

식품가공소재용 꽃게의 화학적 및 미생물학적 위생 특성

강영미¹ · 박선영^{1,2} · 이경돈^{1,2} · 손재학³ · 최재석³ · 이정석¹ · 허민수^{1,4} · 김진수^{1,2*}

¹경상대학교 수산식품산업화 기술지원센터, ²경상대학교 해양식품생명의학과/해양산업연구소, ³신라대학교 바이오산업학부, ⁴경상대학교 식품영양학과

Chemical and Microbiological Properties on Sanitary of Swimming Crab *Portunus trituberculatus* as Sources for Seafood Products

Young Mi Kang¹, Sun Young Park^{1,2}, Kyung Don Lee^{1,2}, Jae Hak Shon³, Jae Suck Choi³, Jung Suck Lee¹, Min Soo Heu^{1,4} and Jin-Soo Kim^{1,2*}

¹Research Center for Industrial Development of Seafood, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea
²Department of Seafood and Aquaculture Science/Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea
³Major in Food Biotechnology, Division of Bioindustry, Silla University, Busan 46958, Korea
⁴Department of Food and Nutrition, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

Crabs are a popular seafood item. However, they can harbor many microorganisms, heavy metals, radioactivity, and benzo(a)pyrene, which are potential health risks to humans. The objective of this study was to assess the potential of swimming crabs for use in foods such as *Ganjang-gejang*, by measuring their sanitary biological and chemical properties. Viable microbial cell counts in swimming crab samples were 3.4×10^2 - 6.7×10^4 CFU/g, but no coliform, *Escherichia coli*, or pathogenic bacteria, such as *Vibrio parahaemolyticus*, Enterohemorrhagic *E. coli*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, or *Salmonella* spp., were detected. Heavy metal concentrations in swimming crab samples were non-detectable to 0.112 mg/kg for total mercury, non-detectable to 0.435 mg/kg for lead, and 0.115-0.836 mg/kg for cadmium. Benzo(a)pyrene concentrations ranged from 0.025-0.060 μ g/kg, and the volatile basic nitrogen content ranged from 8.7-15.6 mg/100 g. No radioactivity was detected in samples. These results suggest that swimming crabs are viable for use in seafood products.

Keyword: Crab, Swiming crab, Seafood product, Ganjang-gejang, Crab sanitation

서 론

꽃게(*Portunus trituberculatus*)는 절지동물문, 갑각류강, 십각목, 꽃게과에 속하는 해양동물로 수심 20-30 m에 서식하고, 낮에 보통 모래펄 속에 숨어 지내다가 밤이 되면 활발하게 먹이를 잡아먹는 야행성 육식동물로 수명이 2-3년이며, 성장이 빠르다(Ariyama, 1992; Park et al., 2013). 이와 같은 생태적 특성을 가진 꽃게는 단백질이 풍부하고, 타우린(taurine)과 같은 양질의 아미노산과 칼슘, 철분, 아연, 칼륨 등과 같은 무기질, 오메가-3 지방산 조성이 높으며, 저열량 식품이어서, 영양적, 건강 기능적으로 의미가 있는 주요 식품소재이다(National Rural Resources Development Institute, 2007). 뿐만 아니라, 꽃게는 산란기(6-8월)를 벗어난 봄과 가을에 글루탐산과 같은 맛성

분 함량이 많아 맛이 뛰어나면서 근육량도 많아 소비자들로부터 선호받고 있어 관능적으로도 우수한 식품소재이다(Park et al., 1995). 이로 인하여 꽃게는 예전의 경우 주로 꽃게탕, 꽃게찜 등과 같이 가정이나 식당 등의 조리용으로 주로 이용되었으나, 최근의 경우 이들 요리들 이외에 간장게장 등으로도 개발되어 아주 다량이 내수용으로 판매되고 있을 뿐만 아니라, 중국 및 일본 등의 국가에도 수출되고 있어, 산업적 가치가 아주 높은 주요 수산자원 중의 하나이다. 하지만, 우리나라에서 꽃게의 최근 10년(2007-2016)간 생산량은 14,000-33,000 M/T 범위로 전체 갑각류 생산량의 16.5-30.6% 범위를 차지하고 있으나, 이마저도 부족하여 다량(12,000-25,000 M/T) 수입되고 있는 실정이다(KOSIS, 2017). 한편, 수산물이 서식하고 있는 바다는 급속한 산업발전과 다양한 인간활동 등으로 각종 생활오수, 산

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0243>



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.

Korean J Fish Aquat Sci 50(3) 243-249, June 2017

Received 27 March 2017; Revised 4 May 2017; Accepted 8 June 2017

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

E-mail address: jinsukim@gnu.ac.kr

업폐수, 낚시, 양식 등과 같은 해상 오염물 등에 의하여 하천 및 연안 해역이 미생물과 같은 생물학적 환경 요인 뿐만이 아니라, 중금속, 벤조피렌 등과 같은 환경물질들에 의하여 오염이 가속화되고 있다(Conti and Cecchetti, 2003). 이러한 해양조건에서 서식하는 꽃게를 위시한 해양생물들도 자연히 이러한 생물학적 및 이화학적 위해요인에 노출되고 축적되어 최종적으로 이를 섭취하는 사람들에게 건강상 유해한 영향을 미칠 우려가 있으므로 사람들이 섭취 시 그 위해성을 확인하고 관리할 필요성이 절실히 대두되고 있다(Son et al., 2012). 하지만, 갑각류의 안전성에 대한 연구는 *Vibrio parahaemolyticus*의 분포와 분리군주의 혈청학적 연구(Ham et al., 2002), 저장 온도 및 기간에 따른 세균의 변화(Lee et al., 1997), 중금속 모니터링 및 위해평가(Kim, 2014; Mok et al., 2014), 다환방향족탄화수소류(PHAs) 분석 및 위해평가(Jeong et al., 2010) 등과 같이 일부만이 진행된 바가 있다. 하지만, 이들 연구는 생산, 가공 및 유통 환경과 기준 규격이 변화된 다소 오래된 연구이거나, 위생 안전성 항목 중 1종목에 한정되어 있어, 생물학적, 화학적 위해 요인을 동시에 살펴본 국내 연구 자료가 절실하다.

본 연구에서는 수산식품 가공소재로서 게의 생물학적 및 화학적 위생 안전성을 확보하기 위한 일련의 연구로 원산지(국내산과 수입산), 절단 유무, 냉동 유무 등을 달리한 게의 일반세균수, 대장균군, 대장균, 식중독 세균 등과 같은 미생물학적 특성과 중금속, 방사능, 벤조피렌 및 휘발성염기질소 등과 같은 화학적 특성에 대하여 살펴보았다.

재료 및 방법

재료

게(*Portunus trituberculatus*)는 부산광역시, 대전광역시, 인천광역시, 경상남도 거제시, 통영시, 창원시 소재 대형할인점, 전통시장, 인터넷, 가공공장에서 국내산(8건)과 수입산(중국 9건, 파키스탄 3건)을 냉동 유무(생물 6건, 냉동 14건), 절단 유무(홀 16건, 절단 4건) 등으로 달리 채취하여 시료로 사용하였다.

일반세균수, 대장균군 및 대장균

일반세균수 및 대장균군의 측정을 위한 전처리 시료는 검체를 균질화한 다음, 이를 각각 3개씩 취하여 멸균팩에 넣고, 시료의 9배(v/w)가 되는 멸균 식염수(0.85%)를 가하여 stomacher (BagMixer 400, Interscience, France)로 균질화(2분)한 후 시료액을 단계적으로 희석하여 제조하였다. 일반세균수는 전처리 시료 1 mL를 PCA (plate count agar, Merck, Germany) 배지에 접종하고, 배양(35±1℃, 48시간)한 후 집락수를 계측한 다음, 평균집락수에 희석배수를 곱하여 산출하였다. 대장균군은 전처리 시료 1 mL를 건조필름배지에 접종하고, 배양(35±1℃, 24-48시간)한 후 대장균군의 경우 붉은 집락 중 주위에 기포를 형성한 집락수를 계수한 다음, 대장균의 경우 파란색 집락 중 주

위에 기포를 형성한 것을 계수한 다음 이들 각각의 평균집락수에 희석배수를 곱하여 산출하였다.

식중독 세균

본 연구에서 꽃게의 식중독 세균에 대한 검토는 식품공전(MFDS, 2016)에 따라 실시하였고, 식중독 세균은 Enterohemorrhagic *E. coli* (EHEC), *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio parahaemolyticus*로 한정하였다.

EHEC의 확인은 정성시험으로 실시하였다. EHEC의 확인을 위한 최종산물의 반응액은 검체로부터 Template DNA를 추출하고, 이를 PCR kit인 AccuPower EHEC Taq PCR kit (Bioneer, Daejeon, Korea)에 분주하여 GeneAmp PCR system 9,700 (Applied Biosystems, Boston, USA)으로 증폭하여 제조하였다. EHEC의 확인은 증폭 최종산물의 반응액 5 µL를 2% agarose gel (Gibco, Gaithersburg, USA)에 주입하여 전기영동(MINIS-150VS, Major Science, USA)을 실시하고, 이어서 이를 SafeView (Applied Biological Materials Inc., Richmond, Canada)로 염색한 다음 염색된 DNA band를 이용하여 UV (ImageQuant 300, GE Healthcare Bio-Sciences, USA)로 실시하였다.

Salmonella spp.의 확인은 정성시험에 의하여 실시하였다. *Salmonella* spp.의 증균배양액은 검체(25 g)에 펄톤식염완충액 225 mL를 가하여 stomacher로 균질화(1분30초)한 후 배양(36±1℃, 18-24시간)하고, 이 배양액 0.1 mL를 10 mL Rappaport-Vassiliadis broth (Merck, Germany)에 접종하여 증균배양(42±0.5℃, 20-24시간)하여 제조하였다. 이어서, *Salmonella* spp.의 확인은 증균배양액을 다시 XLD 한천배지(Merck, Germany)와 BG Sulfa 한천배지(Merck, Germany)에 희석 도말하고 배양(36±1℃, 20-24시간)하여 의심되는 집락을 TSA (Merck, Germany)에 옮겨 배양한 다음 Spicer-Edwards 등과 같은 H 혼합혈청과 O 혼합혈청을 사용하여 응집반응으로 실시하였다.

*L. monocytogenes*의 확인은 정성시험에 의하여 실시하였다. *L. monocytogenes*의 증균배양액은 검체(25 g)에 *Listeria* enrichment broth 225 mL를 가하여 stomacher로 균질화(1분 30초)한 후, 증균배양(30℃, 48시간)하여 제조하였다. *L. monocytogenes*의 확인은 의심되는 집락에 한하여 증균배양액을 Palcam 한천배지에 희석 도말하고, 배양(30℃, 24-48시간)한 다음, 전형적인 집락을 0.6% yeast extract가 포함된 TSA (tryptic soy agar)에 분리배양(30℃, 24-48시간)후 그람염색을 통하여 확인실험을 실시하였다.

*S. aureus*의 측정은 정성시험을 진행하여 집락을 확인한 다음, 집락이 형성된 경우 정량시험으로 진행하였다. *S. aureus*의 측정을 위한 증균은 일반세균수 측정용 전처리 시료 1 mL에 멸균 인산완충희석액 9 mL를 단계별로 희석한 후, Baird-Parker 한천배지(Becton Dickinson GmBH, Heidelberg, Germany)와

Baird Parker (RPF) 한천배지(Becton Dickinson GmbH, Heidelberg, Germany) 각 3장에 총 집종액이 1 mL가 되게 도말하여 배양(35-37°C, 18-24시간)하였다. *S. aureus*의 산출은 성장한 집락 주변에 투명한 띠가 있으면서, 광택이 있는 검은색 등근 집락 중 5개 이상의 전형적인 집락을 선별하여 보통한천배지에 배양(35-37°C, 18-24시간)한 후 그람양성 구균, coagulase 응집 유무 등을 확인하여 계수한 다음, 평균 집락수에 희석배수를 곱하여 실시하였다.

*V. parahaemolyticus*의 측정은 정성시험을 진행하여 집락을 확인한 다음, 집락이 형성된 경우 정량시험을 진행하였다. *V. parahaemolyticus*의 확인을 위한 전처리는 검체(25 g)에 225 mL의 alkaline 펩톤수를 가하여 stomacher로 균질화(2분)한 후, 증균 배양(35-37°C, 18-24시간)하였고, 이의 증균 배양액을 1백금이 취하여 TCBS 한천배지(Merck, Germany)에 희석도말한 후 분리배양(35-37°C, 18-24시간)하여 실시하였다. *V. parahaemolyticus*의 확인은 배양결과 직경 2-4 mm인 청록색의 서당 비분해 집락을 TSI 사면배지에 희석도말하고 배양(35-37°C, 18-24시간)한 후 의심되는 균은 0, 3, 8, 10% NaCl을 가한 alkaline 펩톤수에 의한 내염성 시험을 통해 실시하였다. 확인 실험에서 사용한 동일한 검체 10배 단계 희석액을 만들어 TCBS 한천배지 3장에 총 집종액이 1 mL가 되게 도말하고 배양(35-37°C, 18-24시간)하였고, 청록색의 서당 비분해 집락을 계수하여 희석배수를 곱하여 계산하였다.

중금속

본 연구에서 중금속에 대한 오염 정도는 총수은, 납, 카드뮴의 농도를 측정하여 살펴보았다. 총수은은 균질화된 시료 약 0.1 g을 금아말감법으로 직접수은분석기(DMA-80, Milestone, Milano, Italy)로 분석하였고, 모든 결과는 Easy-DOC3 프로그램(Easy-DOC3 for DMA, Ver. 3.30, Milestone, USA)을 이용하여 산출하였다. 총수은을 제외한 나머지 중금속(카드뮴, 납)은 Kim (2014)이 언급한 방법에 따라 동결건조한 시료 1 g을 테프론 분해장치와 분해기(teflon bomb)로 전처리한 다음 ICP-MS (ELAN DRC II, PerkinElmer, Santa Clara, USA)를 이용하여 분석하였고, 그 결과는 습물당으로 표시하였다.

방사능

방사능 분석은 식품공전(MFDS, 2016)에 따라 실시하였다. 방사능 분석 시료는 물로 세척 및 탈수한 후 분쇄기로 마쇄하고 균질화한 다음 약 1 kg을 marinelli 비이커에 넣고 밀봉한 후 고순도 게르마늄 감마핵종분석기(HPGe, ORTEC Advanced Measurement Technology Inc, TN, USA)로 실시하였다. 측정 에너지 범위는 0-2 MeV로 조정한 후 차폐용기 내의 검출기에 검체를 올려놓고, 최소 측정시간은 10,000초, 시험 대상핵종은 요오드(¹³¹I)와 세슘(¹³⁴Cs+¹³⁷Cs)으로 하였다.

벤조피렌[benzo(a)pyrene]

벤조피렌의 분석은 식품공전(MFDS, 2016)에 따라 시험용액을 제조한 다음 Supelguard LC-18을 연결한 Supelcosil LC-PAH (25 cm×4.6 mm)이 장착된 HPLC/fluorescence detector, HPLC/FLD (A-10 Solvent & Sample Module, PDA Detector, FL Detector, PerkinElmer, Massachusetts, USA)를 사용하여 실시하였다. 또한, benzo(a)pyrene의 분석은 칼럼온도의 경우 35°C로, 이동상의 경우 3차 증류수와 아세트니트릴의 혼합액(2:8)으로, 유속은 1 mL/min로, 검출기 파장은 여기 파장의 경우 294 nm, 형광파장의 경우 404 nm의 조건으로 실시하였다.

휘발성염기질소 함량

휘발성염기질소 함량은 Conway unit을 사용하여 미량확산법(Kapute et al., 2012)으로 측정하여 계산하였다.

결과 및 고찰

미생물학적 특성

꽃게의 세균학적 오염도 조사는 식품 위생 및 식중독 예방에 매우 중요한 자료이다. 이러한 일면에서 꽃게의 일반세균수, 대장균군 및 식중독 세균 농도와 같은 미생물학적 오염도 조사를 실시한 결과는 Table 1과 같다. 꽃게의 일반세균수는 범위가 3.4×10^2 - 6.7×10^4 CFU/g이었고, 평균이 1.7×10^4 CFU/g이었다. 한편, 꽃게의 일반세균수에 대하여 Kim et al. (1997)은 시판 갑각류 9건에서 일반세균수의 농도를 검토한 결과 범위가 1.5×10^4 - 1.0×10^7 CFU/g이었고, 평균이 4.7×10^5 CFU/g이었다고 보고한 바가 있다. 한편, Roh et al. (1997)은 갑각류로부터 미생물을 분리하여 동정한 결과 *Enterobacter cloacae* (2주)와 *Enterobacter sakazakii* (1주)가 분리되었다고 보고한 바 있다. 따라서, 일반세균수는 본 연구에서 검토한 꽃게가 Kim et al. (1997)이 검토한 시판 갑각류에 비하여 낮은 농도이었다.

꽃게의 일반세균수에 대한 국내의 기준 규격은 국내(식품공전)의 경우 냉동 꽃게에 한하여 10^5 CFU/g, EU의 경우 n=5, c=2, m=10,000 CFU/g, M=100,000 CFU/g, 베트남의 경우 10^6 CFU/g으로 제시되어 있고, 미국, 중국, 일본, CODEX의 경우 제시되어 있지 않다(Kim, 2016). 따라서, 본 연구에서 시료로 검토한 꽃게(20건)의 일반세균수는 국내 기준 규격의 경우 충족되었으나, EU 기준 규격의 경우 m에 대하여 7건(35%), M에 대하여 0건이 초과하였다. 식품에서 대장균군이 검출되었다는 것은 직접 또는 간접적으로 인축의 분변에 오염된 것으로 볼 수 있으므로 식품위생상 그 의미가 크다. 이러한 의미에서 꽃게의 대장균군 및 대장균 농도를 살펴본 결과 모두 불검출되었다. 한편, 서울특별시 재래식 시장에서 갑각류를 수거하여 대장균군과 대장균을 검토한 결과 Kim et al. (1997)은 각각 불검출- 4.7×10^5 CFU/g 범위 (평균 5.8×10^3 CFU/g) 및 모두 불검출이었다고 보고한 바 있고, Roh et al. (1998)은 10건을 수거하

Table 1. Biological properties on sanitary of swimming crab *Portunus trituberculatus*

(CFU/g)

Biological hazard	N	Monitored result	Biological hazard	N	Monitored result
Viable cell counts	20	1.7×10 ⁴ (3.4×10 ² -6.7×10 ⁴)	<i>Listeria monocytogenes</i>	20	ND ¹
Coliform group	20	ND	<i>Staphylococcus aureus</i>	20	ND
<i>Escherichia coli</i>	20	ND	<i>Salmonella</i> spp.	20	ND
Enterohemorrhagic <i>E. coli</i>	20	ND	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	20	ND

¹ND, Not detected.

여 검토한 결과 각각 8건 및 3건이, Ham and Jin (2003)은 212건을 수거하여 검토한 결과 10건이, Ham (2002)은 208건을 수거하여 검토한 결과 18건이 검출되었다고 보고한 바가 있다.

꽃게의 대장균군에 대한 국내의 기준 규격은 국내(식품공전)의 경우 냉동 꽃게에 한하여 10 MPN/100 g으로 제시되어 있지만, 미국, 중국, 일본, CODEX, 베트남, EU와 같은 외국의 경우 제시되어 있지 않았고, 대장균은 베트남만이 10² CFU/g n=5, c=2, m=1 CFU/g, M=10 CFU/g으로 제시되어 있고, 국내(식품공전) 뿐만 아니라 나머지 외국(미국, 중국, 일본, CODEX, EU)에서도 기준 규격을 제시하고 있지 않다(Kim, 2016). 따라서, 본 연구에서 시료로 검토한 꽃게의 대장균군 및 대장균 농도는 국내 및 미국 기준 규격에 모두 적합하였다.

꽃게의 식중독균(*E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *Salmonella* spp., *V. parahaemolyticus*)의 농도는 식중독균의 종류에 관계없이 모두 불검출이었다. 한편, Pagadala et al. (2012)은 게(blue crab, *Callinectes sapidus*) 가공공장 7곳에서 원료 게와 가열처리 육의 *Listeria* spp.와 *L. monocytogenes*에 대한 오염 정도를 검토한 결과 오염율은 원료의 경우 각각 4.2-38% 범위(평균 19.5%, 488건 중 95건) 및 0-14% 범위(평균 4.5%, 488건 중 22건)이었고, 이를 가열처리(10-15 psi를 유지한 채 115-121°C 범위에서 6-8분)한 가열 육의 경우 각각 3.6-21% 범위(평균 11%, 488건 중 95건) 및 0-1.3% 범위(평균 0.2%, 624건 중 1건)로 가열처리 효과가 확연히 인정되었다고 보고한 바 있다. 그리고, Lee et al. (1995)은 갑각류 39건으로부터 *Vibrio* spp.을 분리한 결과 *V. parahaemolyticus*의 경우 4건(10.3%), *V. alginolyticus*의 경우 2건(5.1%)이 분리되었다고 보고한 바 있고, Lee et al. (1996, 1997)은 갑각류 각각 119건 및 213건으로부터 *V. parahaemolyticus*를 분리한 결과 각각 4건 및 7건이 분리되어 각각 3.4% 및 3.3%의 분리율을 나타내었으며, Lee et al. (2004)은 갑각류를 국내산과 수입산으로 분리하여 *V. parahaemolyticus*를 분리한 결과 각각 14건 중 4건 및 55건 중 13건이 분리되어 각각 28.6% 및 23.6%의 분리율을 나타내었다고 보고한 바 있다.

꽃게의 식중독균에 대한 국내의 기준 규격은 국내(식품공전)의 경우 *L. monocytogenes* 및 *Salmonella* spp.가 모두 음성, *S. aureus*와 *V. parahaemolyticus*가 모두 100 CFU/g, 미국의 경우

Salmonella spp.가 음성, *S. aureus*가 10,000 MPN/100 g이거나 enterotoxin이 음성, *Clostridium botulinum*가 포자 생성 및 독소 음성, 베트남의 경우 *Salmonella* spp.가 음성, *S. aureus*가 10² CFU/g, *V. parahaemolyticus*가 10² CFU/g, EU의 경우 *Salmonella* spp.가 음성으로 제시되어 있고, 나머지 국가(중국 및 일본) 및 단체(CODEX)의 경우 미생물의 기준 규격은 제시되어 있지 않았다(Kim, 2016). 따라서, 본 연구에서 시료로 검토한 꽃게의 식중독균(*Enterohemorrhagic E. coli*, *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *Salmonella* spp., *V. parahaemolyticus*)은 국내, 미국 및 베트남에서 제시하고 있는 균의 기준 규격에 대하여 부적절한 건수가 없어 모두 만족하는 수준이었다.

이상의 시판 꽃게의 미생물학적 결과와 이의 국내의 기준 규격에 비교하였을 때 가공소재로서 꽃게는 안전한 수준으로 판단되었다.

화학적 특성

꽃게의 화학적 오염도 및 분해도에 대한 조사는 식품 위생 예방에 매우 중요한 자료이다. 이러한 일면에서 꽃게의 중금속, 벤조피렌 및 휘발성염기질소 함량과 같은 화학적 오염도 및 분해도 조사 결과는 Table 2와 같다. 꽃게의 중금속 분석은 44건에 대하여 실시하였다. 꽃게의 중금속 농도 범위와 평균은 총수은의 경우 각각 불검출-0.112 mg/kg 및 0.034±0.031 mg/kg 이었고, 납의 경우 각각 불검출-0.435 mg/kg 및 0.219±0.134 mg/kg이었으며, 카드뮴의 경우 각각 불검출-0.836 mg/kg 및 0.191±0.168 mg/kg이었다. 한편, 서울시내 수산시장에서 유통되는 갑각류의 유해성 중금속 분포에 관하여 살펴본 결과 Ham (2002)은 총수은 농도 범위와 평균이 각각 불검출-0.09 mg/kg 및 0.026 mg/kg, 납 농도 범위 및 평균이 각각 불검출-0.44 mg/kg 및 0.144 mg/kg이었다고 보고한 바가 있고, Cha et al. (2001)은 납 농도 범위와 평균이 각각 0.006-0.510 mg/kg 및 0.109 mg/kg, 카드뮴 농도 범위와 평균이 각각 0.002-1.113 mg/kg 및 0.079 mg/kg이었다고 보고한 바 있다. 그리고, 우리나라 다소비 갑각류의 중금속 농도 범위와 평균을 살펴본 결과 Cho (2016) (꽃게 및 새우, 64건)은 총수은의 경우 각각 0.001-0.114 mg/kg 및 0.028±0.025 mg/kg, 납의 경우 각각 0.020-0.569 mg/kg 및 0.160±0.139 mg/kg, 카드뮴의 경우 각

Table 2. Chemical properties on sanitary of swimming crab *Portunus trituberculatus*

Chemical hazard	N	Range	Mean
Total Hg	44	ND ¹ -0.112	0.034±0.031 ²
Heavy metal (mg/kg)	Pb	44	ND-0.435
	Cd	44	ND-0.836
Benzo(a)pyrene (µg/kg)	20	0.025-0.060	0.041±0.017
Volatile basic nitrogen (mg/100 g)	20	8.7-15.6	11.5±2.1

¹ND, Not detected; ²Values are means±standard deviations.

각 불검출-0.836 mg/kg 및 0.122±0.147 mg/kg, Choi (2011)는 총수은의 경우 각각 0.011-0.180 mg/kg 및 0.096 mg/kg, 납의 경우 각각 불검출-0.278 mg/kg 및 0.046 mg/kg, 카드뮴의 경우 각각 불검출-0.054 mg/kg 및 0.030 mg/kg으로 보고한 바 있고, Mok et al. (2010)은 납의 경우 각각 0.017-0.391 mg/kg 및 0.126±0.094 mg/kg, 카드뮴의 경우 각각 불검출-0.550 mg/kg 및 0.207±0.204 mg/kg으로 보고한 바 있다. 따라서, 다른 연구자들의 갑각류 중금속 평균 농도에 비하여 본 연구에서 검토했던 꽃게의 중금속 평균 농도는 총수은의 경우 0.034±0.031 mg/kg으로 Ham (2002)의 0.026 mg/kg와 Cho (2016)의 0.028±0.025 mg/kg에 비하여는 높았고, Choi (2011)의 0.096 mg/kg에 비하여는 낮았으며, 납의 경우 0.219±0.134 mg/kg으로 Ham (2002)의 0.144 mg/kg, Cha et al. (2001)의 0.109 mg/kg, Cho et al. (2016)의 0.160±0.139 mg/kg에 비하여는 높았고, Choi (2011)의 0.046 mg/kg, Mok et al. (2010)의 0.126±0.094 mg/kg에 비하여 높았으며, 카드뮴의 경우 0.191±0.168 mg/kg으로 Cha et al. (2001)의 0.079 mg/kg, Cho et al. (2016)의 0.122±0.147 mg/kg, Choi (2011)의 0.030 mg/kg에 비하여는 높았고, Mok et al. (2010)의 0.207±0.204 mg/kg에 비하여는 낮았다.

한편, 꽃게의 중금속에 대한 국내의 기준 규격은 국내(식품공전)의 경우 납에 대하여 0.5 mg/kg 카드뮴에 대하여 모두 1.0 mg/kg (단, 내장 포함의 경우 5.0 mg/kg), 미국의 경우 납에 대하여 1.5 mg/kg, 카드뮴에 대하여 3.0 mg/kg, 기타 중금속에 대하여 적정량 (메틸수은 1.0 mg/kg, 비소 76 mg/kg, 크롬 12 mg/kg, 니켈 70 mg/kg), 중국의 경우 납, 카드뮴, 무기비소 및 메틸수은에 대하여 모두 0.5 mg/kg, 베트남의 경우 납, 총수은, 카드뮴에 대하여 모두 0.5 mg/kg, 무기비소에 대하여 2.0 mg/kg, EU의 경우 납, 총수은 및 카드뮴에 대하여 모두 0.5 mg/kg으로 제시하고 있고(Kim, 2016), 일본과 CODEX의 경우 제시하고 있지 않다. 따라서, 본 연구에서 검토했던 꽃게의 중금속 농도는 총수은의 경우 불검출-0.112 mg/kg으로, 베트남과 EU의 기준 규격(모두 0.5 mg/kg)보다 낮았고, 납의 경우 불검출-0.435 mg/kg으로, 국내[식품공전: 1.0 mg/kg (단, 내장 포함 꽃게 2.0

mg/kg)], 미국(1.5 mg/kg), 중국, 베트남, EU (모두 0.5 mg/kg)의 기준 규격보다 낮았으나, 불검출-0.836 mg/kg으로, 카드뮴의 경우 국내[식품공전: 1.0 mg/kg (단, 내장 포함 꽃게 5.0 mg/kg)], 미국 (3.0 mg/kg)의 기준 규격은 모두 충족하였으나, 나머지 기준 규격이 제시되어 있는 중국, 베트남, EU의 기준 규격(모두 0.5 mg/kg)에 비하여는 2건이 초과하였다. 따라서, 꽃게는 가공품의 소재로서 중금속에 대한 위생적인 면에서 크게 우려되지 않았으나, 중국, 베트남 및 EU 등에 수출을 고려하는 경우 카드뮴에 대한 자가 품질검사를 철저히 하여야 하고, 특히 꽃게 가공품은 물론이고, 이의 원천적 봉쇄를 위하여 원료 입고 시부터 제어하여야 할 것으로 판단되었다.

꽃게의 방사능에 대한 국내의 기준 규격에 언급되고 있는 방사성 동위원소와 이들의 방사선은 ¹³⁷Cs, ¹³⁴Cs의 β선과 γ선, ¹³¹I와 ⁹⁰Sr은 β선, ²³⁹Pu는 α선이고, 이들의 반감기는 ¹³⁷Cs의 경우 30년, ¹³⁴Cs의 경우 2년, ¹³¹I의 경우 8일, ⁹⁰Sr의 경우 29년, ²³⁹Pu의 경우 2만4천년이다. 이들 원소 중 세슘(Cs)은 나트륨이나 칼륨과 유사한 성질을 가지고 있어서 근육에, 요오드(I)는 갑상선에, 스트론튬(Sr)은 칼슘과 성질이 유사하여 뼈에, 플루토늄(Pu)은 폐에 각각 침착·축적되기 쉽다. 체내에 받아들여진 방사성 물질은 ⁹⁰Sr에서처럼 뼈에 침착하여 배출되기 어려운 것도 있고 ¹³⁷Cs과 같이 비교적 단기간에 대사가 되어 오줌 등으로 한꺼번에 배설되는 것도 있다(Choi, 2012). 이러한 일면에서 꽃게의 방사능 분석은 62건에 대하여 실시하였고, 이의 농도는 선원(¹³⁴Cs+¹³⁷Cs와 ¹³¹I)의 종류에 관계없이 모두 불검출로 나타났다(데이터 미제시). 한편, 지방교육청 등에서 공시하고 있는 급식 자료 중 수산물의 경우도 예외없이 모두 불검출로 보고하고 있다. 따라서, 꽃게를 포함한 수산물의 방사능 오염도는 상당히 낮고, 이를 소재로 하여 제조하는 꽃게 가공품도 자연히 방사능 오염의 위험은 낮으리라 추정되었다.

한편, 꽃게의 방사능에 대한 국내의 기준 규격은 ¹³⁴Cs+¹³⁷Cs와 ¹³¹I가 국내의 경우 각각 370 Bq/kg 및 300 Bq/kg, 중국의 경우 각각 800 Bq/kg 및 470 Bq/kg, 일본의 경우 각각 100 Bq/kg 및 2,000 Bq/kg, EU의 경우 각각 1,250 Bq/kg 및 2,000 Bq/kg, 베트남의 경우 각각 미지정 및 100 Bq/kg로 설정되어 있고, 미국과 CODEX의 경우 미설정되어 있다(Kim, 2016). 꽃게의 방사능에 대한 국내의 기준 규격으로 이들 기준 규격 이외에도 일본, 베트남, EU의 경우 다양하게 더 제시되어 있다. 따라서, 꽃게에 대한 방사능 실험 결과치와 국내의 기준규격으로 미루어 보아 꽃게는 방사능으로부터 위생 안전성이 확보되어 있다고 판단되었다.

벤조피렌은 내분비계장애물질이면서 발암가능물질로 잔류기간이 길고, 독성이 강하여 CODEX 및 JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives)의 위해성 평가를 위한 우선 순위 목록에 포함하는 등 세계적 관심 물질이 되고 있다. 이의 일환으로 국제암연구소[IARC (International Agency for Research on Cancer), 2006]는 최근 벤조피렌을 Group 1의

확인된 인체발암물질 (carcinogenic to humans)로 등급을 상향 조정한 바 있다. 벤조피렌은 오염원이 매우 다양하며 모든 탄수화물 연소과정에서 나타날수 있어 산업 배출가스 및 자동차 연료 및 배출가스 등과 같은 환경오염으로 인해 어패류 등에 검출될 수 있을 뿐만 아니라 식품의 고온 조리, 가공 시 식품 중 주성분인 탄수화물, 단백질, 지방 등이 분해되어 생성이 가능하다(Heu et al., 2005). 꽃게의 벤조피렌 농도 범위와 평균은 각각 0.025-0.060 mg/kg 및 0.041 ± 0.017 mg/kg이었다. 한편, 다른 연구자들은 꽃게 벤조피렌 함량을 식품의약품안전처(Kim, 2009)와 Jeong et al. (2010)의 경우 불검출, Shin (2010)의 경우 0.631 μ g/kg이었다고 보고한 바가 있다. 따라서, 꽃게의 벤조피렌 함량은 본 연구 결과의 경우 식품의약품안전처(Kim, 2009)와 Jeong et al. (2010)의 결과에 비하여는 높았고, Shin (2010)의 결과에 비하여는 낮았다. 꽃게의 벤조피렌에 대한 국내의 기준 규격은 국내 만이 5.0 μ g/kg 이하로 제시되어 있으나, 미국, 중국, 일본, CODEX, 베트남, EU 등과 같은 국외 기준은 아직 제시되고 있지 않다. 따라서, 벤조피렌 분석 결과를 국내 꽃게의 벤조피렌 기준 규격에 적용하였을 때 이를 초과하는 것이 없어 꽃게는 벤조피렌 측면에서 안전하다고 판단되었다.

꽃게 20건의 휘발성염기질소 농도 범위와 평균은 각각 8.7-15.6 mg/100 g 및 11.5 ± 2.1 mg/100 g이었다. 일반적으로 휘발성염기질소는 암모니아를 주로 하면서, trimethylamine (TMA), dimethylamine (DMA) 등으로 구성되어 있는데, 수확 직후에는 adenosine monophosphate (AMP)의 탈아미노반응에 따른 암모니아의 생성으로 함량이 극히 미량이나 선도 저하와 함께 trimethylamine oxide (TMAO)의 분해에 의한 TMA 나 DMA의 생성, 아미노산 등의 합질소화합물의 분해에 의한 암모니아 및 각종 아민류의 생성으로 크게 증가하여 수산물의 선도 판정에 널리 이용되고 있다(Park et al., 1995). 휘발성염기질소 함량에 의한 선도는 극히 신선한 수산물의 경우 5-10 mg/100 g, 보통 선도 수산물의 경우 15-25 mg/100 g, 초기 부패 수산물의 경우 30-40 mg/100 g, 부패 수산물의 경우 50 mg/100 g으로 판정되고 있고, 원료 선도의 한계점으로는 20 mg/100 g으로 분류하고 있다. 한편, Ninlanon and Tangkrook-Olan (2008)은 저장 중 mud crab의 품질변화에 관한 연구에서 휘발성염기질소 함량이 수확 초기의 경우 3.98 mg/100 g이었고, 저장 중 phosphorylase, pyruvate kinase, phosphofructokinase 등과 같은 미생물 효소 및 자가소화효소에 의하여 분해되어 16 mg/100 g으로까지 증가하는 경우 관능요원에 의한 초기변패가 인지되었다고 보고한 바 있다. 꽃게의 휘발성염기질소 함량에 대한 국내의 기준 규격은 단지 중국만이 25 mg/kg으로 제시되어 있고, 나머지 국내, 미국, 일본, CODEX, 베트남, EU 등과 같은 국내의 기준은 아직 제시되고 있지 않았다. 따라서, 검토된 꽃게 20건은 휘발성염기질소 면에서 모두 중국의 기준 규격 내에 있어 신선하다고 판단되었다.

이상의 꽃게에 대한 미생물학적 및 이화학적 위생 특성에 대

한 본 실험, 다른 연구자들의 연구 보고 및 국내외 기준 규격 등으로 미루어 보아 시판 꽃게는 신선도 면에서 간장게장 등과 같은 가공품의 소재로 충분히 활용 가능하리라 판단되었다.

사 사

이 논문은 2016년 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(수산식품산업기술개발사업의 해양별 특성을 고려한 전통수산물가공식품 개발 및 상품화).

References

- Ariyama H. 1992. Molting and growth of the swimming crab *Portunus trituberculatus* reared in the laboratory. *Nippon Suisan Gakk* 58, 1799-1805.
- Cha YS, Ham HJ, Lee JI and Lee JJ. 2001. Heavy metals in fishery products, sold at fish markets in Seoul. *J Food Hyg Saf* 16, 315-323.
- Cho ML. 2016. Contents and risk assessments of heavy metals in mainly consumed seafoods. MS Thesis, Gyeongsng National University, Tongyeong, Korea.
- Choi EH. 2011. A study on heavy metal contents in various foods consumed in Ulsan. MS Thesis, Ulsan University, Ulsan, Korea.
- Choi TD. 2012. Radioactive contamination of food and its risk. *Bull Food Technol* 25, 75-81.
- Conti ME and Cecchetti G. 2003. A biomonitoring study: Trace metals in algae and molluscs from Tyrrhenian coastal areas. *Environ Res* 93, 99-112. [http://dx.doi.org/10.1016/S0013-9351\(03\)00012-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0013-9351(03)00012-4).
- Ham HJ. 2002. Distribution of hazardous heavy metals (Hg, Cd, and Pb) in fishery products, sold at Garak wholesale markets in Seoul. *J Food Hyg Saf* 17, 146-151.
- Ham HJ and Jin YH. 2003. Serotypes and biochemical properties of *Escherichia coli* isolated from seafood products. *J Food Hyg Saf* 18, 1-5.
- Ham HJ, Jin YH and Jung YT. 2002. Distribution of *Vibrio parahaemolyticus* in fishery products, sold at Garak wholesale market and serological characteristics of isolated strain. *J Food Hyg Saf* 17, 152-156.
- Heu SJ, Kim MH, Oh NS, Choi KS and Kwon KS. 2005. Level of polycyclic aromatic hydrocarbons in fish, shellfish and their processed products. *Korean J Food Sci Technol* 37, 866-872.
- IARC (International Agency for Research on Cancer). 2006. Benzo[a]pyrene. Retrieved from <https://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100F/mono100F-14.pdf> on Feb 14, 2017.
- Jeong JY, Choi CW, Ryeom TY, Cho KH, Park SY, Shin HS, Lee KH and Lee HM. 2010. Analysis and risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in seafood from oil contaminated bay. *Analytical Sci Technol* 23, 187-195.

- <http://dx.doi.org/10.5806/AST.2010.23.2.187>.
- Kapute F, Likonwe J and Kang`ombe J. 2012. Quality assessment of fresh lake Malawi tilapia (*Chambo*) collected from selected local and supermarkets in Malawi. *Internet J Food Safe* 14, 113-121.
- Kim JH, Lee YW, Lee HJ and Na SS. 1997. A study on characteristics of *Escherichia coli* isolated from fish in market. *J Food Hyg Saf* 12, 354-360.
- Kim JS. 2016. Development and commercialization of traditional seafood products based on the Korean coastal marine resources. KIMST report on the 1st Project. Korea Institute of Marine Science & Technology Promotion, Seoul, Korea. 33-56.
- Kim KH. 2014. Concentration and risk assessment of heavy metal in mainly consumed fishes. MS thesis. Gyeongsang National University, Tongyeong, Korea.
- Kim MH. 2009. Report of Monitoring of PAHs contents in marine products. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), Osong, Korea, 26-36.
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2017. Fishery-scale variety-scale fishery-scale statistic. Retrieved from http://kosis.kr/statisticsList/statisticsList_01List.jsp?vwcd=MT_ZTITLE&parentId=F#SubCont on Mar 4, 2017.
- Lee H, Kim SJ, Hong CK, Hong BS and Lee KM. 1995. Studies on isolation of *Vibrios* from marine and fresh water products in cold season. Seoul Metropolitan Government Research Institute of Public Health & Environment, Seoul, Korea, 18-26.
- Lee H, Oh YH, Kim AK, Hwang YO, Kim DI, Han KY and Park SG. 2004. Antibiotic susceptibility and distribution of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from the seafood. Seoul Metropolitan Government Research Institute of Public Health & Environment, Seoul, Korea, 310-316.
- Lee JI, Oh YH, Lee YK, Cho ER, Ryu SH and Kim SW. 1996. Distribution and antibiotics susceptibility of *Vibrio parahaemolyticus* isolates from sea foods in market. Seoul Metropolitan Government Research Institute of Public Health & Environment, Seoul, Korea, 26-36.
- Lee YW, Cheung CY, Park SG and Kim SW. 1997. Normal flora and effect of storage temperature and period in the commercial fish and shellfish. *J Food Hyg Saf* 12, 20-25.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2016. 9. General test method in Food Code. Retrieved from <http://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/safefoodlife/food/foodRvlv/foodRvlv.do> on Mar 2, 2017.
- Mok JS, Kwon JY, Sin KT, Choi WS, Shim KB, Lee TS and Kim JH. 2014. Distribution of heavy metals in muscles and internal organs of Korean cephalopods and crustaceans: risk assessment for human health. *J Food Protect* 77, 2168-2175. <http://dx.doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-14-317>.
- Mok JS, Lee KJ, Shim KB, Lee TS Song KC and Kim JH. 2010. Contents of heavy metals in marine invertebrates from the Korean coasts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39, 894-901. <http://dx.doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-13-485>.
- National Rural Resources Development Institute. 2007. Food Composition Table. Rural Development Administration, 7th eds. Jeonju, Korea, 312-313.
- Ninlanon W and Tangkrock-Olan N. 2008. Effects of handling processes on the quality and biochemical changes in tissue of mud crab, (*Scylla serrata*, Forsskal, 1755) during emersion storage. *Environment Asia* 2, 49-55. <http://dx.doi.org/10.14456/ea.2008.14>.
- Pagadala S, Parveen S, Rippen T, Luchansky JB, Call JE, Tamplin ML and Porto-Fett ACS. 2012. Prevalence, characterization and sources of *Listeria monocytogenes* in blue crab (*Callinectes sapidus*) meat and blue crab processing plants. *Food Microbiol* 31, 263-270. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2012.03.015>.
- Park CD, Cho SK, Kim HY and Park SW. 2013. Mesh selectivity of gill net for swimming crab *Portunus trituberculatus* in the western coastal waters of Korea. *J Kor Soc Fish Tech* 49, 106-115. <http://dx.doi.org/10.3796/KSFT.2013.49.2.106>.
- Park YH, Chang DS and Kim SB. 1995. Processing and Utilization of Seafoods. Hyungseol Publishing Co., Seoul, Korea, 147-168, 403-407.
- Roh PU, Bin SO and Kim SW. 1997. A study on contamination of fish sold at wholesale market in Seoul Area. -Material collected from Seoul Karak Fish Market. *J Food Hyg Saf* 12, 294-299.
- Shin HS. 2010. Improvement of analytical method for benzo[a]pyrene in foods and study on monitoring and exposure. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), Osong, Korea, 79-82.
- Son KT, Kwon JY, Jo MR, Choi WS, Kang SR, Ha NY, Shin JW, Park K and Kim JH. 2012. Heavy metals (Hg, Pb, Cd) content and risk assessment of commercial dried laver *Porphyra sp.* *Korean J Fish Aquat Sci* 45, 454-459. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2012.0454>.
- Yoon AJ, Suh SA, Kim HS, Paek OJ, Kang YW, Lee JG, Bong YA, Choi H, Kwak JY and Lee SI. 2013. Report of survey of radioactive contamination for fishery products. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), Osong, Korea.