

## 생식용 굴(*Crassostrea gigas*) 작업장의 위생안전성에 대한 모니터링

강경태 · 박선영<sup>1,3</sup> · 최종덕<sup>1</sup> · 김민주<sup>1,3</sup> · 허민수<sup>2,3</sup> · 김진수<sup>1,3\*</sup>

한국식품안전관리인증원, <sup>1</sup>경상대학교 해양식품생명과학과/해양산업연구소, <sup>2</sup>경상대학교 식품영양학과, <sup>3</sup>경상대학교 수산식품산업화 기술지원센터

### Safety Monitoring of a Processing Plant for Preparing Raw Oysters *Crassostrea gigas* for Consumption

Kyung Tae Kang, Sun Young Park<sup>1,3</sup>, Jong-Duck Choi<sup>1</sup>, Min Joo Kim<sup>1,3</sup>, Min Soo Heu<sup>2,3</sup> and Jin-Soo Kim<sup>1,3\*</sup>

Korea Institute for Food Safety Management Accreditation, Daejeon 34917, Korea

<sup>1</sup>Department of Seafood and Aquaculture Science/Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

<sup>2</sup>Department of Food Science and Nutrition, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

<sup>3</sup>Research Center for Industrial Development of Seafood, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

This study assessed the safety of raw oysters *Crassostrea gigas* for consumption during processing in a processing plant. Bacterial contamination (e.g., viable cell counts, coliform groups, *Escherichia coli* and pathogenic bacteria) and chemical contamination (e.g., heavy metals and shellfish toxins) were measured on raw oysters, a processing equipment, employees and work areas. No total mercury, lead, paralytic shellfish poison, diarrhetic shellfish poison or norovirus was detected in any post-harvested oyster samples. However, the cadmium level ranged from 0.1-0.2 mg/kg. The viable cell count, *E. coli* and coliform group levels in post-harvested oysters ranged from 4.00-4.54 log CFU/g, ND-210 MPN/100 g and 110-410 MPN/100 g, respectively. The viable contaminating cell counts on employees, equipment and work areas were in the range of 0.90-3.46 log CFU/100 cm<sup>2</sup>. Airborne bacteria in the work areas ranged from 0.60 to 1.81 log CFU/plate/15 min. Thus, no significant health risks were detected in the processing plant.

Key word: Oyster, Hazard analysis, Oyster processing workplace, Hygienic safety, Raw oyster for consumption

## 서 론

우리나라에서 굴은 1897년 원산만에서 처음 양식되었으며, 1960년 이후부터 경남지역을 중심으로 연승수하식 방법이 널리 보급되면서 생산량이 증가하였다. 현재 국내 양식산 굴의 연간 생산량은 각부굴 기준으로 30만톤 내외에 이르고 있으며, 국내 패류 총 생산량의 60% 이상을 차지하는 중요한 양식 자원이다(Ministry of Oceans and Fisheries, 2016). 굴은 갈슘, 철분 등과 같은 조혈성분이 풍부하여 어린이 발육과 허약 체질 개선에 좋고, 저칼로리 식품으로 비만을 막아 주며, 글리코젠 및 타우린이 많아 심장병, 고혈압, 변비, 당뇨병 등을 예방하는 기능이 있어 영양 및 건강 기능성이 우수한 식품 중의 하나이다(Linehan et al., 1999). 일반적으로 양식산 굴의 소비 형태는 비산란기인 11월부터 4월까지의 경우 고가이어서 생식용 굴의 소재로, 그

리고 산란기이어서 생굴로 식용이 곤란한 5월부터의 경우 저가이어서 주로 냉동품, 건제품 및 통조림 등으로 가공되어 수출되고 있다. 최근 냉동, 건조 및 통조림 등의 수출용 굴 가공품은 저가의 중국산에 밀려 감소하고 있으나, 내수를 목적으로 하는 생식용 굴의 유통 비중은 점차 증가하고 있다. 생식용 굴은 대부분 기계보다는 생산자에 의하여 탈각 등의 공정을 거쳐 제조된 후에 산지 위판장에서 경매를 거쳐 생굴 상태로 시장이나 대형소매점으로 유통되어 최종적으로 봉지굴 형태로 유통되고 있다. 따라서 생식용 굴은 가열 조리하지 않고 날것으로 섭취하는 경우가 많기 때문에 생산단계에서 오염되는 여러 가지 식품위생 안전 위해로 인해 인체에 직접적인 위해를 미칠 수 있다(Sobsey and Jaykus, 1991). 이처럼 굴 탈각장은 FDA나 EU 등록공장을 제외하고는 관련법규나 전처리 가공공장 관리 규정이 미흡하여 위생관리의 사각지대에 놓여 있다. 이러한 상황에서 식중독과

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2017.0120>



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(2) 120-129, April 2017

Received 3 February 2017; Revised 11 March 2017; Accepted 14 April 2017

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

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

같은 식품관련 질병의 증가, 식품산업의 거대한 성장과 제품, 생산과정의 다양화로 식품의 안전성에 대한 위협이 증가하는 실정에서 사전 예방 차원의 철저한 안전관리 및 기초자료를 수집하기 위하여 꾸준한 모니터링이 절실히 필요하다.

한편, 생굴의 위생성 확보를 위한 연구로는 Jeong et al. (2004)의 남해안 지정해역의 수질 및 굴의 위생조사, Yu et al. (2016)과 Bang et al. (2008)의 양식산 굴의 자연정화에 의한 양식 중 norovirus 저감화와 유통 중 norovirus 오염도 조사, Manatawee et al. (2011)의 ice-bath에서 굴 저장 중 부패세균의 변화, Xiao et al. (2011)의 modified atmosphere packaging (MAP)을 이용한 생굴의 유통기한 연장 방법 등이 있다. 하지만, 지금까지 연구는 주로 굴 생산 해역의 수질, 수확 직전의 굴, 유통 중 굴 등에 대한 연구가 주류를 이루고 있고, 생식용 굴 가공공장에서의 위생 안전성과 관련된 연구는 부족한 실정이다.

본 연구는 생식용 굴 생산공장의 자가품질관리 가이드라인 설정을 위한 위생적 관리의 기초 자료 확보하고자 생식용 굴 생산 작업장의 환경, 시설, 도구 및 종사자의 위생에 대하여 살펴보고, 아울러 가공공정별 위해 안전성에 대하여도 살펴보았다.

**재료 및 방법**

**재료**

원료 굴은 2015년 11월 경상남도 통영시 소재의 S업체(S), 2016년 3월 경상남도 통영시 소재의 O업체(O), 전라남도 여수

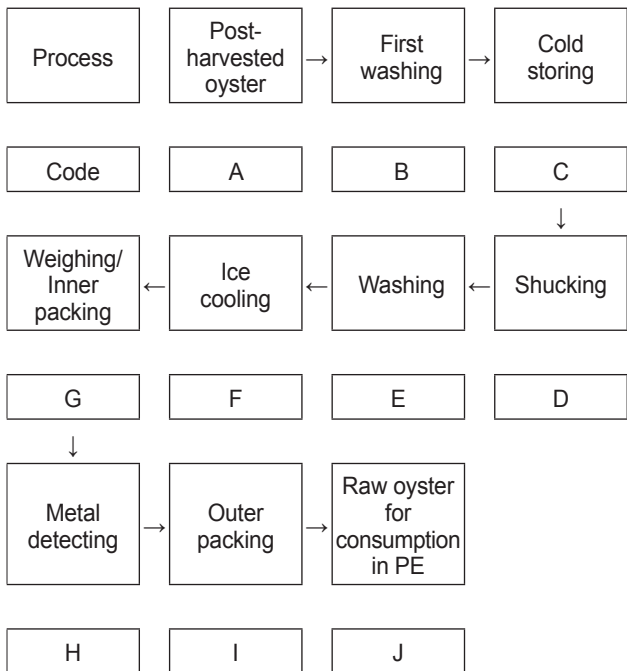


Fig. 1. Manufacturing process and sample code of raw oyster *Crassostrea gigas* for consumption in polyethylene (PE) bag.

시 소재의 H업체(H), 2016년 4월 경상남도 거제시 소재의 D업체(D) 및 전라남도 여수시 소재의 Y업체(Y)에서 Fig. 1에 제시한 제조공정도에 따라 각각 채취하여 실험에 사용하였다.

탈각 굴의 가공을 위한 식품접촉 포장재, 기구표면이나 주변 환경 및 작업장 시설에 생물학적 위해요인 검토에 대한 시료는 사용 중인 환경이나 시설에서 채취하였다. 표면검체의 채취는 100 cm<sup>2</sup>의 면적대를 이용하여 멸균된 면봉으로 채취하였고 (APHA, 2001), 종사자의 손 또는 장갑에 대해서는 Glove juice 법(FDA, 1978)으로 실시하였다. 가공용수는 멸균 채수병을 이용하여 채수(약 1 L)하였고, 원부재료 및 공정품 그리고 생산된 제품은 고압증기멸균(121℃, 15 min)된 식품시료용 팩에 신속하게 일정량(약 300 g)씩 채취하였다. 이들 실험에 사용한 모든 시료는 무균적으로 냉장(4℃ 이하) 상태에서 신속하게 운반하여 냉장실에 보관하여 두고 24시간 내에 실험을 실시하였다.

**생식용 굴(봉지굴)의 제조공정도**

생식용 알굴은 양식장에서 수확한 굴(A)을 선박으로부터 가공공장으로 올려 수세(B)하고, 저온저장(C)한 다음 탈각(D), 세척(E), 냉각(F), 칭량 및 내포장(G)하여 봉지굴을 제조한 후, 금속탐지(H), 외포장(I)하여 제조하였고, 그 공정은 Fig. 1과 같다. 이 때 생식용 봉지굴의 제조를 위한 각 공정의 코드는 영문자로 표기한 바와 같다.

**중금속**

본 연구에서 중금속은 수확 직후 굴과 이의 가공용수의 경우 총수은, 납, 카드뮴 등을 분석하였고, 포장재의 경우 납을 분석하였다. 총수은은 아무런 전처리없이 수확 직후 굴의 경우 약 0.1 g을, 가공용수의 경우 약 0.1 mL를 이용하여 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. 납과 카드뮴의 분석은 수확 직후 굴의 경우 Kim (2014)이 언급한 방법에 따라 전처리한 것을, 가공용수의 경우 아무런 전처리하지 않은 가공용수 그 자체를, 포장재 용출물의 경우 식품용 기구 및 용기·포장 공전(MFDS, 2016)에 따라 70℃로 가온한 침출용액(4% 초산)을 가득 채워 시계접시로 덮고 70℃를 유지하면서 30분간 방치한 후 침출용액을 추가하여 처음의 액량으로 맞춘 액을 이용하여 ICP-MS (ELAN DRC II, PerkinElmer, Santa Clara, USA)로 분석하였다. 이때 카드뮴, 납의 분석을 위한 표준용액은 원자흡광 분석용 혼합 표준액(1,000 mg/L)을 초순수로 희석하여 사용하였고, 분해용 시약은 초순수급 질산(supra-pure grade)을 사용하였으며, 시험에 사용한 물은 초순수 장치로 18 MΩ 이상의 정제된 것이었다.

**일반세균수**

일반세균수 측정용 시료는 원료 굴과 음용수의 경우 검체 25 g 또는 mL를 0.85% 멸균식염수 225 mL를 가한 다음 stomacher

(Bag Mizer 400VW, Interscience, France)로 1분 30초간 균질화한 후 균질액을 단계적으로 희석하여 제조하였고, 그리고, 포장재, 장비 및 개인위생의 경우 재료편에서 언급한 바와 같이 100 cm<sup>2</sup>의 면적대를 이용하여 채취한 멸균된 면봉을 시험관에 넣고 0.85% 멸균식염수 9 mL를 가한 다음 균질화한 후 단계적으로 희석하여 제조하였다. 이어서 일반세균수는 전처리한 시료와 표면 검체액을 PCA (plate count agar)배지에 접종하고, 배양(35±1℃, 48시간)한 후, 집락수를 계측하여 나타내었다.

### 대장균군 및 대장균

원료 굴 및 음용수의 대장균군 및 대장균을 측정하기 위한 시료는 일정량의 검체 25 g 또는 mL를 채취하고, 대장균군의 경우 3개 시험관법으로, 대장균의 경우 5개 시험관법으로 실시하였다. 대장균군은 추정시험의 경우 유당배지(lactose broth)를 이용하여 35±1℃에서 24-48시간 배양하였으며 양성으로 판정된 경우 확정 및 완전시험을 수행하여 MPN/100 g으로 나타내었다. 대장균은 EC broth를 사용하여 배양(44.5±0.2℃, 24시간)한 후 배지가 혼탁 하게 변화하고 durham tube에 기포가 포집되어 있는 것을 양성으로 판정하였으며 양성시험관은 확정 및 완전시험을 수행하여 MPN/100 g으로 나타내었다.

장비, 개인위생 및 공중낙하균의 대장균군 및 대장균을 측정하기 위한 시료는 재료편에서 언급한 바와 같이 100 cm<sup>2</sup>의 면적대를 이용하여 채취한 멸균된 면봉을 시험관에 넣고 0.85% 멸균식염수 9 mL를 가한 다음 균질화 한 후 단계적으로 희석하여 제조하였다. 이어서 대장균군 및 대장균은 전처리한 시료 1mL를 건조필름배지에 접종하고, 배양(35±1℃에서 24±2시간)한 후 대장균군의 경우 붉은 집락 중 주위에 기포를 형성한 것을, 대장균의 경우 푸른 집락 중 주위에 기포를 형성한 것을 각각 계수한 다음 이들의 평균 집락수에 희석배수를 곱하여 각각 산출하였고, 장비 및 개인위생의 경우 log CFU/g, 공중낙하균의 경우 log CFU/plate/15 min로 나타내었다.

### 식중독균

식중독균은 *Enterohemorrhagic E. coli*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., *Vibrio parahaemolyticus* 및 *Clostridium perfringens*, norovirus 등과 같은 총 7종의 미생물에 대하여 검토하였고, 식품공전(MFDS, 2016)의 제9.일반시험법, 3.미생물시험법에 준하여 분석하였다. *Enterohemorrhagic E. coli*는 일정량의 시료(25 g)를 취하여 modified EC broth (mEC broth; Difco, USA) 225 mL에 접종하고, 증균 배양(35-37℃, 24시간)한 후 이들 증균 배양액을 Tellurite cefixime-sorbitol macconkey agar (Difco, USA)에 재접종하여 배양(35-37℃, 18시간)하였다. 배양물 중 sorbitol을 분해하지 않는 무색 집락은 EMB 한천배지에 접종하고 배양(35-37℃, 24시간)한 후 녹색의 금속성 광택을 띠는 집락이 확인된 경우 확인 및 혈청형 시험을 통하여 최종 결정하였다. *Listeria monocytogenes*는 시료(25 g)를 취하여 *Listeria* en-

richment broth (Difco, USA) 225 mL에 증균 배양하여 Oxford agar (Difco, USA)에 도말하고, 배양(30℃, 24-48시간)하여 분리 배양하였고, 의심집락이 확인된 경우 0.6% yeast extract가 포함된 Tryptic soy agar에 접종하여 30℃에서 24-48시간 배양한 후 API listeria kit (Biomérieux, France)로 생화학적 확인시험을 실시하였다. *Staphylococcus aureus*는 시료(25 g)를 취하여 10% NaCl을 첨가한 Tryptic soy broth (TSB, Difco, USA) 225 mL에 접종하여 증균 배양(35-37℃, 24시간) 한 후 Baird-Parker agar (Difco, USA)에 접종하고, 재증균 배양(35-37℃, 24시간) 한 후 투명한 환을 가진 검정색 집락을 확인하였다. 여기서, 분리 배양된 평판 배지상의 집락을 보통 한천배지에 옮겨 배양(35-37℃, 24시간)하고, 그람염색 및 생화학적 확인실험을 실시하였다. *Salmonella* spp.는 25 g에 펩톤식염완충용액 225 mL에 접종하고 증균 배양(37℃, 24시간)한 후 0.1 mL를 취하여 Rappaport-Vassiliadis (Difco, USA) 10 mL에 접종한 다음 2차 배양(42℃, 24시간)하였다. 2차 배양액을 MacConkey agar (Difco, USA)에 접종하고 배양(35℃, 24시간)하여 확인된 무색의 유당 비분해균의 집락을 선택하여 보통 한천 배지 (nutrient agar, Difco, USA)에 재접종하여 배양(35℃, 24시간)한 후 의심되는 집락은 API 20E (Biomérieux, France)로 생화학적 확인시험을 하였다. *Vibrio parahaemolyticus*는 2% NaCl 이 첨가된 알칼리 펩톤수(Alkaline pepton water, pH 8.6)에 접종하여 증균배양(37℃, 18-24시간)한 1 백금이를 TCBS 한천 배지에 접종 후 배양(37℃, 24시간)하였다. 그 평판배지에서 청록색 집락을 골라 TSI 사면배지에 배양 후 API 20E (Biomérieux, France)로 생화학적 확인시험을 하였다. *Clostridium perfringens*는 시험용액 1 mL를 cooked meat 배지(Difco, USA)의 아랫부분에 접종하고 혐기배양(35-37℃, 18-24시간)을 통하여 증균시킨 후 난황첨가 TSC 한천배지(Difco, USA)에 증균 배양액을 접종하여 혐기배양(35-37℃, 18-24시간)한 다음 TSC 한천배지에서 불투명한 환을 가지는 황회색 집락으로 확인을 하였다. 양성으로 판정된 경우 확인시험을 통하여 최종 결정하였다. Norovirus는 바이러스의 추출, 농축, RNA의 분리, RT-PCR 및 1차 PCR와 같은 과정으로 분석을 실시하였다.

### 패류독소

패류독소는 마비성패류독소와 설사성패류독소로 나누어 분석하였고, 이들은 각각 식품공전(MFDS, 2016)의 제9일반시험법, 제6식품 중 자연독소 시험법 및 AOAC (2000)법에 준하여 실시하였다.

### 포장재의 화학적 검사

포장재 검사는 식품용 기구 및 용기·포장 공전(MFDS, 2016)의 용출규격에 제시된 납, 과망간산칼륨소비량, 총용출량, 1-hexen, 1-octene 등에 대하여 실시하였고, 납은 중금속 편에 언급하여 두었다. 포장재 검사를 위한 용출액은 70℃로 가온한 침출용액(4% 아세트산)을 가득 채워 시계접시로 덮고 70℃를

유지하면서 30분간 방치한 후 침출용액을 추가하여 처음의 액량으로 맞춘 액으로 하였다. 과망간산칼륨소비량은 용출액과 증류수를 이용하여 비색법으로 측정하였고, 총용출량은 용출액을 증발 건조시킨 후 105℃에서 2시간 가열하여 시료 채취량(L)에 대한 그 잔류물 무게로 나타내었으며, 1-hexen과 1-octene은 GC-MS (GC 6890, Agilent Technologies, USA)로 분석하였다.

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

생식용 굴 생산을 위한 원부재료 분석

생식용 굴의 가공 원재료인 수확 직후 각부굴 시료 5종의 화학적[중금속(총수은, 납, 카드뮴) 및 패류독소(마비성패류독소, 설사성패류독소)] 및 생물학적[일반세균수, 대장균군, 대장균 및 식중독균(*Enterohemorrhagic E. coli*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., *Vibrio parahaemolyticus*, *Clostridium perfringens* 및 norovirus)] 위해요소에 대한 분석 결과는 Table 1과 같다. 수확 직후 각부굴 시료 5종의 화학적 위해요소 중 총수은 및 납은 시료의 종류

에 관계없이 모두 불검출, 카드뮴은 0.1-0.2 mg/kg 범위로 검출되었으며, 마비성패류독소 및 설사성패류독소와 같은 패류독소는 모두 불검출되었다. 수확 직후 각부굴 시료 5종의 생물학적 위해요소 중 일반세균수는 4.00-4.54 log CFU/g, 대장균군은 110-410 MPN/100 g, 대장균은 ND-210 MPN/100 g, D와 Y 공장 2곳에서 검토한 7종의 식중독균(*Enterohemorrhagic E. coli*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., *Vibrio parahaemolyticus*, *Clostridium perfringens*)과 norovirus의 경우 모두 불검출되었다. 수산물·수산가공품 검사기준(National Fishery Products Quality Management Service, 2016)은 굴에 대하여 중금속의 경우 총수은은 0.5 mg/kg 이하, 납과 카드뮴 모두 2.0 mg/kg 이하, 패류독소의 경우 마비성패류독소 0.8 mg/kg 이하, 일반세균수의 경우 50,000 CFU/g 이하, 분변계대장균의 경우 230 MPN/100 g 이하, 식중독균(*Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., *Vibrio parahaemolyticus*)의 경우 음성으로 규정되어 있다. 그리고, 식품공전(MFDS, 2016)에서는 생식용 굴의 기준은 대장균의 경우 n=5, c=1, m=230, M=700 MPN/100 g 이하, 식중독균(*Enterohemorrhagic E. coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., *Vibrio parahaemolyticus*, *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus*)의 경우 n=5, c=0, m=0/25 g로 규정되어 있고, norovirus는 음성으로 규정되어 있다. 이상의 수확 직후 각부굴 시료 5종의 화학적 및 생물학적 위해요소에 대한 결과는 모든 시료가 수산물·수산가공품 검사기준과 식품공전의 규격 내에 있었다. 생식용 굴 가공용수의 화학적[중금

Table 1. Results on the chemical and biological hazards of post-harvested oyster for preparing raw oyster *Crassostrea gigas* for consumption in polyethylene bag

Hazard	Factory					
	S	O	H	D <sup>3</sup>	Y	
Chemical (mg/kg)	Total Hg	ND <sup>1</sup>	ND	ND	ND	ND
	Pb	ND	ND	ND	ND	ND
	Cd	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1
	PSP (paralytic shellfish poison)	ND	ND	ND	ND	ND
	DSP (diarrhetic shellfish poison)	ND	ND	ND	ND	ND
Biological (log CFU/g)	Viable cell count	4.26	4.40	4.54	4.00	4.50
	<i>Enterohemorrhagic E. coli</i>	- <sup>2</sup>	-	-	ND	ND
	<i>Listeria monocytogenes</i>	-	-	-	ND	ND
	<i>Staphylococcus aureus</i>	-	-	-	ND	ND
	<i>Salmonella</i> spp.	-	-	-	ND	ND
	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	-	-	-	ND	ND
	<i>Clostridium perfringens</i>	-	-	-	ND	ND
	Norovirus	ND	ND	ND	ND	ND
	<i>E. coli</i> (MPN/100 g)	120	160	210	ND	ND
Coliform group (MPN/100 g)	150	220	410	110	180	

<sup>1</sup>ND, Not detected; <sup>2</sup>-, Not determined; <sup>3</sup>Biological data of factory D were quoted from Kang et al. (2016).

속(총수은, 납, 카드뮴) 및 생물학적(일반세균수, 대장균군, 대장균) 위해요소에 대한 분석 결과는 Table 2와 같다. 생식용 굴의 가공용수 시료 5종의 화학적 위해요소인 중금속 중 총수은, 납 및 카드뮴은 시료의 종류 및 중금속의 종류에 관계없이 모두 불검출되었으며, 생물학적 위해요소인 일반세균수는 ND-1.41 log CFU/g, 대장균군 및 대장균의 경우 모두 불검출되었다. 한편, 환경부의 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙에서 굴의 가공용수는 총수은의 경우 0.001 mg/L, 납의 경우 0.01 mg/L, 카드뮴의 경우 0.005 mg/L로 제시되어 있고, 일반세균수의 경우 100 CFU/mL 이하, 분원성 대장균군의 경우 불검출/100 mL, 대장균의 경우 불검출/100 mL로 제시되어 있다. 따라서, 이상의 생식용 굴 가공용수 시료 5종의 화학적 및 생물학적 위해요소는 모두 환경부의 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙 내에 있었다. 생식용 굴 포장재의 화학적(포장재 용출물의 납, 과망간산칼륨 소비량, 증발잔류물, 1-hexene 및 1-octene) 및 생물학적(포장재 자체의 일반세균수, 대장균군, 대장균 및 황색포도상구균) 위해요소에 대한 분석 결과는 Table 3과 같다. 생식용 굴 포장재 용출물의 납은 시료의 종류(S, O, H, D, Y)에 관계없이 모두 불검출되었고, 과망간산칼륨 소비량은 1-3 mg/L, 증

발잔류물은 2-9 mg/L이었으며, 1-hexene 및 1-octene은 모두 불검출되었다. 또한, 생식용 굴 포장재는 일반세균수, 황색포도상구균, 대장균 및 대장균군과 같은 생물학적 위해요인은 위해요인의 종류와 시료의 종류(D, Y)에 관계없이 모두 불검출되었다. 한편, 생식용 굴의 포장재로서 폴리에틸렌(polyethylene, PE)은 식품용 기구 및 용기·포장의 기준 및 규격(MFDS, 2016)에서 잔류규격이 없이 용출규격으로 한정되어 있고, 중금속(납) 1.0 mg/L 이하, 과망간산칼륨소비량 10 mg/L 이하, 증발잔류물 30 mg/L 이하, 1-hexene 3 mg/L 이하 및 1-octene 15 mg/L 이하로 제시되어 있다. 이상의 생식용 굴 포장재 5종(S, O, H, D 및 Y) 용출물의 납, 과망간산칼륨 소비량, 증발잔류물, 1-hexene 및 1-octene 농도는 모두 식품용 기구 및 용기·포장의 기준 및 규격의 용출규격에 적합한 것으로 나타났다.

### 생식용 굴의 생산을 위한 작업환경 위생

식품과 접촉하는 기구의 표면은 식품과 직접 접촉하여 교차오염을 일으킬 수가 있다. 이러한 일면에서 생식용 굴 가공공장(S, O, H, D 및 Y)에서 생산에 필요한 기구 및 설비들인 작업선반의 표면, 바구니, 칼날, 세척기 생산라인 및 충전기의 표

Table 2. Results on the chemical and biological hazards of drinking water for processing raw oyster *Crassostrea gigas* for consumption in polyethylene bag

Hazard		Factory				
		S	O	H	D <sup>2</sup>	Y
Chemical (mg/L)	Total Hg	ND <sup>1</sup>	ND	ND	ND	ND
	Pb	ND	ND	ND	ND	ND
	Cd	ND	ND	ND	ND	ND
Biological	Viable cell count (log CFU/mL)	ND <sup>1</sup>	1.08	1.41	ND	ND
	<i>E. coli</i> (MPN/100 mL)	ND	ND	ND	ND	ND
	Coliform group (MPN/100 mL)	ND	ND	ND	ND	ND

<sup>1</sup>ND, Not detected; <sup>2</sup>Biological data of factory D were quoted from Kang et al. (2016).

Table 3. Results on the chemical and biological hazards in polyethylene (PE) bag for packing raw oyster *Crassostrea gigas* for consumption

Hazard		Factory					
		S	O	H	D <sup>5</sup>	Y	
Chemical (mg/L)	Migrant from PE	Pb	ND <sup>1</sup>	ND	ND	ND	ND
		PPC <sup>2</sup>	2	2	1	1	3
		ER <sup>3</sup>	4	2	6	5	9
		1-Hexene	ND	ND	ND	ND	ND
		1-Octene	ND	ND	ND	ND	ND
Biological	PE	Viable cell count (log CFU/mL)	- <sup>4</sup>	-	-	ND	ND
		<i>Staphylococcus aureus</i> (log CFU/mL)	-	-	-	ND	ND
		<i>E. coli</i> (MPN/100 mL)	-	-	-	ND	ND
		Coliform group (MPN/100 mL)	-	-	-	ND	ND

<sup>1</sup>ND, Not detected; <sup>2</sup>PPC, Potassium permanganate consumption; <sup>3</sup>ER, Evaporation residue; <sup>4</sup>-, Not determined; <sup>5</sup>Biological data of factory D were quoted from Kang et al. (2016).

면(100 cm<sup>2</sup>)에 존재하는 일반세균수, 대장균군 및 황색포도상구균을 측정된 결과는 Table 4와 같다. 생식용 굴 가공공장에서 생산에 필요한 기구 및 설비 표면들의 일반세균수는 탈각을 위한 작업대의 경우 3.33-3.69 log CFU/100 cm<sup>2</sup>, 바구니의 경우 3.15-3.46 log CFU/100 cm<sup>2</sup>, 칼의 경우 3.00-3.30 log CFU/100 cm<sup>2</sup>로 나타났고, 세척을 위한 세척기의 경우 2.40-3.04 log CFU/100 cm<sup>2</sup>, 작업대의 경우 2.56-3.00 log CFU/100 cm<sup>2</sup>, 포장을 위한 포장기의 경우 1.18-2.48 log CFU/100 cm<sup>2</sup>, 작업대의 경우 1.65-2.26 log CFU/100 cm<sup>2</sup>로 나타났으며, 동일 생산 기구 및 설비 표면들 간에는 크게 차이가 없었다. 한편, Harrigan and McCance (1976)는 식품제조용 기구 및 용기에 대한 미생물 기준으로 일반세균수가 2.70 log CFU/100 cm<sup>2</sup> 미만인 경우 만족할 만한 수준으로, 2.70-3.40 log CFU/100 cm<sup>2</sup> 범위인 경우 시정을 필요로 수준으로, 3.40 log CFU/100 cm<sup>2</sup> 이상인 경우 즉각적인 조치를 강구하여야 수준으로 제시한 바 있다. 이러한 생식용 굴의 생산에 필요한 기구 및 설비들의 일반세균수에 대한 결과를 Harrigan and McCance (1976)이 제시한 기준에 적용하는 경우 세척을 위한 세척기 생산라인(S, D 및 Y), 포장을 위한 포장기(모든 공장), 내포장실 작업대(모든 공장) 등은 만족할 만한 수준으로 판단되었고, 탈각을 위한 바구니(S, O, D 및 Y), 칼(모든 공장) 및 세척을 위한 작업대(H, D 및 Y) 등은 시정을 하여야 할 수준으로 판단되었으며, 탈각을 위한 작업선반 표면(H, D 및 Y) 등은 즉각적인 조치를 강구하여야 하는 수준으로 판단되었다. 또한, 생식용 굴의 생산 기구 및 설비에 대한 일반세균수 및 대장균의 오염도는 탈각실, 세척실 및 포장실의 순이었다. 한편, Bryan et al. (1982)은 미국 급식소에서 발생한 식중독 원인 중 교차오염에 의한 것이 6%, 기구의 부적절한 세척에 의한 것이 9%라고 제시하였고, Stauffer (1971)는 싱크대, 칼, 도마, 손 등으로부터의 미생물 오염이 식중독을 발생시킬 수 있다고 제시하였다. 이와 같이 일반세균수가 생식용 굴 생산용 기구 및 설비들 중 탈각실이 가장 높은 것은 각부굴을 저온저장실에서 출고하여 작업대에서 탈각 중 작업시간이 지체되어 온도 상승과 굴의 탈수현상으로 인한 수분

증가 등에 의해 미생물이 증식되었기 때문이다. 작업장에서 생식용 굴 생산용 기구 및 설비(작업선반의 표면, 바구니, 칼날, 세척기 생산라인 및 충전기) 표면(100 cm<sup>2</sup>)의 대장균군은 탈각을 위한 작업선반 표면(O의 경우 1.00 log CFU/100 cm<sup>2</sup> 및 H의 경우 1.40 log CFU/100 cm<sup>2</sup>), 바구니(H의 경우 1.18 log CFU/100 cm<sup>2</sup>) 및 칼(H의 경우 1.08 log CFU/100 cm<sup>2</sup> 및 Y의 경우 0.60 log CFU/100 cm<sup>2</sup>)을 제외한 나머지 기구 및 설비들은 모두 불검출로 나타났고, 황색포도상구균은 모든 회사와 공정에서 불검출로 나타났다. Harrigan and McCance (1976)은 식품제조용 기구 및 용기에 대한 미생물 기준으로 대장균군의 경우 1.00 log CFU/100 cm<sup>2</sup> 이하가 양호한 것으로 제시한 바 있다. 이러한 생식용 굴의 생산에 필요한 기구 및 설비들의 대장균군의 결과로부터 탈각을 위한 작업대(O 및 H), 바구니(H) 및 칼(H 및 Y)은 위생기준이 불량한 수준이어서 이들의 철저한 위생 관리가 요구되었다.

개인위생

굴 가공공장(S, O, H, D 및 Y)에서 작업자의 개인위생 관리 상태를 확인하기 위하여 작업실별 손, 장갑, 앞치마 및 장화 표면(100 cm<sup>2</sup>)의 일반세균수, 대장균군 및 황색포도상구균을 살펴본 결과는 Table 5와 같다. 생굴 가공공장의 작업실별 일반세균수는 탈각실 작업자 손의 경우 1.04-2.00 log CFU/hand, 장갑의 경우 2.77-3.17 log CFU/hand, 앞치마의 경우 2.79-3.05 log CFU/100 cm<sup>2</sup>, 장화의 경우 2.79-2.95 log CFU/100 cm<sup>2</sup>로 나타났고, 세척실 작업자 손의 경우 0.69-1.41 log CFU/hand, 장갑의 경우 1.81-2.48 log CFU/hand, 앞치마의 경우 1.26-1.69 log CFU/100 cm<sup>2</sup>, 장화의 경우 1.11-1.44 log CFU/100 cm<sup>2</sup>로 나타났으며, 내포장실 작업자 손의 경우 0.30-1.00 log CFU/hand, 장갑의 경우 0.90-1.18 log CFU/hand, 앞치마의 경우 0.60-1.10 log CFU/100 cm<sup>2</sup>, 장화의 경우 1.04-1.30 log CFU/100 cm<sup>2</sup>로 나타났다. 한편, 이러한 생굴 가공공장 작업자의 개인위생 관리 상태를 확인하기 위하여 작업실별 손, 장갑, 앞치마 및 장화의 일반세균수는 Harrigan and McCance (1976)

Table 4. Microbiological evaluation of equipment used for manufacturing raw oyster *Crassostrea gigas* for consumption in polyethylene bag (log CFU/100 cm<sup>2</sup>)

Working room	Equipment	Viable cell count					Coliform group					<i>Staphylococcus aureus</i>					
		S	O	H	D <sup>2</sup>	Y	S	O	H	D <sup>2</sup>	Y	S	O	H	D <sup>2</sup>	Y	
Shucking room	Worktable	3.34	3.33	3.69	3.40	3.51	ND <sup>1</sup>	1.00	1.40	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Basket	3.18	3.15	3.46	3.26	3.30	ND	0.90	1.18	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Knife	3.28	3.24	3.30	3.00	3.23	ND	ND	1.08	ND	0.60	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Washing room	Washing machine	2.65	3.04	2.70	2.51	2.40	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Worktable	2.56	2.70	2.88	3.00	2.71	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Inner packing room	Packing machine	2.38	2.15	2.48	1.18	1.36	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Worktable	2.26	1.90	2.18	1.65	1.82	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

<sup>1</sup>ND, Not detected; <sup>2</sup>Data of factory D were quoted from Kang et al. (2016).

Table 5. Microbiological evaluation of person worked for manufacturing raw oyster *Crassostrea gigas* for consumption in polyethylene bag (log CFU 100 cm<sup>2</sup> or hand)

Working room	Employee	Viable cell count					Coliform group					<i>Staphylococcus aureus</i>					
		S	O	H	D <sup>2</sup>	Y	S	O	H	D <sup>2</sup>	Y	S	O	H	D <sup>2</sup>	Y	
Shucking room	Hands	1.78	1.93	2.00	1.04	1.40	ND <sup>1</sup>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Glove	2.87	2.97	3.15	3.17	2.77	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Apron	2.86	2.79	3.05	2.91	2.87	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Boot	2.84	2.88	2.95	2.94	2.79	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Washing room	Hands	1.18	1.32	1.41	0.69	0.95	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Glove	2.32	2.40	2.48	2.17	1.81	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Apron	1.27	1.31	1.49	1.69	1.26	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Boot	1.11	1.22	1.44	1.39	1.15	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Inner packing room	Hands	0.70	0.90	1.00	0.30	0.70	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Glove	0.90	1.00	1.08	1.07	1.18	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Apron	1.00	0.93	1.10	0.95	0.60	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Boot	1.08	1.04	1.30	1.14	1.04	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

<sup>1</sup>ND, Not detected; <sup>2</sup>Data of factory D was quoted from Kang et al. (2016).

이 제시한 기준에 비하여 탈각실의 손, 세척실과 내포장실의 손, 장갑, 앞치마, 장갑이 모두 만족할 만한 수준이었으나, 탈각실의 장갑, 앞치마 및 장화 등은 시정을 필요한 수준이었다. 한편, Kim (2001)은 생선초밥의 제조 중 조리 종사자의 손에서 일반세균수가 4.69 log CFU/hand, 대장균군이 1.00 log CFU/hand로 나타나, 생선 초밥 제조 종사자의 경우 위생장갑을 사용하는 등의 즉각적인 조치를 강구되어야 한다고 보고한 바 있다. 본 연구에서는 생식용 굴 가공공장 작업실별 종사자의 손, 장갑, 앞치마 및 장화에 존재하는 대장균군 및 황색포도상구균은 모두 불검출로 나타났다. Martin et al. (2004)은 작업자가 식품의 취급 시 미생물을 포함한 위해인자를 주변 환경이나 다양한 오염원으로부터 식품으로 옮기는 매개 역할을 하고, 특히 손은 식품 중 병원성 미생물의 오염에 있어서 직접 또는 간접적인 주요 경로가 되어 식중독 발생 원인의 큰 부분을 차지하고 있기 때문에 식품을 취급하는 현장에서의 작업자 개인위생 관리는 매우 중요하다고 제시하였다. 그리고, Kjolen and Amdersen (1992)도 일반적인 손 세척은 일반세균수가 감소되나 균의 효과적인 제거가 불충분하여, 반드시 소독이 병행되어야 한다고 보고한 바 있다. 따라서, 위생적인 생식용 굴의 생산을 위하여는 반드시 주기적인 개인위생의 관리에 대한 교육과 동시에 작업 전후나 다른 작업 투입 시에 올바른 손 세척은 물론이고 손 소독도 함께 병행하여 청결 상태를 유지하고, 사용한 장갑, 작업복 등은 깨끗이 관리할 수 있어야 한다.

**공중낙하균**

생굴 가공공장(S, O, H, D, Y)에서 생식용 굴의 생산과정 중 작업실별 오염도를 측정하기 위하여 일반구역(탈각실, 세척실 및 외포장실) 및 청결구역(내포장실)의 공중낙하균을 측정할 결과

는 Table 6과 같다. 생굴 가공공장의 공중낙하균은 일반구역 중 탈각실 작업선반의 경우 1.34-1.81 log CFU/plate/15 min, 세척실 세척기 하단의 경우 1.18-1.41 log CFU/plate/15 min, 외포장실 작업선반의 경우 0.95-1.25 log CFU/plate/15 min으로 나타났다, 청결구역 중 내포장실 내포장기 상단의 경우 0.60-1.08 log CFU/plate/15 min으로 나타났다. 한편, Seol et al. (2009)은 일반세균수의 청결구역에서 만족 수준의 경우 1.7 log CFU/plate/15 min 미만, 허용 수준의 경우 1.7-1.9 log CFU/plate/15 min 범위, 기준 초과 수준의 경우 1.9-2.0 log CFU/plate/15 min 범위로 제시하였다. 따라서, 생굴 가공공장별 생식용 굴 생산과정 중 작업실별 일반세균수에 대한 결과를 Seol et al. (2009)이 제시한 기준에 적용하는 경우 탈각실 H (1.81 log CFU/plate/15 min)를 제외한다면 나머지 세척실, 외포장실, 내포장실은 모두 만족 수준이었다. 한편, 생굴 가공공장의 작업실별 대장균군은 공장의 종류에 관계없이 모두 불검출로 나타났다. 이상의 생식용 굴의 생산과정에서 생굴 가공공장의 작업실별 공중낙하균은 실내 공기의 미생물 오염도가 낮은 것으로 확인되었다. Kang (1990)은 공중에 부유하는 미생물은 불결한 환경에서 발생되어 나오기 때문에 공정 환경의 청결을 유지한다면 공기 매체 미생물의 오염도를 낮추어 제품의 안전성을 높일 수 있다고 보고한 바 있다. 또한, Hambræus et al. (1978)은 바닥과 벽면의 미생물 오염은 공중낙하균과도 밀접한 관계가 있으므로 바닥과 벽면의 미생물 오염도를 저감시키면 공중낙하균의 저감효과를 기대할 수 있다고 제시한 바 있다.

**제조 공정별 생물학적 위해요소**

양식산 굴의 수확 직후부터 최종 제품까지 생식용 굴의 생산 단계별 일반세균수 및 대장균군의 변화는 Fig. 2와 같다. 공장

Table 6. Microbiological evaluation of working area for manufacturing raw oyster *Crassostrea gigas* for consumption in polyethylene bag (log CFU/plate/15 min)

Working room	Area	Viable cell count					Coliform group				
		S	O	H	D <sup>2</sup>	Y	S	O	H	D <sup>2</sup>	Y
Shucking room	Worktable	1.65	1.62	1.81	1.47	1.34	ND <sup>1</sup>	ND	ND	ND	ND
Washing room	Washing machine	1.30	1.20	1.41	1.25	1.18	ND	ND	ND	ND	ND
Inner packing room	Packing machine	1.08	1.00	1.04	0.69	0.60	ND	ND	ND	ND	ND
Outer packing room	Worktable	1.10	1.06	1.25	1.04	0.95	ND	ND	ND	ND	ND

<sup>1</sup>ND, Not detected; <sup>2</sup>Data of factory D was quoted from Kang et al. (2016).

D 및 Y에서 생식용 굴의 전처리 공정 중 일반세균수는 수확 직후 각부굴(A)이 각각 4.00 및 4.38 log CFU/g이었고, 이를 육상으로 양육하는 단계의 수세공정(B) 중 각각 3.76 및 3.88 log CFU/g, 저온저장(C) 중 각각 3.36 및 3.33 log CFU/g, 탈각(D) 굴의 경우 각각 3.48 및 3.53 log CFU/g이었으며, 세척(E) 및 냉각(F)한 결과 각각 2.99 및 2.92 log CFU/g, 그리고 3.01 및 2.97 log CFU/g이었다. 이와 같이 최종 생식용 탈각굴의 제품화를 위한 공정 중 전처리 원료 굴의 양육단계 세척에 의한 일반세균수의 감소 정도가 낮았던 것은 수확 직후 각부굴을 세척하였고, 탈각 중 일반세균수의 증가현상은 탈각 종사자의 손 등에 의한 오염, 일정시간 방치 등에 의한 미생물이 증식되었기 때문이라 판단되었다. 그리고, 탈각, 세척 이후 냉각 공정에 의한 미생물의 변화가 거의 없는 것은 작업장의 낮은 온도에서 온도 변화가 크게 없으면서 시간이 1시간 이내로 짧았기 때문이라 판단되었다. 저온저장 중 일반세균수의 감소현상은 중온성 균들의 cold shock에 의한 순간적인 감소 현상 때문이었다(Kim, 2000). 이후 공장 D와 Y의 생식용 굴의 제품화 공정에서 일반세균수는 청량 및 내포장(G)한 것이 각각 3.10 및 3.12 log CFU/g, 금속검출기를 통과(H)한 것이 각각 2.98 및 3.03 log CFU/g, 외포장한 것(I)이 각각 2.97 및 2.96 log CFU/g, 최종 제품이 각각 2.94 및 2.92 log CFU/g으로, 전체적인 제품화 공정에서 각각 2.94-3.10 및 2.92-3.12 log CFU/g 범위로 크게 차이가 없었다. 이와 같은 결과로 미루어 보아 생식용 굴의 생산 단계에서 굴의 일반세균수는 수확 직후 전처리 공정인 각부굴부터 세척공정과 냉각공정 중에 감소하였고, 탈각공정 중에 약간 증가하였으며, 마무리 공정인 청량 및 내포장, 금속검출기 통과 및 외포장 등에 의한 변화는 적었다.

공장 D 및 Y에 대해서 생식용 굴의 생산을 위한 전처리 공정 중 대장균군은 수확 직후 각부굴(A)이 각각 110 및 180 MPN/100 g이었고, 이를 육상으로 양육하는 단계의 수세공정(B) 중 각각 70 및 130 MPN/100 g, 저온저장(C) 중 각각 75 및 110 MPN/100 g, 탈각(D) 생식용 굴의 경우 각각 83 및 120 MPN/100 g이었으며, 세척(E) 및 냉각(F)한 결과 각각 44 및 81 MPN/100 g, 그리고 45 및 70 MPN/100 g이었다. 이와 같이 최종 생식용 굴의 제품화를 위한 공정에서 대장균군의 증감, 이의 경향 및 그 원인은 일반세균수의 그것들과 같았다. 이후 공장 D

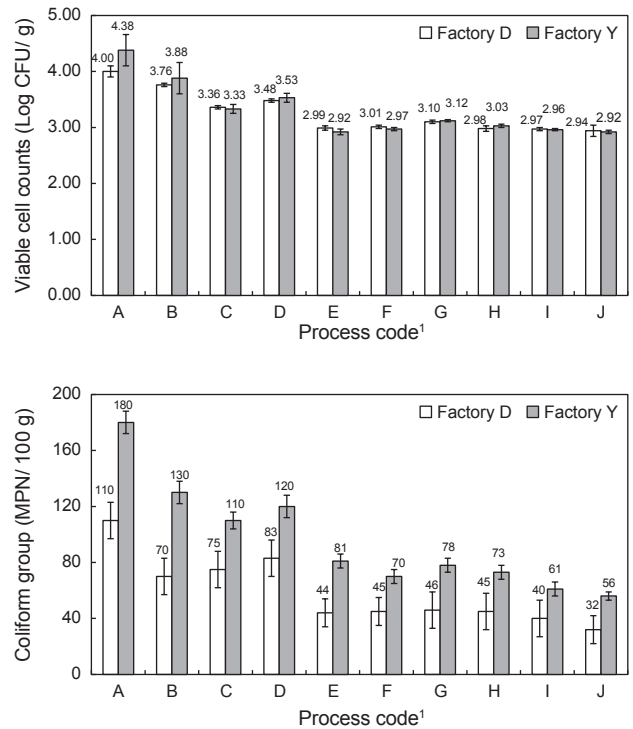


Fig. 2. Change in viable cell counts and coliform group of raw oyster *Crassostrea gigas* for consumption in polyethylene bag during processing.

<sup>1</sup>Process codes (A-J) are the same as shown in Fig. 1; <sup>2</sup>Data of Factory D were quoted from Kang et al. (2016).

와 Y의 생식용 굴의 제품화 공정에서 대장균군도 청량 및 내포장(G)한 것이 각각 46 및 78 MPN/100 g, 금속검출기를 통과(H)한 것이 각각 45 및 73 MPN/100 g, 외포장한 것(I)이 각각 40 및 61 MPN/100 g, 최종 제품이 각각 32 및 56 MPN/100 g으로 나타났으며, 전체적인 제품화 공정에서의 검출 범위는 각각 32-46 및 56-78 MPN/100 g으로 크게 차이가 없었다. 이상의 결과에서 생식용 굴의 생산 단계에서 최종 제품까지의 일반세균수 및 대장균군의 변화는 수확 직후 전처리 공정인 각부굴부터 세척공정과 냉각공정 중에 감소하였고, 탈각공정 중에 약



간 증가하였으며, 마무리 공정인 청량 및 내포장, 금속검출기 통과, 외포장 등에 의한 변화는 적었다. 따라서, 생식용 굴의 생산 단계에서 세척공정 전에 일반세균수 및 대장균군 농도가 비교적 높았던 이유는 패류생산해역환경과 탈각공정에서 비위생적인 처리 등과 관련이 있는 것으로 판단되었다. 한편, 수산물·수산가공품 검사기준에 관한 고시(National Fishery Products Quality Management Service, 2016)에서 생식용 굴의 완제품 기준은 일반세균수의 경우 50,000 CFU/g 및 대장균의 경우 230 MPN/100 g 이하로 규정되어 있고, 식품공전(MFDS, 2016)에서는 대장균은  $n=5, c=1, m=230, M=700$  MPN/100 g 으로 규정되어 있다. 이상의 결과에서 봉지굴에 대한 일반세균수 및 대장균에 대한 결과는 이들의 기준 규격들로 미루어 보아 안전한 것으로 판단되었다.

이상의 결과에서 굴의 수확에서 최종 생식용 굴의 생산 단계 까지 D사 및 Y사의 각 공정, 생산 작업장의 환경, 시설, 도구 및 종사자의 위생에서 일반세균수, 대장균군 및 식중독균의 검출 결과로 미루어 보아 세척방법, 세척시간 및 세척수 온도 등을 준수한다면 생물학적 위해요소는 없을 것으로 판단되었다.

## 사 사

이 논문은 2016년 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(수산식품산업기술개발사업의 해역별 특성을 고려한 전통수산가공식품 개발 및 상품화)

## References

- American Public Health Association (APHA). 2001. Compendium of methods for the microbiological examination of foods (4th Ed), American public health association, Washington DC, U.S.A., 26-35.
- AOAC (Official method of Analysis). 2000. Association of Official Analytical Chemists. 17th ed. Maryland, U.S.A., 59-60.
- Bang SJ, Park KH, Park MK and Kwon YO. 2008. The research of pollution of Norovirus in circulating oysters. J Gyeonggi Institute Health Environ 21, 159-165.
- Bryan FL, Bartleson CA and Sugi M. 1982. Hazard analysis of charsi and roast pork in Chinese restaurant and market. J Food Prot 45, 422-428.
- Food and Drug Administration (FDA). 1978. Guide lines for effectiveness testing of surgical hands crub (Glove juice test) [Internet]. Fed Rdgist 43, 1242-1243. Retrieved from <http://www.fda.gov/OHRMS/DOCKETS/98fr/94-14503.pdf> on Feb 15, 2017.
- Hambraeus A, Bengtsson S and Laurell G. 1978. Bacterial contamination in a modern operating suite. 2. Effect of a zoning system on contamination of floors and other surfaces. J Hyg 80, 57-67. <http://dx.doi.org/10.1017/S0022172400053390> Published online.
- Harrigan WF and McCance ME. 1976. The Examination of Food Processing Plant. In Laboratory Method in Food and Microbiology. Academic Press, New York, U.S.A.
- Jeong IG, Park JH, Yoo HD and Choi JD. 2004. Sanitary survey of the sea water and oyster in the south coastal designated area. J Ins Marine Industry 17, 29-37.
- 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>.
- Kang YJ. 1990. Analysis and characteristic of airborne bacteria as food contaminants. Korean Dairy Technol 8, 7-14.
- Kim HK. 2001. Application of HACCP system for microbiological quality control of sushi production in Japanese restaurants. MS thesis, Chung-Ang University, Seoul, Korea.
- Kim JS. 2000. Cold Storage of Foods. Hyoil Publishing Co., Seoul, Korea, 182-183.
- Kim KH. 2014. Concentration and risk assessment of heavy metal in mainly consumed fishes. MS thesis, Gyeongsang National University, Tongyeong, Korea.
- Kjolen H and Amdersen BM. 1992. Hand washing and disinfection of heavily contaminated hands-effective or ineffective?. J Hospital Infect 21, 61-71.
- Linehan LG, O'Connor TP and Burnell G. 1999. Seasonal variation in chemical composition and fatty acid profile of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*). Food Chem 64, 211-214. [http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00144-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00144-7).
- Martin MC, Fueyo JM, Gonzalez-Hevia MA and Mendoza MC. 2004. Generic procedures for identification of enterotoxigenic strains of *Staphylococcus aureus* from three food poisoning outbreaks. International J Food Microbiol 94, 279-286. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.01.011>.
- Manatawee S, Boonprasop N, Boonprasop S and Sutthirak P. 2011. Spoilage bacteria changes during storage of oyster (*Crassostrea belcheri*) in ice-bath. Thai J Agric Sci 44, 443-446.
- Ministry of Environment (ME). 2015. Environmental Enforcement Ordinance of the Act No. 281. Quality Standard for Drinking Water [internet]. Retrieved from <http://www.law.go.kr/lsInfoP.do?lsiSeq=176558&efYd=20151123#0000> on Feb 15, 2017.
- Ministry of Food and Drug Safety (MFDS). 2016. Korean Food Code. Chapter 2. Standard on the common foods, Chapter 6. Standard on the seafoods, Chapter 9. General analytical method [Internet]. Retrieved from [https://foodsafetykorea.go.kr/portal/safefoodlife/food/foodRvLv/foodRvLv.do?menu\\_grp=MENU\\_NEW01&menu\\_no=3093](https://foodsafetykorea.go.kr/portal/safefoodlife/food/foodRvLv/foodRvLv.do?menu_grp=MENU_NEW01&menu_no=3093) on Feb 15, 2017.
- Ministry of Oceans and Fisheries (MOS). 2016. Product Statistic [Internet]. Retrieved from [http://www.fips.go.kr/jsp/sf/ss/ss\\_info.jsp?menuDepth=070101](http://www.fips.go.kr/jsp/sf/ss/ss_info.jsp?menuDepth=070101) on Feb 18, 2017.
- National Fishery Products Quality Management Service (NFQS). 2016. Inspection code of fishery products [Internet]. Retrieved from <http://www.nfqs.go.kr/portal/inspection> on Feb 15, 2017.

trieved from <http://www.nfqqs.go.kr/2013/contents.asp?m=3&s=1&s2=1> on Feb 25, 2017.

- Seol HR, Park HS, Park KH, Park AK and Ryu K. 2009. Microbiological evaluation of foods and kitchen environments in childcare center and kindergarten food service operations. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38, 252-260. <http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2009.38.2.252>.
- Sobey MD and Jaykus LA. 1991. Human enteric viruses and depuration of bivalve molluscs. In: Otwell WS, Rodrick GE and Martin R(Eds), *Molluscan shellfish deprivation*. CRC Press, Boca Raton, Florida, U.S.A., 71-114.
- Stauffer LD. 1971. Sanitation and the human ingredient. *Hospitals* 45, 62-65.
- Xiao G, Zhang M, Shan L, You Y and Salokhe VM. 2011. Extension of the shelf-life of fresh oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus*) by modified atmosphere packaging with chemical treatments. *Afr J Biotechnol* 10, 9509-9517. <http://dx.doi.org/10.5897/AJB08.974>.
- Yu HS, Park YS, An SR, Park KBWI, Shim KB, Song KC and Lee TS. 2016. Defecation of norovirus from the oyster *Crassostrea gigas* by depuration following translocation of the growing area. *Korean J Fish Aquat Sci* 49, 109-115. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2016.0109>.