

## 피조개(*Scapharca broughtonii*) 조미 통조림의 HACCP 시스템 구축을 위한 위해평가 및 현장적용

강영미<sup>1</sup> · 차장우<sup>1, 2</sup> · 이수광<sup>3</sup> · 이재형<sup>4</sup> · 김진수<sup>1, 2\*</sup>

<sup>1</sup>경상대학교 수산식품산업화 기술지원센터, <sup>2</sup>경상대학교 해양식품생명의학과/해양산업연구소, <sup>3</sup>국립수산물연구원 식품위생가공과, <sup>4</sup>한국식품안전관리인증원 전략기획과

### Risk Assessment and Work in Field for HACCP System Construction of Canned Seasoned Broughton's Ribbed Ark *Scapharca broughtonii*

Young Mi Kang<sup>1</sup>, Jang Woo Cha<sup>1, 2</sup>, Su Gwang Lee<sup>3</sup>, Jae Hyoung Lee<sup>4</sup> and Jin-Soo Kim<sup>1, 2\*</sup>

<sup>1</sup>Research Center for Industrial Development of Seafood, Gyeongsang National University, Tongyeong 53063, Korea  
<sup>2</sup>Department of Seafood and Aquaculture Science/Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Tongyeong 53063, Korea  
<sup>3</sup>Food Safety and Processing Research Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea  
<sup>4</sup>Department of Strategy Planning, Korea Agency of HACCP Accreditation and Services, Cheongju 28160, Korea

This study assessed the biological and physicochemical hazards involved in establishing a hazard analysis critical control point (HACCP) for canned seasoned Broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii* and examined the critical control points (CCPs) in the field. Following the basic principles of the HACCP system, the hazard-evaluation procedures were enacted during the production of canned seasoned Broughton's ribbed ark after field investigation of a seafood product company in Korea. CCPs were determined using canned seasoned Broughton's ribbed ark with the corresponding control measures. The HACCP system was applied to each step in processing the product. The results indicated that inspection of raw materials, filling, sterilization, and alien substance detection were the most important CCPs. These results can be used to prevent and control food safety problems in the production of canned seasoned Broughton's ribbed ark.

Key words: Food safety, Hazard analysis, Critical control point, Shellfish, Broughton's ribbed ark

## 서 론

피조개는 패류 특유의 쫄깃한 조직감과 철을 다량 함유하고 있어, 맛과 건강을 추구하는 소비자 요구에 아주 잘 맞는 식품 소재 중의 하나이다. 이로 인하여 피조개는 예전부터 현재까지 전라남도 여수시 인근 해역, 경상남도 진해시 등 남해안에서 대량 생산 및 유통되고 있고 이들 지역의 주요 산업 중 중의 하나로 자리잡고 있다. 피조개의 생산량은 과거 몇 년의 경우 대량 폐사 등으로 상당히 미미한 양이었으나, 2012년 2,432 M/T, 2014년 3,031 M/T, 2016년 3,637 M/T으로 다량 생산되면서 해마다 급격히 증가하고 있는 추세이다(MOF, 2017). 그러나 피조개의 국내 이용은 주로 회, 초밥, 샐러드 등과 같이 단순가공 소재로 한정되어 있어 생산량에 비하여 소비량이 뒤따르지

못하는 수급불균형 현상이 발생하여 생산금액이 생산량의 패 턴과는 달리 해마다 감소하여 저부가가치화 되고 있다(MOF, 2017). 따라서 피조개를 고부가가치화 할 수 있는 신제품의 개발이 절실한 품목이다.

최근 소비자들은 맛, 냄새, 향, 영양 및 건강기능성 등이 우수한 수산가공품뿐만 아니라 안전성과 건전성이 확보된 통조림과 같은 제품을 요구하고 있다. 통조림은 원료를 전처리한 다음 관에 살쟁임하고, 이를 탈기, 밀봉, 살균 및 냉각하여 제조한 제품으로 식품안전관리인증기준(hazard analysis and critical control point, HACCP)에 따라 제조된다면 최근 소비자 요구에 부응하는 대표적인 간편편의식이면서 위생성을 확보하고 있는 제품이 될 것이다. HACCP은 식품의 원료 관리에서부터 제조, 가공, 보존, 유통단계를 거쳐 최종 소비자가 섭취하기 전까지

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2018.0524>



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 51(5), 524-534, October 2018

Received 2 July 2018; Revised 29 July 2018; Accepted 27 August 2018

\*Corresponding author: Tel: +82. 55. 772. 9144 Fax: +82. 55. 772. 9149

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

의 각 단계에서 발생할 우려가 있는 위해요소를 과학적으로 확인하고 분석하여 위해 발생 원인들을 제거하여 소비자에게 식품의 안전성(safety), 건전성(wholesomeness) 및 품질(quality)을 제공하는 과학적인 위생관리방법이다. 또한, 전 세계적으로도 식품산업에서 안전한 식품을 생산하기 위한 일환으로 생산 중 발생 가능한 문제에 대하여 사전예방적인 안전관리 강화에 중점을 두는 HACCP system을 구축하고 있고, 수출하고자 하는 경우 수입국으로부터 HACCP 등록증을 요구 받고 있다(RCIDS, 2017; FAO, 1997; KIFSMA, 2017). 그러나, 한국은 1995년 HACCP 제도가 도입된 이래 현 시점에서 HACCP 인증의 경우 아직 전체 식품제조·가공업체 27,607개소[식품의약품통계연보(MFDS, 2016)]의 약 17.4% (2017년 10월 기준)에 불과하다. 또한, 국내의 경우 수산식품에 대한 HACCP system에 대한 가이드라인은 제시되어 있으나, 각 제품에 대한 상세한 연구가 부족한 실정이다. 패류 통조림의 HACCP에 관한 연구로는 저산성 통·병조림식품의 HACCP 적용을 위한 일반모델 개발(Yu et al., 2001), HACCP 구축을 위한 굴 가공공장의 위해평가(Kang et al., 2016) 등과 같이 주로 굴이나 저산성 통조림에 대한 HACCP 모델이 개발되고 있으나, 다양한 패류 통조림에 대한 개별 HACCP 모델이 부족한 실정이다.

반면, 피조개를 포함한 패류는 육상과 인접한 연안에 서식하면서 여과섭이를 통한 먹이 섭취를 하여 하천 등의 배수 유역에서 유입되는 오염물질 및 해수 중에 부유하는 세균 등의 체내 축적이 용이하다(Grimes, 1991; Feldhusen, 2000). 뿐만 아니라 패류는 기후변화로 인한 다량의 강우로 패류생산해역에 주변계 오염 물질이 대량으로 유입되어 병원성 세균 및 바이러스에 의해 쉽게 오염될 수 있다(Park et al., 2011; 2012). 또한 패류는 육조식이 연약하고, 저온성 미생물의 부착 기회가 많으며, 수분 함량이 높아 선도저하가 신속하여 위생적으로 다양한 문제가 있어 안전성 확보를 위하여 많은 고려를 하여야 할 식품 소재 중의 하나이다. 이러한 일면에서 식품의약품안전처에서 관리하고 있는 식품공전(MFDS, 2018b)에서는 원료 수산물에 대하여 미생물학적 위해요인으로 일반세균수, 대장균군, 대장균, 식중독균(*Salmonella* spp., *Vibrio parahaemolyticus*, *Listeria monocytogenes*, Enterohemorrhagic *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus*) 등과 화학적 위해요인으로 중금속(총수은, 메틸수은, 납, 카드뮴), 패류 독소(마비성 패류 독소, 설사성 패류 독소), 방사능, 항생물질, 바이오제닉 아민 등을 제시하고 있다. 이런 위해요소 발생을 줄이기 위해 HACCP system을 적용하여 피조개를 전처리하고, 소비자 요구에 맞는 조미 소스와 함께 살쟁임한 다음 탈기, 밀봉, 살균 및 냉각하여 피조개 조미 통조림을 제조한다면 관능적 요인, 영양 및 건강기능성과 더불어 안전성을 확보한 신제품을 제조할 수 있어 피조개의 고부가가치화는 물론이고, 피조개의 과잉 생산에 의한 가격 하락도 일부 억제할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 소비자 요구에 부응하는 피조개 조미 통조림의 제조를 위한 원료 입고, 생산, 유통 중 식품 안전사고 발생 방지를 위하여 생산기반 위해예방관리계획을 위한 기초자료를 마련하고자 하였다. 이를 위해 피조개 조미 통조림 생산에 HACCP을 적용하기 위한 준비 단계로 주요 원료 및 제조공정별 생물학적 위해요소분석을 통해 생물학적 중요관리점(CCP, critical control point)을 파악하였으며, 이를 관리하고 모니터링하기 위한 한계기준을 설정하였다. 또한 피조개 조미 통조림 HACCP plan 수립 시 통조림 생산 작업장의 조리기기 및 용기, 작업환경에 대한 미생물학적 위해분석도 함께 실시하여 피조개 조미 통조림의 작업환경 전반에 대한 기초적인 위해분석 자료도 함께 제시하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

피조개 조미 통조림의 제조 원료인 피조개(*Scapharca broughtonii*)는 2016년 12월-2017년 1월에 남해안 양식산 피조개를 탈각(육 중량 8.9-13.1 g, 평균 10.8±1.6 g)한 다음 냉동하여 둔 것을 2017년 2-6월에 경상남도 거제시 소재 D수산으로부터 구입하여 사용하였다. 조미 소스의 제조를 위한 원료인 올리브유(CJ Cheiljedang Co. Ltd., Korea), 다진마늘(Gana distribution, Korea), 폰즈(Ottogi Co. Ltd., Korea) (Kikkoman Co. Ltd., Japan), 감자전분(Nobrand, Korea), 생강분말(Chungjungone Co. Ltd., Korea), 가쓰오부시(HaeTongyeong, Korea), 고춧가루(Peacock, Sinsega Food Co. Ltd., Korea), 치킨스톡(Chungjungone Co. Ltd., Korea), 파슬리(International Spice and Food Import, Korea), 소금(CJ Cheiljedang Co. Ltd., Korea), 설탕(CJ Cheiljedang Co. Ltd., Korea)은 2017년 2-6월에 경상남도 통영시 소재 대형마트로부터 구입하여 사용하였고, 굴 엑스분 농축물은 2017년 2월에 경상남도 거제시 소재 D수산으로부터 구입하여 사용하였다.

### 피조개 조미 통조림의 HACCP plan 설정

피조개 조미 통조림의 HACCP plan은 경상남도 거제시에 소재하고 있는 피조개 조미 통조림 생산업체를 방문하여 기본 현황 및 제조공정을 파악하고, 작업시설의 개선, 생산공정 중 위해요소 분석, 중요관리점 및 모니터링 개선조치 방법 등에 대하여 설정하였다.

### 위생지표균(일반세균수, 대장균군 및 대장균)

위생지표균의 분석은 식품공전(MFDS, 2018a)의 미생물 시험법에 준하는 방법으로 진행하였다. 일반세균수 및 대장균군의 측정용을 위한 전처리 시료는 검체를 균질화 후, 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 plate count agar (PCA; Merck, Germany) 배지에 접종하고, 배양(35±1℃, 48시간)한 후 집락수를 계측한 다음, 평균집락수에 희석배수를 곱하여 산출하였다. 대장균군은 건조필름법으로 실시하였으며 이는 전처리 시료 1 mL를 2배 이상씩 대장균군 건조필름배지(3M™ Petrifilm™ Coliform Count plates; 3M Minnesota, USA)에 접종하여 배양(35±1℃, 24시간)한 후 대장균군의 경우 붉은 집락 중 주위에 기포를 형성한 집락수를 계수한 다음 다음 이들 각각의 평균집락수에 희석배수를 곱하여 산출하였다. 대장균의 경우 EC broth를 이용하여 배양(44±1℃, 24시간) 배양 후 배지가 혼탁해지거나 Durham tube에 기포가 포집되어 있는 것을 양성으로 판정하고, 이를 100 g당 최확수(most probable number, MPN/100 g)로 나타내었다.

### 식중독세균

식중독 세균은 원료에 대해서는 *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Vibrio parahaemolyticus*로 3종으로 한정하였고, 최종제품에 한하여 *Clostridium botulinum*을 추가로 분석을 진행하였다. 실험은 식품공전(MFDS, 2018a)의 시험법에 따라 분석을 진행하였다. 이들 식중독 세균의 경우 정성실험 진행 후 의심되는 집락형성시 정량실험을 진행하였다.

*Salmonella* spp.는 시료(25 g)를 취하여 tryptic soy broth (TSB, Difco, USA) 225 mL에 접종하고 증균 배양(37±1℃, 24시간)한 후 0.1 mL를 취하여 Rappaport-Vassiliadis (Difco, USA) 10 mL에 접종한 다음 2차 배양(42±1℃, 24시간)하였다. 2차 배양액을 MacConkey agar (Difco, USA)에 접종하고 배양(35±1℃, 24시간)하여 확인된 무색의 유당 비분해균의 집락을 선택하여 보통 한천 배지(nutrient agar, Difco, USA)에 재접종하여 배양(35±1℃, 24시간)한 후 의심되는 집락은 API 20E (Biomérieux, France)로 생화학적 확인시험을 하였다.

*S. aureus*는 시료(25 g)를 취하여 10% NaCl을 첨가한 tryptic soy broth (TSB, Difco, USA) 225 mL에 접종하여 증균 배양(36±1℃, 24시간) 한 후 Baird-Parker agar (Difco, USA)에 접종하고, 재증균 배양(36±1℃, 24시간) 한 후 투명한 환을 가진 검정색 집락을 확인하였다. 분리 배양된 평판 배지상의 집락을 보통 한천배지에 옮겨 배양(36±1℃, 24시간)하고, 그람염색 및 생화학적 확인실험을 실시하였다.

*V. parahaemolyticus*는 2% NaCl이 첨가된 알칼리 펩톤수(alkaline pepton water, pH 8.6)에 접종하여 37℃에서 24시간 증균배양한 1 백금이를 TCBS (thiosulfate citrate bile sucrose) 한천배지에 접종 후 37℃에서 24시간 배양하였다. 그 평판배지에서 청록색 집락을 골라 TSI (triple sugar iron) 사면배지에 배양 후 API 20E (Biomérieux, France)로 생화학적 확인시험을 하였다.

*Cl. botulinum*은 검체와 동량의 인산완충액을 첨가하여 균질화 후 2 g의 시료를 2개의 cooked meat 배지 15 mL에 접종하여 36±1℃에서 7일간 배양하였고, 2개의 trypticase peptone glucose yeast extract broth (TPGY, Kisan Biotech Co., Ltd., Korea) 배지 15 mL에 접종하여 26±1℃에서 7일간 배양하였다. 단, 접종전 각 배지는 15분간 증탕하여 탈산소한 후 급속 냉각하여 사용하였으며, 시료는 배지 아래부분에 천천히 접종하고 교반하지 않았다. 배양 7일 후 검경하여 전형적인 *Cl. botulinum* 이 관찰되면 다음의 분리배양을 실시하고, 관찰되지 않는 경우에는 10일간 더 배양하였다.

### 노로바이러스 오염도

피조개의 노로바이러스 분리를 위한 시료 전처리(Jothikumar et al., 2005)는 피조개의 중장선 3 g에 300 µg/mL Proteinase K Solution (PROMEGA, Wisconsin, USA)을 동량 첨가하여 균질화 후 37±1℃, 300 rpm의 조건으로 1시간 반응시킨 후 65±1℃에서 15분간 반응하여 Proteinase K를 실행시킨다. 그 후 원심분리(3,000 g, 20분) 하여 상등액을 노로바이러스 RNA (ribonucleic acid) 추출 시료로 사용하였다. 노로바이러스 정량 분석은 식품공전(MFDS, 2018a)의 시험법에 따라 전처리 시료의 노로바이러스 RNA는 viral RNA mini kits (QIAGEN, MD, USA)를 사용하여 추출하였다. 추출된 RNA는 realtime RT-PCR 반응을 위하여 프라이머 GI-F1M (5'-CTG CCC GAA TTY GTA AAT GAT GAT-3')/GI-R1M (5'-CCA ACC CAR CCA TTR TAC ATY TG-3')과 GII-F1M (5'-GGG AGG GCG ATC GCA ATC T-3')/GII-R1M (5'-CCR CCI GCA TRI CCR TTR TAC AT-3') 및 OneStep RT-PCR kit (QIAGEN)를 이용하여 Thermal cycler dice TP800 (Takara Bio Inc., Japan)으로 유전자를 증폭하였다. 이때 양성대조군은 노로바이러스 RNA (Takara Bio Inc.), 음성대조군으로 멸균증류수를 사용하였다.

### 중금속

중금속에 대한 오염정도는 총수은, 메틸수은, 납, 카드뮴, 무기 비소의 농도를 측정하여 살펴보았다. 총수은은 균질화된 시료 약 0.1 g을 금아말감법으로 직접수은분석기(DMA-80, Milestone, Italy)로 분석하였고, 모든 결과는 Easy-DOC3프로그램(Easy-DOC3 for DMA, Ver. 3.30, Milestone, USA)을 이용하여 산출하였다.

메틸수은 분석은 식품공전(MFDS, 2018a)의 시험법에 따라 시험용액을 제조한 다음 HR-Thermon-HG (0.53 mm×15 mm, Shinwa Chemical Industries, Ltd., Kyoto, Japan) 칼럼을 이용하여 GC-ECD system (gas chromatography-electron capture detector, Agilent 7890A, Agilent Co., Wilmington, USA)으로 분석하였다.

납과 카드뮴 분석은 Kim (2014)이 언급한 방법에 따라 동결



건조한 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 습중량으로 표시하였다.

무기비소의 분석은 An et al. (2017)이 언급한 방법을 약간 수정하여 분석하였다. 무기비소 추출을 위하여 동결건조 시료 1 g에 50% MeOH (in 1% HNO<sub>3</sub>)를 첨가한 후 ultra sonicator (Power Sonic 420, Hwa Shin Instrument, Korea)를 이용하여 1시간 동안 실시하였고, 이의 추출물은 원심분리(6,000 g, 10분)한 후 상층액을 새 튜브에 옮겼으며, 이 추출과정의 경우 반복 실시한 후 상층액은 0.45 µm membrane filter (Milipore Co. Ltd., Massachusetts, USA)로 여과하여 분석에 사용하였다. 무기비소 분석은 HPLC-ICP-MS (Nexion 300D; Perkin-Elmer SCIEX, USA)로 수행하였고, 이동상은 4 mM sodium 1-butane sulfate (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA), 4 mM malonic acid (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA), 10 mM tetramethylammonium hydroxide (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 pH 2.3으로 조절한 것을, 분석용 컬럼은 CAPCELL PAK C18MG (4.6 mm × 250 mm × 5 µm; Shiseido Co. Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하였으며, 표준인증물질 NMIJ 7405-a (롯데 분말, AIST, Japan)는 비소 중 분석의 정확성 및 재현성 확인을 위하여 사용하였다.

**방사능**

방사능 분석은 식품공전(MFDS, 2018a)에 따라 실시하였다. 방사능 분석 시료는 물로 세척 및 탈수한 후 분쇄기로 갈고 균질화하여 약 1 kg을 marinelli 비이커에 넣고 밀봉한 다음 고순도 게르마늄 감마핵종분석기(HPGe, ORTEC Advanced Measurement Technology Inc, TN, USA)로 측정하였다.

측정에너지 범위는 0-2 MeV로 조정된 후 차폐용기 내의 검출기에 검체를 올려놓고, 최소 측정시간은 10,000초, 시험 대상핵종은 요오드(<sup>131</sup>I)와 세슘(<sup>134</sup>Cs+<sup>137</sup>Cs)으로 하였다.

**벤조피렌[benzo(a)pyrene]**

벤조피렌의 분석은 식품공전(MFDS, 2018a)의 시험법에 따라 시험용액을 제조한 다음 Supelguard LC-18을 연결한 Supelcosil LC-PAH (25 cm × 4.6 mm)가 장착된 HPLC/Fluorescence Detector, HPLC/FLD (A-10 Solvent & Sample Module, PDA Detector, FL Detector, PerkinElmer, Massachusetts, USA)를 사용하여 실시하였다. 또한, 벤조피렌의 분석은 칼럼 온도의 경우 35℃로, 이동상의 경우 3차 증류수와 아세트니트릴의 혼합액(2:8)으로, 유속은 1 mL/min로, 검출기 파장은 여기 파장의 경우 294 nm, 형광파장의 경우 404 nm로 하였다.

**휘발성염기질소**

휘발성염기질소 함량은 식품공전(MFDS, 2018a)의 시험법에 따라 Conway unit을 사용하는 미량확산법(Kapute et al.,

2012)으로 측정하여 계산하였다. 휘발성염기질소 함량의 측정을 위한 시료는 고형물 10 g에 증류수 약 30 mL을 가하여 균질기(System Polytron PT 1200A, KINEMATICA AG, EU)로 1분간 균질화시킨 후 여과하여 제조하였다. 휘발성염기질소 함량은 Conway unit의 외실의 경우 왼쪽에 전처리 시료 용액 1 mL, 오른쪽에 50% K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액 1 mL, 내실에 0.01 N H<sub>2</sub>BO<sub>3</sub> 용액 1 mL와 지시약 500 µL를 각각 가한 다음 글리세린을 바른 뚜껑으로 밀폐하고 조심스럽게 흔들어 준 다음 37℃에서 120분간 반응 후, 반응이 종료된 Conway unit 외실에 0.01 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 용액으로 적정하여 다음의 식을 이용하여 계산하였다.

휘발성염기질소(mg/100 g) =

$$\frac{(\text{시료 적정치}-\text{대조구 적정치}) \times 0.14 \times \text{factor} \times \text{희석비}}{\text{시료량 (g)}} \times 100$$

**패류독소**

패류독소는 마비성과 설사성 패류독소로 나누어 식품공전(MFDS, 2018a) 시험법에 따라 시험용액을 제조하여 분석하였다. 마비성 패류독소의 분석은 추출한 시료액을 19-21 g의 수컷 ICR (institute of cancer research)계 마우스에 주입하고 치사시간으로부터 독량을 Sommer의 표와 마우스 체중 보정표를 이용하여 산출하였다.

설사성 패류독소의 분석은 LC/MS/MS (Xevo TQ-S, Waters, MA, USA)로 실시하였고, 설사성 패류독소의 독소성분인 okadaic acid와 dinophysistoxin-1의 크로마토그램상의 특성이온 피크는 표준용액 특성이온 피크의 머무름 시간과 비교하여 일치 여부로 확인하였다

**피조개 조미 통조림의 멸균 및 금속검출 한계기준 설정**

피조개 조미 통조림의 멸균공정의 한계기준은 피조개 조미 통조림을 식품공전(MFDS, 2018a)의 통조림 식품에 대한 정의에서는 통조림 식품은 중심온도가 120℃에서 4분 또는 이와 동등 이상의 효력을 갖는 방법으로 열처리한 것을 말하며, 세균 발육이 음성이어야 함과 세균발육시험법 중 가온검사[35 ± 1℃에서 10일간 보존하고, 매일 외관검사(용기의 팽창 또는 터짐현상에 대한 검사)를 하되 이상이 없는 경우 상온에서 1일간 추가로 방치한 후 이상이 없으면 미생물 검사를 실시]에서 제시한 것을 토대로 실시하되, 이 이외에도 다른 온도(55 ± 1℃)와 와 혐기적 세균수에 대하여도 검토하여 설정하였다.

X-Ray 이물 검출기의 금속검출 한계기준은 X-ray 검출기(QTM-WA25hh-M210, QUALITEC, Korea)를 사용하여, 금속이 없는 것으로 확인된 공정품에 표준시편을 넣어 확인하였고, 감도별(90-100%, 10% 간격), 표준시편별(Fe와 STS), 크기별[Fe의 경우 직경이 0.5-2.5 mmΦ (0.5 mmΦ 단위), STS의 경우 직경이 1.0-4.0 mmΦ (1.0 mmΦ 단위)] 및 통과 위치별(오른쪽, 왼쪽 및 중간) 검출율로 설정하였다.

## 제조업체의 제조 환경 분석

표면오염도 검사(swab contact method)는 buffered peptone water (BPW; 3M, USA) 10 mL에 담겨 있는 멸균된 면봉이 오염되지 않도록 손잡이 부분을 잡고 대상 검체의 표면에 사각대 (10 cm × 10 cm)를 대고 사각대 내부를 3회 이상 천천히 문질렀다. 이어서 표면을 문지른 면봉은 문지른 부분만 멸균가위로 절단하여 BPW 용액에 넣었다. 검체는 실험하기 전 10초간 50 회 이상 균질화하여 실험하고자 하는 배지에 1 mL를 분주하여 배양한 후 결과를 확인하고, 이에 대한결과는 100 cm<sup>2</sup>당 집락수를 계산하여 기록하였다(APHA, 2001).

공중낙하균 검사(sedimentation methods)는 중력과 공기의 흐름을 이용한 방법으로 선택배지 및 한천배지를 채취하고자 하는 장소에 15분간 열어둔 후 15분이 지나면 뚜껑을 덮고 각 미생물 배양 온도에서, 일정 시간 동안 배양한 후 계수하였다(APHA, 2001). 채취한 검체는 냉장온도(4℃이하)에서 보관, 운반하여 12시간 이내에 분석실험을 진행하였다.

## 통계처리

데이터의 통계처리는 SAS system (Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA test)하였고, 각 처리구간의 유의성은 Duncan의 다중위검정법으로 최소유의차검정(P<0.05)을 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 피조개 조미 통조림의 HACCP plan 작성

피조개 조미 통조림의 HACCP plan 설정은 HACCP 팀 구성에서부터 중요관리점(CCP)의 결정, 한계기준의 수립 등 Codex 7원칙 12절차에 의거하여 피조개 조미 통조림 HACCP 적

용절차를 수립하였다.

이러한 HACCP 계획을 설정하기 위하여 피조개 조미 통조림의 제조공정을 원료 입고부터 멸균, X-ray 검출 등의 공정이 포함된 10단계로 구분하여 각 공정별 위해요소를 분석하고, 위해요소의 중대함을 판단하기 위하여 각 위해요소의 발생가능성과 심각성을 평가한 결과 통조림 살균에 따른 미생물의 잔류 가능성과 최종제품에서의 이물 잔류 가능성이 주요 위해요소로 도출되어 중요관리점으로 설정하였다. 중요관리점에 대한 한계 기준은 실험적 방법 및 관련 법적 기준을 토대로 수립하였고, 이후 설정된 CCP, 모니터링과 검증방법 등을 포함한 HACCP 관리 계획을 작성하여 기록하도록 하였다.

### 원료 피조개의 위해요소 분석

피조개 조미 통조림의 각 공정별 위해요소를 분석하기 전에 원료(냉동 피조개)의 생물학적 위해요소인 위생지표군 3종, 식중독균 3종 및 norovirus에 대하여 분석한 결과는 Table 1과 같다. 피조개의 일반세균수는  $6.8 \times 10^3$  ( $2.4 \times 10^2$ - $2.6 \times 10^4$ ) CFU/g, 대장균군은  $3.4 \times 10^1$  (ND- $3.1 \times 10^2$ ) CFU/g이 검출되었고, 대장균, 식중독균(*Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Vibrio parahaemolyticus*) 및 norovirus는 모두 불검출되었다. 식품공전(MFDS, 2018b)에서는 냉동패류(가열 후 섭취)에 대하여 일반세균수는 n=5, c=2, m=1.0 × 10<sup>6</sup>, M=5.0 × 10<sup>6</sup> CFU/g, 대장균의 경우 n=5, c=2, m=0, M=10 CFU/g으로 규정하고 있다. 따라서 피조개 조미 통조림의 원료인 냉동 피조개의 경우 생물학적 위해요소에 대한 결과는 식품공전의 규격 내에 있었다.

한편, 이화학적 위해요소는 일반적으로 청정한 원료를 적절하게 선택한다면, 가공공정이나 원료의 유통과정 등에서 특별히 오염되지 않을 경우 추가적인 유입은 거의 없다. 그러나 일반적으로 패류는 내장을 제거하지 않고 원형 그대로 섭취하거나 제조함으로써 패류 내장에 있는 중금속이 그대로 존재할 수 있다. 따

Table 1. Biological and chemical hazard analyses of raw broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii*

	Biological hazard (CFU/g)		Chemical hazard			
	N <sup>a</sup>	Mean (Range)	N	Mean (Range)		
Viable cell count	22	$6.8 \times 10^3$ ( $2.4 \times 10^2$ - $2.6 \times 10^4$ )	Pb	10 0.268±0.088 (0.100-0.393)		
Coliform group	22	$3.4 \times 10^1$ (ND- $3.1 \times 10^2$ )	Heavy metals (mg/kg)	Cd	10 0.554±0.269 (ND-0.907)	
				Total Hg	10 0.014±0.009 (0.001-0.040)	
				Methyl Hg	10 0.004±0.002 (0.002-0.007)	
				Inorganic As	10 0.031±0.067 (ND-0.216)	
<i>Escherichia coli</i> (MPN/100 g)	22	ND <sup>b</sup>	Radioactivity (Bq/kg)	<sup>131</sup> I	13	ND
<i>Salmonella</i> spp.	22	ND		<sup>134</sup> Cs+ <sup>137</sup> Cs	13	ND
<i>Staphylococcus aureus</i>	20	ND	Benzo(a)pyrene (µg/kg)		20	ND
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	20	ND	Volatile basic nitrogen (mg/100 g)		20	8.30±2.30 (4.20-11.9)
Norovirus	10	ND	Shellfish toxin (mg/kg)	PSP <sup>c</sup>	50	0.01±0.07 (ND-0.50)
				DSP <sup>d</sup>	37	ND

<sup>a</sup>Number of sample. <sup>b</sup>Not detected. <sup>c</sup>Paralytic shellfish poisoning. <sup>d</sup>Diarrhetic shellfish poisoning.

라서 원료에서의 중금속 관리는 최종제품의 품질에 영향을 끼칠 수 있어 이에 대한 분석이 필요하다. 이러한 일면에서 피조개 소스 통조림 생산을 위한 이화학적 위해요소는 원료의 관리로 위해요소 관리가 가능할 것으로 판단된다. 따라서 최종제품의 생산 전 피조개의 원료에 대한 이화학적 위해요소를 분석하였다(Table 1). 원료 냉동 피조개의 화학적 위해요소 중 중금속의 경우 납 0.268 (0.100-0.393) mg/kg, 카드뮴 0.554 (ND-0.907) mg/kg, 총수은 0.014 (0.001-0.040) mg/kg, 메틸수은 0.004 (0.002-0.007) mg/kg, 무기비소 0.031 (ND-0.216) mg/kg 범위로 검출되었다. 식품공전(MFDS, 2018b)에서는 연체동물에 대해 납 2.0 mg/kg, 카드뮴 2.0 mg/kg, 총수은은 0.5 mg/kg으로 규정하고 있고, 이를 초과하는 검체는 없었다.

일본의 후쿠시마 원자력발전소 사고 이후 세계적으로 수산물의 방사능에 대한 소비자의 불안감이 증가하여 한국뿐만 아니라 해외에서도 이에 대한 기준규격을 설정하여 관리하고 있다. 이러한 일면에서 피조개의 방사능에 대한 안전성을 살펴본 결과 피조개의 방사능은 선원(<sup>134</sup>Cs+<sup>137</sup>Cs 및 <sup>131</sup>I)의 종류에 관계없이 불검출이었다. 한편, 수산물에 대한 방사능에 대한 기준규격은 식품공전의 경우 <sup>34</sup>Cs+<sup>137</sup>Cs 와 <sup>131</sup>I가 각각 370 Bq/kg 및 300 Bq/kg, 일본은 100 Bq/kg, 2,000 Bq/kg, EU의 경우 1,250 Bq/kg, 2,000 Bq/kg으로 설정되어 있고(Kim, 2016), 이외에도 일본, 미국, 베트남, EU의 경우 다양한 선원에 대해 더 제시하고 있다. 벤조피렌의 경우 내분비계장애물질로서 Group1의 인체발암물질로 지정되었다(IARC, 2006).

한편 벤조피렌은 최근 환경오염으로 인하여 어패류 등에도 잔존할 수 있어(Heu et al., 2005) 국내 식품공전과 EU가 모두 10.0 µg/kg로 제시하고 있다. 이러한 일면에서 원료 피조개의 벤조피렌을 분석한 결과 불검출되었고, 이를 국내 기준규격에 적용 시 초과하는 것이 없었다.

휘발성염기질소는 수산물의 어획 직후 어육 중에는 극히 적으나, 선도저하와 더불어 증가하므로, 수산물 선도판정에 이용되고 있고(Park et al., 1995), 일반적으로 가공 원료로서 원료 선도의 한계점인 20 mg/100 g 이하로 분류하고 있으며(Kim et al., 2002), 중국에서는 이에 대한 기준을 15 mg/100 g으로 제시하고 있다. 원료 피조개의 휘발성염기질소 함량을 분석한 결과 8.30 (4.20-11.9) mg/100 g으로, 피조개는 충분히 가공 원료로 가능한 정도이었고, 기준(15 mg/100 g)에 적합하였다.

원료 피조개의 패류독소를 분석한 결과는 다음과 같다. 피조개의 패류독소는 마비성 패류독소의 경우 50건 중에서 1건 (0.50 mg/kg)만이 검출되었으나, 설사성 패류독소의 경우 모두 검출되지 않았다. 한편, 패류의 마비성 패류독소 및 설사성 패류독소에 대한 국내외 기준 규격은 국내(식품공전), 미국, 일본, 중국, 베트남, EU 및 Codex에서 각각 0.8 mg/kg (또는 4 MU/g) 및 0.16 mg/kg (또는 0.05 MU/g)으로 제시되어 있다. 따라서, 피조개의 패류독소에 대한 결과는 모두 국내외 기준 규격 내에 있었다.

반면, 혼제굴 통조림의 위해요소 분석한 보고(Yu et al., 2001)에 따르면 원료 굴의 주요 위해요소는 중금속 및 패류독소와 세척 후 이물질의 잔존 여부를 설정하였다. 또한 Kang et al. (2016)의 생식용 굴의 원료 굴에 대한 위해요소로서 일반세균수를 포함한 생물학적 위해요소를 설정하여 관리하도록 하였다. 이러한 일면에서, 이상의 피조개 조미 통조림의 주원료인 피조개에 대한 생물학적 및 이화학적 위해요소 분석 결과와 패류의 국내외 기준 규격으로 미루어 보아 위해요소 분석항목 결과 모두 국내외 기준 규격 범위 이내에 있었다. 따라서 피조개 소스 통조림의 제조시 원료의 안전성은 확보되었고, 추후 생산 공정상의 문제가 발생하지 않도록 주의하는 것이 중요하다고 판단되었다.

생산 공정별 생물학적 위해요소

일반적으로 수산가공품의 생산공정별 위해요소 관리는 원료에서 잘 제어가 된다면 이화학적 위해요소의 경우 생산공정에서 오염될 위험이 없어 관리할 필요가 없다. 따라서, 여기에서는 피조개 조미 통조림의 각 공정별 위해요소의 경우 생물학적 위해요소인 일반세균수, 대장균 및 4종의 식중독균(*S. aureus*, *Salmonella* spp., *V. parahaemolyticus*, *Cl. botulinum*)에 대하여만 분석하였고, 그 결과는 Table 2와 같다. 피조개 조미 통조림의 주원료인 피조개와 소스 충전 후의 일반세균수는 각각  $6.8 \times 10^3$  CFU/g,  $5.8 \times 10^4$  CFU/g가 검출되었고, 4종의 식중독균은 모두 불검출 되었다. 피조개 소스 통조림을 제조하기 위한 각 공정 중 일반세균수 농도는 해동 후가  $2.6 \times 10^4$  CFU/g 이었으나, 공정 중 멸균공정 이후의 경우 생균수를 포함한 모든 생물학적 위해요인이 제어되었다. 따라서 피조개 원료부터 최종 제품인 피조개 조미 통조림의 생산단계까지 각 공정에서 피조개의 일반세균수 및 식중독균의 실험 결과로 미루어 보아 멸균공정의 멸균 온도 및 시간을 준수한다면 생물학적 위해요소에 대

Table 2. Microbiological hazard analysis of canned seasoned broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii* during manufacturing

	Manufacturing process			
	Unpacking	Thawing	Filling	Sterilization
Available cell count	$6.8 \times 10^3$	$2.6 \times 10^4$	$5.8 \times 10^4$	ND*
<i>Escherichia coli</i>	ND	ND	ND	ND
<i>Staphylococcus aureus</i>	ND	ND	ND	ND
<i>Salmonella</i> spp.	ND	ND	ND	ND
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	ND	ND	ND	ND
<i>Clostridium botulinum</i>	-	-	-	ND

\*Not detected.



한 문제는 없을 것으로 판단되었다. 따라서 HACCP system을 적용하여 생산한 피조개 소스 통조림의 미생물 규격은 식품공전에 제시되어 있지 않으나, HACCP system을 구축한 후 제품에 대한 위해요소는 *S. aureus*, *V. parahaemolyticus*, *Cl. botulinum*으로, 그 기준은 음성으로 설정하였다(Table 4).

제조환경에 대한 생물학적 위해요소 분석

피조개 조미 통조림의 각 작업환경을 분석하기 위해 공중낙하균, 작업대, 작업자 손, 앞치마의 생물학적 위해요소인 일반세균수, 대장균군 및 *Staphylococcus aureus*에 대해 분석한 결과는 Table 3과 같다. 일반구역과 청결구역과 같이 구역별 생물학적 위해요소 중 일반세균수는 공중낙하균의 경우 각각  $4.4 \times 10$  CFU/plate/15 min 및  $1.6 \times 10$  CFU/plate/15 min, 작업대의 경우 각각  $4.5 \times 10$  CFU/100 cm<sup>2</sup> 및  $4.2 \times 10$  CFU/100 cm<sup>2</sup>, 작업자 손의 경우 각각  $4.8 \times 10$  CFU/100 cm<sup>2</sup> 및  $2.9 \times 10$  CFU/100 cm<sup>2</sup>, 앞치마의 경우  $4.8 \times 10$  CFU/100 cm<sup>2</sup> (청결구역)이었다. 또한, 일반구역과 청결구역과 같이 구역별 생물학적 위해요소 중 대장균군 및 *S. aureus*는 공중낙하균, 작업대, 작업자의 손 및 앞치마 등과 같이 위해요인 채취원의 종류에 관계없이 모두 불검출 되었다. Bucklew et al. (1996)의 기준에 의하면 기기나 기구 표면의 일반세균수 수준이 소독한 경우 허용수준이 2.84 logCFU/100 cm<sup>2</sup> 미만, 주의할 수준이 2.84-3.14 logCFU/100

cm<sup>2</sup>, 위험수준 3.14 logCFU/100 cm<sup>2</sup> 초과로 제시하였고, 식품과 직접적으로 접촉한 경우, 허용수준이 3.44 logCFU/100 cm<sup>2</sup> 미만, 주의할 수준이 3.44-3.77 logCFU/100 cm<sup>2</sup>, 위험수준 3.77 logCFU/100 cm<sup>2</sup> 초과로 제시하였다. 또한, Begani et al. (2012)은 PNG fish 통조림 공장에서 식품이 접촉하는 표면 위생의 경우 소독 후 일반세균이 100 CFU /50 cm<sup>2</sup> 이하로 낮게 나타났고, 대장균군 및 *S. aureus*이 불검출되었다고 보고하였다. 이상의 피조개 조미 통조림의 작업환경별 청결 상태는 타 연구에 비해 우수하였고, 피조개 조미 통조림 제조 공정 중에 미생물 증식을 최대한 억제시키기 위해서는 작업장 청소, 작업자 청결관리, 위생환경 조성 등 관리점검표를 통한 점검이 필요할 것으로 판단되었다.

피조개 조미 통조림의 한계기준 설정

피조개 조미 통조림의 제조를 위한 원·부재료 및 제조공정별 위해요소 분석의 결과를 토대로 위해평가 결과와 중요관리점 결정도 및 중요관리점 결정표를 적용하여 위해요소를 예방 및 제어하거나 허용수준 이하로 감소시켜 식품의 안전성을 확보할 수 있는 중요관리공정(Table 4)을 결정하였다. 이 때 피조개 조미 통조림의 제조·가공공정에서 중요관리점이 될 수 있는 공정은 멸균공정 및 X-Ray 검출공정이 있다(Table 4). 피조개 조미 통조림(140 g)의 멸균조건은 멸균온도를  $115 \pm 1$  °C, 멸균시

Table 3. Microbiological evaluation of utensil and employee

Working room	Utensil and employee	Viable cell count	Coliform group	<i>Staphylococcus aureus</i>
General zone	Air circulation (CFU/plate/15 min)	4.4×10	ND*	ND
	Working table (CFU/100 cm <sup>2</sup> )	4.5×10	ND	ND
	Hand (CFU/100 cm <sup>2</sup> )	4.8×10	ND	ND
Clean zone	Air circulation (CFU/plate/15 min)	1.6×10	ND	ND
	Working table (CFU/100 cm <sup>2</sup> )	4.2×10	ND	ND
	Hand (CFU/100 cm <sup>2</sup> )	2.9×10	ND	ND
	Apron (CFU/100 cm <sup>2</sup> )	4.8×10	ND	ND

\*Not detected.

Table 4. Establishment of critical limit for manufacture of canned seasoned broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii*

	Process (CCP <sup>1</sup> )	
	Sterilization (CCP-1B)	X-Ray detecting (CCP-2P)
Hazard	Residual of microorganism ( <i>S. aureus</i> , <i>V. parahaemolyticus</i> , <i>Cl. botulinum</i> )	Residual of metal fragments (Fe 1.5 mm or more, STS 2.0 mm $\phi$ or more)
Cause of hazard	Not following of sterilization method	Abnormal of X-Ray detection sensitivity
Critical limits	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Sterilization temperature: <math>115 \pm 1</math> °C</li> <li>· Sterilization time: 48 min</li> <li>- Come up time: 20 min</li> <li>- Net content: 140 g</li> <li>· Sterilization pressure: <math>0.7 \pm 0.1</math> kgf/cm<sup>2</sup></li> <li>· Cooling time : 11 min</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Fe 1.5 mm<math>\phi</math>, STS 2.0 mm<math>\phi</math> more than non-detection</li> </ul>

<sup>1</sup>CCP, Critical control point.

Table 5. Result on the spot inspection on guideline suggested for controlling quality of canned seasoned broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii*

Standard items	Procedured (CP)			CCP <sup>e</sup>			Product	
	Standard	Experiment result <sup>d</sup>		Sterilization (CCP-1B)		X-ray detection (CCP-2P)		Experiment result Lab analysis PAI <sup>a</sup>
		Raw material	Exhausting/ Seaming	Standard	Experiment result	Standard	Experiment result	
Viable cell count	1.0×10 <sup>6</sup>	1.8×10 <sup>3</sup> (2.4×10 <sup>2</sup> - 8.9×10 <sup>5</sup> )	3.3×10 <sup>3</sup> (3.2×10 <sup>2</sup> - 1.3×10 <sup>4</sup> )	ND	ND	- <sup>f</sup>	ND	ND
<i>Escherichia coli</i>	10	ND	ND	ND	ND	-	ND	ND
<i>Salmonella</i> spp.	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	ND
<i>Staphylococcus aureus</i>	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	ND
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	ND
<i>Clostridium botulinum</i>	-	-	-	ND	ND	-	ND	ND
Total Hg	0.4	0.012±0.004 (0.008- 0.021)	-	-	-	-	0.4	0.018±0.005 (0.011-0.024)
Pb	2.0	0.308±0.098 (0.100- 0.438)	-	-	-	-	2.0	0.074±0.165 (ND- 0.369)
Cd	2.0	0.299±0.121 (ND- 0.438)	-	-	-	-	2.0	0.025±0.054 (ND- 0.121)
Sn	-	-	-	-	-	-	150	0.056±0.058 (ND-0.159)
Benzo[a]pyrene (µg/kg)	10.0	ND	-	-	-	-	10.0	ND
Radioactivity (Bq/kg)	100	ND	-	-	-	-	100	ND
<sup>134</sup> Cs+ <sup>137</sup> Cs	300	ND	-	-	-	-	300	ND
Shellfish toxin <sup>c</sup> (mg/kg)	0.8	ND	-	-	-	-	0.8	ND
DSP	0.1	ND	-	-	-	-	0.1	ND

<sup>a</sup>Public Analysis Institute. <sup>b</sup>Not detected. <sup>c</sup>PSP, Paralytic shellfish poison, DSP, Diarrhetic shellfish poison. <sup>d</sup>Mean (Range) value. <sup>e</sup>CCP, Critical control point. <sup>f</sup>Not determined.



Table 5. Continued

Standard items	Procured (CP)				CCP <sup>e</sup>				Product
	Standard		Experiment result <sup>d</sup>		Sterilization (CCP-1B)		X-ray detection (CCP-2P)		
	Raw material	Exhausting/Seaming	Raw material	Conformation	Standard	Experiment result	Standard	Experiment result	
Properties and Condition	Conformation	- <sup>f</sup>	-	-	-	-	-	-	-
Storage temperature for Raw material	Below -18°C	-21.4±0.6 (-20.5~-22.0)	-	-	-	-	-	-	-
Physical	Come up time (min)	-	-	Within 20	15.6±0.9 (15.0- 16.5)	-	-	-	-
	Temperature (°C)	-	-	115-118 (±0.5)	115.8±0.1 (115.7-115.9)	-	-	-	-
	Sterilization condition	-	-	45 or longer	50	-	-	-	-
	Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	-	-	0.7-1.0	0.75	-	-	-	-
	Cooling time (min)	-	-	Within 20	15	-	-	-	-
Alien substance	-	-	-	-	-	-	ND <sup>b,c</sup>	ND	-
Standard Items	Standard	Standard	Experiment result <sup>d</sup>	Standard	Experiment result <sup>d</sup>	Standard	Experiment result <sup>d</sup>	Standard	Remarks
Air-borne bacteria (CFU/plate/15 min)	Viable cell count	100 or less	<10						
	Coliform group	ND	ND						
Worker sanitary status (CFU/100 cm <sup>2</sup> )	Viable cell count	100 or less	34						Environmental management is only conducted for the weighing process
	Coliform group	ND	ND						
	<i>Staphylococcus aureus</i>	Negative	ND						
Work tool sanitary status (CFU/100 cm <sup>2</sup> )	Viable cell count	100 or less	11						
	Coliform group	ND	ND						

<sup>a</sup>Public Analysis Institute. <sup>b</sup>ND, Not detected. <sup>c</sup>Fe 1.5 mmΦ or more, STS 2.0 mmΦ or more. <sup>d</sup>Mean (Range) value. <sup>e</sup>CCP, Critical control point. <sup>f</sup>Not determined.

간을 48분 (come up time 20분), 멸균압력을  $0.7 \pm 0.1 \text{ kg/cm}^2$ , 냉각시간을 11분으로 설정하였다(데이터 미제시). 이 때 피조개 조미 통조림의 생물학적 위해요소인 일반세균수, 대장균 및 식중독균인 *S. aureus*, *Salmonella* spp., *V. parahaemolyticus*, *Cl. botulinum*의 경우 멸균공정 이후 최종생산품에 이르기까지 모두 음성이었다. 본 결과를 통해 피조개 조미 통조림의 위생적인 생산 공정 관리를 위한 멸균공정 이전의 단계는 작업자의 접촉이 많아서 미생물의 오염이 우려되나 멸균공정을 통해 관리될 수 있다고 판단되었다. 또한 피조개 조미 통조림 생산을 위한 마지막 멸균 이후 X-Ray 검출공정의 한계기준 설정은 X-Ray 검출기를 사용하여 금속이 없는 것으로 확인된 공정품에 표준시편을 넣어 확인하였고, 감도별(90-110%, 10% 간격), 표준시편별(Fe와 STS), 크기별 (Fe의 직경 0.5-2.5 mm $\phi$ , STS의 직경 1.0-4.0 mm $\phi$ ) 및 통과 위치별 (오른쪽, 왼쪽 및 중간)로 설정하여 실시한 결과 금속성 이물질의 경우 Fe의 직경 1.5 mm $\phi$ , STS의 직경 2.0 mm $\phi$  이상이 되어야 확인되었다(데이터 미제시). 한편 식품공전에 일반식품 중 금속이물은 2.0 mm $\phi$  이하의 크기로 제한을 두고 있으나, 수산물 원료 및 생산 공정 특성상 X-Ray 검출에 대한 한계기준이 필요하다. 따라서 X-Ray 이물질검출기의 감도 100% 이상, 이물질의 크기가 Fe의 직경이 1.5 mm $\phi$ , STS의 직경이 2.0 mm $\phi$  이상은 되어야 한다고 판단되었다.

반면 Yu et al. (2001)이 훈제굴 통조림에 대한 HACCP 적용 모델을 개발한 결과, 중요관리점 및 한계기준은 굴입고 시 원료 굴에 대한 중금속함량 및 패류독소, 굴세척 및 공관세척 후 이물질 잔존 여부, 충전 후 고형물 함량, 밀봉 후 밀봉상태, 멸균시 온도, 시간, 압력을 설정하여 보고하였다. 그러나 본 연구에서는 원료에 대한 생물학적·화학적 위해요소 분석 후 국내의 기준규격에 준하여 원료를 평가하여 설정하였으며, 원·부재료에 대한 이화학적 위해요소의 경우 사전에 납품업체의 시험성적서 확인을 통해 검증하였다. 따라서 피조개 소스 통조림의 경우 중요관리점 및 한계기준은 멸균시 온도, 시간, 압력 및 최종제품에 대한 이물질검사(X-ray)가 적절하다고 판단된다.

### 피조개 소스 통조림의 일상품질가이드라인 현장적용

피조개 소스 통조림 생산을 위한 원료 및 공정별 위해도 평가로 개발한 HACCP plan을 통해 작성한 일상품질가이드라인을 직접 제조현장에 적용하여 실질적 제조환경에 적합 여부를 확인한 결과는 다음과 같다(Table 5). 원료 피조개의 미생물 농도는 일반세균수의 경우  $1.8 \times 10^3 \text{ CFU/g}$  ( $2.4 \times 10^2$ - $8.9 \times 10^3 \text{ CFU/g}$ ), 대장균의 경우 음성, 식중독균(*S. aureus*, *Salmonella* spp., *V. parahaemolyticus*)의 경우 모두 음성으로 나타났다. 원료 피조개의 화학적 특성은 총수은의 경우 0.012 mg/kg (0.008-0.021 mg/kg), 납의 경우 0.308 mg/kg (0.100-0.438 mg/kg), 카드뮴의 경우 0.299 mg/kg (ND-0.438 mg/kg), 벤조피렌의 경우 불검출, 방사능( $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$ 와  $^{131}\text{I}$ )의 경우 선원의 종류에 관계

없이 모두 불검출, 패류독소(마비성 패류독소 및 설사성 패류독소)의 경우도 독소의 종류에 관계없이 모두 불검출 되었다. 피조개 소스 통조림 제조 시 중요관리점(CCP)인 살균(CCP-1B) 및 X-ray 검출(CCP-2P) 공정에서 한계기준 및 위해도 분석 결과는 다음과 같다. 피조개 소스 통조림 제조 시 중요관리점(CCP)인 살균(CCP-1B) 및 X-ray 검출(CCP-2P) 공정에서 공정의 종류에 관계없이 일반세균수, 대장균, 식중독균 3종 및 *Cl. botulinum*은 모두 음성이었고, 이물질 또한 불검출이었다. 그리고, 피조개 소스 통조림의 제조를 위한 살균조건(come up time의 경우 20분 이내, 멸균 온도의 경우 115-118 $^{\circ}\text{C}$  범위에서 변화폭이  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ , 멸균시간의 경우 45분 이상, 멸균 압력의 경우 0.7-1.0 kg/cm $^2$ , 냉각시간의 경우 20분 이내)은 come up time이  $15.6 \pm 0.9$ 분(15.0-16.5분), 멸균온도가  $115.8 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$  (115.7-115.9 $^{\circ}\text{C}$ ), 이의 변화폭이  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ , 멸균시간이 50분, 멸균압력이 0.75 kg/cm $^2$ , 냉각시간이 15분이었다.

### 일상품질가이드라인 적용 피조개 소스 통조림 최종 제품의 안전성

본 연구를 통해 개발한 일상품질가이드라인을 준수하여 생산한 피조개 소스 통조림 최종 생산제품에 대한 안전성을 검토한 결과는 다음과 같다(Table 5). 피조개 소스 통조림의 생물학적 위해요소인 일반세균수, 대장균, 식중독균 4종은 모두 음성이었다. 피조개 소스 통조림의 화학적 위해요소는 총수은이 0.018 (0.011-0.024) mg/kg, 납이 0.074 (ND-0.369) mg/kg, 카드뮴이 0.025 (ND-0.121) mg/kg, 주석이 0.056 (ND-0.159) mg/kg이었고, 벤조피렌과 방사능( $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$ ,  $^{131}\text{I}$ ), 패류독소(마비성 패류독소 및 설사성 패류독소) 이물질이 모두 불검출이었다. 이상의 결과로부터 피조개 조미 통조림의 품질개선을 위하여 원·부재료의 위생관리, 살균 조건을 실시간으로 모니터링하고 문제가 있을 시 즉각적으로 개선 조치하여 최종 생산제품의 안전성을 확보해야 할 것이다. 또한 통조림 공장의 운영 여건상 HACCP의 빠른 적용이 쉽지 않을 경우에는 선형요건프로그램을 우선적으로 도입하여 제품의 제조 환경을 위생적으로 개선할 필요가 있다고 생각된다.

## 사 사

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

## References

- APHA (American Public Health Association). 2001. Compendium of methods for the microbiological examination of foods (4th Ed), American public health association, Washington D.C., U.S.A.
- An JM, Hong KS, Kim SY, Kim DJ, Lee HJ and Shin HC. 2017.

- Arsenic speciation and risk assessment of miscellaneous cereals by HPLC-ICP-MS. *Korean J Environ Agric* 36, 119-128. <https://doi.org/10.5338/KJEA.2017.36.2.20>.
- Begani RK, Tombe B and Polong T. 2012. Effectiveness of cleaning and sanitation of food contact surfaces in the PNG fish canning industry. *DWU Res J* 16, 68-82.
- Bucklew JJ, Schaffner DW and Solberg M. 1996. Surface sanitation and microbiological food quality of a university food-service operation. *J Food Service System* 9, 25-39. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4506.1996.tb00307.x>.
- FAO (Food and Agriculture Organization of United Nations). 1997. Hazard analysis and critical control point (HACCP) system and guidelines for its application. Annex to CAC/RCP 1-1969, Rev. 3. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/W8088E/w8088e05.htm> on Feb 7, 2018.
- Feldhusen F. 2000. The role of seafood in bacterial food-borne disease. *Microbes Infect* 2, 1651-1660. [https://doi.org/10.1016/S1286-4579\(00\)01321-6](https://doi.org/10.1016/S1286-4579(00)01321-6).
- Grimes DJ. 1991. Ecology of estuarine bacteria capable of causing human disease: A review. *Estuaries* 14, 345-360. <https://doi.org/10.2307/1352260>.
- Heu SJ, Kim MH, Oh NS, Ha J, 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 7, 2018.
- Jothikumar N, Lowther JA, Henshilwood K, Lees DN, Hill VR and Vinjé J. 2005. Rapid and sensitive detection of noroviruses by using TaqMan-based one-step reverse transcription-PCR assays and application to naturally contaminated shellfish samples. *Appl Environ Microbiol* 71, 1870-1875. <http://dx.doi.org/10.1128/AEM.71.4.1870-1875.2005>.
- Kang KT, Kim MJ, Park SY, Choi JD, Heu MS and Kim JS. 2016. Risk assessment of oyster *Crassostrea gigas* processing site for an HACCP system model. *Korean J Fish Aquat Sci* 49, 533-540. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2016.0533>.
- 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.
- KIFSMA (Korea Institute Food Safety Management Accreditation). 2017. Hazard analysis critical control point. Retrieved from <https://www.haccp.or.kr/site/haccp/sub.do?key=102> on Feb 7, 2018.
- Kim JS. 2016. Development and commercialization of traditional seafood products based on the Korean coastal marine resources. KIMST report on the 1<sup>st</sup> Project. Korea Institute of Marine Science & Technology Promotion, Seoul, Korea.
- Kim JS, Yeum DM, Kang HG, Kim IS, Kong CS, Lee TG and Heu MS. 2002. Fundamentals and applications for canned foods. Hyoil publishing Co., Seoul, Korea.
- Kim KH. 2014. Concentration and risk assessment of heavy metal in mainly consumed fishes. MS thesis, Gyeongsang National University, Tongyeong, Korea.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2016. Food and drug statistical yearbook. Ministry of Food and Drug Safety, Cheongju, Korea.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2018a. 7. General test method in food code. Retrieved from <http://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/safefoodlife/food/foodRvlv/foodRvlv.do> on May 23, 2018.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2018b. Korean food standard codex. Retrieved from [https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01\\_03.jsp?idx=12](https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_03.jsp?idx=12) on May 23, 2018.
- MOF (Ministry of Oceans and Fisheries). 2017. Statistic database for fisheries production. Retrieved from <https://www.fips.go.kr/p/S020304/> on Feb 7, 2018.
- Park K, Jo MR, Lee HJ, Kwon JY, Son KT and Lee TS. 2011. Evaluation of the effect of the discharged water from Bong stream after events on the bacteriological water quality in Gangjinman, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 44, 622-629. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2011.0622>.
- Park K, Jo MR, Kim YK, Lee HJ, Kwon JY, Son KT and Lee TS. 2012. Evaluation of the effects of the inland pollution sources after rainfall events on the bacteriological water quality in Narodo area, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 45, 414-422. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2012.0414>.
- Park KH, Kang SI, Kim MJ, Lee SG, Park SY, Heu MS and Kim JS. 2015. Sanitary quality of commercial salted-dried convict grouper *Epinephelus septemfasciatus*, and Long-neck croaker *Pseudolithus typus*. *Korean J Fish Aquat Sci* 48, 864-875. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2015.0864>.
- Park YH, Chang DS and Kim SB. 1995. Processing and Utilization of Seafoods. Hyungseol Publicashig Co., Seoul, Korea.
- RCIDS (Research Center for Industrial Development of Seafood). 2017. The Present State and Challenge of Seafood Processing Industry. RCIDS, Tongyeong, Korea.
- Yu EH, Lee CS, Chen SJ, Oh WT, Shim WC, Nho MJ, Park KJ, Kim KH, Hwang SW and Kim YS. 2001. Development of generic HACCP model for low acid canned foods. Ministry of Food and Drug Safety, Cheongju, Korea.