

명란의 등급별 영양 특성

박영주¹ · 정효빈² · 김진수^{1,3*}

¹경상대학교 수산식품산업화 기술지원센터, ²덕화푸드 기업부설연구소, ³경상대학교 해양식품생명의학과/해양산업연구소

Nutritional Components of Alaska Pollock *Theragra chalcogramma* Roe of Various Grades

Young Joo Park¹, Hyo-Pin Jeong² and Jin-Soo Kim^{1,3*}

¹Research Center for Industrial Development of Seafood, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

²Research and Development Institute, Deok-Hwa Food, Busan 49277, Korea

³Department of Seafood and Aquaculture Science/Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

The objective of this study was to investigate Alaska pollock *Theragra chalcogramma* roe grade distribution among blocks and its nutritional components by grade. M grade roe was predominantly distributed in blocks labeled as L and M (52.1 and 82.8%, respectively), and S grade roe was mainly found in blocks labeled as S (98.6%). Products labeled as containing KB and KC grade roe contained 77.1 and 65.5% normal roe, respectively. Among the five roe grades (L, M, S, G, and Off), total amino acid content was higher in normal roe than in abnormal roe. The major amino acids found in normal roe were leucine, aspartic acid, and glutamic acid, whereas G and Off grade roe contained leucine and glutamic acid, but not aspartic acid. The calcium, phosphorus, potassium, and iron contents of the five roe grades were within the ranges 13.0-20.0, 314.4-392.0, 124.1-157.7, and 1.7-2.2 mg/100 g, respectively. The five roe grades contained total fatty acid contents of 765-1,252 mg/100 g, with no significant differences among grades. The major fatty acids were 16:0, 18:1n-9, 20:5n-3, and 22:6n-3.

Key words: Alaska pollock, *Theragra chalcogramma*, Roe, Alaska pollock roe, Salted pollock roe

서론

명태는 서식 수온이 2-10°C 범위이어서 한국 동해, 북부 오호츠크해, 베링해, 알래스카에 걸친 북태평양의 전 해안역에서 광범위하게 서식하고 있고, 이들은 수온에 따라 회유경로를 달리하고 있다(Chen et al., 2015). 이들 명태는 수명이 10년 이상인 것으로 알려지고 있고, 그 크기가 약 34 cm 이상이 되는 경우 수온이 1-3°C 범위인 12-3월의 시기인 겨울철에 크기가 1.2-1.7 mm, 포란수가 7.2만-46.2만인 난을 포란하며, 이 난들은 3.5-4.3 mm 크기로 부화한다. 부화란은 1개월 후에 6.4 mm, 2개월 후에 4.0 cm, 6개월 후에 4-7 cm, 1년 후에 15.9 cm (22 g), 2년 후에 25.8 cm (94 g), 3년 후에 34 cm (208 g), 4년 후에 40 cm (346 g), 5년 후에 45 cm (494 g), 6년 후에 49 cm (640

g)로 성장하고, 3-4년 후에 산란을 한다(Kim and Kim, 2014; Hintermeister, 2017). 그러나, 명태는 최근 우리나라에서 기후 이상 변화로 전혀 어획되지 않아, 필렛(fillet) 소재로 이용되는 명태와 이의 가공부산물인면서 젓갈 소재인 명란과 창란을 모두 미국, 러시아 및 일본 등으로부터 수입하고 있다. 이 중 명란은 동결되고, 이들 동결 블록(block) 3개를 1팩(pack)으로 하여 무게 기준(L, M, S, 2S), 절단 정도 기준(KA, KB, KC), 숙성 정도(미숙란, 성숙란, 과숙란) 등으로 표기되어 수입되고 있다.

한편, 어란은 어류가 새끼를 부화시키기 위한 전단계에서 생성되는 산물로서 모든 영양분이 축적되어 있다. 즉, 명란은 수분 함량이 70% 이하로 아주 낮아 상대적으로 고형물 함량이 높고, 특히 단백질 함량이 아주 풍부하여 고단백 식품으로 널리 알려져 있다(Kim and Kim, 2014). 또한, 명란은 나트륨 배출 효과

*Corresponding author: Tel: +82. 55. 772. 9146 Fax: +82. 55. 772. 9149

E-mail address: jinsukim@gnu.ac.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.2019.0105>

Korean J Fish Aquat Sci 52(2), 105-113, April 2019

Received 29 January 2019; Revised 21 February 2019; Accepted 28 February 2019

저자 직위: 박영주(연구원), 정효빈(대리), 김진수(교수)

가 있는 칼륨 함량이 풍부하고(Hintermeister, 2017), 필수아미노산 함량이 풍부하면서, 곡류 제한아미노산이면서, 어린이 성장에 도움이 되는 lysine 함량이 풍부할 뿐만이 아니라(Kim et al., 2012), 뇌 기능을 촉진하여 뇌 질환 예방에 효과가 있는 대표적인 오메가-3 지방산인 eicosapentaenoic acid (EPA, 20:5n-3) 및 docosahexaenoic acid (DHA, 22:6n-3) 등(Alimuddin et al., 2007; Meeren et al., 2009)의 고도 불포화 지방산이 아주 풍부하다(RDA, 2007). 그러나, 명란의 이러한 영양 특성은 산란 시기, 난의 크기에 따라 영양분의 축적 정도에 차이가 있다.

하지만 명란에 관한 연구는 Chiou et al. (1989a; 1989b)의 명란 젓갈의 원료 및 제품에 대한 맛성분의 비교, 명란을 활용한 가공 중 단백질분해효소의 활성과 변화, Chen et al. (2016)의 시판 명란 젓갈 제품의 객관적인 품질 평가, Uchiumi and Suzuki (2015)의 명란의 동결 전 탈수처리에 의한 동결 명란의 품질 특성, Bechtel et al. (2007)의 미숙 명란 유래 단백질 분획물의 영양 특성, Ueda et al. (2009)의 소비자 기호도와 같은 명란 가공품에 대한 연구가 대부분이고, Hintermeister (2017)의 명란 생산 시기별 영양 성분의 특성 비교에 관한 연구 등과 같은 원료 명란의 영양 성분에 대한 연구는 아주 제한적으로 이루어지고 있다. 따라서 명란을 활용한 고부가가치 제품을 생산하기 위하여는 등급을 달리한 원료 명란의 품질 및 영양 특성과 같은 기초 연구가 절실히 필요하다.

본 연구는 명란의 고도 이용을 목적으로 등급을 달리한 박스 당의 명란의 개수 및 무게와 같은 기초 특성은 물론이고, 이들의 영양 특성에 대하여 살펴보았다.

재료 및 방법

재료

원료 명란은 2015-2017년에 명태로부터 채취한 러시아산을 부산광역시 소재 D사로부터 무게를 달리한 정상란 3종[L 등급(외란의 무게로서 65-90 g), M 등급(외란의 무게로서 40-65 g), S 등급(외란의 무게로서 25-40 g)], 미숙란 1종(G 등급), 그리고 등급외 1종(Off 등급)을 2017년 8월부터 2018년 8월까지 제공받아 실험에 사용하였다. 여기서 실험에 사용한 명란은 블록(약 7.5 kg) 상태로 자연해동(20℃ 내외에서 12시간)하여 사용하였고, 각각의 시료는 박스에 표기된 등급의 것을 분리한 다음 사용하였다. 이후 본 논문에서 명란은 난막에 함유되어 있는 알의 덩어리 상태의 것으로, 알은 난막에 함유되어 있는 각각의 것으로 정의하여 언급하였다.

외란(single roe)의 무게 및 개수

박스 당 무게는 이들 블록을 대용량(20 g-60 kg) 측정용 전자 저울(FA-150, AND, Korea)로, 외란의 무게는 소용량(0.001-410 g) 측정용 전자 저울(PA413, Ohaus, NJ, USA)로 각각 측정하였고, 외란의 개수는 블록당으로 계수하

였다.

총아미노산

총아미노산의 분석을 위한 시험 용액은 일정량의 명란(약 50 mg)과 6 N 염산 2 mL를 각각 가한 튜브를 밀봉하고, 이를 heating block (HF21, Yamato Scientific Co., Japan)에서 가수분해(110℃, 24시간)한 다음 glass filter로 여과하고, 염산의 제거를 위하여 감압건조한 후 감압건조물을 0.2 M sodium citrate buffer (pH 2.2)로 정용하였다. 이의 일정량을 이용하여 아미노산자동분석기(Biochrom 30, Amersham Pharmacia Biotech, England)로 아미노산을 분석하고, 정량하였다.

무기질

무기질 분석을 위한 시험용액의 제조는 Kim (2014)이 언급한 방법에 따라 실시하였다. 명란은 동결 건조하고, 분쇄하여 사용하였다. 명란의 무기질 분석용 시험용액의 제조를 위하여 테프론 분해기(teflon bomb)에 건조 명란 1 g과 무기질 분석용 고순도 질산 10 mL를 가하고 상온에서 150분 동안 반응시킨 다음 시료의 완전 분해를 위하여 테프론 분해기를 밀폐시키고, 가열판으로 150±5℃에서 400분간 가열한 후 노란색을 띠는 맑은 용액이 될 때까지 분해시켜 제조하였다. 이어서 테프론 분해기의 코크를 열어 압력을 제거하고, 뚜껑을 열어 100±5℃에서 질산이 1 mL 정도가 되도록 증발시킨 다음 여기에 다시 무기질 분석용 고순도 질산 10 mL를 가하고, 시료의 완전 분해를 위하여 테프론 분해기의 밀폐, 가열(150±5℃, 400분)하는 과정을 한 번 더 반복하였다. 명란의 무기질 분석용 시험용액은 테프론 분해기의 질산이 1 mL 정도가 되었을 때 분해를 종료하고 2% 질산 용액으로 재용해한 다음, 여과 및 정용(100 mL)하여 제조하였다.

무기질의 분석은 ICP-OES [Inductively coupled plasma mass spectrophotometer, XSeries II, Thermo Fisher Scientific Inc., UK]에 시험 용액(50 µL)을 주입한 다음 식품공전(MFDS, 2019)에 제시되어 있는 조건(carrier gas: argon, RF power: 1,300 w, plasma gas flow: 10 L/min, auxiliary gas flow: 0.2 L/min, pump flow: 1.0 mL/min, pump speed: 100rpm, nebulizer gas flow: 0.55 L/min)에 따라 실시하였다.

지방산

지방산 조성의 분석을 위한 시료유는 chloroform-methanol (2:1, v/v) 혼합액을 추출 용매로 사용하는 Bligh and Dyer (1959)법으로 추출하여 사용하였다. 명란의 지방산은 추출 시료유를 이용하여 American Oil Chemists' Society (AOCS, 1990)법에 따라 지방산 메틸에스테르화한 후에 capillary column (Supelcowax-10 fused silica wall-coated open tubular column, 30 m×0.25 mm I.d., Supelco Japan Ltd., Tokyo)이 장착된 gas chromatography [Shimadzu 14A (Shimadzu, Kyoto, Japan); carrier gas, He; detector, FID]를 이용하여 분석하였

다. 지방산의 분석 조건은 injector 및 detector (FID) 온도를 각각 250℃로 하고, 칼럼 온도는 230℃까지 승온시킨 다음 15분간 유지하였다. Carrier gas는 He (1.5 kg/cm²)을 사용하였으며, split ratio는 1:50으로 하였다. 이 때 지방산의 동정은 표준지방산(Applied Science Lab. Co., USA)과의 retention time을 비교하여 실시하였다.

결과 및 고찰

명란의 등급화를 위한 분류

등급을 달리한 명란의 영양 특성을 효율적으로 검토하기 위하여 명란의 등급을 조사한 다음 이들의 종류와 특성을 Table 1에 나타내었다. 명란은 1) 알의 성숙도, 형태 및 색 등에 따라 정상란과 비정상란으로, 2) 알의 성숙도에 따라 미숙란, 완숙란, 과숙란 등으로, 3) 절단정도에 따라 정상란과 절단란으로, 4) 색에 따라 정상란과 흑란, 기타(갈색, 녹색 등)란 등으로 분류할 수 있다.

정상란은 1) 성숙도 면에서 완숙란을 의미하고, 2) 형태 면에서 막이 절단되거나, 막 밖으로 분리되지 않은 상처가 없는 정상적인 난을 의미하며, 3) 색 면에서 명란 고유의 색인 베이지색을 가지면서 기타 흑색, 갈색의 바탕 또는 반점, 혈액, 담즙 등이 없는 난을 말한다. 이들 정상란은 다시 외란(single roe)의 무게에 따라 3L (125 g 이상), 2L (90-125 g 범위), L (65-90 g 범위), M (40-65 g 범위), S (25-40 g 범위), 2S (15-25 g 범위)로 분류되기도 한다. 즉, 비정상란은 1) 성숙도 면에서 미숙란이거나, 과숙란이 여기에 해당하고, 2) 형태 면에서 막이 절단되어 있는 절단란, 막 밖으로 분리되어 있는 분리란이 해당되며, 3) 색 면에서 명란 고유의 색인 베이지색 또는 기타 색을 가지면서 흑색, 갈색의 바탕 또는 반점, 혈액, 담즙 등이 있는 난을 말한다.

성숙도 기준 미숙란은 난이 성숙기에 도달하지 않은 명란으로, 난막이 두껍고, 난의 입자가 작으며, 색이 투명감이 없는 황갈색이고, 조직감이 껌을 씹는 듯한 이질감이 느껴진다. 이로 인하여 미숙란은 저급 명란으로 분류되고 있다. 완숙란은 산란 적정 시기에 도달한 성숙기의 명란으로, 일반적으로 난막이 탄

Table 1. Classification and characterization of Alaska pollock *Theragra chalcogramma* roes

Criterion	Roe	Japanese	Characterization
Normal or Abnormal	Normal	-	<ul style="list-style-type: none"> • Normal in maturity, shape, color • Ovary full of egg
	Abnormal	-	<ul style="list-style-type: none"> • Abnormal in maturity, shape, color • A little empty ovary
Maturity	Immature	Gamuko	<ul style="list-style-type: none"> • Prior to period of maturity • Thickness in ovary membrane/ Yellow -Bown in color/ Sense of difference in texture/ Small in roe • Low quality roe
	Mature	Mako	<ul style="list-style-type: none"> • Adequate period of maturity • Roe without any defects or very small defects • Beige in color/Elasticity in texture/Large in size • 66-73% in moisture • Highest quality roe
	Overmature	Mizuko	<ul style="list-style-type: none"> • Early posterior to the period of over-maturity • Thin in ovary membrane/ Colorlessness in color/ Low density and overripe in egg • 73-83% in moisture
	Off-grade	Kawako	<ul style="list-style-type: none"> • Early posterior to the period of over-maturity • A little empty ovary
Demage	Normal	-	<ul style="list-style-type: none"> • Un-cut and un-loosed roe
	Cut	Kireko	<ul style="list-style-type: none"> • Roe in cutted ovary
	Separated	Barako	<ul style="list-style-type: none"> • Roe loosed from ovary
Color	Normal	-	<ul style="list-style-type: none"> • Beige
	Blacken	Kuroki	<ul style="list-style-type: none"> • Black
	Others	-	<ul style="list-style-type: none"> • Slightly discolored with blood or bile
Weight	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • 3L (more than 125 g)/2L (90-125 g)/L (65-90g) • M (40-65 g) • S (25-40 g)/ 2S (15-25 g)

Source: Balaban et al. (2012), Hazime and Mizuo (2008), Tsuyuki and Fuke (1978).

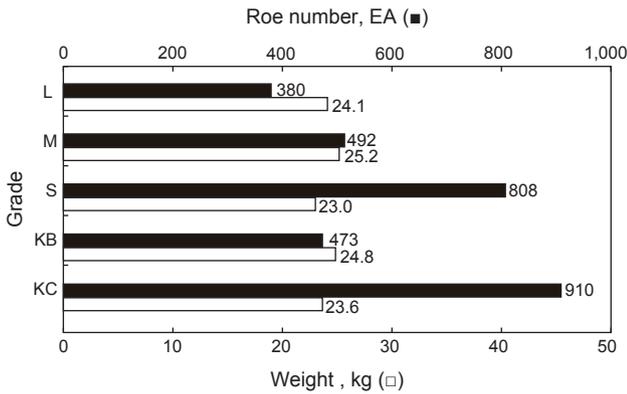


Fig. 1. Number and total weight of Alaska pollock *Theragra chalcogramma* roe (single) in the box (3 blocks) expressed as L, M, S, KB and KC grades. L, Large grade; M, Medium grade; S, Small grade; KB, Kireko B grade; KC, Kireko C grade.

력이 있고, 난의 입자가 크며, 알은 옅은 베이지색을 가지고, 수분 함량이 66-73% 범위이다. 따라서, 완숙란은 최상급의 명란으로 분류되고 있다. 과숙란은 산란 직전 혹은 산란이 시작된 명란, 초기 과숙란을 말한다. 과숙란은 난막 표피가 얇고, 수분 함량이 73-83% 범위로 높아 난 밀도가 낮으며, 이로 인하여 수란이라고도 한다. 과숙란은 난막 내의 난 입자가 부분적으로 무색 투명하며, 흐물흐물하다. 따라서, 과숙란은 저급 명란으로 분류되고 있다. Off 등급은 산란 성기를 경과한 후기 과숙란으로, 산란 후 난막 내에 알입자가 없거나 적어진 알을 말한다.

형태 기준 정상란은 아무런 손상이 없거나 알이 분리되지 않은 말한다. 절단란은 명란을 분리하는 공정에서 알이 너무 커서 알을 자르거나 난막이 손상된 알을 말한다. 절단란은 주로 산란 시기에 도달한 성숙기의 명란(완숙란)이나 산란 직전 혹은 산란이 시작된 명란(과숙란)이 절단된 명란을 말한다. 분리란은 채란 중 또는 제조공정 중 난막으로부터 분리된 난을 말한다. 분리란은 1) 미숙란, 2) 완숙란, 3) 과숙란, 4) Off 등급 등에서 발

생할 수 있다.

색 기준 정상란은 알에 함유되어 있는 카로테노이드계 색소인 아스타산틴이 함유되어 있어 옅은 베이지색을 나타낸다. 그러나 이 명란의 베이지색은 명란의 종류마다 아스타산틴의 농도가 달라 진한 정도가 다르다. 따라서, 명란 젓갈 등의 소재로 이용하고자 하는 경우 색의 균일화를 위하여 대부분이 천연 또는 자연 착색료를 사용하고 있다. 흑변란은 난의 모세혈관에 존재하는 혈전 또는 혈액의 헤모글로빈(hemoglobin)의 산화, 담즙 또는 자가소화효소에 의하여 난의 일부가 흑색 또는 녹색으로 변화한 명란을 말한다.

명란의 무게에 따른 용어로는 정상란을 전제로 하고, 외란(single roe)의 무게에 따라 3L, 2L, L, M, S, 2S로 분류한다. 정상란의 무게 분류는 3L의 경우 125 g 이상, 2L의 경우 90-125 g 범위, L의 경우 65-90 g 범위, M의 경우 40-65 g 범위, S의 경우 25-40 g 범위, 2S의 경우 15-25 g 범위 등으로 실시하기도 한다.

표기 등급별 박스(box) 내 외란의 개수

명란의 포장재 표기 등급(L, M, S, KB, KC)별 박스[3블록(block)으로 구성] 당 외란(single roe)의 총 개수와 무게는 Fig. 1과 같다. 명란의 포장재 표기 등급별 박스내 외란의 총개수는 정상란 등급의 경우 L 등급이 380개, M 등급이 492개, S 등급이 808개로 등급이 낮을수록 개수가 많았고, 절단란 등급의 경우 KB 등급이 473개, KC 등급이 910개로 손상의 정도가 많을수록 많았다. 이와 같은 결과는 등급별 개당 외란의 개수가 적은 것일수록 무게(L 등급 65-90 g 범위, M 등급 40-65 g 범위 및 S 등급 25-40 g 범위)가 무거워 부피를 많이 차지하기 때문이다.

명란의 포장재 표기 등급별 박스[3블록(block)으로 구성]당 무게는 정상란의 경우 L 등급이 24.1 kg, M 등급이 25.2 kg, S 등급이 23.0 kg이었고, 절단란 중 KB의 경우 24.8 kg, KC의 경우 23.6 kg이었다. 본 실험에 사용한 명란 블록의 표기 내용물의 중량은 7.5 kg이었고, 실험에 이용된 명란 15블록 각각의 해동 후 중량은 모두 7.5 kg 이상이였다. 한편, 식품의약품안전처 고시(MFDS, 2018) 식품 등의 표시기준 제10조 중량 등의 허용

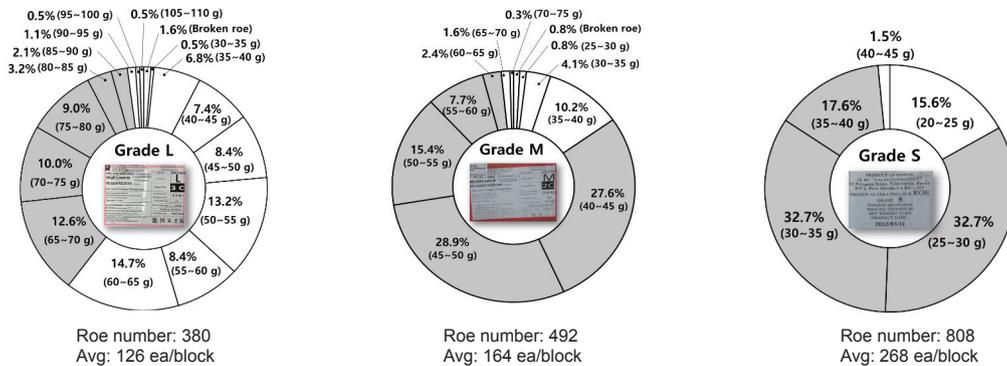


Fig. 2. Weight distribution of Alaska pollock *Theragra chalcogramma* roe (single) in the box (3 blocks) expressed as L, M and S grades.

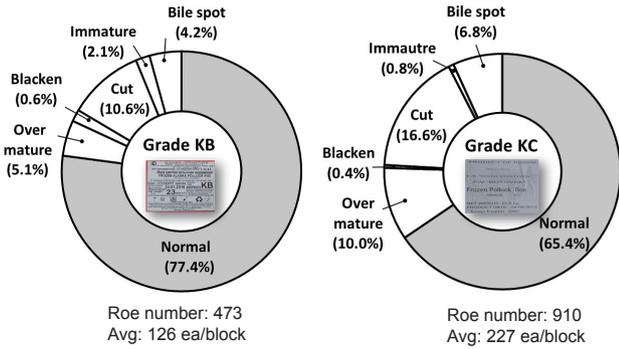


Fig. 3. Distribution of normal and abnormal Alaska pollock *Theragra chalcogramma* roes (single) in the box (3 blocks) expressed as KB and KC grades.

오차에 의하면 식품이 1-10 kg의 경우 표시량에 비하여 부족분의 허용오차를 1.5%까지 허용된다.

표기 등급별 박스(box) 내 명란의 무게 분포

명란의 포장재 표기 등급(L, M, S)별 박스(3블록) 당 외란

(single roe)의 무게를 5 g 범위로 나누어 그 분포도를 살펴본 결과는 Fig. 2와 같다. L 등급으로 표기된 명란 3블록을 해당하여 각 외란의 무게를 측정하고 다음 5 g 범위로 나누어 분류하여 살펴본 결과, 명란 L 등급으로 표기된 3블록의 외란 무게 분포 그룹은 30-110 g 범위에서 16개 그룹과 절단란 그룹으로 이루어져 있었으나, 100-105 g 범위의 경우 존재하지 않았고, 절단란의 경우 6건이 존재하였다. 명란 L 등급 3블록의 외란 총 개수는 380개이었다. 명란 L 등급으로 표기된 3블록의 무게 범위별 개수는 60-65 g 범위가 56개(14.7%)로 가장 많았고, 다음으로 50-55 g 범위(50개, 13.2%), 65-70 g 범위(48개, 12.6%), 70-75 g 범위(38개, 10.0%), 75-80 g 범위(34개, 9.0%), 55-60 g 범위와 45-50 g 범위(모두 32개, 8.4%) 등의 순으로 구성되어 있었으며, 이들은 전체의 76.2%를 차지하였다. 한편, 명란 L 등급 3블록 내에 30-35 g 범위, 95-100 g 범위 및 105-110 g 범위는 모두 2개(0.5%)로 구성되어 있었다. 한편, L 등급 박스는 절단란을 6개(1.6%) 함유하고 있었다. 이상의 등급 L 3블록 380개의 외란 무게 분포에 대한 결과를 명란의 Table 1에 제시한 등급 분류 기준에 적용하였을 때 S 등급(25-40 g 범위)이 28개(7.4%), M 등급(40-65 g 범위)이 198개(52.1%), L 등급(65-90 g 범위)이 140개(36.8%), 2L 등급(90-125 g 범위)이 8개(2.1%)로 구성

Table 2. Total amino acid content (g/100 g) of Alaska pollock *Theragra chalcogramma* roe from Russia as affected by grade

Amino acid	Grade					
	L	M	S	G	Off	
Essential	Isoleucine	1.16 (5.3) ¹	0.97 (4.7)	1.08 (5.4)	0.99 (5.8)	0.79 (4.6)
	Leucine	2.06 (9.5)	1.66 (8.0)	1.91 (9.6)	1.73 (10.1)	1.41 (8.2)
	Lysine	1.71 (7.8)	1.36 (6.5)	1.55 (7.8)	1.20 (7.0)	1.23 (7.1)
	Methionine	0.28 (1.3)	0.18 (0.9)	0.29 (1.5)	0.50 (2.9)	0.19 (1.1)
	Phenylalanine	1.06 (4.9)	0.91 (4.4)	0.91 (4.6)	0.72 (4.2)	0.76 (4.4)
	Threonine	1.09 (5.0)	0.91 (4.4)	0.97 (4.9)	0.77 (4.5)	0.76 (4.4)
	Valine	1.32 (6.1)	1.15 (5.5)	1.13 (5.7)	1.08 (6.3)	0.90 (5.2)
	Histidine	0.48 (2.2)	0.40 (1.9)	0.43 (2.2)	0.33 (1.9)	0.37 (2.1)
	Sub-total	9.16 (42.1)	7.54 (36.3)	8.27 (41.7)	7.32 (42.7)	6.41 (37.1)
Non essential	Arginine	1.14 (5.2)	0.97 (4.7)	1.97 (9.9)	0.80 (4.7)	0.84 (4.9)
	Tyrosine	1.03 (4.7)	0.92 (4.4)	0.91 (4.6)	0.70 (4.1)	0.80 (4.6)
	Cysteine	0.25 (1.1)	0.26 (1.3)	0.22 (1.1)	0.28 (1.6)	0.19 (1.1)
	Glycine	0.72 (3.3)	0.60 (2.9)	0.64 (3.2)	0.63 (3.7)	0.56 (3.2)
	Proline	1.55 (7.1)	1.44 (6.9)	1.05 (5.2)	1.67 (9.7)	1.32 (7.6)
	Alanine	1.63 (7.5)	1.40 (6.7)	1.48 (7.4)	1.31 (7.6)	1.14 (6.6)
	Aspartic acid	1.86 (8.5)	1.78 (8.6)	1.66 (8.3)	1.31 (7.6)	1.37 (7.9)
	Glutamic acid	3.04 (14.0)	4.53 (21.8)	2.56 (12.8)	2.14 (12.5)	3.65 (21.1)
	Serine	1.41 (6.5)	1.36 (6.5)	1.23 (6.2)	0.99 (5.8)	0.99 (5.7)
	Sub-total	12.63 (57.9)	13.26 (63.8)	11.72 (58.7)	9.83 (57.3)	10.86 (62.9)
Total	21.79 (100.0)	20.80 (100.1)	19.99 (100.4)	17.15 (100.0)	17.27 (99.8)	

¹(Content of each amino acid/ Content of total amino acid)×100.

되어 있었다. 따라서, 명란 박스에 표기되어 있는 L 등급은 표기 품목인 L 등급보다는 M 등급(52.1%)이 주요 품목이었고, 다음으로 L 등급(36.8%), S 등급, 2L 등급의 순이었다.

명란 박스에 M 등급으로 표기된 3블록을 해동하여 각 외란의 무게를 측정하여 다음 5 g 범위로 나누어 분류하여 살펴보았다. 명란 M 등급으로 표기된 3블록의 외란 무게 분포 그룹은 25-75 g 범위에서 10개 그룹과 절단란 그룹으로 이루어져 있었고, 절단란의 경우 4건이 존재하였다. 명란 M 등급 3블록의 외란 총개수는 492개이었다. 명란 M 등급 3블록의 무게 범위별 개수는 45-50 g 범위가 142개(28.9%)로 가장 많았고, 다음으로 40-45 g 범위(136개, 27.6%), 50-55 g 범위(76개, 15.4%), 35-40 g 범위(50개, 10.2%), 55-60 g 범위(38개, 7.7%), 30-35 g 범위(20개, 4.1%), 60-65 g 범위(12개, 2.4%) 등의 순으로 구성되어 있었으며, 이들은 전체의 96.3%를 차지하였다. 이상의 명란 M 등급 3블록 492개의 외란 무게 분포에 대한 결과를 명란의 Table 1에 제시한 등급 분류 기준에 적용하였을 때 S 등급(25-40 g 범위)이 74개로 15.1%, M 등급(40-65 g 범위)이 404개로 82.0%, L 등급(65-90 g 범위)이 10개로 2.0%로 구성되어 있었다. 따라서, 명란 박스에 표기되어 있는 M 등급은 실제 82.0%가 함유되어 있어 주요 품목이었고, 다음으로 S 등급, L 등급의 순이었다.

명란 박스에 S 등급으로 표기된 3블록을 해동하여 각 외란의 무게를 측정하여 다음 5 g 범위로 나누어 분류하여 살펴보았다. 명란 S 등급으로 표기된 3블록의 외란 무게 분포 그룹은 20-45 g 범위에서 5개 그룹으로 이루어져 있었고, 절단란의 경우 존재하지 않았다. 명란 S 등급 3블록의 외란 총개수는 808개이었다. 명란 S 등급 3블록의 무게 범위별 개수는 25-30 g 범위와 30-35 g 범위의 2개 그룹이 모두 264개로 모두 32.7%로 가장 높고 이들은 전체의 65.4%를 구성하였고, 다음으로 35-40 g 범위(142개, 17.6%), 20-25 g 범위(126개, 15.6%), 40-45 g 범위(12개, 1.5%)의 순이었다. 이상의 명란 S 등급 3블록 808개의 외란 무게 분포에 대한 결과를 명란의 Table 1에 제시한 등급 분류 기준에 적용하였을 때 S 등급(25-40 g 범위)이 670개로 82.9%, M 등급(40-65 g 범위)이 12개로 1.5%, 2S 등급이 126개로 15.6%, L 등급(65-90 g 범위)이 구성되어 있지 않았다. 따라서, 명란 박스에 표기되어 있는 S 등급은 실제 82.9%가 함유되어 있어 주요 품목이었고, 다음으로 2S 등급, M 등급의 순이었다.

표기 등급별 박스(box) 내 비정상란의 분포

명란의 포장재 표기 등급(KB, KC)별 박스(3블록) 당 정상란과 비정상란(미숙란, 과숙란, 흑변란, 절단란, 담즙란 등)으로 나누어 그 분포도를 살펴본 결과는 Fig. 3과 같다. 명란 박스에 KB 등급으로 표기된 3블록을 해동하여 각 외란을 산출한 결과 모두 473개이었다. 명란 박스에 KB 등급으로 표기된 3블록을 해동하여 각 외란을 정상란과 비정상란으로 선별하여 살펴본 결과 정상란은 366개로 77.4%이었고, 비정상란은 107개로 22.6%이었다. 비정상란은 절단란의 경우 50개로 10.6%, 과숙란의 경우 24개로 5.1%, 담즙란의 경우 20개로 4.2%, 미숙란의 경우 10개로 2.1%, 흑변란의 경우 3개로 0.6%로 구성되어 있었다.

명란 박스에 KC 등급으로 표기된 3블록을 해동하여 각 외란을 산출한 결과 모두 910개이었다. 명란 박스에 KC 등급으로 표기된 3블록을 해동하여 각 외란을 정상란과 비정상란으로 선별하여 살펴본 결과 정상란은 595개로 65.4%이었고, 비정상란은 315개로 34.6%이었다. 비정상란은 절단란의 경우 151개로 16.6%, 과숙란의 경우 91개로 10.0%, 담즙란의 경우 62개로 6.8%, 미숙란의 경우 7개로 0.8%, 흑변란의 경우 4개로 0.4%로 구성되어 있었다.

등급을 달리한 명란의 영양 특성 비교

등급을 달리한 명란 5종[정상란 3종(L, M, S)과 미숙란 1종(G) 및 등외급 1종(Off)]의 영양 특성은 총아미노산 함량, 무기질 함량 및 지방산 함량으로 살펴보았다.

정상란 3종(L, M, S), 미숙란 1종(G) 및 등외급 1종(Off)과 같은 명란 5종의 총아미노산 함량은 Table 2와 같다. 명란 5종의 100 g 당 총아미노산 함량은 정상란 3종(L 등급이 21.79 g, M 등급이 20.80 g, S 등급이 19.99 g)이 미숙란인 G 등급의 17.15 g과 등외급인 Off 등급의 17.27 g에 비하여 확연히 높았고, 정상란 중에서도 무게가 무거운 등급일수록 높았다. 이들 명란의 주요아미노산(조성비로 8% 이상인 아미노산)은 정상란 3종의 경우 leucine (8.0-9.6% 범위), aspartic acid (8.3-8.6% 범위), glutamic acid (12.8-21.8% 범위)와 같은 3종이었고, 저등급으로 분류되는 미숙란인 G등급과 등외급인 Off 등급의 경우 aspartic acid (각각 7.6% 및 7.9%)가 제외되고, leucine (각각 10.1% 및 8.2%), glutamic acid (각각 12.5% 및 21.1%)와 같은

Table 3. Mineral content (mg/100 g) of Alaska pollock *Theragra chalcogramma* roe from Russia as affected by grade

Mineral	Grade				
	L	M	S	G	Off
Calcium	14.0±1.0 ^{b1}	17.0±0.1 ^c	13.0±0.1 ^a	17.0±0.1 ^c	20.0±0.1 ^d
Phosphorus	314.4±2.7 ^a	366.1±0.7 ^c	358.1±2.2 ^b	314.6±3.8 ^a	392.0±5.2 ^d
Potassium	124.1±1.2 ^a	146.9±2.0 ^b	145.3±0.8 ^b	125.1±1.7 ^a	157.7±2.6 ^c
Iron	1.7±0.1 ^a	2.0±0.0 ^c	2.2±0.0 ^d	2.2±0.0 ^d	1.9±0.0 ^b

¹Difference letters on the data in the column indicate a significant difference at P<0.05.

Table 4. Fatty acid content (mg/100 g) of Alaska pollock *Theragra chalcogramma* roe from Russia as affected by grade

Fatty acid	Grade				
	L	M	S	G	Off
14:0	29 (2.3)	20 (2.2)	23 (2.1)	29 (2.4)	23 (3.0)
15:0	4 (0.3)	2 (0.2)	3 (0.3)	3 (0.3)	4 (0.5)
16:0	263 (21.0)	183 (20.0)	214 (19.6)	262 (22.1)	158 (20.7)
17:0	4 (0.3)	6 (0.7)	7 (0.6)	6 (0.5)	4 (0.5)
18:0	24 (1.9)	15 (1.6)	18 (1.6)	22 (1.9)	11 (1.4)
21:0	¹	6 (0.7)	-	-	-
Saturated	324 (25.8)	232 (25.4)	265 (24.2)	322 (27.2)	200 (26.1)
16:1n-7	44 (3.5)	-	58 (5.3)	58 (4.9)	39 (5.1)
17:1n-7	3 (0.2)	42 (4.6)	2 (0.2)	-	trace
18:1n-9	124 (9.9)	92 (10.1)	109 (10.0)	114 (9.6)	73 (9.5)
18:1n-7	56 (4.5)	51 (5.6)	68 (6.2)	68 (5.7)	38 (5.0)
18:1n-5	5 (0.4)	6 (0.7)	7 (0.6)	7 (0.6)	5 (0.7)
20:1n-11	23 (1.8)	14 (1.5)	7 (0.6)	16 (1.4)	11 (1.4)
20:1n-9	21 (1.7)	11 (1.2)	12 (1.1)	14 (1.2)	-
20:1n-7	2 (0.2)	6 (0.7)	2 (0.2)	4 (0.3)	trace
22:1n-9	14 (1.1)	6 (0.7)	4 (0.4)	8 (0.7)	6 (0.8)
22:1n-7	2 (0.2)	2 (0.2)	1 (0.1)	4 (0.3)	-
Monoenes	294 (23.5)	230 (25.3)	270 (24.7)	293 (24.7)	172 (22.5)
16:2n-4	4 (0.3)	3 (0.3)	2 (0.2)	2 (0.2)	3 (0.4)
16:3n-1	3 (0.2)	trace	trace	trace	trace
16:4n-1	3 (0.2)	trace	-	trace	trace
18:2n-6	13 (1.0)	6 (0.7)	6 (0.5)	11 (0.9)	8 (1.0)
18:2n-4	2 (0.2)	trace	1 (0.1)	2 (0.2)	trace
18:3n-3	5 (0.4)	2 (0.2)	3 (0.3)	3 (0.3)	2 (0.3)
18:4n-3	12 (1.0)	-	7 (0.6)	6 (0.5)	19 (2.5)
18:4n-1	trace	9 (1.0)	-	trace	-
20:2n-6	2 (0.2)	2 (0.2)	2 (0.2)	trace	trace
20:4n-6	15 (1.2)	4 (0.4)	12 (1.1)	11 (0.9)	4 (0.5)
20:3n-3	trace	2 (0.2)	-	-	-
20:4n-3	6 (0.5)	4 (0.4)	6 (0.5)	5 (0.4)	4 (0.5)
20:5n-3	214 (17.1)	174 (19.0)	234 (21.4)	237 (20.0)	147 (19.2)
21:5n-3	4 (0.3)	2 (0.2)	3 (0.3)	4 (0.3)	2 (0.3)
22:4n-6	3 (0.2)	-	2 (0.2)	trace	trace
22:5n-6	2 (0.2)	trace	2 (0.2)	2 (0.2)	trace
22:5n-3	17 (1.4)	11 (1.2)	11 (1.0)	13 (1.1)	10 (1.3)
22:6n-3	329 (26.3)	233 (25.5)	267 (24.4)	273 (23.1)	194 (25.4)
Polyenes	634 (50.7)	452 (49.3)	558 (51.0)	569 (48.1)	393 (51.4)
Total	1,252 (100.0)	914 (100.0)	1,093 (99.9)	1,184 (100.0)	765 (100.0)
n-6	35 (2.8)	8 (0.9)	24 (2.2)	24 (2.0)	14 (1.8)
n-3	587 (47.0)	428 (46.8)	531 (48.5)	541 (45.7)	376 (49.2)

¹-, Not detected.

2종뿐이었다. 한편, 명란 5종의 곡류 제한아미노산인 lysine과 threonine (Kim et al., 2012) 함량은 정상란이 각각 1.36-1.71 g 범위 및 0.91-1.09 g 범위로, 저등급으로 분류되는 G 등급 및 등외급인 Off 등급의 각각 1.20-1.23 g 범위 및 0.76-0.77 g 범위에 비하여 높았다. 그러나, 이와 같은 명란 5종의 곡류 제한아미노산인 lysine과 threonine 함량이 높아 곡류를 주식으로 하는 우리나라 사람들이 부식으로 쌀과 함께 적정량을 섭취한다면 영양균형적인 면에서 상당히 의미가 있을 것이고, 가능하다면 정상란의 무게가 높은 것일수록 그 효과는 크리라 짐작된다. 한편, 명란 5종의 필수아미노산 조성은 모두 절반에 못미치는 수준이었고, 정상란(36.3-42.1% 범위)과 미숙란인 G 등급 및 등외급인 Off 등급(37.1-42.7% 범위)간에도 크게 차이가 없었다. 따라서, 분석 기법상 분석이 되지 않는 tryptophan을 제외한다면 이들 명란의 제1제한아미노산은 정상란 3종과 등외급인 Off 등급의 경우 methionine이었고, 미숙란의 경우 histidine이었다.

정상란 3종(L, M, S), 미숙란 1종(G) 및 등외급 1종(Off)과 같은 명란 5종의 다량 무기질인 칼슘(Ca), 인(P) 및 칼륨(K)과 미량 무기질인 철(Fe) 함량은 Table 3과 같다. 명란 5종의 100 g 당 칼슘 함량은 13.0-20.0 mg 범위, 인 함량은 314.4-392.0 mg 범위, 칼륨 함량은 124.1-157.7 mg 범위, 철 함량은 1.7-2.2 mg 범위이었고, 이들 명란 5종은 등급에 따른 일정한 경향은 없었다. 이와 같은 무기질은 일반적으로 인체 내에서 특유의 주요한 역할을 한다. 즉, 칼슘은 뼈와 근육에 주로 존재하면서 신체 지지기능, 세포 및 효소의 활성화에 의한 근육의 수축 및 이완, 신경의 흥분과 자극전달, 혈액의 응고 및 여러 가지 심혈관계 질환의 예방에 관여하고(Chun and Han, 2000), 또한, 우리나라를 위시한 동양권 식이 패턴에서 부족 되기 쉬운 영양소(The Korean Nutrition Society, 2015)로 알려져 있다. 인은 뼈, 혈액, 인지질과 DNA, RNA 등의 핵산과 nucleotide 등에 분포되어 있으면서, 신체 지지기능, 신체의 에너지 발생 촉진, 뇌신경 성분, 산-염기의 평형을 조절하는 완충효과에 의한 정상 pH 유지, 대사 과정에서 생긴 에너지의 저장과 이동 및 인산화 반응에 의한 여러 효소의 활성화 등과 같이 매우 중요한 생리기능을 담당하고 있으나 거의 모든 식품에 적정량이 함유되어 있어 결핍의 우려가 적은 영양소로 알려져 있다(The Korean Nutrition Society, 2015). 칼륨은 대부분이 근육 세포 내에 존재하면서 삼투압 및 pH의 조절, 신경 근육의 흥분성 유지, 뇨 중의 나트륨 이온의 배설을 증가시킴으로 인한 고혈압과 동맥경화증 예방에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Yoshimura et al., 1991). 그리고, 철은 산소의 운반 및 저장, 에너지를 생산하는 효소의 촉매 작용, 면역계에 대한 작용(Jo et al., 2013)을 하는 것으로 알려져 있다. 이러한 이유로 식품의약품안전처(MFDS, 2018)에서는 우리 국민의 균형 잡힌 식생활을 통한 건강 증진을 실현할 목적으로 6세 이상 한국인의 무기질에 의한 영양 1일 무기질 섭취 기준을 제시하였다. 즉, 6세 이상 한국인의 무기질에 의한 영양 1일 무기질 섭취 기준은 칼슘의 경우 권장섭취량으

로 700-1,000 mg, 인의 경우 권장섭취량으로 550-1,200 mg, 칼륨의 경우 충분섭취량으로 2,600-3,500 mg, 철의 경우 권장섭취량으로 8-16 mg으로 제시하고 있다. 따라서 5종 명란의 칼슘 함량은 6세 이상 한국인 1일 권장섭취량의 최소량(700 mg)에 비하여 1.9-2.9% 범위, 최대량(1,000 mg)에 비하여 1.3-2.0% 범위이었고, 인 함량은 6세 이상 한국인 1일 권장섭취량의 최소량(550 mg)에 비하여 57.2-71.3% 범위, 최대량(1,200 mg)에 비하여 26.2-32.7% 범위이었고, 칼륨 함량은 6세 이상 한국인 1일 충분섭취량의 최소량(2,600 mg)에 비하여 4.8-6.1% 범위, 최대량(3,500 mg)에 비하여 3.5-4.5% 범위이었다. 그리고, 5종 명란의 철 함량은 6세 이상 한국인 1일 권장섭취량의 최소량(8 mg)에 비하여 21.3-27.5% 범위, 최대량(16 mg)에 비하여 10.6-13.8% 범위이었다.

정상란 3종(L, M, S), 미숙란 1종(G) 및 등외급 1종(Off)과 같은 명란 5종의 지방산 함량과 조성을 GC로 분석하여 나타난 결과는 Table 4와 같다. 명란 5종의 동정된 지방산의 종류와 총 함량은 정상란인 L 등급의 경우 각각 33종 및 1,252 mg, M 등급의 경우 각각 31종 및 914 mg, S 등급의 경우 각각 30종 및 1,093 mg, 미숙란인 G 등급의 경우 각각 31종 및 1,184 mg, 등외급인 Off 등급의 경우 각각 29종 및 765 mg이 동정 및 정량되었다. 명란 5종의 지방산 조성은 모두 폴리엔산이 48.1-51.4% 범위로 거의 절반을 차지하였고, 다음으로 포화산, 모노엔산의 순이었으나, S 등급의 경우 모노엔산, 포화산의 순이었다. 명란 5종의 주요 지방산 조성은 모두 16:0 (19.6-22.1% 범위), 18:1n-9 (9.5-10.1% 범위), 20:5n-3 (17.1-21.4% 범위), 22:6n-3 (23.1-26.3% 범위)와 같은 4종이었다. 명란 5종의 n-6/n-3는 L 등급이 0.06, M 등급이 0.02, S 등급이 0.05, G 등급이 0.04, 등외급인 Off 등급이 0.04이었다. 이상의 명란 5종의 여러 가지 지방산 조성 및 함량과 특성은 등급에 따른 특정 경향을 나타내지 않았다.

사 사

이 논문은 2018년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(해역별 특성을 고려한 전통 수산가공식품 개발 및 상품화).

References

- Alimuddin, Yoshizaki G, Kiron V, Satoh S and Takeuchi T. 2007. Expression of masu salmon D5-Desaturase-like gene elevated EPA and DHA biosynthesis in zebrafish. *Marine Biotechnol* 9, 92-100. <https://doi.org/10.1007/s10126-006-6003-y>.
- AOCS (American Oil Chemists' Society). 1990. AOCS Official Method Ce 1b-89. In *Official methods and recommended practice of the AOCS*, 4th ed., AOCS, Champaign, IL, U.S.A.

- Balaban MO, Chombeau M, Gümüş, B. and Cirban DS. 2012. Quality evaluation of Alaska pollock (*Theragra chalcogramma*) roe by image analysis. Part I: weight prediction. *J Aqua Food Prod Technol* 21, 59-71. <https://doi.org/10.1080/10498850.2011.583377>.
- Bechtel PJ, Chantarachoti J, Oliveira ACM and Sathivel S. 2007. Characterization of protein fractions from immature Alaska walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) roe. *J Food Sci* 72, 338-343. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00396.x>.
- Bligh EG and Dyer WJ. 1959. A rapid method of lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol* 37, 911-917.
- Chen C, LU B, Okazaki E and Osako K. 2015. Quality assessing of commercial roe products from Alaska pollock roe. *KnE Life Sci* 1, 175-177. <http://dx.doi.org/10.18502/kl.v1i10.102>.
- Chen C, Okazaki E, Suzuki T, Nguyen HTN and Osako K. 2016. Objective quality evaluation of commercial spicy pollock roe products in terms of mechanical and biochemical properties. *Food Sci Technol Res* 22, 337-347. <https://doi.org/10.3136/fstr.22.337>.
- Chiou TK, Matsui T and Konosu S. 1989a. Comparison of extractive between raw and salted Alaska pollack roe. *Nippon Suisan Gakkaishi* 55, 515-519. <https://doi.org/10.2331/suisan.55.515>.
- Chiou TK, Matsui T and Konosu S. 1989b. Proteolytic activities of mullet and Alaska pollock roes and their changes during processing. *Nippon Suisan Gakkaishi* 55, 805-809. <https://doi.org/10.2331/suisan.55.805>.
- Chun OK and Han SH. 2000. A study on the contents of inorganic compounds in soft drinks. *J Fd Hyg Safety* 15, 344-350.
- Hazime IN and Mizuo NT. 2008. History for Development of Alaska Pollock Roe. Seizando Co., Tokyo, Japan, 210-217.
- Hintermeister C. 2017. Nutritional composition changes in Alaska pollock (*Gadus chalcogrammus*) during and between Bering sea A and B seasons. MS thesis, Oregon State University, Astoria, Oregon, U.S.A.
- Jo HS, Kim KH, Kim MJ, Kim HJ, Kwon DH, Im YJ, Heu MS and Kim JS. 2013. A comparison of the taste and nutritional properties of domestic mottled skate *Beringraja pulchra* according to the area caught, sex and weight. *Korean J Fish Aquat Sci* 46, 129-138. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2013.0129>.
- Kim HJ, Kim MJ, Kim KH, Ji SJ, Lim KH, Park KH, Shin JH, Heu MS and Kim JS. 2012. Comparison of food components in various parts of white muscle from cooked skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* as a source of diet foods. *Korean J Fish Aquat Sci* 45, 307-316. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2012.0307>.
- Kim JS and Kim KH. 2014. Processing and characterization of salt-fermented fish (Jeotgal) using seafood by-products in Korea. In: Kim SK (ed) *Seafood Processing By-products*. Springer. New York, Heidelberg Dordrecht, London, U.K., 63-99.
- Kim KH. 2014. Concentration and risk assessment of heavy metal in mainly consumed fishes. MS thesis, Gyeongsang National University, Tongyeong, Korea, 23-58.
- KNS (The Korean Nutrition Society). 2015. *Dietary Reference Intakes for Koreans*. Hanarum Publishing Co., Seoul, Korea.
- Meeren GVD, Tlusty MF, Metzler A and Meeren TVD. 2009. Effects of dietary DHA and EPA on neurogenesis, growth, and survival of juvenile American lobster, *Homarus americanus*. *New Zealand J Marine Freshwater Research* 43, 225-232. <https://doi.org/10.1080/00288330909509996>.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2018. MFDS Notice. Criteria for Marking Food, etc 2018-108. MFDS, Osong, Korea, 114-155.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2019. Chapter. 7. General test method in Food Code. Retrieved from https://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/safefoodlife/food/foodRvLv/foodRvLv.do?menu_no=980&menu_grp=MENU_GRP01/ on Jan 7, 2019.
- RDA (National Rural Resources Development Institute). 2007. 2006 Food Composition Table I, II (7th revision). Hyoil Publishing Co., Seoul, Korea, 262-263.
- Tsuyuki H and Fuke S. 1978. Alaskan pollock roe processing-A description of current Japanese industrial methods and their adaption to the fishery in British Columbia. *Fisheries and Marine Service Technical Reports* 851. Fish Environ Canada, 1-28.
- Uchiumi Y and Suzuki T. 2015. Effect of dehydrofreezing on the quality of frozen walleye pollock ovaries used as a raw material for preparing *Tarako* products. *Trans JSRAE* 32, 435-440. https://doi.org/10.11322/tjsrae.15-40_OA.
- Ueda R, Okamoto N, Araki T, Shibata M, Sagara Y, Sugiyama K and Chiba S. 2009. Consumer preference and optical and sensory properties of fresh cod roe. *Food Sci Technol Res* 15, 469-478. <https://doi.org/10.3136/fstr.15.469>.
- Yoshimura M, Takahashi H and Nakanishi T. 1991. Role of sodium, potassium, calcium, magnesium on blood pressure regulation and antihypertensive dietary therapy. *Jpn J Nutr* 49, 53-62. <https://doi.org/10.5264/eiyogakuzashi.49.53>.