

HACCP 구축을 위한 굴(*Crassostrea gigas*) 가공공장의 위해 평가

강경태 · 김민주¹ · 박선영¹ · 최종덕¹ · 허민수² · 김진수^{1*}

한국식품안전관리인증원, ¹경상대학교 해양식품생명의학과/해양산업연구소, ²경상대학교 식품영양학과

Risk Assessment of Oyster *Crassostrea gigas* Processing Site For an HACCP System Model

Kyung Tae Kang, Min Joo Kim¹, Sun Young Park¹, Jong-Duck Choi¹, Min Soo Heu² and Jin-Soo Kim^{1*}

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

¹Department of Seafood and Aquaculture Science, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

²Department of Food Science and Nutrition, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

This study assessed the risk of an oyster-shucking site to establish the hazard analysis critical control point (HACCP) system model by measuring viable cell counts, coliform group *Staphylococcus aureus* foreign material on oysters, oyster-producing equipment, and washing water. The viable cell count and coliform group levels of the harvested raw oysters were 4.00 log CFU/g and 1.1×10^2 MPN/100 g, while those of washed oysters were 2.99 log CFU/g and $(3.2-4.6) \times 10$ MPN/100 g, respectively. After washing the oysters, no *Escherichia coli* or pathogenic bacteria (*E. coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *S. aureus*, *Salmonella* spp., *Vibrio parahaemolyticus*, and *Clostridium perfringens*) were detected. Regardless of the location of foreign matter, up to 100% more metallic and non-metallic foreign matter was detected at 1.5 mm Φ than at 3.5 mm Φ , using a metal detector with increased sensitivity. According to the results, the critical control points (CCP) are the washing and metal-detection processes. These results can be used as basic data to improve sanitation at oyster-shucking sites in factories with an HACCP system.

Key words: Oyster, HACCP, Risk assessment, Critical control point, Critical limit

서 론

최근 우리나라 양식산 굴은 연간 생산량이 약 30만톤 내외에 이르고 있고, 국내 패류 총 생산량의 60% 이상을 차지하여 우리나라의 주요 양식 자원이다(Ministry of Oceans and Fisheries, 2016). 굴은 칼슘, 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 기능이 우수한 식품 중의 하나이다(Linehan et al., 1999; Hosoi et al., 2003; Kim et al., 1981; Sakaguchi and Murat, 1989). 일반적으로 굴의 소비 형태는 비산란기인 11월부터 4월까지의 경우 고가의 생굴로, 그리고 산란기이어서 생굴로 식용이 곤란하거나 저가인 5월부터의 경우 주로 냉동품, 건제품 및 통조림 등으로 가공되어 수출

되고 있다(Kim et al., 2002). 그러나 최근 양식산 굴은 내수를 목적으로 한 생굴 비중이 점차 증가하고 있고, 이들은 대부분이 탈각 후 유통되고 있다(Park et al., 2006).

굴 양식장이 위치하고 있는 우리나라 연안은 최근 경제성장에 따른 인구 밀집과 강우 발생으로 일반세균 농도는 물론이고, 장관계 바이러스 등의 식중독 원인체가 함유될 가능성이 있는 분변성 오염물질의 농도가 증가하고 있다. 따라서, 이와 같이 오염된 해역에서 생산된 굴은 자연히 식중독의 원인물질을 함유할 가능성이 크다(Lee et al., 2010; Oh et al., 2012; Iritani et al., 2014). 또한, 굴 탈각장은 FDA나 EU 등록공장을 제외하고는 관련법규나 전처리 가공공장 관리 규정이 미흡한 위생관리의 사각지대에 놓여 있다. 이러한 측면에서 생굴의 안전성을 확보하기 위한 방안은 굴 탈각장에 HACCP (hazard analysis and critical control point) system을 도입하여 생굴에 대한 기준 규

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2016.0533>



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 49(5) 533-540, October 2016

Received 28 July 2016; Accepted 3 October 2016

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

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

37℃, 24시간)한 후 이들 증균 배양액을 MacConkey sorbitol 한천배지(cefixime, potassium tellurite가 첨가된 배지)에 재접종하여 배양(35-37℃에서 18시간)하였다. 배양물 중 sorbitol을 분해하지 않는 무색 집락을 취하여 EMB 한천배지에 접종하고 배양(35-37℃에서 24시간)한 후 녹색의 금속성 광택이 확인된 집락으로 확인하였다.

*Listeria monocytogenes*는 시료(25 g)를 취하여 *Listeria* enrichment broth (Difco, USA) 225 mL에 증균 배양하여 Oxford agar (Difco, USA)에 도말하고, 배양(30℃에서 24시간)하였다. 증균배양액은 면봉을 이용하여 PALCAM agar (Difco, USA)에 도말하고 배양(30℃에서 24시간)하여 분리 배양하였고, 배양된 집락은 API listeria kit (Biomerieux, France)로 생화학적인 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℃에서 24시간)한 후 Baird-Parker agar (Difco, USA)에 접종하고, 재증균 배양(35-37℃에서 24시간)한 후 투명한 환을 가진 검정색 집락을 확인하였다. 여기서, 분리 배양된 평판 배지상의 집락을 보통 한천배지에 옮겨 배양(35-37℃에서 24시간)하고, 그람염색 및 생화학적인 확인시험을 실시하였다.

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

*Vibrio parahaemolyticus*는 2% NaCl이 첨가된 알칼리 펩톤수(Alkaline pepton water, pH 8.6)에 접종하여 37℃에서 18-24시간 증균배양한 1 백금이를 TCBS 한천배지에 접종 후 37℃에서 24시간 배양하였다. 그 평판배지에서 청록색 집락을 골라 TSI사면배지에 배양 후 API 20E (Biomerieux, France)로 생화학적인 확인시험을 하였다.

*Clostridium perfringens*는 시험용액 1 mL를 cooked meat 배지(Difco, USA)의 아랫부분에 접종하고 35-37℃에서 18-24시간 동안 혐기배양을 통하여 증균시킨 후 난황첨가 TSC 한천배지(Difco, USA)에 증균 배양액을 접종하여 35-37℃에서 18-24시간 혐기배양한 결과 TSC 한천배지에서 불투명한 환을 가지는 황회색 집락을 확인하였다.

노로바이러스 오염도 측정

노로바이러스는 식품공전(Ministry of Food and Drug Safety, 2015)에 따라 분석을 실시하였다.

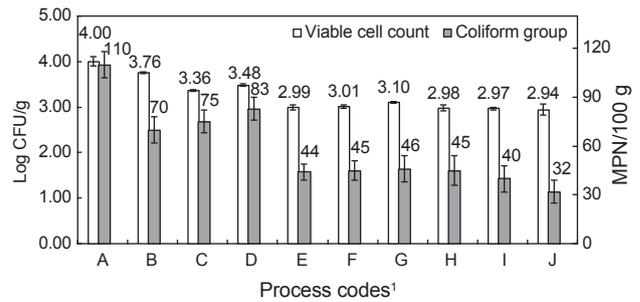


Fig. 2. Change of viable cell counts and coliform group during manufacture of oyster *Crassostrea gigas* shucked for eating raw. ¹Process codes (A-J) are the same as shown in Fig. 1.

수세 및 금속검출 한계기준 설정

위생적인 생식용 탈각굴의 생산을 위한 세척공정의 한계기준 설정은 세척기(SAMOO, Korea) 특성상 세척시간을 고정(60-90 s)한 다음, 원료 탈각굴 20 kg에 대하여 세척수량(20-40 L/min 범위로 하되 10 L/min 간격으로 실시)을 달리하여 수세한 다음 이의 일반세균수 잔존률로 설정하였고, 최적 조건에서 대장균 및 식중독균(*E. coli* O-157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., *Vibrio parahaemolyticus* 및 *Clostridium perfringens*)에 대하여 검증하였다.

금속검출 한계기준은 금속검출기(QTM-WA25hh-M210, QUALITEC, Korea)를 사용하여, 금속이 없는 것으로 확인된 공정품에 표준시편을 넣어 확인하였고, 감도별(90-110%, 10% 간격), 표준시편별(Fe와 STS), 크기별(Fe의 경우 직경이 1.0-2.0 mmΦ, STS의 경우 직경이 3.0-4.0 mmΦ) 및 통과 위치별(오른쪽, 왼쪽 및 중간) 검출률로 설정하였다.

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 탈각굴의 선도 및 생산 원·부자재에 대한 생물학적 위해요소 분석

수확 직후 각부굴의 일반세균수 및 pH는 각각 4.00 log CFU/g (Fig. 2)과 6.49 (Fig. 3)이었다. 일반적으로 세균학적 방법에 의한 수산물의 선도는 1.0×10⁵ CFU/g 미만인 경우 신선, 10⁵-10⁶ CFU/g 범위인 경우 초기 부패, 1.5×10⁶ CFU/g 초과인 경우 부패로 알려져 있다(Kim et al., 2007). 그리고, pH에 의한 굴의 선도는 6.4의 경우 아주 신선, 5.9-6.2의 경우 선도 양호, 5.8 이하의 경우 선도 불량, 5.2 이하의 경우 부패로 알려져 있다(Kim

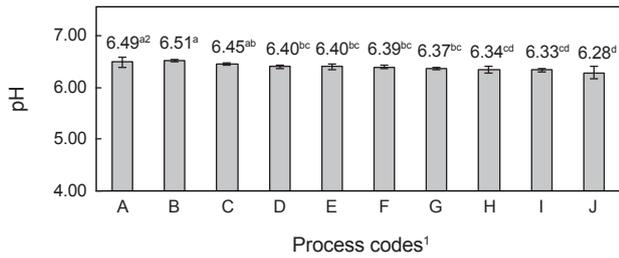


Fig. 3. Change of pH during manufacture of oyster *Crassostrea gigas* shucked for eating raw. ¹Process codes (A-J) are the same as shown in Fig. 1. ²Different letters on the data indicate a significant difference at $P < 0.05$.

et al., 2007). 이와 같은 일반세균수 및 pH에 대한 결과와 보고로 미루어 보아 수확 직후 각부굴의 선도는 아주 양호하다고 판단되었다.

생식용 탈각굴의 제조 원료인 수확 직후 각부굴, 가공용수 및 이를 내포장하기 위한 비닐백의 생물학적 위해요소[생균수, 대장균군 및 식중독균(*E. coli*O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., *Vibrio parahaemolyticus*, *Clostridium perfringens* 및 노로바이러스)]를 분석한 결과는 Table 1과 같다. 수확 직후 각부굴의 일반세균수 및 대장균군은 각각 $4.00 \log \text{CFU/g}$ 및 $1.1 \times 10^2 \text{MPN/100 g}$ 이었고, 식중독균은 모두 검출되지 않았다. Ministry of Food and Drug Safety (2016b)에서 생식용 탈각굴의 기준은 대장균의 경우 230MPN/100 g 이하, 식중독균의 경우 모두 음성으로 규정되어 있다.

Table 1. Biological hazard analysis for manufacturing oyster *Crassostrea gigas* shucked for eating raw in polyethylene bag

Biological hazard	Unit	Post-harvest oyster	Drinking water for processing	Polyethylene bag
Viable cells		1.0×10^4	ND	ND
<i>E. coli</i> O157:H7		ND ¹	- ²	-
<i>Listeria monocytogenes</i>		ND	-	-
<i>Staphylococcus aureus</i>		ND	-	-
<i>Salmonella</i> spp.	CFU/g	ND	-	-
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>		ND	-	-
<i>Clostridium perfringens</i>		ND	-	-
Norovirus		ND	-	-
<i>E. coli</i>	MPN/100 g or mL	1.1×10^2	ND	ND

¹ND: Not detected. ²-: Not determined.

생식용 탈각굴의 제조를 위한 가공 용수의 일반세균수 및 대장균군은 물론이고 포장재의 일반세균수 및 대장균군도 모두 불검출로 나타났다. 한편, 환경부의 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙(Ministry of Environment, 2015) 중 생물학적 기준은 일반세균수의 경우 100CFU/mL 이하 및 총대장균군은 음성/100 mL로 규정하고 있다.

이상의 생식용 탈각굴의 생산 원·부자재에 대한 대장균군 및 식중독균들에 대한 결과와 이들의 기준 규격들로 미루어 보아 수확 직후 각부굴, 용수 및 포장재는 생물학적 위해요소로부터 안전한 것으로 판단되었다.

제조 공정별 생물학적 위해요소 및 선도의 변화

양식산 굴의 수확 직후부터 최종 제품인 생식용 탈각굴의 생산 단계까지 굴의 일반세균수 및 대장균군에 대한 변화는 Fig. 2와 같고, 이후에 각 공정에 해당하는 부분은 괄호 내에 공정 코드를 나타내었다. 봉지 포장 생식용 탈각굴의 제조공정은 크게 양식장으로부터 원료 각부굴 수확(A), 육상 양륙 및 수세(B), 저온저장(C), 탈각굴의 제조를 위한 탈각(D), 위생성 확보를 위한 재수세(E), 냉각(F), 칭량 및 내포장(G), 금속검출(H), 외포장(I) 및 최종 생식용 탈각굴 제품(J)으로 이루어진 제품화 공정으로 나눌 수 있다.

최종 생식용 탈각굴의 제품화를 위한 공정 중 전처리 공정에서 일반세균수는 수확 직후 각부굴(A)이 $4.00 \log \text{CFU/g}$ 이었고, 이를 육상으로 양륙하는 단계의 수세 공정(B) 중 $3.74 \log \text{CFU/g}$, 저온저장(C) 중 $3.36 \log \text{CFU/g}$, 탈각(D) 굴의 경우 $3.48 \log \text{CFU/g}$ 이었으며, 재수세(E) 및 냉각(F)한 결과 각각 $2.99 \log \text{CFU/g}$ 및 $3.01 \log \text{CFU/g}$ 이었다. 이와 같이 최종 생식용 탈각굴의 제품화를 위한 공정 중 전처리 원료 굴의 양륙단계 수세에 의한 일반세균수의 감소 정도가 낮았던 것은 수확 직후 각부굴을 수세하였기 때문이라 판단되었고, 저온저장 중 일반세균수의 감소현상은 중온성 균들의 cold shock에 의한 순간적인 감소 현상으로 판단되었으며(Kim, 2000), 탈각 중 일반세균수의 증가현상은 탈각 중사자의 손 등에 의한 오염, 일정시간 방치 등에 의한 미생물이 증식되었기 때문이라 판단되었다. 그리고, 탈각, 수세 이후 냉각 공정에 의한 미생물의 변화가 거의 없는 것은 작업장의 낮은 온도에서 온도 변화가 크게 없으면서 시간이 1시간 이내로 짧기 때문이라 판단되었다. 이후 생식용 탈각굴의 제품화 공정에서 일반세균수는 칭량 및 내포장(G)한 것이 $3.10 \log \text{CFU/g}$, 금속 검출기를 통과(H)한 것이 $2.98 \log \text{CFU/g}$, 외포장한 것(I)이 $2.97 \log \text{CFU/g}$, 최종 제품이 $2.94 \log \text{CFU/g}$ 으로, 전체적인 제품화 공정에서 $2.94\text{--}3.10 \log \text{CFU/g}$ 범위로 크게 차이가 없었다. 이와 같은 결과로 미루어 보아 생식용 탈각굴의 생산 단계에서 굴의 일반세균수는 수확 직후 전처리 공정인 각부굴부터 수세공정과 냉각공정 중에 감소하였고, 탈각공정 중에 약간 증가하였으며, 마무리 공정인 칭량 및 내포장, 금속검출기 통과, 외포장 등에 의한 변화는 적었다.

Table 2. Microbiological evaluation in working place for manufacturing oyster *Crassostrea gigas* shucked for eating raw (log CFU/100 cm²)

Workings room	Equipment	Viable cell count	Coliform group	<i>Staphylococcus aureus</i>
Shucking room	Worktable	3.40	ND ¹	ND
	Basket	3.26	ND	ND
	Knife	3.00	ND	ND
Washing room	Washing machine	2.51	ND	ND
	Worktable	3.00	ND	ND
Packing room	Packing machine	1.18	ND	ND
	Worktable	1.65	ND	ND

¹ND: Not detected.

최종 생식용 탈각굴의 제품화를 위한 공정 중 전처리 공정에서 대장균군은 수확 직후 각부굴(A)이 1.1×10^2 MPN/100 g이었고, 이를 육상으로 양류하는 단계의 수세 공정(B) 중 7.0×10 MPN/100 g, 저온저장(C) 중 7.5×10 MPN/100 g, 탈각(D) 굴의 경우 8.3×10 MPN/100 g이었으며, 재수세(E) 및 냉각(F)한 결과 각각 4.4×10 MPN/100 g 및 4.5×10 MPN/100 g이었다. 이와 같이 최종 생식용 탈각굴의 제품화를 위한 공정에서 대장균군의 증감, 이의 경향 및 그 원인은 일반세균수의 결과, 영향 및 원인과 같았다. 이후 생식용 탈각굴의 제품화 공정에서 대장균군도 칭량 및 내포장(G)한 것이 4.6×10 MPN/100 g, 금속 검출기를 통과(H)한 것이 4.5×10 MPN/100 g, 외포장한 것(I)이 4.0×10 MPN/100 g, 최종 제품이 3.2×10 MPN/100 g으로, 전체적인 제품화 공정에서 $(3.2-4.6) \times 10$ MPN/100 g 범위로 크게 차이가 없었다. 이와 같은 결과로 미루어 보아 생식용 탈각굴의 생산 단계에서 굴의 대장균군은 일반세균수와 같이 수확 직후 전처리 공정인 각부굴부터 수세공정과 냉각공정 중에 감소하였고, 탈각공정 중에 약간 증가하였으며, 마무리 공정인 칭량 및 내포장, 금속검출기 통과, 외포장 등에 의한 변화는 적었다. 따라서, 생식용 탈각굴의 생산 단계에서 세척공정 전 굴의 일반세균수 및 대장균군 농도가 비교적 높았던 이유는 해역환경으로부터의 오염 및 탈각공정에서 비위생적인 처리 등과 관련이 있는 것으로 판단되었다.

양식산 굴의 수확 직후부터 최종 제품인 생식용 탈각굴의 생산 단계까지 각 공정에서 굴의 식중독균(대장균, *E. coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., *Vibrio parahaemolyticus* 및 *Clostridium perfringens*)에 대하여 살펴본 결과 식중독균의 종류에 관계없이 모든 제조 공정에서 검출되지 않았다(데이터 미제시).

이상의 양식산 굴의 수확 직후부터 최종 제품인 생식용 탈각굴의 생산 단계까지 각 공정에서 굴의 일반세균수, 대장균군 및 식중독균의 결과로 미루어 보아 세척방법, 세척시간 및 세척수 온도 등을 준수한다면 생물학적 위해요소에 대한 문제는 없을 것으로 판단되었다.

양식산 굴의 수확 직후부터 최종 제품인 생식용 탈각굴의 생

산 단계까지 각 공정에서 굴의 선도 변화를 pH로 살펴본 결과는 Fig. 3과 같다. 최종 생식용 탈각굴의 제품화를 위한 공정에서 굴의 pH는 6.28-6.49 범위로 미미하게 유의적으로 감소 ($P < 0.05$)하여 선도가 저하하는 것을 인지할 수 있었고, 특히 탈각공정에서 유의적인 감소를 하여 이 공정에서 저온 유지와 단 시간화가 절실한 것으로 판단되었다. 한편, 양식산 굴의 수확 직후부터 최종 제품인 생식용 탈각굴의 생산 단계까지 각 공정에서 굴의 선도 변화를 pH로 판정하는 경우 수확 직후부터 내포장까지의 경우 아주 신선한 것으로 분류되었고, 모든 공정에서 선도 양호 이상이었다. 위에서 살펴본 바와 같이 생식용 탈각굴의 생산 단계까지 공정을 거쳐 감에 따라 굴의 pH가 저하하였는데, 이는 굴의 경우 글리코젠이 다량 함유되어 있고, 이것이 TCA cycle 내에서는 혐기적인 조건에서 분해되어 lactic acid가 생성되어 축적되기 때문이라 판단되었다(David and Michael, 2014).

작업 환경 위생

식품과 접촉하는 기구의 표면은 식품과 직접 접촉하여 교차 오염을 일으킬 수가 있다. 이러한 일면에서 생식용 탈각굴의 생산에 필요한 기구 및 설비들인 작업 선반의 표면, 바구니, 칼날, 세척기 생산라인 및 충전기 부분에서 100 cm²의 표면에 존재하는 일반세균수, 대장균군 및 황색포도상구균을 측정된 결과는 Table 2와 같다. 생식용 탈각굴의 생산에 필요한 기구 및 설비들의 일반세균수는 탈각을 위한 작업 선반 표면의 경우 3.40 log CFU/100 cm², 바구니의 경우 3.26 log CFU/100 cm², 칼의 경우 3.00 log CFU/100 cm²으로 나타났고, 수세를 위한 세척기 생산라인의 경우 2.51 log CFU/100 cm², 작업대의 경우 3.00 log CFU/100 cm², 포장을 위한 포장기의 경우 1.18 log CFU/100 cm², 작업대의 경우 1.65 log CFU/100 cm²으로 나타났다. 한편, Harrigan and McCance (1976)는 식품제조용 기구 및 용기에 대한 미생물 기준으로 일반세균수의 경우 2.70 log CFU/100 cm² 미만이 만족할 만한 수준으로, 2.70-3.40 log CFU/100 cm² 범위가 시정을 필요로 하는 수준으로, 3.40 log CFU/100 cm² 이상이 즉각적인 조치를 강구하여야 하는 수준

으로 제시하였고, 대장균군의 경우 $1.00 \log \text{CFU}/100 \text{cm}^2$ 이하가 양호한 수준으로 제시한 바 있다. 이러한 생식용 탈각굴의 생산에 필요한 기구 및 설비들의 일반세균수에 대한 결과를 Harrigan and McCance (1976)가 제시한 기준에 적용하는 경우 수세를 위한 세척기 생산라인($2.51 \log \text{CFU}/100 \text{cm}^2$), 포장을 위한 포장기($1.18 \log \text{CFU}/100 \text{cm}^2$), 작업대($1.65 \log \text{CFU}/100 \text{cm}^2$) 등은 만족할 만한 수준으로 판단되었고, 탈각을 위한 바구니($3.26 \log \text{CFU}/100 \text{cm}^2$), 칼($3.00 \log \text{CFU}/100 \text{cm}^2$) 및 수세를 위한 작업대($3.00 \log \text{CFU}/100 \text{cm}^2$) 등은 시정을 하여야 할 수준으로 판단되었으며, 탈각을 위한 작업 선반 표면($3.40 \log \text{CFU}/100 \text{cm}^2$) 등은 즉각적인 조치를 강구하여야 수준으로 판단되었다. 생식용 탈각굴의 생산에 필요한 기구 및 설비들의 일반세균수는 탈각실의 것들이 가장 오염되어 있었고, 다음으로 세척실의 것과 포장실의 것들의 순이었다. 이와 같이 생식용 탈각굴의 생산에 필요한 기구 및 설비들의 일반세균수가 탈각실의 것들이 가장 높은 것은 각부굴을 건식저장실에서 출고하여 탈각을 위하여 선반대에 보관 후 탈각을 하는 동안 작업시간이 지체되어 온도 상승과 굴의 탈수현상으로 인한 수분증가 등에 의해 일반세균수가 증식되었으리라 판단되었다. 이상의 결과로 미루어 보아 탈각실의 작업대, 바구니 및 칼 등에 대한 위생 관리가 철저히 이루어져야 할 것으로 판단되었다.

한편, 생식용 탈각굴의 생산에 필요한 기구 및 설비들인 작업 선반의 표면, 바구니, 칼날, 세척기 생산라인 및 충전기 부분에서 100cm^2 의 표면에 존재하는 대장균군 및 황색포도상구균에 대하여 검토한 결과 불검출로 나타났다. 따라서, 생식용 탈각굴의 생산에 필요한 기구 및 설비들의 대장균군에 대한 결과를 Harrigan and McCance (1976)가 제시한 기준에 적용하는 경우 일반세균수에 대하여 적용하는 결과들과는 달리 모든 기구와 설비들이 만족할 만한 수준으로 판단되었다.

중요관리점(CCP) 결정 및 한계기준(CL) 설정

양식산 굴의 수확 직후부터 최종 제품인 생식용 탈각굴의 생산 단계까지 CCP 및 CP의 결정은 CCP 결정도(Lee, 2011)에 따라 결정한 결과 제조공정에서 식별된 CCP는 세척공정에서 생물학적 위해요소에 대한 관리와 금속검출공정에서의 물리적 위해요소 관리의 총 2가지로 결정되었다. 위생적인 생식용 탈각굴의 생산을 위한 세척공정의 한계기준 설정은 세척기 특성상 세척시간을 고정(60-90초)한 다음, 원료 탈각굴 20 kg에 대하여 세척수량(20-40 L/min 범위로 하되 10 L/min 간격으로 실시)을 달리 설정하여 일반세균수에 대한 제거 효과로 검토하였으며, 그 결과는 Fig. 4와 같다. 일반세균수는 수세 전 탈각굴의 경우 $3.49 \log \text{CFU/g}$ 이었고, 이를 수세수로 수세한 결과 20 L/min의 경우 $3.02 \log \text{CFU/g}$, 30 L/min의 경우 $2.85 \log \text{CFU/g}$, 40 L/min의 경우 $2.91 \log \text{CFU/g}$ 로, 30 L/min까지의 경우 수세 처리 수량이 많을수록 감소효과가 인정되었으나, 그 이상의 수세 처리 수량에 따른 감소효과는 인정되지 않았다. 한편, 탈

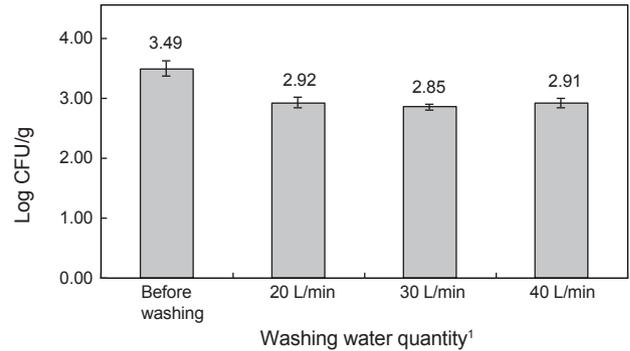


Fig. 4. Viable cell counts of washed oyster *Crassostrea gigas* as affected by washing water quantity. ¹Oyster weight used in this experiment is 20 kg.

각굴을 30 L/min의 조건으로 수세한 결과 대장균 및 식중독균인 *E. coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., *Vibrio parahaemolyticus* 및 *Clostridium perfringens*의 경우 모두 음성이었다(데이터 미제시). 따라서, 세척공정에 대한 한계기준은 생식용 탈각굴의 품질 및 생산성을 고려한 범위 내에서 최대한 안전한 기준으로 관리하기 위하여 원료량 20 kg이하, 세척시간 60초 이상 및 세척수량 30 L/min 이상으로 설정하였다.

위생적인 생식용 탈각굴의 생산을 위한 금속검출공정의 한계기준 설정은 금속검출기를 사용하여 금속이 없는 것으로 확인된 공정품에 표준시편을 넣어 확인하였고, 감도별(90-110%, 10% 간격), 표준시편별(Fe와 STS), 크기별(Fe의 경우 직경이 1.0-2.0 mm Φ , STS의 경우 직경이 3.0-4.0 mm Φ) 및 통과 위치별(오른쪽, 왼쪽 및 중간)로 설정하여 실시한 결과는 Table 3과 같다. 위생적인 생식용 탈각굴의 생산을 목적으로 표준시편(Fe와 STS)을 통한 금속이물 검출은 Fe의 직경이 1.0 mm Φ 이상, STS의 직경이 3.0 mm Φ 이상이 되어야 확인되었다(데이터 미제시). 한편, 금속검출에 대한 한계기준은 식품공전의 경우 철 혹은 비철금속이 모두 2 mm Φ 이하의 크기 제한 두고 있고, Kvenberg and Schwalm (2000)의 경우 최대 8 mm Φ 까지를 기준으로 두고 있다. 위생적인 생식용 탈각굴의 생산을 목적으로 하는 표준시편(Fe 및 STS)을 통한 금속이물 검출 감도 90%는 표준시편의 종류, 이물의 존재 위치 및 시편의 크기에 관계없이 30-70% 범위에서 검출되었고, 이물의 존재 위치에 따른 차이는 크게 인정되지 않았으나, 시편의 크기에 따른 차이는 인정되었다. 따라서, 위생적인 생식용 탈각굴의 생산을 위하여는 금속이물검출기의 감도로 90%는 부적절하다고 판단되었다.

위생적인 생식용 탈각굴의 생산을 목적으로 하는 표준시편(Fe 및 STS)을 통한 금속이물 검출 감도 100%는 표준시편의 종류와 이물의 존재 위치에 관계없이 Fe의 경우 직경 1.5 mm Φ 이상, STS의 경우 3.5 mm Φ 이상의 경우 모두 100% 모두 검출되었으나, 표준시편의 크기가 이보다 작은 경우 모두 60-80%

Table 3. Detection rate of a metal detector as affected by position, sensitivity, diameter and kind of standard sample

Position	Sensi-tivity (%)	Fe		STS		Position	Sensi-tivity (%)	Fe		STS	
		Dia-meter (mmΦ)	Detec-tionrate (%)	Dia-meter (mmΦ)	Detec-tion rate (%)			Dia-meter (mmΦ)	Detec-tion rate (%)	Dia-meter (mmΦ)	Detec-tion rate (%)
Right	90	1.0	40	3.0	30	Middle	110	1.0	100	3.0	100
		1.5	50	3.5	30			1.5	100	3.5	100
		2.0	70	4.0	70			2.0	100	4.0	100
	100	1.0	60	3.0	60		90	1.0	30	3.0	30
		1.5	100	3.5	100			1.5	50	3.5	50
		2.0	100	4.0	100			2.0	60	4.0	70
Middle	110	1.0	90	3.0	80	Left	100	1.0	60	3.0	70
		1.5	100	3.5	100			1.5	100	3.5	100
		2.0	100	4.0	100			2.0	100	4.0	100
	90	1.0	50	3.0	40		110	1.0	90	3.0	100
		1.5	50	3.5	50			1.5	100	3.5	100
		2.0	70	4.0	70			2.0	100	4.0	100
100	1.0	80	3.0	80	90	1.0	90	3.0	100		
	1.5	100	3.5	100		1.5	100	3.5	100		
	2.0	100	4.0	100		2.0	100	4.0	100		

범위에서 검출되었다. 따라서, 위생적인 생식용 탈각굴의 생산을 위하여는 금속이물검출기의 감도로 100% 이상을 하되, 이물의 크기가 금속의 경우 직경 1.5 mmΦ 이상, 비금속의 경우 3.5 mmΦ 이상이 되어야 한다고 판단되었다.

위생적인 생식용 탈각굴의 생산을 목적으로 하는 표준시편(Fe 및 STS)을 통한 금속이물 검출 감도 110%는 표준시편의 종류와 이물의 존재 위치에 관계없이 Fe의 경우 직경 1.5 mmΦ 이상, STS의 경우 3.5 mmΦ 이상의 경우 모두 100% 모두 검출되었으나, 표준시편의 크기가 이보다 작은 경우 모두 80-100% 범위에서 검출되었다.

따라서, 위생적인 생식용 탈각굴의 생산을 위하여는 금속이물 검출기의 감도로 100% 이상을 하되, 이물의 크기가 금속의 경우 직경 1.5 mmΦ 이상, 비금속의 경우 3.5 mmΦ 이상이 되어야 이물의 위치에 관계없이 모두 검출할 수 있다고 판단되었다.

사 사

이 논문은 2016년 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(해역별 특성을 고려한 전통 수산가공식품 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.
 Baker LL. 2016. Public perceptions and pesticides – A case study of the Willapa Bay oyster bed spraying permit of 2015. Master Thesis, University of Washington, Washington, DC, U.S.A.
 Choi JD, Jeong WG and Kim PH. 1998. Bacteriological study of sea water and oyster in Charan bay, Korea. J Korean Fish Soc 31, 429-436.
 David LN and Michael MC. 2014. Lehninger Principles of Biochemistry (6th Ed). Word Science Publishing Co., Seoul, Korea, Chapter 9.
 Ha SH, Woo GJ, Kwak HS, Hwang IG and Choi WS. 2005. Simplified procedure for detection of poliovirus and norovirus in oyster. Korean J Food Sci Technol 37, 1018-1023.
 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.
 Hosoi M, Kubota S, Toyohara M, Toyohara H and Hayashi I. 2003. Effect of salinity change on free amino acid content in Pacific oyster. Fish Sci 69, 395-400.
 Iritani N, Kaida A, Abe N, Kubo H, Sekiguchi JI, Yamamoto SP, Goto K, Tanaka T and Noda M. 2014. Detection and genetic characterization of human enteric viruses in oyster-associated gastroenteritis outbreaks between 2001 and 2012 in Osaka City, Japan. <http://dx.doi.org/10.1002/jmv.23883>.
 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.

- Kim CY, Pyeun JH and Nam JN. 1981. Decomposition of glyco-gen and protein in pickled oyster during fermentation with salt. *J Korean Fish Soc* 14, 66-71.
- Kim JS. 2000. *Cold Storage of Foods*. Hyoil Publishing Co., Seoul, Korea, 182-183.
- Kim JS, Heu MS, Kim HS and Ha JH. 2007. *Fundamental and Application of Seafood Processing*. Hyoil Publishing Co., Seoul, Korea, 135-140, 181-185.
- Kim JS, Yeum DM., Kang HG, Kim IS, Kong CS, Lee TG and Heu MS. 2002. *Fundamentals and Application for Canned Foods*. Hyoil Publishing Co., Seoul, Korea, 59-62, 322-326.
- Kvenberg JE and Schwalm DJ. 2000. Use of microbial data for hazard analysis and critical control point verification - Food and drug administration perspective. *J Food Protection* 63, 810-814.
- Lee H. 2006. Microbiological population of *Vibrio parahaemolyticus* in oyster wholesale seafood markets. *J Fd Hyg Safety* 21, 238-243.
- Lee JS. 2011. Development of HACCP Plan for Packaged Tofu Manufactured by Automated Process System. Master Thesis, University of Chungang, Seoul, Korea.
- Lee TS, Oh EG, Yoo HD, Ha KS, Yu HS, Byun HS and Kim JH. 2010. Impact of rainfall events on the bacteriological water quality of the shellfish growing area in Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 43, 406-414. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2010.0406>.
- 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.
- Ministry of Environment. 2015. Environmental Enforcement Ordinance of the Act No. 281. Quality standard for drinking water. Retrieved from <http://www.law.go.kr/lsInfoP.do?lsiSeq=176558&efYd=20151123#0000> on Jun 15.
- Ministry of Food and Drug Safety. 2015. Method of Investigation of cause in Food poisoning. Retrieved from <http://www.mfds.go.kr/index.do?searchkey=title:contents&mid=695&searchword=foodpoisoning&cd=&pageNo=1&seq=20737&cmd=v> on Apr 3.
- Ministry of Food and Drug Safety. 2016a. Korean Food. Code. Chapter 9. General analytical method. 9-3-3.5~9-3-3.25. Retrieved from <http://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/safefoodlife/food/foodRvlv/foodRvlv.do> on Apr 3.
- Ministry of Food and Drug Safety. 2016b. Korean Food. Code. Chapter 6. General analytical method. 6.1. Retrieved from <http://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/safefoodlife/food/foodRvlv/foodRvlv.do> on Apr 3.
- Ministry of Oceans and Fisheries. 2016. Statistical Yearbook of Fisheries Production. Retrieved from http://www.fips.go.kr/jsp/sf/ss/ss_kind_law_list.jsp?menuDepth=070104 on Jun 15.
- Oh EG, Yoo HD, Yu HS, Ha KS, Shin SB, Lee TS, Lee HJ, Kim JH and Son KT. 2012. Removal of fecal indicator bacteria from bivalves under natural and electrolyzed water. *Korean J Fish Aquat Sci* 45, 11-16. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2012.0011>.
- Park WJ, Jwa MK, Hyun SH, Lim SB and Song DJ. 2006. Microbial and quality changes during storage of raw oyster treated with high hydrostatic pressure. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35, 1449-1455.
- Sakaguchi M and Murat M. 1989. Seasonal variations of free amino acids on oyster whole body and adductor muscle. *Nippon Suisan Gakkaishi* 55, 2037-2041.
- Vugia DJ, Farzaneh T, Anna EN, Michael H and Patricia MG. 2013. Impact of 2003 State regulation on raw oyster-associated *Vibrio vulnificus* illnesses and deaths, California, U.S.A. *Emerging Infectious Diseases* 19, 1276-1280. <http://dx.doi.org/10.3201/eid1908.121861>.