix; Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MI, USA)의 머무름 시간과 비교하여 동정하였고, 내부 표준물질로 glyceryl triundecanoate (≥ 98%; Sigma-Aldrich Co.)를 사용하였다. 시료의 지방산 함량은 가식부 100 g당 mg으로 나타내었다.

총 아미노산 분석

총 아미노산 분석은 산분해법을 이용하였으며, 시료는 6 N HCl 용액으로 가수분해하고 농축한 후, sodium citrate loading buffer (pH 2.2; Biochrom Ltd., Cambridge, UK)로 정용하여 cation separation column (LCA K06/Na, 4.6 × 150 mm; Sykam GmbH, Eresing, Germany)이 장착된 아미노산자동 분석기(S 7130 AMINO ACID REAGENT ORGANIZER; Sykam GmbH)로 분석하였다. 시료의 총 아미노산 함량은 가식부 100 g당 mg으로 나타내었다.

통계처리

가자미의 일반성분 분석결과에 대한 통계 처리는 SPSS (version 27, software; SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 결과에 대한 분산분석 후 평균 및 표준편차를 구하였고, 항목 간의 유의성 검정은 Duncan의 다중 비교로 P<0.05의 유의 수준에서 유의성 검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

일반성분 함량

남해산 가자미 5종에 대한 일반성분 분석 결과는 Table 1에 나타내었다. 수분 함량은 물가자미가 79.94 g/100 g으로 가장 높았으며, 줄가자미가 75.16 g/100 g으로 가장 낮았다. 반면, 지방 함량에서는 줄가자미가 4.07 g/100 g으로 가장 높게 나타났으며, 물가자미는 0.48 g/100 g으로 가장 낮은 함량을 나타내었다. 단백질 함량은 18.74–19.84 g/100 g의 범위로 나타났으며, 품종 간의 유의적인 차이는 나타내지 않았다. 회분 함량에서는 줄가자미와 기름가자미가 1.10 g/100 g으로 가장 높게 나타났고,

Table 1. Proximate compositions (g/100 g) of 5 types of flounder

Flounders	Proximate composition			
	Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude ash
<i>Clidoderma asperrimum</i>	75.16±0.37 ^e	19.69±0.44 ^{ab}	4.07±0.09 ^a	1.10±0.02 ^a
<i>Pleuronectes yokohamae</i>	79.35±0.09 ^b	19.31±0.50 ^{ab}	0.61±0.01 ^d	0.82±0.01 ^c
<i>Eopsetta grigorjewi</i>	79.94±0.09 ^a	18.74±0.37 ^b	0.48±0.02 ^e	0.96±0.01 ^b
<i>Hippoglossoides dubius</i>	76.39±0.10 ^d	19.17±0.71 ^{ab}	3.10±0.03 ^b	0.83±0.02 ^c
<i>Glyptocephalus stelleri</i>	77.82±0.20 ^c	19.84±0.22 ^a	1.52±0.02 ^c	1.10±0.04 ^a

Values are expressed as mean±SD. Different letters indicate significant differences (P<0.05) according to Duncan's multiple range test.

Table 2. Fatty acid contents (mg/100 g) of 5 types of flounder

Fatty acids	Flounders				
	<i>Clidoderma asperimum</i>	<i>Pleuronectes yokohamae</i>	<i>Eopsetta grigorjewi</i>	<i>Hippoglossoides dubius</i>	<i>Glyptocephalus stelleri</i>
C12:0	1.94	0.07	0.20	1.98	0.88
C13:0	2.23	0.06	0.07	0.43	0.21
C14:0	164.17	5.15	8.79	62.57	29.58
C15:0	21.64	1.75	1.75	7.77	4.66
C16:0	499.44	45.91	82.00	265.99	182.57
C17:0	24.65	2.36	2.93	9.95	7.12
C18:0	106.76	11.70	20.75	52.39	30.16
C20:0	7.84	0.15	1.33	2.35	1.65
C21:0	2.96	0.00	0.24	0.57	0.40
C22:0	2.91	0.00	0.41	0.92	0.51
C23:0	1.31	0.00	0.17	0.39	0.00
C24:0	1.51	0.17	0.73	0.98	1.07
Σ Saturates	837.36	67.32	119.37	406.29	258.82
C14:1n5	6.14	0.13	0.18	2.14	0.69
C15:1n5	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00
C16:1n7	263.66	13.13	18.81	133.08	75.26
C17:1n7	0.69	0.09	0.45	0.00	0.79
C18:1n9t	37.02	1.17	0.39	6.23	2.84
C18:1n9c	672.84	12.42	48.70	201.22	131.63
C18:1n7c	87.41	9.25	8.99	77.65	46.35
C20:1n11	124.02	0.64	1.37	14.54	9.36
C20:1n9	51.09	0.58	7.95	33.24	32.78
C22:1n9	14.82	0.00	1.05	3.83	3.88
C24:1n9	24.10	0.00	3.51	8.13	6.66
Σ Monoenes	1,281.79	37.70	91.39	480.05	310.23
C18:2n6t	0.00	0.09	0.00	0.00	0.15
C18:2n6c	10.97	1.54	4.27	20.29	11.89
C18:3n6	0.84	0.21	0.26	2.19	0.78
C18:3n3	4.42	0.22	1.11	9.54	4.07
C18:4n3	5.21	0.23	1.32	16.50	5.31
C20:2n6	4.54	0.36	0.98	3.34	3.28
C20:3n6	2.35	0.33	0.61	2.08	1.56
C20:3n3	2.24	0.08	0.58	6.62	2.93
C20:4n6	71.91	23.88	17.13	33.42	35.04
C20:4n3c	10.60	0.00	2.05	0.00	0.00
C22:2n6	0.00	0.39	0.00	6.57	4.52
C20:5n3 (EPA)	302.49	47.47	41.40	225.96	142.34
C22:5n6	8.39	0.95	5.60	4.60	6.20
C22:5n3 (DPA)	32.05	5.44	19.01	28.55	29.62
C22:6n3 (DHA)	164.23	21.39	133.62	223.44	242.80
Σ Polyenes	620.24	102.57	227.92	583.10	490.49
Total	2,739.39	207.59	438.68	1,469.44	1,059.54

문치가자미와 홍가자미는 각각 0.82 g/100 g와 0.83 g/100 g으로 가장 낮은 함량을 나타내었다. 가자미 5종 중 기름가자미와 문치가자미는 미국 및 일본 성분표와 비교 가능하였다. 기름가자미의 경우 분석 결과를 USDA (National Nutrient Database)에 수록된 값과 비교하였을 때, 일반성분의 함량은 유사한 것으로 나타내었다(USDA, 2010). 그러나 일본식품표준성분표에 수록된 문치가자미의 일반성분 함량은 지방이 3배 이상 차이가 나는 것으로 확인되었다(MEXT, 2020).

어류의 일반성분 조성은 먹이, 서식환경, 계절, 성숙도 및 크기 등 다양한 체·내외 환경 조건에 따라 영향을 받는다. 가자미는 저서성 어류로, 이동성이 비교적 적기 때문에 활동을 위한 에너지 요구량이 크지 않아 지방 축적량이 적은 반면, 활동이 활발한 회유성 어종인 뱀장어(20.4 g/100 g)와 갯장어(10.5 g/100 g)는 지방 함량이 높은 것이 특징이다(Lee et al., 2011; Moon et al., 2012).

지방산 함량

가자미의 지방산 분석 결과는 Table 2에 나타내었다. 총 지방

산 함량은 줄가자미가 2,739.39 mg/100 g으로 가장 높은 값을 나타내었으며, 그 다음으로 홍가자미(1,469.44 mg/100 g), 기름가자미(1,059.54 mg/100 g), 물가자미(438.68 mg/100 g), 문치가자미(207.59 mg/100 g)의 순으로 나타났다. 가자미류의 지방산은 포화지방산인 myristic acid (C14:0), palmitic acid (C16:0)과 stearic acid (C18:0), 단일불포화지방산인 palmitoleic acid (C16:1n7)과 oleic acid (C18:1n9c), 다중불포화지방산인 eicosapentaenoic acid (C20:5n3, EPA) 및 docosahexaenoic acid (C22:6n3, DHA)의 함량이 높은 것으로 나타났다. 이러한 지방산은 대부분의 어류에서 높게 나타나며, 특히 저서성 어류인 넙치와 용가자미에서도 높은 함량을 나타낸 것을 확인하였다(NIFS, 2022).

또한, 가자미는 linoleic acid (C18:2n6), γ -linolenic acid (C18:3n6), α -linolenic acid (C18:3n3), eicosatrienoic acid (C20:3n6), arachidonic acid (C20:4n6), EPA, DHA와 같은 필수지방산을 함유하고 있으며, 이들 중 EPA는 줄가자미(302.49 mg/100 g)가, DHA는 기름가자미(242.80 mg/100 g)에서 가장 높은 함량을 나타내었다.

Table 3. Total amino acid contents (mg/100 g) of 5 types of flounder

Amino acids	Flounders				
	<i>Clidoderma asperimum</i>	<i>Pleuronectes yokohamae</i>	<i>Eopsetta grigorjewi</i>	<i>Hippoglossoides dubius</i>	<i>Glyptocephalus stelleri</i>
Essential amino acids (E)					
Threonine	871.45	855.10	849.12	868.54	899.78
Valine	1,021.11	983.76	935.86	1,036.43	1,090.95
Isoleucine	963.25	931.40	904.10	984.45	968.02
Leucine	1,617.54	1,578.12	1,504.87	1,651.74	1,653.89
Phenylalanine	827.39	769.69	747.94	855.94	835.99
Histidine	505.73	553.17	538.93	540.93	522.11
Lysine	1,829.26	1,851.16	1,803.87	1,944.39	1,976.92
Methionine	424.49	472.25	476.85	333.25	324.86
Total E	8,060.22	7,994.65	7,761.54	8,215.67	8,272.52
Nonessential amino acids (NE)					
Aspartic acid	2,021.13	1,915.54	1,850.26	2,134.35	2,060.53
Serine	857.16	824.81	750.47	869.64	822.91
Glutamic acid	2,887.11	3,001.48	2,691.79	3,122.29	3,143.43
Proline	660.74	643.52	684.42	644.69	592.91
Glycine	901.75	827.71	770.89	852.09	815.62
Alanine	1,138.00	1,114.55	1,067.57	1,205.13	1,162.41
Tyrosine	643.23	533.9	503.94	635.12	642.21
Arginine	1,192.38	1,206.44	1,093.86	1,223.80	1,231.68
Cysteine	74.10	23.92	72.96	68.58	40.915
Total NE	10,375.60	10,091.87	9,486.16	10,755.69	10,512.62
Total amino acid	18,435.82	18,086.53	17,247.70	18,971.36	18,785.14

총 아미노산 함량

가자미의 총 아미노산 분석 결과를 Table 3에 나타내었다. 가자미의 총 아미노산 함량은 홍가자미(18,971.36 mg/100 g), 기름가자미(18,785.14 mg/100 g), 줄가자미(18,435.82 mg/100 g), 문치가자미(18,086.53 mg/100 g), 물가자미(17,247.70 mg/100 g) 순으로 높게 나타났다. 아미노산은 단백질의 분해산물로서 단백질이 풍부한 식사를 통해 섭취가 가능하나 식품의 종류에 따라 함유하고 있는 아미노산의 종류와 양은 차이가 있다(KMHW, 2015). 아미노산 중 필수 아미노산인 valine, leucine 및 lysine은 기름가자미가 1,090.95 mg/100 g, 1,653.89 mg/100 g 및 1,976.92 mg/100 g으로 가장 많이 함유하는 것으로 나타났다. Valine과 leucine은 항염증 및 면역 반응 촉진의 역할을 하고(Tsuchiya et al., 2022), 체내 흡수율이 높아 근육 성장을 촉진시킴으로써 다양한 대사 기능을 유지하는데 필수적인 단백질원이다(Ahmad et al., 2021). Lysine은 콜라겐 생성과 칼슘 흡수에 관한 기여가 높아 결핍 시 면역 저하를 유발한다고 알려져 있다(Ny et al., 2022; Yoon et al., 2023).

가자미는 비필수 아미노산 중에서 aspartic acid, glutamic acid, alanine과 arginine가 높게 함유되어 있으며, 그 중 glutamic acid가 2,691.79~3,143.43 mg/100 g으로 가장 함량이 많았고, 그 다음으로 aspartic acid가 1,850.26~2,134.35 mg/100 g으로 높게 나타났다. 식품에서 아미노산은 영양학적인 측면뿐만 아니라 맛에 좌우하는 중요한 역할을 한다(Ryu et al., 2009). 감칠맛을 내는 glutamic acid는 향미 증진료로 널리 사용되고 있으며, 뇌 및 장기에서 신경전달물질로서 작용, 고령층 입맛 개선 및 저염 효과 등을 나타낸다(Lee et al., 2017). 또한, aspartic acid는 근육 활동 및 간 보호에 대한 효과가 알려져 있다(Park et al., 2022).

가자미 5종에 대한 아미노산의 조성비를 비교했을 때, 이전에 연구된 넙치(Jang et al., 2009), 민물장어(Ahn et al., 2015), 잉어(Choi et al., 1985)의 총 아미노산 조성과 유사한 경향을 보였다. 이는 어류의 총 아미노산 조성이 어종에 따른 차이가 없다는 보고와 유사한 것을 확인하였다(Lee and Sung, 1977).

따라서, 본 연구를 통하여 지질 함량은 적으나 단백질 함량이 많은 가자미는 필수 지방산과 필수 아미노산 함량이 높아 영양학적으로 우수성을 나타낸 것을 확인하였다.

사 사

이 논문은 2024년 국립수산물과학원 수산시험연구사업(R2024058)의 지원으로 수행된 연구이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

References

Ahmad I, Ahmad I, Fatma S and Peres H. 2021. Role of branched-chain amino acids on growth, physiology and me-

- tabolism of different fish species: A review. *Aquac Nutr* 27, 1270-1289. <https://doi.org/10.1111/anu.13267>.
- Ahn JC, Chong WS, Na JH, Yun HB, Shin KJ, Lee KW and Park JT. 2015. An evaluation of major nutrients of four farmed freshwater eel species (*Anguilla japonica*, *A. rostrata*, *A. bicolor pacifica* and *A. marmorata*). *Korean J Fish Aquat Sci* 48, 44-50. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2015.0044>.
- AOAC (Association of Official Agricultural Chemists). 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed. AOAC International, Gaithersburg, MD, U.S.A.
- Bligh EG and Dyer WJ. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol* 37, 911-917. <https://doi.org/10.1139/o59-099>.
- Cha HK, Kwon HC, Lee SI, Yang JH, Chang DS and Chun YY. 2008. Maturity and spawning of Korean flounder *Glyptocephalus stelleri* (Schmidt) in the East Sea of Korea. *Korean J Ichthyol* 20, 263-271.
- Cha HK, Kang SK, Choi JH, Oh TY and Seo YI. 2011. Reproduction of the Shotted halibut in the southern Korean waters. *J Kor Soc Fish Tech* 47, 194-202. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2011.47.3.194>.
- Choi JH, Rhim CH, Choi YJ, Park KD and Oh SK. 1985. Comparative study on amino acid profiles of wild and cultured carp, and Israeli carp. *Bull Korean Fish Soc* 18, 545-549.
- Choi YM, Yoon BS, Park JH, Park KY, Sohn MH, Lee JB and Kim JW. 2013. Maturation and spawning of the flathead flounder *Hippoglossoides dubius* off the coast of Gangwon Province, East Sea of Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 46, 835-842. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2013.0835>.
- Han DW, Han HJ, Kim DG, Im MJ and Cho SY. 2013. Optimal fermentation conditions (temperature and salt concentration) for preparing flounder *Verasper moseri Jordan et Gilberti* Sikhae. *Korean J Fish Aquat Sci* 46, 689-695. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2013.0689>.
- Jang MS, Kang YJ, Kim KW, Kim KD, Lee HY and Heo SB. 2009. Quality characteristics of cultured olive flounder *Paralichthys olivaceus* fed with extruded pellets; I. Comparison of fatty acid and amino acid contents. *Korean J Food Sci Technol* 41, 42-49.
- Kim SR, Cha HK, Lee JB, Lee HW, Yang JH, Baek HJ and Kim ST. 2016. Maturity and spawning of the marbled flounder *Pseudopleuronectes yokohamae* off the Coast of Pohang, East Sea. *Korean J Fish Aquat Sci* 49, 367-375. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2016.0367>.
- MFDS (Korean Ministry of Food and Drug Safety). 2021. Korean Food Standards Codex. MFDS, Osong, Korea.
- MHW (Korean Ministry of Health and Welfare). 2015. Dietary Reference Intakes for Koreans. MHW, Sejong and Yongin, Korea.
- KOSIS (Korean Statistics Information Services). 2020. Production of Major Varieties by Fishery in Ulsan. Statistics Korea, Daejeon, Korea.

- KMI (Korean Marine Equipment Research Institute). 2015. Trend of Fisheries Import from FTA Partners. KMI, Busan, Korea, 36-38.
- Lee DS, Yoon HD, Kim YK, Yoon NY, Moon SK, Kim IS and Jeong BY. 2011. Proximate and fatty acid compositions of 14 species of Coastal and offshore fishes in Korea. Korean J Fish Aquat Sci 44, 569-576. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2011.0569>.
- Lee EH and Sung NY. 1977. The taste compounds of fermented squid, *Loligo kobeensis*. Korean J Food Sci Technol 9, 255-263.
- Lee KW, Chun SH and Kim HE. 2017. Bioavailability and functions of L-glutamic acid. Food Sci Ind 50, 93-104. <https://doi.org/10.23093/FSI.2017.50.3.93>.
- Lim HK, Jeong MH, Do YH and Son MH. 2012. Sexual maturity and reproductive cycle of roughscale sole *Clidoderma asperimum* cultured in indoor tank. J Fish Mar Sci Edu 24, 1003-1012. <https://doi.org/10.13000/JFMSE.2012.24.6.1003>.
- MEXT (Ministry of Education, Culture, Sports, Science, and Technology). 2020. Standard Tables of Food Composition on Japan (eighth revised edition). Retrieved from https://www.mext.go.jp/en/policy/science_technology/policy/title01/detail01/1374030.htm on Jan 9, 2024.
- Moon SK, Lee DS, Yoon HD, Kim YK, Yoon NY, Kim IS and Jeong BY. 2012. Proximate and fatty acid compositions of three species of imported and domestic freshwater fishes. Korean J Fish Aquat Sci 45, 612-618. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2012.0612>.
- NFRDI (National Fisheries Research & Development Institute). 2014. Technical Report of National Fisheries Research and Development Institute. NFRDI, Busan, Korea, 695-703.
- NIFS (National Institute of Fisheries Science). 2020. Production and Distribution of Promotional Materials Introducing Methods to Distinguish Imported Flounder. NIFS, Busan, Korea.
- NIFS (National Institute of Fisheries Science). 2022. Handbook for Fatty Acids of Fisheries Products in Korea. Hangeul Graphics, Busan, Korea.
- Ny V, Needham T and Ceacero F. 2022. Potential benefits of amino acid supplementation for cervid performance and nutritional ecology, with special focus on lysine and methionine: A review. Anim Nutr 11, 391-401. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2022.09.001>.
- Park JS, Roy VC, Kim SY, Lee SC and Chun BS. 2022. Extraction of edible oils and amino acids from eel by-products using clean compressed solvents: An approach of complete valorization. Food Chem 388, 132949. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132949>.
- Ryu KY, Shim SL, Kim W, Jung MS, Hwang IM, Kim JH, Hong CH, Jung CH and Kim KS. 2009. Analysis of the seasonal change of the proximate composition and taste components in the conger eels (*Conger myriaster*). J Korean Soc Food Sci Nutr 38, 1069-1075. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2009.38.8.1069>.
- Sohn MH, Yang JH, Park JH, Lee HW, Choi YM and Lee JB. 2013. Stock assessment and optimal catch of blackfin flounder *Glyptocephalus stelleri* in the East Sea, Korea. Korean J Fish Aquat Sci 46, 598-606. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2013.0598>.
- Tsuchiya Y, Yanagimoto K, Sunagawa N, Ueda H, Tsuji K and Ochi E. 2022. Omega-3 fatty acids enhance the beneficial effect of BCAA supplementation on muscle function following eccentric contractions. J Int Soc Sport Nutr 19, 565-579. <https://doi.org/10.1080/15502783.2022.2117994>.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2010. National Nutrient Database. Retrieved from <https://fdc.nal.usda.gov> on Jan 9, 2024.
- Yoon NY, In JJ, An BK, Han HG, Son SA, Lee WJ, Lee JB, Bae YJ, Park HM, Joo HJ and Shim KB. 2023. Comparison of the nutritional composition of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* from different inland-based trout farms. Korean J Fish Aquat Sci 56, 33-43. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2023.0033>.