패류 중 자연정화 및 인공정화에 의한 위생지표세균의 변화

오은경 · 유현덕¹ · 유홍식 · 하광수¹ · 신순범 · 이태식² · 이희정 · 김지희 · 손광태*

국립수산물안전과, ¹국립수산물안전과, ²국립수산물안전과, 남동해수산연구소, ²국립수산물안전과, 남서해수산연구소

Removal of Fecal Indicator Bacteria from Bivalves under Natural and Electrolyzed Water

Eun Gyoung Oh, Hyun Duk Yoo¹, Hong Sik Yu, Kwang Soo Ha¹, Soon Bum Shin, Tae Seek Lee², Hee Jung Lee, Ji Hoe Kim and Kwang Tae Son*

Food Safety Research Division, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-902, Korea

¹Southeast Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research & Development Institute, Tongyeong 650-943, Korea

²Southwest Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research & Development Institute, Yeosu 556-823, Korea

In coastal areas that are affected by continuous, seasonal or occasional pollution sources, bivalves accumulate biological contaminants such as pathogenic bacteria. We investigated the effect of natural seawater relaying and electrolyzed seawater depuration on the bacteriological quality of artificially contaminated oysters *Crassostrea gigas* and short-necked clams *Ruditapes philippinarum* to suggest an alternative method of shellfish sanitation control. When artificially contaminated oysters and short-necked clams (fecal coliform level 1,700 MPN/100 g) were relayed into a sea area of safe bacteriological water quality, the fecal coliform level dropped to below 110 MPN/100 g after 1 day. The bacteriological quality of oysters and short-necked clams that are contaminated at a fecal coliform level of 1,700 MPN/100 g could be improved, and become appropriate for raw consumption by a single day relay under proper environmental conditions. When artificially contaminated oysters (fecal coliform level 330 MPN/100 g) were depurated with electrolyzed seawater, 94% of fecal coliform was eliminated after 12 h and fecal coliform was undetectable after 24 h. After 24 h depuration with electrolyzed seawater, the fecal coliform level of short-necked clams with initial fecal coliform of 2,400 MPN/100 g was below 20 MPN/100 g. However, the fecal coliform level of short-necked clams with initial fecal coliform of 17,000 MPN/100 g was relatively high, at 790 MPN/100 g, even after 24 h of depuration with electrolyzed seawater, because of the repeated cycle of excretion and accumulation of fecal coliform in shellfish tissue under the closed depuration environment. Such natural seawater relaying and electrolyzed seawater depuration can be restrictively applied to improve or secure the bacteriological quality of oysters and short-necked clams in accordance with safety levels for bivalves for raw consumption.

Key words: Relaying, Depuration, Fecal coliform.

서론

우리나라는 세계 제4위의 패류생산국이며, 수산물은 동물성 단백질 공급량의 40 % 이상을 차지할 정도로 중요한 식량자원이다(Hwang, 2009). 2009년 우리나라의 패류 생산량은 420천 톤으로 총 수산물 생산량의 15.9 %를 차지하고 있다. 품종별 생산량이 굴은 265천 톤으로 63 %, 바지락은 40천 톤으로 9.6 %를 차지하고 있다(농림수산식품부 수산정보포털).

패류는 주로 연안에서 서식하기 때문에 주거지, 가축사육지, 야생동물서식지, 선박계류장 등에서 발생하는 각종 분변에 오

염되기 쉽다(Hunter et al., 1999; Mallin et al., 2001). 특히, 인축의 분변에는 전염병이나 세균성 식중독 등 감염증을 유발하는 병원균이 함유되어 있을 우려가 있다. 이러한 배설된 분변 등의 오염원이 강우나 하천을 통하여 해상으로 유입됨으로써 하천 및 연안 해역 등의 환경오염에 영향을 주기도 한다(Miossec et al., 1988; Lipp et al., 2001).

우리나라 굴 생산해역에 대한 위생안전성평가 결과에 의하면 대형하천과 인구가 밀집되어 있는 지역의 인근해역에서는 도시연안의 영향을 받아 세균함량이 높은 것으로 보고하고 있다. 또한 강우에 의하여 육상에서 기인한 분변성 오염물질이 해역으로 유입되어 만 내부의 대부분의 수역이 육수의 영향을 받았다고 하는 보고도 있다(Lee et al., 2010; Shim et al., 2009; Ha

*Corresponding author: ktson@nfrdi.go.kr

et al., 2009).

특히 굴의 경우는 가열 조리하지 않고 날것으로 섭취하는 경우가 많기 때문에 생산단계에서 오염되는 여러 가지 식품위생 안전위해로 인해 인체에 직접적인 위해를 미칠 수 있다(Sobsey and Jaykus, 1991). 이에 따라 선진국의 보건당국은 지난 수십 년 동안 자국 국민의 건강보호를 위하여 패류 생산해역에 대한 위생기준을 마련하여 대응하고 있다. 패류생산해역에 대한 위생관리에 있어 미국은 분변오염지표로 해수 중의 분변계대장균(fecal coliform) 함량에 따라 허가해역, 제한해역, 금지해역 등으로 구분하고 있으며(US FDA, 2007), 유럽연합에서는 패류 중 대장균(*Escherichia coli*) 함량에 따라 A, B 및 C등급으로 패류생산해역을 분류하고 있다(European Commission, 2004). 그리고 날것으로 섭취할 수 있는 패류의 미생물기준으로 분변계대장균(*E. coli*) 230 MPN/100 g 이하로 규정하고 있으며, 기준치를 초과하는 패류의 경우 자연정화(relaying) 또는 인공정화(depuration) 조치를 취하고 있다.

미국, EU 등에서는 오염해역에서 생산된 패류에 대하여 위생학적으로 안전성을 확보하기 위하여 오래전부터 이러한 정화 과정을 거쳐서 판매를 하고 있으며, 살균해수를 이용한 인공정화방법이 굴을 비롯한 대합, 진주담치 등의 이매패류에 널리 이용되고 있다(Quayle and Bernard, 1976; Miossecet et al., 1988; Cook and Ellender, 1986; Nguyen and Graham, 1980; Dore and Lees, 1995).

이와 같이 외국에서는 패류에 대한 분변계대장균 또는 대장균의 기준을 설정하여 기준에 맞추어 relaying 또는 depuration으로 처리한 후 출하하고 있어 안전성을 확보 하고 있지만 우리나라의 경우 오염된 해역에서 생산된 패류에 대한 특별한 규정이나 오염해역에서 생산된 패류의 정화효과에 대한 연구도 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 세균함량이 높은 오염해역에서 생산된 패류에 대하여 안전성 확보를 위하여 해역의 수질이 양호한 해역에서의 자연정화(relaying)와 살균해수에 의한 인공정화(depuration)에 의한 패류정화효과에 대하여 검토하였다.

재료 및 방법

패류의 세균 감염

패류 정화효과를 구명하기 위하여 굴 및 바지락 감염을 Naturally-contamination 방법을 이용하여 인위적으로 오염시켰다. 즉, 오염해역에서 생산되어진 패류와 동일한 조건으로 시험하기 위하여 진주조개용 사각 채롱에 일정량씩의 패류를 넣고 연중 세균 함량이 높은 것으로 확인된 통영시 인평동 해상 구조물에 시설하여 세균을 자연적으로 오염시켰다.

시험에 사용한 굴은 경남 통영시 소재 한산 · 거제만 일원에서 채취한 참굴(*Crassostrea gigas*)을 사용하였으며 바지락은 통영 인근해역에서 채취한 바지락(*Ruditapes philippinarum*)

을 사용하였다.

정화시스템

정화시스템은 두가지 방법 즉, 자연정화(relaying)와 인공정화(depuration)에 대하여 검토하였다. 자연정화는 세균을 인위적으로 오염시킨 패류를 일정량씩 사각채롱 3개에 나눠 넣어 연중 세균오염이 없는 것으로 확인된 통영연안해역의 해상구조물에 각각 시설하여 세균의 감소여부를 시험하였다.

인공정화의 경우 자체 제작한 패류정화 장치(Fig. 1)를 사용하였다. 플라스틱 바스켓에 패류가 겹쳐지지 않도록 일정량씩 넣어 살균해수를 공급하였으며 오염패류로부터 유출되어진 세균에 의한 재오염을 방지하기 위하여 바스켓을 바닥에 닿지 않도록 그물을 설치하여 바스켓을 바닥으로부터 20 cm 정도에 두었다. 패류정화에 공급되는 살균해수는 국립수산과학원에서 개발하여 특허등록 한 전기분해장치(특허 제0491985호, 2005. 05. 19, 무격막 전해조를 이용한 활어패류 수조의 위생처리 방법 및 장치)를 이용한 전기분해해수를 이용하였다. 전기분해해수는 최종농도가 패류의 생리에 영향을 미치지 않는 농도인 0.2 mg/L로 조정하여 사용하였으며, 20℃, DO 6 mg/L, 유속 15 L/min의 조건으로 해수를 유수시켰다.

정화효과 시험

패류의 대장균군 및 분변계대장균의 농도는 APHA (1970)의 MPN (most probable number)법으로 시험하였다. 배지는 모두 Difco Laboratories (USA)의 제품을 사용하였다.

결과 및 고찰

하수유입해역에서 패류 중 세균농도변화

오염해역에서 패류의 세균농도변화를 시험하기 위하여 굴과

Fig. 1. Schematic diagram of depuration system set-up.

바지락을 사각채롱에 넣어 하수유입이 많은 연안해역에 수하한 후 세균의 농도변화를 시험하였다.

초기 대장균군 및 분변계대장균의 농도가 각각 78 및 20 MPN/100 g인 굴을 하수 유입 해역에 수하하였을 경우, 1일 후에 각각 130,000 및 24,000 MPN/100 g으로 급격하게 세균함량이 증가하였다. 수하 6일 후에도 각각 79,000 및 49,000 MPN/100 g으로 높은 세균함량을 유지하였다. 바지락의 경우도 굴과 마찬가지로 각각 230 및 78 MPN/100 g이던 초기 대장균군 및 분변계대장균 값이 수하 1일후에 모두 24,000 MPN/100 g으로 급격하게 증가하였으며, 수하 6일 후에도 110,000 및 33,000 MPN/100 g으로 높은 세균함량을 나타내었다(Fig. 2). 시험기간 동안 오염해역의 해수의 대장균군 및 분변계대장균의 농도는 각각 330-4,900 및 46-790 MPN/100 mL이었다.

이러한 결과는 Bella et al. (2000)의 보고와 유사한 결과로, 이들의 보고에 의하면 패류에서 세균축적농도가 3-5시간에 최고치를 나타내었으며 이때 세균의 농도는 해수의 50-100배 정도였다고 한다. 또한 Dore and Lees (1995)는 패류를 단기간(1-3주)과 장기간(6개월)에 걸쳐서 패류를 오염시킨 결과, 단기간과 장기간에 차이 없이 초기에 세균함량이 급격하게 증가하였으며 지속적으로 세균함량이 유지되어지는 것으로 보고하였다.

따라서 패류는 정상적인 상태에서는 분변계대장균을 보균하지 않으나 오염된 해역에 노출되어지게 되면 오염해역의 수질에 영향을 받아 서식해역에 부유하는 세균을 여과섭취하여 축적하게 된다(Selegean et al., 2001). 그리고 오염해역에 노출되어지면 패류는 단시간에 급속하게 균이 증가하고 한번 오염되어진 패류는 세균함량이 감소하지 않고 지속적으로 유지되는 것으로 확인되었다. 따라서 위생학적으로 세균함량이 높은 오염해역에서 생산된 패류에 대해서는 위생학적 안전성 확보

Fig. 2. Bioaccumulation rate of total coliform and fecal coliform in the oyster *Crassostrea gigas* and short-necked clam *Ruditapes philippinarum* in contaminated seawater.

를 위한 적절한 정화가 필요할 것으로 판단된다.

오염패류의 자연정화(Relaying) 효과

오염해역에서 패류를 자연적으로 오염시키는 Naturally-contamination방법에 의해 인위적으로 오염시킨 굴과 바지락을 각각 사각채롱에 넣어 수질이 양호한 것으로 확인된 해역에 수하식으로 설치한 후, 5일 동안 매일 시료를 채취하여 대장균군 및 분변계대장균수를 측정하였다.

굴의 경우 초기 대장균군 및 분변계대장균의 값은 24,000 및 1,700 MPN/100 g이었으며, 정화 1일 후에 각각 490 및 110 MPN/100 g으로 세균함량이 급격히 감소하기 시작하였으며 정화 2일 후에는 각각 330 및 60 MPN/100 g으로 2 log정도 감

Fig. 3. Removal of total coliform and fecal coliform in the naturally contaminated oyster *Crassostrea gigas* and short-necked clam *Ruditapes philippinarum* by relaying.

소하였다(Fig. 3).

초기대장균 및 분변계대장균을 11,000 및 1,700 MPN/100 g으로 인위적으로 오염시킨 바지락을 이용하여 자연정화를 실시한 결과, 굴과 마찬가지로 정화 1일만에 분변계대장균의 값이 110 MPN/100 g으로 균수가 1 log 정도 감소하였으며, 2일 후에는 초기 세균농도의 약 2 log 이상이 감소하였다. 이때 해역의 수질상태는 정화 시험기간 동안 대장균군의 값이 <1.8-2.0 MPN/100 mL로 양호한 위생 상태를 유지하였다.

굴과 바지락을 이용한 자연정화(relaying) 시험결과, 초기 분변계대장균의 값이 약 2,000 MPN/100 g 정도로 오염된 패류의 경우 위생학적으로 양호한 수질을 나타내는 해역에서 1일 이상 정화처리를 하면 약 94%정도 제거되는 것으로 확인되었다(Fig. 3). 오염된 해역에서 생산된 패류의 안전성 확보를 위해서는 정화하는 해수의 수질이 중요한 인자로 작용하며, 또한 정화하는 기간 동안에는 분변의 오염을 받지 않는 것이 좋다. 그러나 우리나라의 경우 외국과 같이 자연정화하는 해역을 설정하기 위해서는 대량으로 수확된 패류를 자연정화 처리 할 수 있는 해역의 확보 및 기상악화와 같은 환경조건의 변화 등 부차적인 문제를 극복해야 하는 어려움이 수반된다.

오염굴의 인공정화(Depuration) 효과

인위적으로 오염시킨 패류를 실험실로 수송하여 제작된 패류정화 장치에 일정량씩 넣어 전기분해해수장치에 의해 살균된 해수를 공급하면서 경시적으로 시료를 채취하여 대장균 및 분변계대장균의 농도변화를 조사하였다. 시험결과(Fig. 4.), 초기농도 330 MPN/100 g이었던 분변계대장균의 농도가 시간의 경과에 따라 급격하게 감소하는 경향을 나타내었다. 정화 6시간 후에 78 MPN/100 g으로 초기농도의 76% 감소되었

Fig. 4. Removal of total coliform and fecal coliform in the naturally contaminated oyster *Crassostrea gigas* with electrolyzed water.

으며 12시간에 20 MPN/100 g으로 94%이상이 감소되었으며, 24시간 후에는 검출되지 않는 단계에 도달 하여 빠른 정화효과를 나타내었다. 이러한 결과는 패류의 호흡에 의해서 소화기관내에 축적되어진 세균은 밖으로 유출되고, 유출되어진 세균은 전기분해해수에 의해 사멸되므로 지속적으로 살균된 해수가 순환되어져 세균함량이 급격히 감소하기 때문으로 추정되었다. Dore and Lees (1995)에 의하면 오염해역에서 일정기간 오염시킨 굴과 진주담치를 자외선으로 살균한 해수로 정화한 경우 진주담치는 12시간만에 굴의 경우는 48시간에 거의 98% 이상이 정화되었다고 보고하고 있어 본 연구결과와 유사한 결과를 나타내었다.

오염패류의 인공정화시에는 세균학적으로 양호한 수질의 해수를 지속적으로 공급하여야 한다. 해수의 살균처리법으로는 주로 자외선과 오존을 이용한 살균장치가 보급되어 있지만 지속적으로 살균해수를 공급하기 위해서는 대량의 물을 처리하지 않으면 안되기 때문에 현재의 자외선과 오존의 살균장치로는 대처할 수 없는 문제가 있다. 이에 비하여 전기분해해수는 신속한 살균력과 잔류물이 없으며 물 자체의 오염에 따른 이차적 오염 가능성이 없다는 특징으로 다양한 방면에서 연구되고 있다. 본 연구에서 전기분해해수를 이용하여 살균된 해수로 오염패류를 정화한 결과, 패류의 세균함량이 감소하는 것으로 확인되어 오염패류의 인공정화시에 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

오염바지락의 인공정화(Depuration) 효과

바지락은 굴과 달리 주로 갯벌에서 생산되어지는 경우가 많기 때문에 시기에 따라 육상오염원의 영향으로 인하여 위생학적으로 문제가 발생할 수 있다. 따라서 바지락의 경우는 오염정도에 따른 정화조건을 설정하기 위하여 초기 대장균 및 분변계대장균 값이 490, 2,400 및 17,000 MPN/100 g이 되도록 인위오염 시켰다. 오염시킨 패류를 전기분해해수장치에 의해 살균된 해수를 공급하면서 경시적으로 시료를 채취하여 대장균 및 분변계대장균의 농도변화를 조사하였다.

초기 세균함량을 490 MPN/100 g으로 오염시킨 바지락을 전기분해해수를 이용한 정화효과 시험결과, 정화 6시간부터 세균함량이 급격히 감소하기 시작하여 분변계대장균의 값은 초기 세균함량의 84%까지 감소하였다(Fig. 5). 정화 24시간 후에는 대장균 및 분변계대장균의 값이 각각 45 및 20 MPN/100 g으로 안정된 정화효과가 확인되었다.

초기 대장균 및 분변계대장균의 값을 2,400 MPN/100 g 수준으로 오염시킨 경우, 정화 6시간 후에 2 log 정도 급격하게 균수가 감소하였다. 그 후 시간의 경과에 따라 지속적으로 균수가 감소하여 24시간 후에는 78 및 20 MPN/100 g으로 초기균수가 490 MPN/100 g 구간과 유사하게 안정된 정화효과가 확인되었다(Fig. 5).

오염정도가 상당히 높은 바지락 즉, 초기 세균함량 17,000

MPN/100 g으로 오염시킨 바지락을 패류정화장치에 넣어 시간의 경과에 따른 세균함량의 감소를 확인하였다. 그 결과, 490 또는 2,400 MPN/100 g 정도의 오염도를 가진 바지락과 마찬가지로 시간의 경과에 따라 세균함량이 급격히 감소하는 것으로 나타났으나, 정화 24시간이 경과한 후에도 대장균군 및 분변계대장균의 값이 2,400 및 790 MPN/100 g으로 높은 세균함량을 유지하고 있었다(Fig. 5). 이는 초기 세균 오염농도가 17,000 MPN/100 g인 패류의 경우는 세균의 농도가 정화 시스템의 한계를 넘기 때문에 안정된 정화효과가 없는 것으로 판단된다.

Fig. 5. Removal of total coliform and fecal coliform in the naturally contaminated short-necked clam *Ruditapes philippinarum* with electrolyzed water.

따라서 오염된 해역에서 생산된 패류 정화의 조건으로는 정화하는 해수의 수질도 중요하지만, 패류의 초기 세균의 오염정도가 정화에 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이와 같은 경우는 EU규정에 패류의 분변계대장균의 값이 60,000 MPN/100 g 이하인 경우 2개월 이상의 relaying이 필요하다고 규정되어 있는 것과 같이 일정기간 relaying한 후에 depuration을 적절하게 병용한 정화과정을 거쳐서 출하 하는 것이 바람직한 것으로 사료된다.

또한 패류정화를 위한 요건으로 생리학적인 요인, 패류의 개체 차등 해수의 탁도, 염분, 수온, 침수높이, 용존산소 등 여러 가지 복잡한 요인들이 작용한다(Roderick and Schneider 1994). 패류의 종류에 따라라도 정화효과가 달라지는데 이는 패류가 받는 스트레스 및 여러 가지 환경요인들이 패류의 여과속도를 좌우하기 때문이다(Metcalf 1978; Canzonier 1982). 일반적으로 고온은 이매패류의 생리학적인 특성인 소화율, 펌핑율, 효소 효과를 향상시켜 세균의 감소에 기여한다고 보고하고 있으며(Love et al., 2010) 미국의 NSSP 에서도 정화시험의 수온을 10-25℃로 권장하고 있다.

이상의 결과는 오염해역에서 생산되어 위생학적으로 세균함량이 기준치를 초과한 패류에 대한 안전성 확보를 위하여 자연정화와 인공정화의 효과를 시험한 것으로, 우리나라에서 최초로 이루어진 연구로 향후 정화효과에 영향을 미치는 온도, 염분, pH와 같은 환경인자 등을 고려하여 패류별, 환경별, 시기별로 활용할 수 있는 산업적 패류 정화시스템의 개발이 촉구되어진다.

사 사

본 연구는 국립수산물학원(수출패류 생산해역 및 수산물 위생조사, RP-2011-FS-011)의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- APHA 1970. Recommended Procedures for the Examination of Seawater and Shellfish. 4th Ed. American Public Health Association, Inc., New York, U.S.A. 105.
- Bella S, Ho W and Tam TY. 2000. Natural depuration of shellfish for human consumption: a note of caution, Water Res 34, 1401-1406.
- Canzonier WJ. 1982. Depuration of bivalves molluscs-what it can and cannot accomplish and some practical aspects of plant design and operation. In Proceedings of the International Seminar on Management of Shellfish Resources, Irish Mar. Farmers Assoc. Tralee. Ireland.
- Cook DW and Ellender RD. 1986. Relaying to decrease of concentration of oyster-associated pathogens. J Food Prot 49, 196-202.
- Dore WJ and Lees DN. 1995. Behavior of *Escherichia coli* and male-specific bacteriophage in environmentally con-

- taminated bivalve molluscs before and after depuration. *Appl Environ Microbiol* 61, 2830-2834.
- European Commission. 2004. Regulation (EC) No 854/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 laying down specific rules for the organisation of official controls on products of animal origin intended for human consumption. Official European Communities, L155, 206-321.
- Ha KS, Shim KB, Yoo HD, Kim JH and Lee TS. 2009. Evaluation of the bacteriological safety for the shellfish growing area in Hansan-Geojeman, Korea. *Kor J Fish Aquat Sci* 42, 449-455.
- Hunter C, Perkins J, Tranter J and Gunn J. 1999. Agricultural land-use effects on the indicator bacterial quality of an upland stream in the Derbyshire Peak District in the UK. *Water Res* 33, 3577-3586.
- Hwang YJ. 2009. Food Balance Sheet, 2008. Korea Rural Economic Institute, 293.
- Johnson PC, Mathewson JJ, Dupont HL and Greenberg HB. 1990. Multiple challenge study of host susceptibility to norwalk gastroenteritis in USA adults. *J Infect Dis* 161, 8-21.
- 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. *Kor J Fish Aquat Sci* 43, 406-414.
- Lipp EK, Farrah SA and Rose JB. 2001. Assessment and impact of microbial fecal pollution and human enteric pathogens in a coastal community. *Mar Pollut Bull* 42, 286-293.
- Love DC, Lovelace GL and Sobsey MD. 2010. Removal of *Escherichia coli*, *Enterococcus fecalis*, coliphage M52, poliovirus and hepatitis A virus from oyster(*Crassostrea virginica*) and hard shell clams(*Mercinaria mercinaria*) by depuration *Int J Food Microbiol* 143, 211-217.
- Mallin MA, Ensign SH, McIver MR, Shank GC and Fowler PK. 2001. Demographic, landscape, and meteorological factors controlling the microbial pollution of coastal waters. *Hydrobiologia* 460, 185-193.
- Metcalf TG. 1978. Indicators of viruses in shellfish. In: G Berg, editor. Indicators of viruses in water and food. Ann Harbor Science, Michigan, 383-415.
- Miossec L, Guyader F, Haugarreau L, Comps MA and Pommeypuy M. 1988. Possible relation between a winter epidemic of acute gastroenteritis in France and viral contamination of shellfish. *J Shellfish Res* 17, 1661-1664.
- Nguyen TS. and Graham HF. 1980. Behavior of pathogenic bacteria in the Oyster, *Crassostrea commercialis*, during depuration, relaying, and Storage. *Appl Environ Microbiol* 40, 994-1002.
- Quayle, DB and Bernard FR. 1976. Purification of basket-held Pacific oysters in the natural environment. *Proc Natl Shellfish Assoc* 66, 69-75.
- Roderick GE and Schneider KR. 1994. Depuration and relaying of molluscan shellfish, In: Hackney CR. and M.D. Pierson (eds), *Environmental Indicators and Shellfish Safety*. Chapman and Hall, New York, 331-363.
- Selegue JPW, Kusserow R, Patel R, Heidtke TM and Ram JL. 2001. Using zebra mussel to monitor *Escherichia coli* in environmental waters. *J Environ Qual* 30, 171-179.
- Shim KB, Ha KS, Yoo HD, Kim JH and Lee TS. 2009. Evaluation of the bacteriological safety for the shellfish growing area in Jaranman-Saryangdo area, Korea. *Kor J Fish Aquat Sci* 42, 442-448.
- Sobsey MD and Jaykus LA. 1991. Human enteric viruses and depuration of bivalve molluscs. In: Otwell WS, Rodrick GE and Martin RE(Eds.), *Molluscan shellfish depravation*. CRC Press, Boca Raton, Florida, 71-114.
- US FDA (Food and Drug Administration). 2007. National Shellfish Sanitation Program, Guide for the Control of Molluscan Shellfish, Model ordinance. Retrieved from [http://www.fda.gov/Food/Food Safety/Product-Specific Information/Seafood/Federal State Programs/National Shellfish Sanitation Program/default.htm](http://www.fda.gov/Food/Food%20Safety/Product-Specific%20Information/Seafood/Federal%20State%20Programs/National%20Shellfish%20Sanitation%20Program/default.htm) on June 18, 2010.
- Information/Seafood/Federal State Programs/National Shellfish Sanitation Program/default.htm on June 18, 2010.

2011년 8월 10일 접수

2011년 8월 30일 수정

2012년 1월 31일 수리