

생식 및 가열조리용 봉지굴의 신선도 및 미생물 오염도 비교

현정익 · 전은비 · 홍혁수 · 박신영†

경상국립대학교 해양산업연구소(학생) · †경상국립대학교(교수)

Comparison of bagged oysters for raw consumption and heating on freshness and microbiological contamination

Jeong Ik HYUN · Eun Bi JEON · Hyuk Soo HONG · Shin Young PARK†

Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University(student) · †Gyeongsang National University(professor)

Abstract

This study compared the freshness (pH) and microbial contamination (sanitary indicative and pathogenic bacteria) in the two kinds bagged oysters which were for heating (HO) and raw consumption (RO). The pH was not significantly ($p>0.05$) different between HO (6.01 ± 0.18) and RO (6.03 ± 0.13). The total viable bacterial count was 2.61 ± 0.23 log CFU/g for HO and 2.52 ± 0.18 log CFU/g for RO while coliforms, *Escherichia coli* and *Bacillus cereus* were not detected in any of the samples (ND: < 10 CFU/g). *Enterohemorrhagic E. coli*, *Campylobacter jejuni*, *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica*, *Salmonella* spp., and *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio vulnificus*, and *Vibrio cholerae* from any of the samples were all negative. Results indicate no significant difference in freshness or microbial contamination between the two types of bagged oysters. The pH and microbial contamination levels determined in the present study may be used as the primary data to execute microbial risk assessment of two kinds of bagged oysters.

Key words : Bagged oysters, Heating, Raw consumption, Freshness, Microbial contamination

I. 서 론

우리나라에서 생산되는 패류 중에서 굴은 약 82%를 차지하며, 그 중에서도 생산량의 90% 이상이 천해양식으로 생산되고 있다(MOF, 2023). 굴은 우리나라를 비롯한 미국, 중국, 프랑스, 일본과 호주 등 여러 나라의 해역에 분포하는 수산물로 세계적으로 즐겨먹고 있는 대표적인 패류이다. 굴은 저열량 식품이며, EPA, DHA 등 오메가-3 지방산과 비타민 A, B₁₂, 글리코젠, 타우린 등 풍부한 영양소를 함유하고 있다. 또한 칼슘, 아연, 칼륨 등 풍부한 미네랄이 포함되어 있어 ‘바다

의 우유’로 불릴 만큼 영양학적으로 뛰어난 건강 기능 식품이다(Ryu et al., 2015; Park et al., 2017; Park et al., 2020; Yoda et al., 2021).

현재 굴은 대게 겨울철부터 이듬해 봄철까지 생산되며 생산자에 의하여 탈각 및 세수 등의 공정을 거쳐 생굴 상태로 산지 위판장에서 경매를 하여 대형 소매점이나 시장으로 유통된다. 또한 해수 등과 함께 polyethylene (PE) 재질 봉지에 포장 후 저온 상태를 유지하며 가열조리용 및 생식용으로 용도를 나누어 봉지굴의 형태로 판매되고 있다(Kang et al., 2017; Yoon et al., 2022). 수산물 안전정보(FSIS, 2020)에 따르면 해양수산부에서

† Corresponding author : 055-772-9143, sypark@gun.ac.kr

제공하는 봉지굴이 가열조리용으로 분류되는 기준은 노로바이러스의 검출 여부로, 유관기관 및 지자체 등과 함께 서해안 및 남해안 굴 생산해역에 대해 생산기간 동안 해역 특성과 굴 양식 방법에 따른 생산 및 출하량 등을 고려하여 중점관리해역은 매주 1회, 일반관리해역은 격주 1회로 노로바이러스의 검출 여부를 조사하고 검출되었을 시 ‘가열조리용’을 표시하여 유통할 것을 권고한다고 명시하였다. 하지만 단순히 노로바이러스의 검출 여부를 기준으로 가열조리용 및 비가열 생식용으로 분류하였으나 굴에서 검출될 수 있는 *Vibrio* (Froelich and Noble, 2016), *Clostridium perfringens* (Madden et al., 1986), 대장균(*E. coli*; Rodrigues et al., 2023) 등 식중독균의 존재 여부에 관한 미생물학적 안전성에 대하여 의구심을 배제할 수는 없다(Rodrigues et al., 2023).

굴은 식품학적 특성상 다른 패류보다 조직이 연하여 소화 분해되기 쉽고, 가공 및 유통 중이 온도의 변화로 인해 품질 저하가 빨리 일어난다. 또한, 서식환경에 부유하는 식물플랑크톤 등의 먹이를 여과 섭취하여 영양을 공급받는 이매패류로써 인체에 유해한 세균과 바이러스 등도 쉽게 감염될 수 있다(Shim et al., 2015; Oh et al., 2023). 게다가 양식장이 대부분 연안에 위치하여, 식중독의 원인체가 포함되어 있는 인축의 분변 및 환경 오염물질 등 각종 오염원이 해역으로 유입될 시 굴이 식중독 원인물질을 함유할 가능성이 높아진다(Shin et al., 2014). 이와 같이 굴은 미생물학 오염원에 의한 오염 가능성을 배제할 수 없기에 양식산 굴의 생굴 및 가공소재용으로서 화학적 및 생물학적 위생 특성(Park et al., 2017), 경남 고성만 굴양식장의 위생학적 특성(Lee et al., 2016) 및 2014-2016년 경남·용남·광도해역 해수 및 굴의 세균학적 위생평가(Yoon et al., 2018) 등의 연구가 진행되었다. 또한, 안전성을 높이기 위하여 자연정화에 의한 양식굴 중 노로바이러스 저감화(Yu et al., 2016), 초고압 처리한 생굴의 저장 중 미생물 수 및 품질 변화(Park et al., 2006)

등의 연구가 보고된 바가 있으나, 생식 및 가열조리용으로 용도가 구분된 봉지굴의 위생지표세균 및 식중독균 오염도 비교분석은 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 시중에 유통중인 생식 및 가열조리용 봉지굴을 대상으로 pH를 측정하여 신선도 품질평가 및 비교분석을 진행하고, 위생지표 세균(일반세균수, 대장균군 및 대장균) 및 식중독균 11종 (바실러스 세레우스, 황색포도상구균, 캄필로박터 제주니/콜리, 클로스트리디움 퍼프린젠스, 장출혈성 대장균, 살모넬라, 리스테리아 모노사이토제네스, 여시니아 엔테로콜리티카, 장염비브리오, 비브리오 패혈증균, 비브리오 콜레라)에 대한 정성 및 정량적 오염도의 실태를 비교분석 하고자 한다. 이를 통해 생식 및 가열조리용 봉지굴의 유통 중 안전성 관리 기준 수립에 기초 자료를 제공하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 시료준비

시료는 2025년 2월 3일에 가열조리용 5건 및 생식용 봉지굴 5건으로 총 10건을 온라인으로 구매하였다. 굴은 구매 당일 채취 및 포장된 상품으로, 수령 당일에 시료 소분을 위해 냉장 보관하였고, 소분 후 즉시 실험에 사용하였다.

2. pH 측정

pH는 식품공전(MFDS, 2024)을 바탕으로 진행하였다. 봉지굴에서 굴 4 g과 해수 1 g으로 총 5 g의 시료를 취하였고, 9배의 달하는 증류수를 첨가하여 균질기(BagMixer 400; Interscience, Saint-Nom la Breteche, France)로 5분간 균질한 후 여과된 액을 pH meter (HI5221; HANNA instruments, Seoul, Korea)로 측정하였다.

3. 일반세균과 대장균군 및 대장균의 정량적 분석

생식용 및 가열조리용 봉지굴에 대한 위생지표 세균(일반세균, 대장균군 및 대장균)의 오염도 분석은 식품공전(MFDS, 2024)에 따라 실시하였다. 시료용액 제조를 위해 시료 25 g에 0.85% NaCl 수용액 225 mL를 가하여 균질기(BagMixer 400; Interscience)를 이용하여 1분간 균질화 하였다. 이후 균질 된 시료용액 1 mL를 취하여 0.85% NaCl 수용액 9 mL에 단계 희석한 후 실험에 사용하였다.

일반세균수는 시료용액 1 mL를 평판에 분주하고 45-50℃로 식힌 표준한천배지(Plate Count Agar; BD Difco, Sparks, USA) 약 15 mL를 petri dish에 부어서 혼합 후 35±1℃에서 48±2시간 배양하였다. 대장균군 및 대장균은 일반세균과 동일한 시료용액 1 mL를 3M Petrifilm E. coli/Coliform count plate (3M, Saint Paul, USA) 건조필름에 접종 후 35±1℃에서 24±2시간 배양하였다. 대장균군은 붉은 집락 중 주위에 기포를 형성한 집락을, 대장균은 푸른 집락 중 주위에 기포를 형성한 집락을 각각 계수하였다. 평판 당 15-300개의 집락이 생성된 배지를 택하여 계수하였고 단위는 colony forming unit (CFU/g)으로 나타냈다.

4. 식중독 세균의 정량 및 정성적 분석

본 연구에서 가열섭취용 및 비가열섭취용 봉지굴의 식중독 세균은 총 11종류로 *B. cereus*는 정량분석, *V. parahaemolyticus*, *C. perfringens*, EHEC, *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *Y. enterocolitica*, *Salmonella* spp., *C. jejuni*, *V. vulnificus* 및 *V. cholerae*는 정성 분석으로 측정하였다. 식중독 세균의 분석은 식품공전(MFDS, 2024)에 따라 실시하였다.

5. *B. cereus* 분석

*B. cereus*의 시료용액 제조는 위생지표세균의

분석 시 시료용액을 제조한 방법과 동일하게 하여 실험에 사용하였다. 정량분석을 위한 배지는 Mannitol-egg yolk polymyxin (BD Difco, Sparks, USA)를 사용하였다. 3장의 배지에 각각 0.3 mL, 0.3 mL 및 0.4 mL씩 접종하여 총 1 mL가 되도록 하였고, spread를 통해 완전히 흡수시킨 후 30℃에서 24±2시간 배양하였다. 배양 후 혼탁한 환이 있는 분홍색 집락을 계수하였다. 5개 이상의 전형적인 집락을 선별하여 Nutrient Agar(BD Difco)에 접종하고 30℃에서 24시간 배양하였다.

6. *C. perfringens* 분석

*C. perfringens*의 분석을 위한 증균배양 시료용액 제조는 앞에서 언급한 위생지표세균의 분석을 위한 시료용액 제조와 동일하며, 시료용액 1 mL를 Cooked meat medium (MBcell, Seoul, Korea) 배지 10 mL의 아랫부분에 접종하여 35-37℃에서 18-24시간 동안 혐기배양 하였다. 분리배양을 위해 Tryptose sulfite cycloserine agar (MB Cell)에 증균배양액을 희선도말을 한 후 35-37℃에서 18-24시간 동안 혐기배양 하였다. 배지 상 불투명한 환을 가지는 황회색 집락은 보통한천배지에 희선도말하여 35-37℃에서 18-24시간 혐기배양 하였고, 동시에 35-37℃에서 18-24시간 호기 배양 하여 확인시험을 실시하였다.

7. EHEC 분석

EHEC의 분석은 시료 25 g과 Modified tryptone soya broth (Oxoid, Hampshire, UK) 225 mL를 혼합하여 35-37℃에서 24시간 증균배양을 진행하였다. 이후 Tellurite cefixime-sorbitol macconkey agar (BD Difco) 및 5-bromo-4-chloro3-indolyl-β-D-glucuronide (BD Difco)에 희선도말하여 35-37℃에서 18-24시간 배양하였고, TM-SMAC은 무색집락 및 BCIG에서는 청록색 집락을 보통한천배지에 옮겨 배양한 후 확인시험을 수행하였다.

8. *S. aureus* 분석

*S. aureus*의 경우 시료 25 g과 10% NaCl을 첨가한 Tryptic soy broth (BD Difco) 225 mL를 혼합하여 35-37°C에서 18-24시간 증균배양을 실시하였다. 증균배양 후 Baird-parker agar (BD Difco)에 희선도말하여 35-37°C에서 18-24시간 분리배양을 진행하였다. 그 결과 투명한 띠로 둘러싸인 검정색 집락을 보통한천배지에 옮겨 35-37°C에서 18-24시간 배양한 후 확인시험을 실시하였다.

9. *L. monocytogenes* 분석

*L. monocytogenes*의 분석을 위해 시료 25 g에 Listeria enrichment broth base (Oxoid) 225 mL를 가한 후 30°C에서 48시간 증균배양 하였고, 증균배양액을 oxford 한천배지에 도말하여 35-37°C에서 24-48시간 분리배양 하였다. 의심집락을 0.6% yeast extract가 포함된 TSA에 접종 후 30°C에서 24-48시간 배양하여 확인시험을 진행하였다.

10. *Y. enterocolitica* 분석

*Y. enterocolitica*는 시료 25 g에 Peptone sorbitol bile broth (MB Cell) 225 mL를 취하는 동시에 해당 시료용액 10 mL에 Irgasan ticarcillin chlorate broth (MB Cell) 90 mL를 가하여 각각의 시험용액을 25°C에서 48시간 증균배양 하였다. 증균배양액 0.1 mL를 0.5% KOH 및 0.5% NaCl이 함유된 식염수 1 mL에 가하여 이를 MacConkey sorbitol agar (MacConkey 한천배지; MB Cell)와 Cefsulodin irgasan novobiocin agar(CIN 한천배지; MB Cell)에 각각 분획도말하여 30°C에서 24±2시간 분리배양을 진행하였다. MacConkey 한천배지에서 유당을 비분해하는 집락과 CIN 한천배지에서 짙은 적색을 보이는 집락을 관찰하였다.

11. *Salmonella* spp. 분석

Salmonella spp.의 분석을 위한 시료용액은 25

g의 시료와 225 mL의 Buffered peptone water (펩톤식염완충액; BD Difco)을 균질하여 제조하였고, 36±1°C에서 18-24시간 증균배양 후 이 용액 1 mL를 Tetrathionate broth (Medion, Suwon, Seoul) 10 mL에 접종함과 동시에 Rappaport vassilidas broth (Medion) 10 mL에 0.1mL 접종하여 각각 36±1°C 및 41.5±1°C에서 20-24시간으로 2차 증균배양 하였다. 각각의 증균배양액을 Xylose lysine desoxycholate agar (Oxoid) 및 Brilliant green sulfa agar (Oxoid)에 희선도말한 후 36±1°C에서 20-24시간 분리배양 하였다. 그 후 의심 집락 5개 이상에 대하여 보통한천배지에 희선도말 하여 37±1°C에서 20-24시간 배양 후 확인시험을 진행하였다.

12. *C. jejuni* 분석

*C. jejuni*의 증균배양은 25 g의 시료에 Preston broth (MB Cell) 100 mL를 가하여 균질 후 35-37°C에서 4-5시간동안 미호기적으로 1차 진행하였고, 42±1°C에서 44±4시간 미호기적으로 2차 진행하였다. 이 후 증균배양액을 Preston Agar (MB cell)에 희선도말 하여 42°C에서 24-48시간동안 미호기적으로 암소에서 분리배양 하였다. 그 결과 불규칙한 원모양을 형성하는 반투명의 흰색 집락을 관찰하였다.

13. *V. parahaemolyticus* 분석

*V. parahaemolyticus*의 분석을 위해 시료 25 g과 Alkaline peptone water (MFDS, MBcell)225 mL를 혼합하여 35-37°C에서 18-24시간 증균배양 하였다. 이후 증균배양액을 Thiosulfate citrate bile salt sucrose agar (BD Difco)에 희선도말하여 35-37°C에서 18-24시간 분리배양 하였다. 그 결과 직경 2-4 mm의 청록색 집락에 대하여 Tryptic soy agar (TSA; BD Difco)에 도말 후 35-37°C에서 18-24시간 배양하여 확인시험을 진행하였다.

14. *V. vulnificus* 및 *V. cholerae* 분석

V. vulnificus 및 *V. cholerae*의 시료용액 제조는 시료 25 g에 225 mL의 Alkaline peptone water (MFDS; MB Cell)를 첨가하여 제조하였고, 이를 35-37℃에서 18-24시간동안 증균배양을 수행하였다. 그 뒤 증균배양액을 TCBS (DB Difco)와 Cellobiose-polymyxin B-colistin agar (mCPC; Medion)에 각각 희선도말하여 35-37℃에서 18-24시간 분리배양 하였다. 그 결과, TCBS 한천배지에서 청록색의 집락 및 mCPC에서의 노란색 집락에 대하여 2% NaCl을 첨가한 보통한천배지에 각각 희선도말하여 35-37℃에서 18-24시간 배양 후 확인 시험을 진행하였다.

15. 식중독 세균의 확인시험

집락이 생성된 식중독균에 대하여 이전에 언급한 방법으로 각 식중독균에 알맞은 배지에 일정 시간 배양 후 멸균생리식염수 3 ml에 집락을 첨가하여 0.6-0.75%의 탁도를 맞춰주었다. 이후 VITEK Card (Biomérieux, Marcy-l'Étoile, France)를 삽입하여 VITEK 2 Compact (Biomérieux)를 이용해 확인 시험을 진행하였다.

16. 통계분석

모든 분석은 3회 반복으로 수행되었으며, 관찰된 실험 결과는 SPSS 25 (IBM SPSS Statistics, SPSS Inc., Chicago, USA) 프로그램을 이용하여 분석하였다. 각 실험군 간의 차이가 통계적으로 유의적인 경우($p < 0.05$), 3회 반복 실험의 평균값은 다중위검정법(Duncan multiple-range test)을 통해 분석하였다.

III. 연구 결과

1. 생식·가열조리용 봉지굴의 pH 측정

해양수산부에서 제공하는 굴이 생식 및 가열조리용으로 분류되는 기준은 노로바이러스의 검출 여부이다(FSIS, 2020). 본 연구에서의 pH 측정의 결과는 <Table 1>과 같다. Razmi et al.(2023)에 따르면 세균에 대한 pH 값의 중요성은 단백질의 구조와 기능, 화학 반응의 동역학 및 열역학, 아데노신 삼인산 합성 등의 대사 변수가 pH 값에서 비롯되어 식품 및 병원균의 성장과 생존에 영향을 미친다고 보고하였다. 품질지표로서 pH는 Jeong et al.(2015)의 연구에서 생굴의 글리코젠은 해당과정을 통해 젖산이 되어 글리코젠 함량의 감소는 pH의 감소와 밀접한 관계가 있기 때문에 생굴의 품질지표로서 사용된다고 보고하였다. 또한 Son et al.(2014)에서는 굴의 pH 변화는 품질 변화를 알려주는 중요한 지표로 pH가 6.3이상이면 아주 신선한 것, 선도가 양호한 것은 5.9-6.2를 띄고, 5.8 이하인 경우 불량하며 5.2 이하는 부패한 것으로 분류한다 하였다. 본 연구에서 생식 및 가열조리용 봉지굴의 pH는 각각 6.01, 6.03으로, 이들 사이에서 유의적 차이가 없었으며 ($p > 0.05$) 선도가 양호한 것으로 판단되었다.

2. 생식·가열조리용 봉지굴의 일반세균과 대장균군 및 대장균 정량적 분석

위생지표세균 분석은 식품의 생산과정부터 유통과정까지 위생학적 안정성 확보를 위하여 진행한다(Kim et al., 2023). 생식·가열조리용 봉지굴의 위생지표세균(일반세균수, 대장균군, 대장균)에

<Table 1> Results of sanitary indicative bacteria in bagged oysters.

pH	A	B	C	D	E	Average
For raw consumption	6.17	6.23	5.87	5.94	5.84	6.01±0.18NS
For heating	6.08	6.04	6.14	6.10	5.81	6.03±0.13

The data represent mean±standard deviations of triplicate determination. NS, no significance ($p > 0.05$) within the same column by Duncan's multiple range test.

대한 결과는 <Table 2>에 나타내었다. 생식·가열 조리용 봉지굴의 일반세균수의 경우, 평균값은 각각 2.61 log CFU/g (2.44-2.99 log CFU/g), 2.52 log CFU/g (2.28-2.78 log CFU/g)로 검출되었고, 이들 간에 유의적 차이가 없었다($p>0.05$). 식품 기준 규격은 위생상의 위해 방지 및 품질확보를 위한 최저수준으로, 식품 제조부터 유통과정까지 영업자가 준수하여야 하는 행위의 규범이다 (MFDS, 2026). 이에 따라 본 연구에서도 규격에 따라 실험을 진행하였다. 다만, 국내 생굴에 대한 일반세균수의 기준규격이 없기 때문에 식품공전 (MFDS, 2024)에 명시된 최종소비자가 그대로 섭취할 수 있도록 유통판매를 목적으로 위생처리하여 용기·포장에 넣은 동물성 냉동수산물에 대한 일반세균수의 기준 규격을 따랐으며, 이는 $n=5$, $c=2$, $m=100,000$ CFU/g, $M=500,000$ CFU/g이다. 또한 Solberg et al.(1990)는 식품 중 일반세균수의 안전기준치를 6 log CFU/g으로 제시하였다. 따라서 본 연구의 모든 시료는 MFDS과 Solberg et al. (1990)가 제시한 일반세균수 기준 규격에 적합하였다. 대장균군 및 대장균의 경우, 생식·가열조리용 봉지굴의 모든 시료에서 검출되지 않았다 ($p>0.05$). Solberg et al.(1990)는 대장균군의 안전 기준치를 3 log CFU/g으로 제시하였고, 식품공전 (MSDS, 2024)은 생식용 굴의 대장균 기준 규격은 $n=5$, $c=1$, $m=230$, $M=700$ MPN/100g으로 제시하였다. 따라서 본 연구의 모든 시료는 Solberg et al.(1990)와 MFDS에서 제시한 대장균군 및 대장균 기준 규격에 적합하였다. 한편, Park et al.

(2017)에 따르면 양식산 굴(*Crassostrea gigas*)의 일반세균수 범위는 1.0×10^2 - 6.0×10^4 CFU/g이었고, 평균이 3.9×10^3 CFU/g이었다. 또한 대장균군의 경우 66개의 시료 중 국내 기준 규격을 초과한 시료는 19건이었고, 대장균은 시료 46건 중 7건에서 검출되었으며, 이들의 오염도는 $ND-1.3 \times 10^2$ CFU/g이었다. Park et al.(2020)의 경우 냉동굴의 일반세균수는 1.9×10^2 - 1.0×10^5 CFU/g (평균: 1.9×10^4 CFU/g)로 도출되었으며, 대장균군의 경우 평균 농도 및 범위는 각각 2.0 CFU/g, $ND-1.0 \times 10$ CFU/g이었고, 대장균은 불검출 되었다. Ha et al. (2017)에 따르면 분변계대장균 및 대장균 수의 범위는 각각 < 18-230 및 <18-220 MPN/100 g으로 측정되었고, 대장균수는 20.1-25.1 MPN/100 g이었다. 본 연구의 생식·가열조리용 봉지굴의 일반세균수는 이들의 결과보다 낮은 범위를 보였고, 대장균군 및 대장균의 경우 역시 불검출로 적합하였다. 하지만 위생지표 세균의 오염도 차이는 시료의 서식 지역의 환경, 채취시기 및 유통환경(보관온도 및 시간) 등 다양한 요인에 의한 것으로 사료된다.

3. 생식·가열조리용 봉지굴의 식중독 세균 분석

전 세계적으로 다양한 식품 섭취에 인한 질병 발생의 주요 위험 요인은 식품 매개 병원균으로 보고되었고, 수산물에서는 발병의 주요 원인균으로 *Vibrio* spp., *Salmonella* spp.가 자주 검출되었다 (Mizan et al., 2015). 이러한 식중독 세균의 분석

<Table 2> Results of sanitary indicative bacteria in bagged oysters.

	For raw consumption	For heating
	Positive no./total, Mean (Range) log CFU/g	
Total viable bacteria	5/5, 2.61±0.23NS (2.44-2.99)	5/5, 2.52±0.18 (2.28-2.78)
Coliforms	0/5	0/5
<i>E. coli</i>	0/5	0/5

ND, Not detected (< 1 log CFU/g). Data represent mean±standard, deviations of three measurements. . NS, no significant differences ($p>0.05$) within the same row by Duncan's multiple range test.

은 식품의 직접적인 인체 위해성 및 오염 빈도를 평가하고 예방하기 위한 식품 안전성을 보장하는 기초적인 연구이다(Roy et al., 2024). 본 연구에서 생식·가열조리용 봉지굴의 주요 식중독 세균(EHEC, *B. cereus*, *C. jejuni*, *C. perfringens*, *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *Y. enterocolitica*, *Salmonella* spp., *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus*, *V. cholerae*)에 대한 분석결과는 <Table 3>에 제시하였다. *B. cereus*의 경우 불검출이었으며, 나머지 식중독 세균 모두 음성이었고, 생식용과 가열조리용 간에 차이는 없었다($p>0.05$). Lee et al.(2025)에서는 *E. coli*, *Salmonella* spp. 등의 식중독균은 평균 기온 1℃ 증가 시 식중독 발생 건수가 5.3% 증가하며, 여름철과 초가을에 가장 뚜렷한 증가 추세를 나타낸다고 보고하였다. 이와 같이 본 연구에서도 수온이 낮은 겨울철에 채취된 굴을 대상으로 실험을 진행하여 전부 음성이라는 결과가 나온 것으로 판단된다. Kang et al.(2016)에 따르면 양식산 굴에 대하여 *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *V. parahaemolyticus*, *C. perfringens* 및 EHEC의 조사 시 모두 검출되지 않았다. 또한 Park et al.(2017)은 양식산 굴에서 *V. parahaemolyticus*의 경우 범

위는 $ND-4.6 \times 10^3$ CFU/g, 평균이 7.1×10^2 CFU/g로 검출되었고, *V. parahaemolyticus*를 제외한 나머지 식중독균은 불검출이었다. 한편, Jurinović et al.(2022)은 *Campylobacter* spp.를 조사하였으며 홍합, 가리비 및 굴의 전체 108개 시료 중 18.5% ($n=20$)에서 검출되었고, 하나의 시료에서만 *C. jejuni*가 검출되었다고 보고하였다. *Y. enterocolitica*의 경우, Li et al.(2018)의 연구에서는 홍합($n=90$), 새우($n=89$), 두족류($n=41$)에서 각각 2개, 1개, 3개의 샘플에서 양성반응이 나왔다. *Salmonella* spp.의 경우, Brands et al.(2005)의 연구에서는 1,296개의 굴 중 93개에서 검출되었고, 각 해안에 따라 결과가 다르며 여름철(13.4%)에 비해 겨울철(1.6%)에 *Salmonella* spp. 오염이 감소하는 결과를 보고하였다. *Vibrio* spp.의 경우, Jones et al.(2014)는 *V. cholerae*가 굴 시료 68개 중 6개에서 검출되었고, 범위는 0.44-1.48 log MPN/g이라 하였다.

*V. vulnificus*는 굴 시료 68개 중 66개에서 검출되었고, 평균값은 0.97 log MPN/g으로 보고하였다. *V. parahaemolyticus*는 굴 68개에서 전부 검출되었으며 그 평균값은 1.88 log MPN/g이었다.

<Table 3> Results of 11 food-borne pathogenic bacteria in bagged oysters.

	For raw consumption	For heating
	Positive no./total	Positive no./total
<i>Bacillus cereus</i>	0/5	0/5
<i>Campylobacter jejuni</i>	0/5	0/5
<i>Clostridium perfringens</i>	0/5	0/5
EHEC	0/5	0/5
<i>Staphylococcus aureus</i>	0/5	0/5
<i>Listeria monocytogenes</i>	0/5	0/5
<i>Yersinia enterocolitica</i>	0/5	0/5
<i>Salmonella</i> spp.	0/5	0/5
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	0/5	0/5
<i>Vibrio vulnificus</i>	0/5	0/5
<i>Vibrio cholerae</i>	0/5	0/5

EHEC, Enterohemorrhagic *Escherichia coli*; *B. cereus*, quantitative analysis; Data represent mean±standard deviations of three measurements.

또한, Ristori et al.(2007)에 따르면 12개의 굴 시료 전체에서 *V. parahaemolyticus*가 검출되었고, *V. vulnificus* 및 *Salmonella* spp.는 각각 80% 및 10%의 시료에서 양성을 띄었다. Hsu et al.(2021)는 일반 해수의 샘플 (HW) 및 양식장 해수 샘플 (AW)에서 *B. cereus*는 각각 7.9%(n=202) 및 32.6%(n=89)로 검출되었고, HW 및 AW에서 수집한 조개류는 각각 0.68%(n=292) 및 2.5%(n=89)의 비율로 검출되었다고 보고하였다. 또한, 이들은 해수에서 *B. cereus*가 많이 검출되더라도 조개류가 여과 섭식을 하여 *B. cereus*에 의한 오염이 심각하지 않았다고 보고하였다.

IV. 결 론

굴에 대한 다양한 식중독균의 검출 사례가 지속적으로 보고되는 실정으로, 특히 생식용 봉지굴은 많은 사람들이 생으로 섭취하는 수산물이기에 국민건강의 안전과 증진을 위해서 본 연구에서 진행된 위해미생물의 모니터링 연구 지속과 더불어 이들의 환경과 수산식품에서의 제어 연구 또한 지속적으로 필요하다고 사료된다. 본 연구에서의 각종 식중독균 및 위생지표세균과 pH 분석 결과, 유통중인 생식·가열조리용 봉지굴의 제조 및 유통 시 미생물 위해평가 관리 기준을 설정하는데 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다. 다만 본 연구의 경우, 일반 식중독균에 한한 실험으로, 노로바이러스의 결과가 배제된 상태에서 용도 별 시료 간에 미생물 오염도 차이가 없다고 단정지을 수 없고, 또한 본 연구에서 적은 수의 시료로 위생지표세균 및 각종 식중독세균을 분석하여 이를 통해 겨울철 용도별 봉지굴의 전체적인 품질을 대변하기엔 한계가 있어 시료 수를 늘려 보다 정확한 연구가 필요하다고 생각한다. 추후 연구에서는 충분한 시료 수를 통하여 보다 정확하게 생식용 봉지굴과 가열조리용 봉지굴의 노로바이러스 검출 유무와 더불어 정량적 오염도를 비교 분석하고자 한다.

References

- Brands DA, Inman AE, Gerba CP, Maré CJ, Billington SJ, Saif LA, Levine JF and Joens LA(2005). Prevalence of *Salmonella* spp. in oysters in the United States. *Appl Environ Microbiol*, 71(2), 893~897.
<https://doi.org/10.1128/AEM.71.2.893-897.2005>
- Froelich BA and Noble RT(2016). *Vibrio* bacteria in raw oysters: managing risks to human health. *Phil Trans R Soc B*, 371(1689), 20150209.
<https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0209>
- Fish products Safety Information Service(FSIS)(2020). Establishment and implementation of the '2020-2021 Safe Oyster Supply Plan'. Retrieved from
https://fsis.go.kr/front/contents/cmsView.do?cate_id=0101&cmts_id=28626&select_list_no=5 on Mar 19, 2025.
- Ha KS, Shin SB, Lee KJ, Jeong SH, Oh EG, Lee HJ, Kim DW and Kim YK(2017). Evaluation of the Bacteriological and Toxicological Safety for the Shellfish Growing Area in the Kamakman Area, Korea. *J Food Hyg Saf*, 32(6), 542~549.
- Hsu TK, Tsai HC, Hsu BM, Yang YY and Chen JS(2021). Prevalence, enterotoxin-gene profiles, antimicrobial resistance, and genetic diversity of *Bacillus cereus* group in aquatic environments and shellfish. *Sci Total Environ*, 758, 143665.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143665>
- Jeong ET, Han HN, Kim Y, Lee EH, Kim DH, Kim JH, Yeom SM and Kim YM(2015). The effects of natural food additives on the self-life and sensory properties of shucked and packed pacific oyster *Crassostrea gigas*. *Korean J Fish Aquat Sci*, 48(2), 244~248.
<https://doi.org/10.5657/KFAS.2015.0244>
- Jones JL, Lüdeke CH, Bowers JC, DeRosia-Banick K, Carey DH and Hastback W(2014). Abundance of *Vibrio cholerae*, *V. vulnificus*, and *V. parahaemolyticus* in Oysters (*Crassostrea virginica*) and Clams (*Mercenaria mercenaria*) from Long Island Sound. *Appl Environ Microbiol*, 80(24), 7667~7672.
<https://doi.org/10.1128/AEM.02820-14>
- Jurinović, L, Ječmenica B, Džafić N, Brlek Gorski D, Šimpraga B, Krstulović F, Zelenika TA and Humski A(2022). First data on *campylobacter* spp.

- presence in shellfish in Croatia. Pathog, 11(8), 943.
<https://doi.org/10.3390/pathogens11080943>
- Kang KT, Heu MS and Kim JS(2007). Development of spaghetti sauce with oyster. J Korean Soc Food Sci Nutr, 36(1), 93~99.
<https://doi.org/10.3746/jkfn.2007.36.1.093>
- Kang KT, Park SY, Choi JD, Kim MJ, Heu MS and Kim JS(2017). Safety monitoring of a processing plant for preparing raw oysters *Crassostrea gigas* for consumption. Korean J Fish Aquat Sci, 50(2), 120~129.
<https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0120>
- Kim SH, Jeon EB, Song MG, Kim JS, Lee JS, Heu MS and Park SY(2023). Safety Assessment of Microbiological and Chemical Hazards in Commercial Dried Laver *Pyropia tenera*. Korean J Fish Aquat Sci, 56(2), 182~187.
- Lee HS, Son JY, Ju GE, Kim SJ, Kim TS, Han S, Choi MJ and Hong JB(2025). Analysis of food poisoning occurrence prediction for major pathogens based on climate change scenarios. J Food Hyg Saf, 40(5), 389~395.
<https://doi.org/10.13103/JFHS.2025.40.5.389>
- Lee SJ, Jeong WG, Koo JH and Kwon JN(2016). Sanitary characteristics of seawater and oyster (*Crassostrea gigas*) in Goseong Bay, Korea. Korean J Malacol, 32(3), 157~164.
<https://doi.org/10.9710/kjm.2016.32.3.157>
- Li C, Gözl G, Alter T, Barac A, Hertwig S and Riedel C(2018). Prevalence and antimicrobial resistance of *Yersinia enterocolitica* in retail seafood. J Food Prot, 81(3), 497~501.
<https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-17-357>
- Madden RH, Buller H andand McDowell DW(1986). *Clostridium perfringens* as an indicator of hygienic quality of depurated shellfish. J Food Prot, 49(1), 33~36.
<https://doi.org/10.4315/0362-028X-49.1.33>
- Ministry of Food and Drug Safety(MFDS)(2024). Food code. Chapter 8. General test methods. Retrieved from
<https://various.foodsafetykorea.go.kr/fsd/#/ext/Document/FC> on May 28, 2025.
- Ministry of Food and Drug Safety(MFDS)(2026). Code of Foods, etc. Introduction. Retrieved from
https://www.mfds.go.kr/wpge/m_510/de0503011002.do on Jun 26, 2026.
- Mizan MFR., Jahid IK and Ha SD(2015). Microbial biofilms in seafood: a food-hygiene challenge. Food Microbiol, 49, 41~55.
<https://doi.org/10.1016/j.fm.2015.01.009>
- Ministry of Oceans and Fisheries(MOF)(2023). Fisheries Statistics. Retrieved from
<https://www.fips.go.kr/p/S020304/#> on Jan 15, 2025.
- Oh DK, Lee DH, Jo DM, Cho KJ, Park SK, Sim YJ, Jo JB, Woon JH and Kim YM(2023). Extending Raw Pacific Oyster *Crassostrea gigas* Shelf-life by Addition of the Natural Food Additives. Korean J Fish Aquat Sci, 56(6), 810~817.
<https://doi.org/10.5657/KFAS.2023.0810>
- Park SY, Cho HJ, Lee SM, Heu MS and Kim JS(2020). Safety evaluation of frozen oyster *Crassostrea gigas* as a raw material for seafood products. Korean J Fish Aquat Sci, 53(6), 861~869.
<https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0861>
- Park SY, Lee KD, Lee JS, Heu MS, Lee TG and Kim JS(2017). Chemical and biological properties on sanitary of cultured oyster *Crassostrea gigas* intended for raw consumption or use in seafood products. Korean J Fish Aquat Sci, 50(4), 335~342.
<https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0335>
- 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(10), 1449~1455.
<https://doi.org/10.3746/jkfn.2006.35.10.1449>
- Razmi N, Lazouskaya M, Pajcin I, Petrovic B, Grahovac J, Simic M, Willander M, Nur O and Stojanovic GM(2023). Monitoring the effect of pH on the growth of pathogenic bacteria using electrical impedance spectroscopy. Results Eng, 20, 101425.
<https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101425>
- Ristori CA, Iaria ST, Gelli DS and Rivera IN(2007). Pathogenic bacteria associated with oysters (*Crassostrea brasiliiana*) and estuarine water along the south coast of Brazil. Int J Environ Health Res, 17(4), 259~269.
<https://doi.org/10.1080/09603120701372169>
- Rodrigues IC, Santos-Ferreira N, Silva D, da Silva CC, Inácio ÂS, Nascimento MSJ and da Costa PM(2023). A one-year systematic study to assess

- the microbiological profile in oysters from a commercial harvesting area in Portugal. *Microorganisms*, 11(2), 338.
<https://doi.org/10.3390/microorganisms11020338>
- Roy PK, Roy A, Jeon EB, DeWitt CAM, Park JW and Park SY(2024). Comprehensive analysis of predominant pathogenic bacteria and viruses in seafood products. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 23(4), e13410.
<https://doi.org/10.1111/1541-4337.13410>
- Ryu TH, Kim JH, Shin JY, Kim SH and Yang JY(2015). Optimization of hydrolysis using oyster and oyster cooking drip. *J Life Sci*, 25(7), 795~800.
<https://doi.org/10.5352/JLS.2015.25.7.795>
- Shim KB, Kim MN, Park KBW, Son KT and Lim CW(2015). Effect of heat treatment on biochemical characteristics of pacific oyster *Crassostrea gigas*. *Korean J Fish Aquat Sci*, 48(6), 876~882.
<https://doi.org/10.5657/KFAS.2015.0876>
- Shin SB, Oh EG, Lee HJ, Kim YK, Lee TS and Kim JH(2014). Norovirus quantification in oysters *Crassostrea gigas* collected from Tongyeong, Korea. *Korean J Fish Aquat Sci*, 47(5), 501~507.
<https://doi.org/10.5657/KFAS.2014.0501>
- Solberg M, Buckalew JJ, Chen CM, Schaffner DW, O'Neill K, McDowell J, Post LS and Boderck M(1990). Microbiological safety assurance system for foodservice facilities. *Food Technol*, 44, 68~73.
- Son KT, Shim KB, Lim CW, Yoon NY, Seo JH, Jeong SG, Jeong WY and Cho YJ(2014). Relationship of pH, glycogen, soluble protein, and turbidity between freshness of raw oyster *Crassostrea gigas*. *Korean J Fish Aquat Sci*, 47(5), 495~500.
<https://doi.org/10.5657/KFAS.2014.0495>
- Yoda T, Ichinohe S and Yokosawa Y(2021). Rapid analysis of minerals in oysters using microwave decomposition and inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. *Aquac Repts*, 19, 100585.
<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100585>
- Yoon HJ, Kwon JY, Lee KJ, Kwon SJ, Mok JS, Kim PH and Jung YJ(2018). Assessment of the bacteriological safety of seawater and oysters *Crassostrea gigas* in Yongnam-Gwangdo Area, Korea 2014-2016. *Korean J Fish Aquat Sci*, 51(5), 535~541.
<https://doi.org/10.5657/KFAS.2018.0535>
- Yoon NY, An BK, In JJ, Han HG, Lee WJ, Seo JH, Jeong SG and Shim KB(2022). Effect of the Packaging Container on the Freshness of Raw Oysters *Crassostrea gigas*. *Korean J Fish Aquat Sci*, 55(1), 73~77.
<https://doi.org/10.5657/KFAS.2022.0073>
- Yu H, Park YS, An SR, Park KBW, 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(2), 109~115.
<https://doi.org/10.5657/KFAS.2016.0109>

-
- Received : 09 June, 2026
 - Revised : 27 June, 2026
 - Accepted : 08 July, 2026