

고압처리에 의한 Norovirus Surrogate의 불활성화

이희정* · 오은경 · 유홍식 · 신순범 · 박유선 · 신윤경¹ · 박정준² · 윤호동

*국립수산과학원 양식연구부 식품안전연구과, ¹국립수산과학원 남해수산연구소 증식연구과

²전남대학교 수산생명의학과

Inactivation of a Norovirus Surrogate by High Pressure Treatment

Hee-Jung LEE*, Eun-Gyoung OH, Hong-Sik YU, Soon-Bum SHIN, Yu-Sun PARK¹, Yun-Kyung SHIN, Jung-Jun PARK² and Ho-Dong YOON

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

¹South Sea Fisheries Research Institute, Aquaculture & Resource Enhancement Research Division, Yeosu 556-823, Korea

²Department of Aqualife Medicine, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea

Norovirus surrogate (feline calicivirus) was inactivated by treatment at 50,000 psi for 60 sec by $6.8\text{-log}_{10}\text{TCID}_{50}\text{mL}^{-1}$. Tissue obtained from oyster (digestive gland, gill and mantle) was qualitatively destroyed and distorted by treatment at pressure greater than 5,000 psi for 60 sec. High pressure treatment induced progressive changes in the color of the oyster adductor muscle. High pressure treatment effectively reduced norovirus surrogate but induced conformational changes in the tissue and color of oyster flesh.

Key words: Norovirus, Feline calicivirus, High pressure

서 론

고압처리기술 (high pressure processing)은 식품 중에 존재하는 미생물의 농도를 줄이면서 식품의 관능적 변화를 최소화할 수 있는 살균처리 기술로서 전 세계적으로 상업적으로 생산된 다양한 식품에 적용되고 있다 (Stewart and Cole, 2001; Grove et al., 2006). 최근 기술의 발달로 고압처리 장치가 상업적으로 양산되어 보급되고 있으며, 미국에서는 오염된 패류의 섭취로 인하여 빈번히 발생하고 있는 비브리오 집단 감염증을 줄이기 위하여 고압처리 기술을 사용하고 있다 (Styles et al., 1991; Cook, 2003; Koo et al., 2006). 그리고 고압처리기술을 적용하여 굴의 냉장유통기간을 연장시킬 수 있다는 보고가 이어지고 있으며 (Styles et al., 1991; Cook, 2003; Koo et al., 2006), 고압처리로 껍질근의 변성이 유도되어 저절로 탈각이 이루어진다는 (Cruz-Romero et al., 2004; He et al., 2002) 점이 알려짐에 따라 소매 수산가공품, 특히 패류 가공품 등에 그 적용 분야가 확대되고 있다.

한편, 오염된 패류의 섭취로 인한 노로바이러스 (norovirus)와 A형 간염바이러스 (HAV) 같은 장관계 바이러스 (enteric virus)의 집단 감염증 발생은 오랜 역사를 가지고 있으며, 가공설비에 HACCP과 같은 위생관리체계가 도입된 현재에도 끊임 없이 발생하고 있다 (Murphy et al., 1979; Halliday et al., 1991; Grohmann et al., 1981; Conaty et al., 2000; Bosch et al., 2001). 그 이유는 장관계 바이러스가 환자의 분변을 통하여

자연계에 배출되어 오염된 기수나 연안에 서식하는 이매패류 등을 통하여 재감염이 이루어진다. 현재 노로바이러스를 포함한 대다수의 바이러스는 인공배양이 불가능하여 치료제나 백신이 개발되지 못하여 연속적인 감염원이 형성되어 지속적인 재감염이 이루어지기 때문이다.

장관계 바이러스에 대한 고압처리의 효과에 관한 연구는 몇몇 연구자들에게 의해 보고되고 있다. Kingsley et al. (2002)은 A형 간염바이러스 (HAV)를 조직 배양액 (Dulbecco's modified Eagle medium)에 현탁하여 실온에서 65,000 psi로 5분간 처리 시 7-log_{10} plaque forming unit가 감소하였으며, 노로바이러스 대체바이러스 (surrogate)로 널리 이용되는 고양이 칼리시바이러스 (feline calicivirus, FCV)를 40,000 psi 이상의 압력으로 5분간 처리 시 감염가 (tissue culture infectious dose 50% mL^{-1} , $\text{TCID}_{50}\text{mL}^{-1}$)가 7-log_{10} 감소한다고 보고하였다. 반면 소아마비바이러스 (poliovirus)의 경우에는 87,000 psi에서 5분간의 처리에도 저항성을 가지는 것으로 나타났다 (Kingsley et al., 2002).

패류에 상업적으로 적용되는 고압처리 기술의 효과에 대한 연구는 대부분 장관계 바이러스나 세균을 사멸속도와 압력처리 시간 및 온도의 상관관계를 구명하는데 그치고 있으며, 대상 처리 식품인 패류의 생화학적 변화나 관능적 변화에 관한 연구는 미미한 실정이다 (Murchie et al., 2005). 특히 우리나라에서 생식을 주로 하는 굴의 경우 생굴의 향과 텍스처와 같은 물성 변화 없이 소화기 중에 존재하는 노로바이러스를 포함한 장관계 바이러스를 사멸시킬 수 있는 방법은 현재

*Corresponding author: ohdagu@nfrdi.go.kr

로서는 고압처리 외에는 없다고 할 수 있다. 따라서 이 연구에서는 최근 폐류를 포함한 수식식품에서 문제가 되고 있는 노로바이러스를 제어할 수 있는 고압처리 조건을 대체바이러스인 FCV를 이용하여 구명하고, 압력처리 조건에 따른 조직 변화와 관능적 품질변화를 조사하여 생굴 가공품에 대한 고압처리 기술의 적용 가능성과 그 한계점을 파악하고자 하였다.

재료 및 방법

세포배양 및 바이러스의 준비

FCV 인공배양을 위한 cell line은 Crandall-Reese feline kidney (CrFK) cell (ATCC#CCL-94)을 이용하였다. 75 cm² 배양 플라스크 (Costar, Canada)에 10% fetal bovine serum (FBS) 이 첨가된 Dulbecco's Modified Eagle Medium (DMEM)을 적량 분주한 후 cell을 접종하고 37°C로 조정된 humidified 5% CO₂ incubator에서 배양하였다. 배양 후 양호한 부착 성장이 확인되면 2일 간격으로 2차 배양을 실시하였다. 2차 배양은 (1) 상층의 배지를 제거하고, (2) 단일 세포층을 Dulbecco's phosphate buffered saline (pH 7.3) (PBS; GIBCO/BRL, Canada)로 세척한 후, (3) 0.05% trypsin-EDTA (GIBCO/BRL, Canada) 1 mL를 단일 세포층에 가하여 20초 방치했다가 제거하고, (4) 플라스크 바닥에서 세포의 탈리될 때까지 플라스크를 37°C에 배양한 다음, (5) 배양이 끝난 플라스크에 약 6 mL의 새로운 배지 (DMEM+10% serum)를 첨가하고 고무 섞은 후 3개의 75 cm² 배양 플라스크에 분주하고 처음과 동일한 조건으로 2일간 배양하는 요령으로 실시하였다.

노로바이러스 surrogate는 FCV Strain F9 (ATCC#VR-782)을 사용하였다. 바이러스 풀을 얻기 위해 (1) CrFK 단일세포층이 잘 형성된 플라스크를 선택하여 상층의 배지를 흡입제거하고, (2) 바이러스 현탁액 200 μ L를 플라스크에 접종한 후, (3) 37°C로 조정된 humidified 5% CO₂ incubator에 90분간 배양하여 바이러스가 흡착되도록 하였다. 그리고 (4) 7 mL의 maintenance media (DMEM+2% FBS)를 가하여 상기한 조건에서 배양하여 바이러스 작용으로 단일세포층이 90%가 파괴될 때까지 배양하였다.

각 바이러스 감염 플라스크를 냉동과 해동을 2회 반복한 후 1500 \times g에서 15분간 원심분리하여 세포 잔해를 제거하였다. 바이러스가 포함된 현탁액을 0.5 mL씩 분주하여 -80°C에 보관하였다.

시료 원료

경남 통영시 소재 한산-거제만 일원에서 4월에 채집된 각고 8 cm, 각장 5 cm, 각폭 3 cm 이상의 상품용 참굴 (*Crassostrea gigas*)을 사용하였다.

시료의 조제 및 압력처리

압력처리에 사용된 FCV의 역가는 6.8-log₁₀TCID₅₀mL⁻¹로 조정하였다. 바이러스 배양액 약 2 mL를 cryotube (Nalgene, USA)에 기포가 생기지 않도록 채운 후 5개 단위로 진공포장하

였다. 굴은 탈각 과정 중의 오염 방지를 위해 패각 표면을 흐르는 수돗물에서 청동솔로 문질러 이물질들을 제거하고 탈각하였다. 현재 시판되는 생식용 봉지굴의 포장법과 동일한 방법으로 패육 중량을 기준으로 150 g씩 자연해수와 함께 폴리프로필렌 봉지 (300 mL)에 기포가 혼입되지 않도록 포장하였다. FCV가 담긴 cryotube 5개와 봉지굴을 폴리프로필렌 봉지에 함께 진공 포장하여 압력 처리하였다. 굴에 FCV를 감염시켜 압력처리 한 후 FCV를 추출하여 그 사멸효과를 평가하는 경우 추출효율에 따라 FCV의 사멸율이 영향을 받게 되므로 이 연구에서는 FCV를 cryotube에 넣은 후 포장굴과 동시에 압력 처리하여 FCV 사멸율과 굴 조직 변화를 평가하여 사멸율 측정에 정확도를 높이고자 하였다.

포장된 굴과 FCV 시험구를 5,000 psi, 10,000 psi, 20,000 psi, 30,000 psi, 40,000 psi, 50,000 psi 및 60,000 psi의 압력조건으로 25°C에서 60초간 처리하였다. 압력 처리는 215L-600 system (Avure Technologies Inc., USA)을 사용하였다.

바이러스 정량

압력 처리 후 FCV의 사멸정도를 정량적으로 50% 조직배양 감염량 (TCID₅₀, Tissue Culture Infectious Dose₅₀)을 측정하였다. TCID₅₀은 일정량의 세포배양액 50%를 감염시키는데 필요한 바이러스 희석 배수를 나타낸다. 이 분석은 바이러스 입자의 CPE (Cytopathic Effect, 세포병변) 여부를 확인하는 것이다. 이 연구에서는 Payment and Trudel (1993)의 방법을 변형하여 TCID₅₀을 측정하였다. 먼저 (1) 96-well cell culture plate에 well 당 약 10⁴/100 μ L의 CrFK cell을 접종하고 37°C로 조정된 humidified 5% CO₂ incubator에서 하룻밤 배양한다. (2) 다음날 maintenance media에 10배수로 희석한 바이러스 현탁액을 조제하고, (3) 96-well plate 각 well의 상층 배지를 흡입제거한 후 피검액 (압력 처리된 cryotube 중의 FCV 현탁액)을 희석단 계별로 8 well에 25 μ L씩 접종한 다음 37°C로 조정된 humidified 5% CO₂ incubator에서 90분간 배양한다. (4) 배양이 끝나면 maintenance media를 각 well에 0.1 mL씩 분주한다. 각 plate 마다 maintenance media만 첨가한 대조구를 두었으며, 3일간 매일 CPE 여부를 관찰하였다. 3일 후 35% formalin을 각 well에 적량 분주하고 1분간 처리하고 수세하여 사멸 세포를 제거한 후 1% (w/v) crystal violet으로 1분간 염색하고 육안으로 관찰하여 세포파괴가 일어난 well의 수를 최종적으로 결정하였다. 바이러스 역가는 Reed-Muench 법 (Payment and Trudel, 1993)으로 계산하였다.

조직학적 관찰

압력 처리된 굴을 빙장(<4°C)하여 실험실로 운반하고 해부하여 중장선, 좌외투막, 좌아가미의 안쪽 아가미판 (outer demibranch)을 5개체씩 적출하였다. 광학현미경 표본을 위해 절취한 시료들은 Drury and Wallington (1980)의 방법에 따라 Bouin's solution에 24시간 동안 고정하고, 24-36시간 동안 흐르는 물에서 수세한 다음 70%-100% 에탄올을 이용하여 단계적

으로 탈수하였다. 이후 parplast (McCormick, USA)을 이용하여 포매하고, microtome (RM2235, Leica, Germany)을 이용하여 두께 4-6 μm 의 횡단면과 종단면의 연속 절편을 제작하였다. 이들 조직 절편들은 구조와 세포형태를 관찰하기 위해 Mayer's hematoxylin-eosin (H-E) 비교염색과 산성 및 중성 당 점액 성분을 관찰하기 위해 alcian blue-periodic acid and Schiff's solution (AB-PAS, pH 2.5) 반응을 실시하여 광학현미경 (BX50, Olympus, Japan)으로 관찰하였다.

색차 측정

압력 처리 후 패육의 색깔 변화를 관찰하기 위해 Hunter L , a , 및 b scale [L : lightness, 0 (dark)-100 (white); $+a$: redness; $-a$: greenness; $+b$: yellowness; and $-b$: blueness]을 측정하였다. 색차의 측정은 Spectrum Color Meter JC-810 (Color Techno System Co., Tokyo, Japan)을 사용하였으며, 측정 전 ceramic plate ($L=93.73$, $a=-0.12$, $b=0.11$)를 사용하여 보정하였다. 측정 대상은 조직구성이 비교적 일정한 패각근으로 하였다. 압력 처리구 당 4개체에서 적절한 패각근을 측정대상으로 하였고 매 측정 시 5회 측정하여 처리구 당 20회의 반복구를 두었다.

결과 및 고찰

압력 처리에 의한 FCV 감염력 변화

노로바이러스 대체바이러스로 사용된 FCV는 50,000 psi에서 60초 (25 $^{\circ}\text{C}$)의 압력처리로 6.8- $\log_{10}\text{TCID}_{50}\text{mL}^{-1}$ 의 감소를 보여 실험에 사용된 모든 바이러스가 감염력을 상실한 것으로

나타났다 (Table 1). 압력처리 후에는 2-3 $^{\circ}\text{C}$ 정도의 온도상승이 있었다. 30,000 psi에서는 60초의 처리로 5- $\log_{10}\text{TCID}_{50}\text{mL}^{-1}$ 의 감소가 나타나 동일 압력처리 조건에서부터 바이러스에 비가역적인 변화가 발생하는 것으로 추정되었다. 즉, 50,000 psi에서 단시간 (60초) 처리로 패류 중에 존재하는 노로바이러스와 같은 장관계 바이러스와 일부 병원성 미생물을 대부분을 처리할 수 있을 것으로 판단된다. Kingsley 등 (2002)도 이 연구와 유사한 결과를 보고한 바 있는데 FCV를 40,000 psi에서 5분간 처리로 7- \log_{10} PFU mL^{-1} 의 감소효과를 얻었다고 한다.

압력처리에 의한 바이러스 실활에 대한 여러 연구사례를 종합해 본 결과, 압력처리 시간보다는 압력의 세기가 더 중요한 인자로 작용함을 알 수 있었다 (Chen et al., 2005; Calci et al., 2005; Kingsley et al., 2002; 2005). 한편 소아마비바이러스 (poliovirus)의 경우에는 압력처리에 대한 강한 내성을 가지

Table 1. Viable feline calicivirus detected after high pressure treatment

Pressure (psi)	Average $\log_{10}\text{TCID}_{50}\text{mL}^{-1}$
0	6.8
5,000	6.8
10,000	5.8
20,000	5.7
30,000	1.8
40,000	1.4
50,000	No growth
60,000	No growth

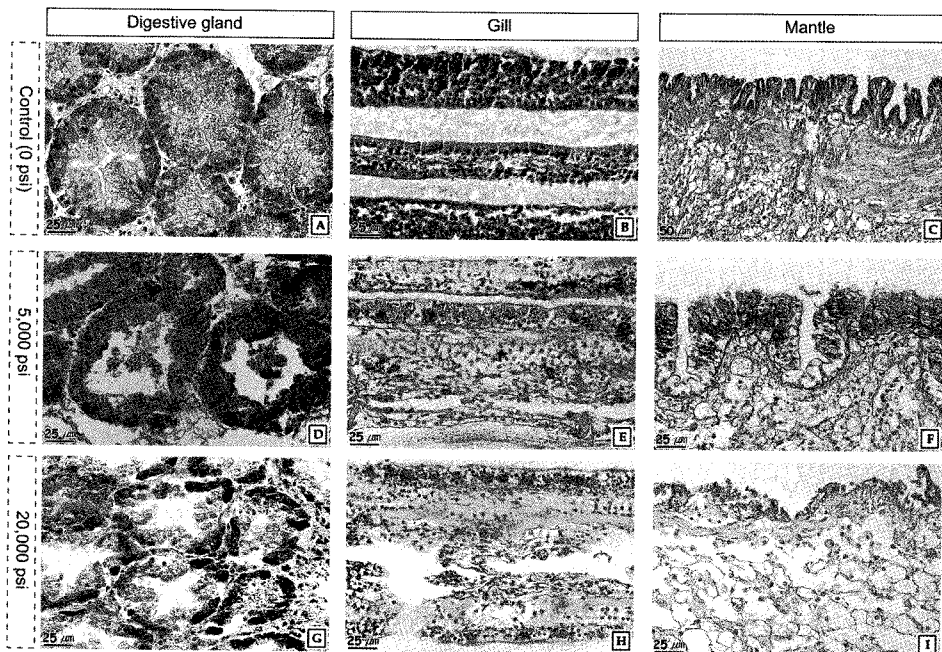


Fig. 1. Effect of high pressure treatment for 60 sec at 25 $^{\circ}\text{C}$ on oyster tissue.

고 있어 87,000 psi에서 60분간 처리하여도 감염력을 유지한다고 한다 (Wilkinson et al., 2001). 그 이유는 정확히 밝혀지지 않았으나 바이러스의 크기와 형태 또는 열역학적 안정성이 압력처리에 대한 저항성에 영향을 미치는 것으로 추정되고 있다 (Oliveria et al., 1999).

고압에 의한 바이러스의 실험 기작에 대해서는 완전히 밝혀지지 않았으나 압력처리에 의한 바이러스 입자의 가역적 혹은 비가역적 변화와 연관이 있다 (Gasper et al., 1997). 예를 들어 T4 박테리오파지는 압력처리 후 단백질 외막과 DNA가 분리되어 감염력을 상실하며, ϕ X 파지는 압력처리에 의해 구조가 변형되었다가 복원되나 감염력은 상실된다 (Brauch et al., 1990). 피코나바이러스 (piconavirus)는 압력처리에 의해 receptor-binding protein(VP4)이 소실되며 (Oliveira et al., 1999), 로타바이러스는 스파이크를 형성하는 hemagglutinin(VP4)의 구조변화가 유발되어 감염력을 상실한다 (Pontes et al., 2001). 즉, 식품 중에서 제거를 목적으로 하는 위해요소인 바이러스의 종류와 농도 그리고 대상 식품의 소비량 및 감수성 집단 등 위해분석을 결과를 바탕으로 상업적 처리조건을 설정할 필요가 있을 것으로 사료되었다.

압력 처리에 따른 굴 조직 변화

5,000 psi와 20,000 psi 압력 처리에 따른 굴의 조직학적 변화를 대조구와 비교하여 관찰하였다 (Fig. 1). 5,000 psi 압력 처리된 중장선 (Fig. 1, D)에서는 상피세포 이상, 호염기성 감소, 일부 소화선세포의 붕괴가 일어났다. 아가미 (Fig. 1, E)에서는 혈구의 증가, 점액세포 감소가 관찰되었으며 외투막 (Fig. 1, F)에서는 점액세포의 활성화 및 점액물질의 산성화가 일어났다. 그리고 20,000 psi로 처리된 중장선 (Fig. 1, G)에서는 소화선세포의 괴사, 소화선세포 사이의 간질조직에서 혈구의 증가가 관찰되었고 아가미 (Fig. 1, H)에서는 아가미 세포의 부분적인 붕괴, 점액물질의 산성화가 일어났다. 그리고 외투막 (Fig. 1, I)에서는 교원섬유 배열의 이상, 망상조직의 팽창이 발생하였다.

각 처리구 사이에 정량적인 조직학적 분석은 실시하지 않아 조직학적 변화양상의 정도는 정확히 평가할 수 없으나 대조구와 처리구 (5,000 psi 이상) 사이의 정성적인 조직학적 변화양상은 뚜렷하였다. 상기한 바와 같은 조직학적 변화뿐만 아니라 20,000 psi 정도 처리한 패류는 단백질 변성으로 밀봉 용기 내부의 해수가 혼탁되어 생식용 생굴 제품에 압력처리를 하는 경우에는 상품성이 저하될 것으로 확인되었다. 그러나 IQF (Individual Quick Freezing) 제품과 같이 탈각 후 수 시간 이내에 냉동되는 패류 가공품에는 적용 가능성이 높을 것으로 생각되었다.

압력처리에 따른 패각근 색의 변화

패류 중 비교적 성상이 균일하고 일정한 두께를 가진 패각근을 대상으로 하여 압력처리에 따라 육색의 변화를 관찰하였다. 그 결과, 5,000 psi 압력처리구에서는 유의할만한 색의 변화가 나타나지 않았다 (Fig. 2). 10,000 psi 처리구에서는 압력

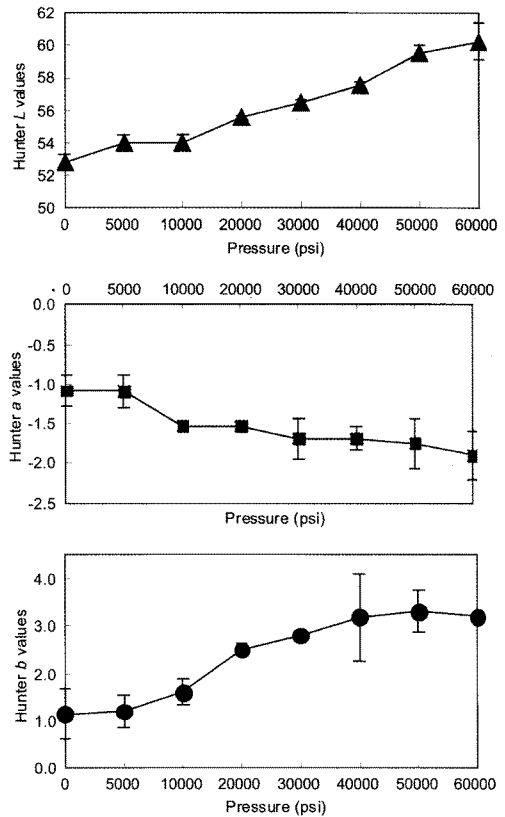


Fig. 2. Effect of high pressure treatment for 6 sec on Hunter L(a), a(b) and b(c) value of oyster adductor muscle. Vertical bars represent standard deviation of analysis.

의 증가와 더불어 백색도 (L 값)가 증가하였다. 30,000 psi 이상의 압력 처리구는 육안으로도 투명도가 감소하고 가열조리에 의한 백색화와 같은 변화가 관찰되었다. Hunter a 값은 압력의 증가와 더불어 감소하였다. 즉 녹색도가 증가하였는데 이러한 변화는 myofibrillar protein과 sarcoplasmic protein의 변성에 기인한다 (Angsupanich and Ledward, 1998). 보통 10,000-30,000 psi의 압력처리로 인하여 myosin 변성이 유도되는 것으로 알려져 있다 (Angsupanich and Ledward, 1998). 황색과 청색의 지표 (Hunter b 값)는 압력의 증가와 더불어 증가하였다. 이 연구에서 확인된 압력처리에 의한 굴 패각근에서의 L, a, b값의 변화 경향은 오징어 (Nagashima et al., 1993), 대구 및 고등어 근육 (Ohshima et al., 1993), 연어 (Amanatidou et al., 2000)에서의 변화와 일치하는 경향을 나타내었다. 수산물에서 색의 변화는 지방산화에 기인하는 경우가 많은데 astaxanthin과 같은 불포화 carotenoid계의 분해로 인한 것이 대표적인 예이다 (Rodriguez-Amaya, 1993). Angsupanich and Ledward (1998)는 60,000 psi 이상에서는 어육에서 급격히 지방산화가 촉진된다고 보고하였다. 또한 고압력 하에서는 근육 중에 유

리 금속이온의 함량이 증가하여 지방산화가 더욱 가속된다는 보고도 있다 (Cheah and Leward, 1997). 굴 패각근에서의 색 변화도 지방산화와 연관성이 있을 것으로 사료된다.

사 사

이 연구는 국립수산물품질관리원(RP-2009-FS-007)의 연구비 지원으로 수행되었습니다. 압력처리 시스템은 (주) 해진물산 소유의 장비와 설비를 사용하였으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Amanatidou, A., O. Schlueter, K. Lemkau, L.G.M. Gorris, E.J. Smid and D. Knorr. 2000. Effect of combined application of high pressure treatment and modified atmospheres on the shelf life of fresh Atlantic salmon. *Innovative Food Sci. Emerg. Technol.*, 1, 87-98.
- Angsupanich, K., and D.A. Ledward. 1998. High pressure treatment effects on cod (*Gadus morhua*) muscle. *Food Chem.*, 63, 39-50.
- Bosch, A., G. Sanchez, F. Le Guyader, H. Vanaclocha, L. Haugarreau and R.M. Pinto. 2001. *Water Sci. Technol.*, 43, 61-65.
- Brauch, G., U. Haesler and H. Ludwig. 1990. The effect of pressure on bacteriophage. *High Pressure Research*, 5, 767-769.
- Calci, K.R., G.K. Meade, R.C. Tezloff and D.H. Kingsley. 2005. High pressure inactivation of hepatitis A virus within oysters. *Appl. Environ. Microbiol.*, 71, 339-343.
- Cheah, P.B. and D.A. Ledward 1997. Catalytic mechanism of lipid oxidation following high pressure treatment in pork fat and meat. *J. Food Sci.*, 62, 1135-1138.
- Chen, H., D.G. Hoover and D.H. Kingsley. 2005. Temperature and treatment time influence high hydrostatic pressure inactivation of feline calicivirus, a norovirus surrogate. *J. Food Protec.*, 68, 2389-2394.
- Conaty, S., P. Bird, G. Bell, E. Kraa, G. Grohmann and J.M. McAnulty. 2000. Hepatitis A in New South Wales, Australia, from consumption of oysters: the first reported outbreak. *Epidemiol. Infect.*, 124, 121-130.
- Cook, D.W. 2003. Sensitivity of *Vibrio* species in phosphate-buffered saline and in oysters to high-pressure processing. *J. Food Protec.*, 66, 2276-2282.
- Cruz-Romero, M., M. Smiddy, C. Hill, J.P. Kerry and A.L. Kelly. 2004. Effects of high pressure treatment on physicochemical characteristics of fresh oysters (*Crassostrea gigas*). *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 5, 161-169.
- Drury R.A.B. and E.A. Wallington. 1980. Carleton's histological technique. Oxford University Press, Oxford, U.K., 520.
- Gaspar, L.P., J.E. Johnson, J.L. Silva and A.T. Da Poian. 1997. Partially folded states of the capsid protein of cowpea severe mosaic virus in the disassembly pathway. *J. Mol. Microbiol. Biotech.*, 273, 456-466.
- Grohmann, G.S., A.M. Murphy, P.J. Christopher, E. Auty and H.B. Greenberg. 1981. Norwalk virus gastroenteritis in volunteers consuming depurated oysters. *Australian J. Experl. Biol. Med. Sci.*, 59, 219-228.
- Grove, S.F., A. Lee, T. Lewis, C.M. Stewart, H. Chen and D.L. Hoover. 2006. Inactivation of foodborne viruses of significance by high pressure and other processes. *J. Food Protec.*, 69, 957-968.
- Halliday, M.L., L.Y. Kang, T.K. Zhou, M.D. Hu, Q.C. Pan and T.Y. Fu. 1991. An epidemic of hepatitis A attributable to the ingestion of raw clams in Shanghai, China. *J. Infec. Dis.*, 164, 852-859.
- He, H., R.M. Adams, D.F. Farkas and M.T. Morrissey. 2002. Use of high pressure processing for oyster shucking and shelf-life extension. *J. Food Sci.*, 67, 640-645.
- Kingsley, D.H., D. Guan and D.G. Hoover. 2005. Pressure inactivation of hepatitis A virus in strawberry puree and sliced green onions. *J. Food Protec.*, 68, 1748-1751.
- Kingsley, D.H., D.G. Hoover, E. Papafragkou and G.P. Richards. 2002. Inactivation of hepatitis A virus and a calicivirus by high hydrostatic pressure. *J. Food Protec.*, 65, 1605-1609.
- Koo, J., M.L. Jahnek., P.W. Reno, X. Hu and P. Mallikarjunan. 2006. Inactivation of *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio vulnificus* in phosphatebuffered saline and in inoculated whole oysters by high-pressure processing. *J. Food Protec.*, 69, 596-601.
- Murchie, L.W., M. Cruz-Romero, J.P. Kerry, M. Linton, M.F. Patterson and M. Smiddy. 2005. High pressure processing of shellfish: a review of microbiological and other quality aspects. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 6, 257-270.
- Murphy, A.M., G.S. Grohmann, P.J. Christopher, W.A. Lopez, G.R. Davey and R.H. Millsom. 1979. An Australia-wide outbreak of gastroenteritis from oysters caused by Norwalk virus. *Med. J. Australia*, 2, 329-333.
- Nagashima, Y., H. Ebina, M. Tanaka and T. Taguchi. 1993. Effect of high hydrostatic pressure on the

- thermal gelation of squid mantle meat. *Food Research Intern.*, 26, 119-123.
- Nuanalsuwan, S. and D.O. Cliver. 2003. Capsid functions of inactivated human picornaviruses and feline calicivirus. *App. Environ. Microbiol.*, 69, 350-357.
- Oliveira, A.C., D. Ishimaru, R.B. Goncalves, T.J. Smith, P. Mason and D. Sa-Carvalho. 1999. Low temperature and pressure stability of picornaviruses: implications for virus uncoating. *Biophys. J.*, 76, 1270-1279.
- Oshima, T., H. Ushio and C. Koizumi 1993. High-pressure processing of fish and fish products. *Trends Food Sci. Technol.*, 4, 370-375.
- Payment and Trudel, 1993. Isolation and identification of viruses: titration of viruses in cell culture by cytopathic effect. In: *Methods and Techniques in Virology*. Payment, P., M. Trudel, eds. Marcel Dekker, New York, USA, 32-33.
- Pontes, L., Y. Cordeiro, V. Giongo, M. Villas-Boas, A. Barreto and J.R. Araujo 2001. Pressure-induced formation of inactive tripleshelled rotavirus particles is associated with changes in the spike protein VP4. *J. Molecul. Biol.*, 307, 1171-1179.
- Rodriguez-Amaya, D.B. 1993. Stability of carotenoids during the storage of foods. In: G. Charalambous, Shelf life studies of foods and beverages: chemical, biological, physical and nutritional aspects. Rodriguez-Amaya, D. B., ed. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Holland, 591-628.
- Stewart, C.M. and M.B. Cole. 2001. Preservation by the application of nonthermal processing. In: *Spoilage of processed foods*. Moir, C.J., C. Andrew-Kabilafkas, G. Arnold, B. M. Cox, A. D. Hocking, and I. Jenson, eds. Australian Institute of Food Science and Technology Incorporated, Waterloo DC, Australia, 53-61.
- Styles, M.F., D.G. Hoover and D.F. Farkas. 1991. Response of *Listeria monocytogenes* and *Vibrio parahaemolyticus* to high hydrostatic pressure. *J. Food Sci.*, 56, 1404-1407.
- Wilkinson, N., A.S. Kurdziel, S. Langton, E. Needs and N. Cook. 2001. Resistance of poliovirus to inactivation by high hydrostatic pressures. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 2, 95-98.

2009년 4월 21일 접수

2009년 5월 1일 수정

2009년 6월 8일 수리