

초고압 처리한 생굴의 저장 중 미생물수 및 품질 변화

박환준 · 좌미경 · 현선희 · 임상빈[†] · 송대진

제주대학교 식품생명공학과

Microbial and Quality Changes during Storage of Raw Oyster Treated with High Hydrostatic Pressure

Whan-Jun Park, Mi-Kyung Jwa, Sun-Hee Hyun, Sangbin Lim[†] and Dae-Jin Song

Dept. of Food Bioengineering, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea

Abstract

Raw oysters were treated at 10°C and 22°C/350 MPa/15 min, and microbial counts and quality were measured during storage of 14 days at 10°C. Total viable cell count (TVCC) in untreated oyster increased greatly during storage from starting inoculum of 1.6×10^2 CFU/mL, and reached to 5.6×10^4 CFU/mL after 4 days of storage. TVCC of the pressure-treated was about 10^1 CFU/mL right after high hydrostatic pressure treatment and increased slowly during storage, and about 10^3 CFU/mL even after 7 days of storage. Lactic acid bacteria count (LABC) in the untreated was increased greatly during storage from starting inoculum of 3.3×10^3 CFU/mL at 3 days of storage, and 7.2×10^4 CFU/mL after 4 days of storage. LABC in the pressure-treated was detected only after 5 days of storage, and about 10^2 CFU/mL after 8 days of storage. The pH of the untreated was 6.19 and decreased gradually during storage, and 5.83 after 4 days of storage. The pH of the pressure-treated showed little change during storage, and 6.07, 6.03 and 5.82 after storage of 4, 8 and 14 days, respectively. Volatile basic nitrogen (VBN) in the untreated was 16.8 mg%, and maintained almost constant until 1 day of storage, and then increased suddenly, and 30.1 mg% after 4 days of storage. VBN of the pressure-treated stayed unchanged during storage, and about 20 and 23 mg% even after 4 and 8 days of storage, respectively. Hunter L*, a* and b* values were increased until 2 days of storage and then showed no change during storage. Demerit score was the lowest in the thawed raw oyster, and then in the increasing order of the pressure-treated (4 day and 8 day storage) and the untreated (4 day storage).

Key words: oyster, high hydrostatic pressure, microbial and quality changes

서 론

굴은 우리나라 모든 연안에 자생하고 있으나 그 생산량이 많지 않고, 지금은 대부분이 연승 수하식으로 양식에 의하여 청정해역인 통영 부근 및 여수 가막만 해역에서 생산되고 있다. 2004년도 양식 굴의 연간 생산량은 25,690 M/T로 그 중 14,660 M/T(생굴: 2,222, 냉동굴: 7,010, 마른굴: 509, 통조림: 4,919 M/T)는 수출되고, 나머지는 국내에서 소비되는데 그 중 30%는 생굴로, 나머지는 냉동굴로 유통되고 있는 것으로 파악되고 있다(1,2).

굴은 영양소의 보고로서, 영양분을 균형 있게 함유하고 있기 때문에 '바다의 우유'라 하여 우수한 영양식품으로 호평을 받고 있다. 굴 육질의 대략적인 성분 조성은 수분이 76.0%, 조단백이 11.6%, 조지방이 1.8%, 회분이 2.3%이고, 나머지는 glycogen으로서 5~8%에 이른다(3). 또한 굴은 글리코겐, 철분, 타우린, 셀레늄, 카로테노이드, 아미노산, 비타

민 등을 다양하게 함유하고 있는데, 이러한 물질들은 혈액을 생성하거나 생성된 혈액을 맑게 해주는 작용이 뛰어나며 항암성 등 생리활성을 지니고 있는 것으로 알려져 있다(4).

그러나 굴은 쉽게 변질되는 특성을 가지고 있어 냉장 조건에서도 저장수명이 짧다. 특히 육 조직이 다른 패류보다도 연하여 소화 분해되기 쉬운 특징을 가지고 있어서 단백질의 이용효율이 높으나, 가공, 유통 중 부적절한 온도 조건으로 인하여 품질저하가 빨리 일어나는 단점이 있다. 또한 다른 가공품에 비하여 유통 중에 미생물 오염, 영양성분 파괴뿐만 아니라, 효소활성으로 인하여 맛, 색, 향 등의 손실이 초래되므로 유통기간이 짧을 뿐만 아니라 유통조건이 까다로워 소비자의 불만이 높은 제품이다.

우리나라에는 생굴의 유통기간에 대한 법적 규제가 없으나, 일본에서는 생굴의 유통기간을 10°C에서 4일로 규정하고 있다. 굴을 가열살균하면 저장기간을 연장시킬 수 있으나 가열처리에 따른 생굴 본래의 독특한 풍미와 조직감의 변질

[†]Corresponding author. E-mail: sblim@cheju.ac.kr
Phone: 82-84-754-3617, Fax: 82-64-755-3601

때문에 바람직하지 않다. 그러므로 굴의 원래 품질을 유지하면서 병원성 미생물이나 부패성 미생물을 효과적으로 살균할 수 있는 새로운 가공 방법의 개발이 필요하다.

최근 초고압을 이용한 가공방법이 비열처리 가공방법으로서 주목을 받고 있는데, 이는 상온에서 미생물을 살균하고 효소를 불활성화 시키면서도 풍미, 조직감, 그리고 영양 성분의 변화를 최소화하여 원래 제품의 품질을 유지할 수 있기 때문이다(5-7).

굴의 부패에 관여하는 주요 미생물에는 그람음성 단백질 분해 균주로서 amine과 ammonia를 생산하는 *Pseudomonas* 및 *Vibrio*와 그람양성 당질 분해 균주로서 pH를 감소시키는 *Lactobacillus*가 있다(8).

지금까지 굴의 초고압 처리에 대한 연구는 주로 *Vibrio* spp.의 살균에 대한 것들이었다. *Vibrio* spp.는 고압에 비교적 민감하여 상온/250~350 MPa에서 1~3분의 처리로 멸균되므로 대다수의 연구는 *Vibrio* spp.의 살균조건에서 굴을 초고압 처리하여 저장 중 품질변화를 살펴보았다(9). 한편 *E. coli*는 이보다 높은 초고압 처리조건에서 살균되는 것으로 알려져 있는데, 우리나라에서 양식하고 있는 굴은 육지에서 유입되는 하수에 의하여 오염될 가능성을 배제할 수 없으므로 *E. coli*의 살균도 중요하다. 따라서 적절한 초고압 살균 방법으로 *V. parahaemolyticus* 이외에도 *E. coli*까지 살균될 수 있는 처리조건에서 처리한 굴의 저장 중 품질변화에 대한 연구가 필요할 것으로 판단되었다. 생굴을 초고압 조건을 달리하여 처리한 결과 생굴 섭취시 위해요소인 *V. parahaemolyticus*와 *E. coli*는 각각 상온(22°C)/200 MPa/10분과 10°C/350 MPa/15분의 조건에서 초고압 처리하였을 때 멸균되는 것으로 판명되었다(10).

따라서 본 연구에서는 *E. coli*의 초고압 멸균 조건에서 생굴을 처리하여 10°C 저장 중 미생물수와 품질 변화를 측정하여 저장성 증진 효과를 검증하였다.

재료 및 방법

굴

굴(*Crassostrea gigas*)은 경남 통영의 한산만 소재 양식장에서 채취하여 탈각한 것(체장 7.2 ± 0.5 cm, 체중 10.5 ± 2.5 g)을 2004년 12월에 구입한 후 -20°C에 저장하면서 필요시 흐르는 물에서 해동하여 사용하였다.

초고압 처리 및 저장실험

생굴 100 g를 멸균된 폴리프로필렌 병에 가한 후 멸균 인공해수 50 mL을 가하여 밀봉하였다. 이 병을 압력 매체로 증류수가 들어 있는 초고압 장치(MFP-7000, Mitsubishi, Japan)의 고압 용기(55×5.1 cm)에 가한 후 초고압 처리하였다. 굴의 초고압 처리조건은 상온(22°C)/350 MPa/15분과 10°C/350 MPa/15분이었다. 압력 상승속도는 초당 2.5 MPa

이었고, 감압에 걸리는 시간은 15초였다. 무처리 시료와 초고압 처리한 시료는 10°C에서 14일간 저장하면서 미생물수와 품질변화를 측정하였다.

총세균수, 저온세균수 및 젖산균수 측정

굴 중의 미생물은 표준평판배양법(11)으로 총세균수, 저온세균수, 젖산균수를 측정하였다. 총세균과 저온세균은 표준한천배지에서 각각 35°C와 25°C에서 48시간 배양하였다. 젖산균수는 0.133%의 초산을 가하여 최종 pH를 5.5로 조정된 Rogosa SL agar 배지에서 37°C/72시간 배양한 후 집락수 30~300개인 평판을 택하여 집락수를 측정하고 회석배수를 곱하여 단위부피당 미생물수를 3회 반복 측정하여 평균하였다.

품질 측정

굴의 pH: 분쇄한 굴 10 g에 100 mL의 증류수를 가한 후 혼합하여 BagMixer(model 400, Interscience, France)에서 6 strokes/초의 속도로 3분 동안 분쇄한 후 pH 미터(Corning, NY, USA)로 측정하였다.

휘발성 염기질소: 굴 5 g를 원심분리관에 취하여 증류수 25 mL와 20% TCA 5 mL를 가한 후 3,000 rpm에서 20분간 원심분리시켰다. 상정액을 여과지(Toyo No. 5A)로 여과한 후 2% TCA로 50 mL 정용하여 시료로 사용하였다. Conway 미량확산용기 내실에 봉산흡수제 1 mL를 가하고, 외실에 포화 K_2CO_3 1 mL와 시료 1 mL를 가한 후 즉시 덮개를 덮어 클립으로 고정하였다. 미량확산용기를 전후좌우로 기울이면서 회전하여 외실에 있는 시료와 K_2CO_3 포화용액이 잘 섞이도록 하였다. 이를 30°C의 배양기에서 2시간 방치한 후 0.1 N HCl로 적정하였다(12).

색상: 굴의 색도는 색차계(Tokyo Denshoku Co., Ltd., Japan)로 3회 측정하여 L값(명도), a값(적녹도), b값(황청도)으로 나타내었으며, ΔE 는 $(\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$ 이었다. 이 때 표준백색판의 L^* , a^* , b^* 값은 각각 96.25, -0.18, 0.24이었다.

관능검사: 굴과 침수에 대한 관능검사는 일본의 식품·첨가물 등의 규격기준(13)에 의거하여 냄새, 굴의 색, 굴의 상태, 침수의 색, 침수의 상태에 대하여 식품생명공학과 학생 24명을 대상으로 실시하였다(Table 1). 3점 척도(13)를 이용하여 각 품질 특성에 대하여 demerit point에 대하여 점수화하였는데, 낮은 점수일수록 고품질을 의미한다.

통계처리: 실험결과는 SAS package(14)를 이용하여 통계 처리하였으며, Duncan's multiple range test에 의하여 분석하였고, 유의성 검증은 $\alpha=0.05$ 에서 시행하였다.

결과 및 고찰

초고압 처리한 생굴의 저장 중 총세균수, 저온세균수 및 젖산균수의 변화

무처리 굴과 초고압 처리한(350 MPa/15분) 굴의 10°C 저

Table 1. Quality assessment scheme used to identify the quality index demerit scores

Parameter	Quality index being assessed	Demerit points
Smell	No changes	0
	Unpleasant smell	1
	Strong unpleasant smell	2
Color of oyster meat	No changes (creamy white)	0
	Whitening of color (decolorization)	1
	White or gray color (discoloration)	2
Texture of oyster meat	No changes (firm, elastic)	0
	Swelling (expansion)	1
	Softened flesh and loosened digestive system	2
Appearance of oyster liquor	No changes (clear and transparent)	0
	Hazy (light milky)	1
	Very hazy, floating flesh pieces and fragments of digestive organs	2
Viscosity of oyster liquor	No changes (no viscosity)	0
	Mucus visible (viscous)	1
	Large quantity of mucus visible (very viscous)	2

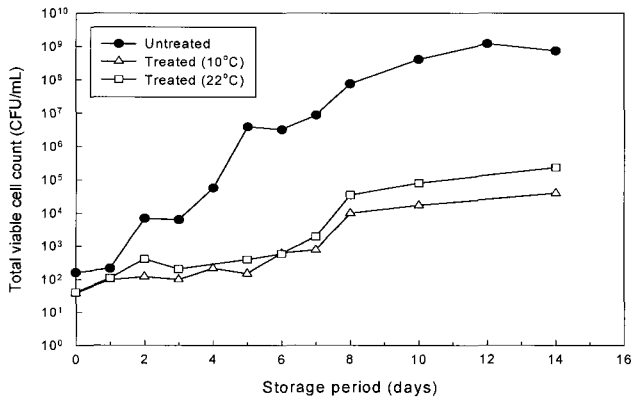


Fig. 1. Changes in total viable cell count during storage of raw oyster treated with high hydrostatic pressure at 350 MPa/15 min.

장 중 총세균수의 변화는 Fig. 1과 같았다. 무처리한 굴의 초기 총세균수는 1.6×10^2 CFU/mL이었는데, 저장 중 급격히 증가하였으며 저장 4, 8, 14일에 각각 5.6×10^4 , 7.5×10^7 , 7.3×10^8 CFU/mL이었다. 초고압 처리한 굴은 초기 총세균수가 약 10^1 CFU/mL로 초고압 처리에 의하여 약 1 log cycle 감소하였으며, 저장기간 동안 균수의 증가가 크지 않아 저장 7일까지는 약 10^3 CFU/mL 이하를 유지하였으며, 저장 14일 후에는 약 10^5 CFU/mL이었다. 10°C에서 4일 저장하는 동안 무처리균은 총균수가 약 10^4 CFU/mL로 2 log cycle 증가한 반면, 초고압 처리균은 저장 14일 후에도 무처리균 저장 4일 째와 비슷하였다.

무처리 굴과 초고압 처리한 굴의 10°C 저장 중 저온세균수의 변화는 Fig. 2와 같았다. 무처리한 굴의 초기 저온세균수는 9.5×10^2 CFU/mL이었으나, 저장기간 동안 급격히 증가하였으며 저장 4, 8, 14일에 각각 9.7×10^4 , 2.0×10^7 , 7.5×10^8 CFU/mL이었다. 초고압 처리한 굴은 초기 저온세균수가 약 10^2 CFU/mL로 초고압 처리에 의하여 약 1 log cycle 감소하

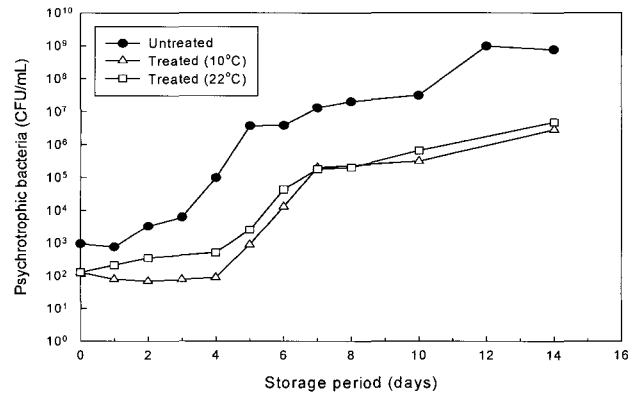


Fig. 2. Changes in psychrotrophic cell count during storage of raw oyster treated with high hydrostatic pressure at 350 MPa/15 min.

였으며, 저장 4일까지는 약 10^2 CFU/mL를 유지하였지만 그 이후 급격히 증가하기 시작하여, 저장 8일과 14일에는 각각 약 10^5 와 10^6 CFU/mL이었다.

무처리 굴과 초고압 처리한 굴의 10°C 저장 중 젖산균수의 변화는 Fig. 3과 같았다. 무처리한 굴에는 초기에 젖산균이 존재하지 않았으나 저장 2일 이후부터 검출되기 시작하여 저장 3일에는 3.3×10^3 CFU/mL를 시작으로 급격히 증가하기 시작하였으며, 저장 4, 8, 14일에 각각 7.2×10^4 , 7.7×10^7 , 1.1×10^9 CFU/mL이었다. 초고압 처리한 굴은 저장 4, 5일까지 젖산균이 검출되지 않았으나 그 이후에는 검출되기 시작하여 저장 8일과 14일에는 각각 약 10^2 와 10^3 CFU/mL이었다. *V. parahaemolyticus*와 *E. coli*는 초고압 처리 전후와 저장기간 14일 동안 검출되지 않았다.

미국식품의약청은 굴과 같은 쌍각류에서 표준 호기성 미생물수는 500,000 CFU/g 이하로 규정하고 있고, 1,000,000 CFU/g 이상이면 표준 이하의 품질로 규정하고 있다. 본 실험결과에 따르면 무처리균은 총세균수가 저장 5일부터 10^6

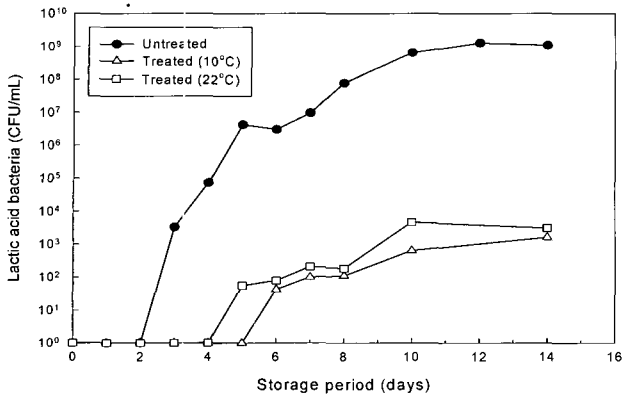


Fig. 3. Changes in lactic acid bacteria count during storage of raw oyster treated with high hydrostatic pressure at 350 MPa/15 min.

CFU/mL 이상이었지만, 초고압 처리군은 저장 14일 후에도 10⁵ CFU/mL를 나타내었다. 저온세균수는 무처리군이 저장 5일부터 10⁶ CFU/mL 이상이었던 반면, 초고압 처리군은 저장 10일에도 약 10⁵ CFU/mL이었으며, 저장 14일 후에는 10⁶ CFU/mL를 나타내었다. 젖산균수도 무처리군은 저장 5일부터 10⁶ CFU/mL 이상이었던 반면, 초고압 처리군은 저장 14일에도 약 10³ CFU/mL를 나타내었다. 이상의 결과, 굴을 초고압으로 처리하면 무처리군에 비하여 총세균, 저온세균, 젖산균의 생육억제에 현저한 효과가 있어 저장기간 동안 미생물의 증식을 지연시킬 수 있음을 알 수 있었다.

Carlez 등(15)은 초고압 처리로 *Pseudomonas*, *Lactobacillus*와 *coliforms*의 군수가 3~5 log cycle 감소하였다고 보고하였다. 초고압으로 처리하면 미생물은 형태 변화, 생화학적 반응, 유전적 기작, 세포벽에 변화를 일으키거나(16), key enzymes의 불활성화와 세포벽 투과성이 변화되어 미생물이 사멸되는 것으로 보고하였다(17).

Lopez-Caballero 등(8)은 굴을 7°C/400 MPa/10분의 처리로 *coliforms*, *E. coli*와 총세균을 멸균시킬 수 있었으며, 초고압 처리로 치명적인 상해 또는 세포에 스트레스를 주어 젖산균과 총세균의 성장을 지연시킬 수 있었다고 보고하였다. He 등(18)도 굴을 초고압 처리(압력: 207~311 MPa, 시간: 0~2분)하였을 때 초기 총세균수가 2 또는 3 log까지 감소하였으며, 3°C에서 27일 저장기간 동안 그 수를 유지하였다고 보고하였다.

초고압 처리한 생굴의 저장 중 품질 변화

굴의 pH: 굴의 저장 중 pH 변화는 품질 변화를 알려주는 주요 지표로, 일반적으로 패류는 어류나 다른 갑각류와는 달리 화학적 조성에서 차이가 있으며, 특히 탄수화물(glycogen)의 함량이 높고, 총질소의 함량이 낮다. 굴의 부패는 비교적 높은 함량의 glycogen에 기인하며 발효과정을 통하여 유기산의 축적으로 pH의 점차적 감소로 나타나는데, pH가 6.2~5.9는 "good", 5.8은 "off", 5.7~5.5는 "musty", 5.2

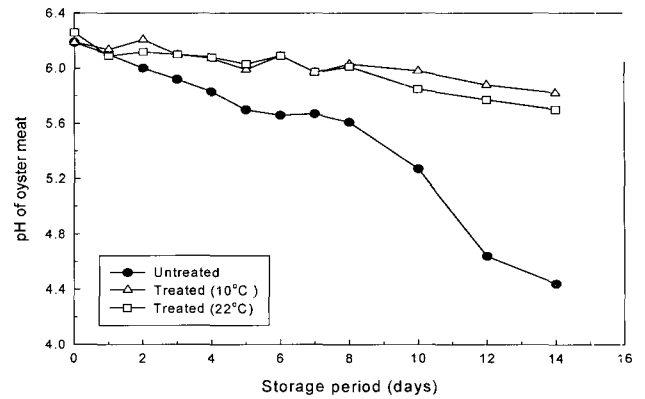


Fig. 4. Changes in pH of oyster meat during storage of raw oyster treated with high hydrostatic pressure at 350 MPa/15 min.

이하는 "sour" 또는 "putrid"로 규정하고 있다(19).

무처리 굴과 초고압 처리한 굴의 저장 중 pH 변화는 Fig. 4와 같다. 무처리한 굴의 초기 pH는 6.19이었는데, 저장 중 지속적으로 감소하였으며 저장 4, 8, 14일에 각각 5.83, 5.61, 4.44이었다. 초고압 처리한 굴의 pH는 각각 6.26과 6.19로 초고압 처리에 의한 변화가 거의 없었으며, 저장 중 pH 변화가 매우 작았고 10°C에서 초고압 처리한 굴인 경우에는 저장 4, 8, 14일에 pH가 각각 6.07, 6.03, 5.82로 매우 높은 값을 유지하였다. 이상의 결과, 무처리 굴은 저장 5일 이후부터 pH가 5.8 이하로 떨어진 반면, 10°C에서 초고압 처리한 굴은 저장 14일 후에도 pH 5.82를 유지하였고, 상온(22°C)에서 초고압 처리한 경우에도 저장 12일까지는 거의 같은 pH를 유지하였다.

He 등(18)은 무처리 굴의 pH는 2~4°C에서 16일 저장 후 5.1로 떨어져 한 것을 확인할 수 있었으며, 초고압 처리 굴은 초고압 처리에 의한 미생물수 감소로 4주 저장기간 동안 pH가 6.3에서 점차적으로 감소하였고 5.8 이상을 유지하였으며, Lopez-Caballero 등(8)은 7°C/400 MPa/10분 처리한 굴은 2°C 저장 중 pH 감소가 없었는데, 이는 초고압 처리로 굴 중의 미생물이 살균되었기 때문이었다고 보고하였다. 한편 초고압 처리한 굴이 무처리 굴에 비하여 pH 값이 높은 경우가 있는데, 이는 단백질 변성과 관련이 있거나 굴 조직의 pH보다 높은 pH를 갖는 해수(pH 약 8.2)가 굴 조직 사이에 남아 있다가 초고압 처리에 의하여 육조직으로 흡수된 것이라 하였다(20,21).

휘발성 염기질소: 무처리 굴과 초고압 처리한 굴의 저장 중 휘발성 염기질소의 변화는 Fig. 5와 같았다. 일반적으로 휘발성 염기질소의 함량은 극히 신선한 어육에서는 5~10 mg%, 보통선도의 어육에서는 15~25 mg%, 초기부패의 어육에서는 30~40 mg%, 부패한 어육에서는 50 mg% 이상으로 알려져 있다(22). 무처리한 굴의 초기 휘발성 염기질소는 16.8 mg%이었는데, 저장 1일까지는 변화가 없다가 그 이후 급격히 증가하였으며, 저장 4, 8, 14일에 각각 30.1, 43.4, 60.7

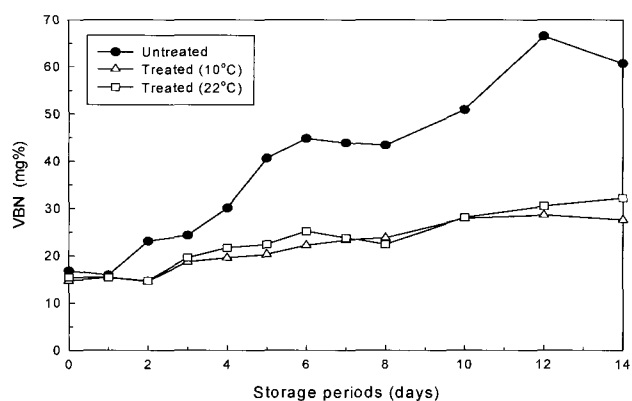


Fig. 5. Changes in volatile basic nitrogen during storage of raw oyster treated with high hydrostatic pressure at 350 MPa/15 min.

mg%로 저장 3일 이후부터는 부패되고 있음을 알 수 있었고 부패취를 감지할 수 있었다. 한편 초고압 처리한 굴의 휘발성 염기질소는 저장 중 변화가 그다지 크지 않아 저장 4일과 8일에 각각 약 20과 23 mg%로 보통 선도의 어육에 해당되는 값을 나타내었으며, 14일 후에도 10°C와 22°C에서 초고압 처리한 굴의 휘발성 염기질소의 값은 각각 27.6과 32.2 mg%로 초기 부패치에 이르렀다.

Lopez-Caballero 등(8)은 무처리한 생굴의 초기 휘발성 염기질소의 값은 13.3 mg%이었지만 2°C에서 10일 저장 후에는 25~30 mg%로 부패치에 이르렀으며 부패취가 감지된 반면, 7°C/400 MPa/10분 처리한 굴은 13일 저장 후에도 약 20 mg%이었으며 부패취가 감지되지 않았다고 보고하였다.

색상: 초고압 처리한 굴은 무처리 굴에 비하여 Hunter L*, a*, b*값이 모두 높았다(Table 2). 무처리 굴은 저장 초기에 L*, a*와 b*값이 증가한 후 저장 2일부터는 일정한 경향을 나타내었다. 초고압 처리한 굴도 무처리 굴과 마찬가지로 저장 초기에 L*, a*와 b*값이 증가한 후 저장 2일부터 일정한 경향을 나타내었다.

Cruz-Romero 등(20)도 굴을 100~800 MPa/20°C/10분 처리하였을 때 처리 압력의 증가에 따라 Hunter L*값이 증가하였고, Hunter a*값은 감소하였는데, 이는 근원섬유(myofibrilla)와 근소포(sarcoplasmic) 단백질의 변성과 관련이 있다고 보고하였다(23).

굴의 변색은 내장중의 chlorophyll과 carotenoid 색소에 의한 것인데, 굴 육의 변색은 이들 색소가 초고압 처리 및 저장 중에 내장에서 육으로 확산 이행되는 것이 주요인이고, 그 중 carotenoid의 이행에 따른 굴 육의 황변이 변색의 주동적 역할을 한다고 하였다(24).

관능검사: 지금까지 연구에 의하면 demerit score로 나타낸 수산물의 관능적 품질과 저장 수명과는 직선적인 상관관계를 잘 보여주므로, 이 방법을 이용한 관능검사를 통하여 수산물의 저장수명을 예측할 수 있게 된다(25).

굴과 침수의 관능적 품질을 비교하기 위하여 일본의 식품, 첨가물 등의 규격기준(13)에 의거하여 냄새, 굴의 색, 굴의 상태, 침수의 색, 침수의 상태에 대하여 측정된 결과는 Table 3과 같았다. Demerit score의 합을 보면 해동한 생굴이 가장 낮은 점수를 보였으며, 그 다음으로 10°C에서 초고압 처리한 후 10°C에서 4일 저장한 굴, 8일 저장한 굴의 순이었고, 초고압 처리를 행하지 않고 4일 저장한 생굴이 가장 높은 점수를 보였다. 이와 같이 초고압 처리한 굴은 10°C에서 4일과 8일 저장 후에도 무처리 4일 저장한 굴보다는 높은 품질을 유지하여 초고압 처리로 저장기간을 2배 이상 증진시킬 수 있음을 알 수 있었다.

He 등(18)도 초고압 처리 압력(207~311 MPa)과 시간(0~2분)을 달리하여 처리한 굴은 2~4°C에서 22일간 저장 동안 무처리 굴에 비하여 높은 품질을 유지하였다고 보고하였다. Lopez-Caballero 등(8)은 굴의 조직감은 초고압 처리 전후 다소 차이가 있었지만, 일주일 저장 후에는 shear strength가 초기의 두 배가 되었는데, 이는 myofibrillar fraction의 변성에 의한 응집과 수분 손실에 기인한다고 보

Table 2. Changes in Hunter L*, a* and b* values of raw oyster treated with high hydrostatic pressure at 350 MPa/15 min during storage at 10°C

Treatment (MPa/min)	Storage period (day)											
	0	1	2	3	5	6	7	8	10	12	14	
Un-treated	L*	38.6±0.1 ^c	40.4±1.1 ^c	54.6±3.0 ^a	53.9±1.9 ^a	51.7±4.6 ^{ab}	-	-	-	-	-	-
	a*	0.2±0.0 ^d	0.8±0.3 ^d	3.0±1.0 ^a	3.2±1.4 ^a	3.5±0.6 ^b	-	-	-	-	-	-
	b*	6.9±0.8 ^c	8.9±0.9 ^{bc}	10.5±2.1 ^{abc}	13.2±2.4 ^a	11.3±0.5 ^{ab}	-	-	-	-	-	-
	ΔE	57.8±0.2 ^a	56.3±1.1 ^a	42.5±3.3 ^c	44.0±1.8 ^{bc}	45.8±4.2 ^{bc}	-	-	-	-	-	-
Treated (10°C)	L*	47.1±0.3 ^b	58.6±2.6 ^a	54.9±2.3 ^a	55.4±0.5 ^a	59.6±1.2 ^a	55.2±2.4 ^a	54.8±1.1 ^a	56.2±3.1 ^a	54.9±4.9 ^a	58.8±4.5 ^a	58.0±1.3 ^a
	a*	0.7±0.0 ^d	2.6±0.6 ^{bc}	3.4±0.1 ^b	3.0±0.1 ^{bc}	3.6±0.7 ^b	3.6±0.5 ^b	2.3±0.6 ^{bcd}	3.4±0.3 ^b	2.5±0.6 ^{bc}	3.6±0.3 ^b	7.2±1.4 ^a
	b*	9.8±1.0 ^a	10.1±1.5 ^c	9.3±1.1 ^{bc}	11.0±0.9 ^{bc}	12.2±1.1 ^c	10.3±1.3 ^{bc}	11.1±0.1 ^{abc}	10.4±0.9 ^{bc}	11.2±0.8 ^{abc}	13.2±1.4 ^c	10.7±0.8 ^c
	ΔE	49.9±0.1 ^a	38.9±2.3 ^c	42.0±2.0 ^{bc}	41.9±0.3 ^{bc}	38.4±0.8 ^c	42.3±2.0 ^{bc}	42.7±0.9 ^{bc}	41.4±2.7 ^{bc}	42.8±4.6 ^{bc}	39.8±3.9 ^c	40.3±1.5 ^c
Treated (22°C)	L*	45.4±2.4 ^d	58.0±2.0 ^{ab}	55.5±3.7 ^{ab}	56.6±1.7 ^{ab}	57.9±1.1 ^{ab}	52.4±2.4 ^{bc}	57.7±1.0 ^{ab}	55.5±1.9 ^{ab}	58.9±1.5 ^a	57.8±2.3 ^{ab}	58.0±3.8 ^{ab}
	a*	2.5±0.1 ^{de}	3.2±0.6 ^{abcd}	4.4±0.8 ^a	3.6±0.2 ^{abcd}	3.7±0.6 ^{abcd}	2.2±0.9 ^{bcd}	1.6±1.5 ^{cde}	4.2±0.0 ^{ab}	3.4±1.1 ^{abc}	3.1±0.7 ^a	3.9±0.9 ^{abcd}
	b*	6.7±0.1 ^d	8.8±1.1 ^c	9.7±0.3 ^c	9.5±0.7 ^c	9.9±1.1 ^c	10.3±0.3 ^c	12.3±0.8 ^{ab}	10.4±0.4 ^{bc}	12.5±0.3 ^{ab}	12.5±1.3 ^{ab}	12.8±1.2 ^a
	ΔE	51.2±2.4 ^a	39.3±1.7 ^c	41.6±3.6 ^c	40.4±1.5 ^c	39.4±0.8 ^c	44.9±2.4 ^{bc}	40.4±1.0 ^c	42.1±1.7 ^c	39.4±1.5 ^c	40.4±2.0 ^c	40.4±3.3 ^c

The same superscripts in the same row are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

Table 3. Demerit scores of raw oyster treated with high hydrostatic pressure at 10°C/350 MPa/15 min after storage for 4 and 8 days at 10°C

Parameters	Untreated		Treated	
	Storage period (day)		Storage period (day)	
	0	4	4	8
Smell	0.25±0.52 ^c	1.33±0.75 ^a	0.83±0.75 ^b	0.92±0.70 ^b
Color of oyster meat	0.54±0.76 ^b	1.38±0.75 ^a	1.33±0.62 ^a	1.21±0.64 ^a
Texture of oyster meat	0.54±0.64 ^c	1.71±0.45 ^a	1.08±0.76 ^b	1.17±0.62 ^b
Appearance of oyster liquor	0.71±0.73 ^b	1.50±0.64 ^a	1.42±0.49 ^a	1.46±0.64 ^a
Viscosity of oyster liquor	0.67±0.69 ^b	1.34±0.70 ^a	0.96±0.66 ^b	1.00±0.58 ^{ab}
Sum of demerit points	2.71±2.79 ^c	7.26±2.60 ^a	5.62±2.36 ^b	5.76±2.20 ^b

The same superscripts in the same row are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

고하였다. 또한 모든 압력에서 초고압 처리 후 굴의 좁은 더 점성이 있으며, 이는 염용성 단백질의 추출 때문으로 추정하였다.

요 약

생굴을 10°C와 22°C/350 MPa/15분의 조건에서 초고압 처리하여 10°C 저장 중 미생물수와 품질 변화를 측정하였다. 무처리한 굴의 초기 총세균수는 1.6×10^2 CFU/mL이었는데, 저장기간 동안 급격히 증가하였으며 저장 4일에 5.6×10^4 CFU/mL이었다. 초고압 처리한 굴은 초기 총세균수가 약 10^1 CFU/mL이었는데, 저장 7일에는 약 10^3 CFU/mL로 저장기간 동안 세균수의 증가가 적었다. 무처리한 굴에는 초기에 젖산균이 존재하지 않았으나 저장 2일 이후부터 검출되기 시작하여 저장 3일에는 3.3×10^3 CFU/mL를 시작으로 급격히 증가하기 시작하였으며, 저장 4일에 7.2×10^4 CFU/mL이었다. 초고압 처리한 굴은 저장 4, 5일까지 젖산균이 검출되지 않았으나 그 이후에는 검출되기 시작하여 저장 8일에는 약 10^2 CFU/mL이었다. 무처리한 굴의 초기 pH는 6.19이었는데, 저장 중 지속적으로 감소하였으며 저장 4일에 5.83이었다. 초고압 처리한 굴은 저장 중 pH 변화가 매우 작았으며 저장 4, 8, 14일에 pH가 각각 6.07, 6.03, 5.82로 매우 높은 값을 유지하였다. 무처리한 굴의 초기 휘발성 염기질소는 16.8 mg%이었는데, 저장 1일까지는 변화가 없다가 그 이후 급격히 증가하였으며, 저장 4일에 30.1 mg%이었다. 초고압 처리한 굴의 휘발성 염기질소는 저장 중 변화가 크지 않아 저장 4일과 8일에 각각 약 20과 23 mg%로 보통 선도의 어육에 해당되는 값을 나타내었다. 초고압 처리한 굴은 무처리 굴에 비하여 Hunter L*, a*와 b*값이 모두 높았으며, 처리 여부에 관계없이 저장 초기에 L*, a*와 b*값이 증가한 후 저장 2일부터는 일정한 경향을 나타내었다. Demerit score에 의한 관능검사 결과 해당한 생굴이 가장 낮은 점수를 보였으며, 그 다음으로 10°C에서 초고압 처리한 후 10°C에서 4일 저장한 굴, 8일 저장한 굴의 순이었고, 초고압 처리를 행하지 않고 4일 저장한 생굴이 가장 높은 점수를 보였다.

문 헌

1. Ministry of Maritime Affairs & Fisheries. 2004a. *Fisheries Production Statistics*. Vol 12, p 34-36.
2. Ministry of Maritime Affairs & Fisheries. 2004b. *Annual Report of Exports & Imports of Fishery Products*. p 28-29.
3. Linehan LG, O'Connor TP, Burnell G. 1999. Seasonal variation in the chemical composition and fatty acid profile of Pacific oyster. *Food Chem* 64: 211-214.
4. Hur SH, Lee HJ, Hong JH. 2002. Characterization of materials for retort processing in oyster porridge. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 770-774.
5. Styles MF, Hoover DG, Farkas DF. 1991. Response of *Listeria monocytogenes* and *Vibrio parahaemolyticus* to high hydrostatic pressure. *J Food Sci* 56: 1404-1407.
6. Berlin DL, Herson DS, Hicks DT, Hoover DG. 1999. Response of pathogenic *Vibrio* species to high hydrostatic pressure. *Appl Environ Microbiol* 65: 2776-2780.
7. Ohshima T, Ushio H, Koizumi C. 1993. High pressure processing of fish and fish products. *Trends Food Sci Technol* 4: 370-375.
8. Lopez-Caballero ME, Perez-Mateos M, Montero P, Bonderias AJ. 2000. Oyster preservation by high-pressure treatment. *J Food Protect* 63: 196-201.
9. Patterson MF. 2005. A review: microbiology of pressure-treated foods. *J Appl Microbiol* 98: 1400-1409.
10. Park WJ, Jwa ML, Hyun SH, Lim S, Song DJ. 2006. High hydrostatic pressure sterilization of *V. parahaemolyticus* and *E. coli* in raw oyster. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 935-939.
11. Korea Foods Industry Association. 2002. *Code of Food*. p 630-632, 641.
12. Yang ST, Lee EH. 1972. Freshness of fish and shrimp during cold storage. *Bull Pusan Fish Coll* 12: 703-712.
13. Ministry of Health, Labor and Welfare. 1984. Panel test (visual examination, sensory examination): standardized criteria on food and additives in Japan. Notification No. 370.
14. SAS Institute Inc. 1996. *SAS User's Guide*. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA.
15. Carlez A, Rosec JP, Richard N, Cheftel JC. 1994. Bacterial growth during chilled storage of pressure-treated minced meat. *Lebensm-Wiss Technol* 27: 48-54.
16. Smelt JPPM. 1998. Recent advances in the microbiology of high pressure processing. *Trends Food Sci Technol* 9: 152-158.
17. Seyderhelm I, Boguslawski S, Michaelis G, Knorr D. 1996. Pressure induced inactivation of selected food enzymes. *J Food Sci* 61: 308-310.
18. He H, Adams RM, Farkas DF, Morrissey MT. 2002. Use

- of high-pressure processing for oyster shucking and shelf-life extension. *J Food Sci* 67: 640-645.
19. Jay JJ. 1996. *Modern Food Microbiology*. 5th ed. Chapman Hall, New York. p 127.
 20. Cruz-Romero M, Smiddy M, Hill C, Kerry JP, Kelly AL. 2004. Effects of high pressure treatment on physicochemical characteristics of fresh oysters. *Innov Food Sci Emerg Technol* 5: 161-169.
 21. Zhang JZ. 2000. The use of pH and buffer intensity to quantify the carbon cycle in the ocean. *Marine Chem* 70: 121-131.
 22. Park YH, Chang DS, Kim SB. 1994. *Processing and Utilization of Fisheries*. Hyungseul Publisher, Seoul. p 403.
 23. Ledward DA. 1998. High-pressure processing of meat and fish. In *Fresh Novel Foods by High-Pressure*. Autio K, ed. Proceedings of VTT Symposium 186, Technical Research Center of Finland, Espoo, Finland. p 165-175.
 24. Lee KH, Choe WK, Pyeun JH, Kim MN. 1976. Discolorization of canned boiled oyster. *Bull Kor Fish Soc* 9: 111-119.
 25. Nielsen J, Jessen K. 1997. New development in sensory analysis for fish and fishery products. In *Seafood from Producer to Consumer Integrated Approach to Quality*. Luten JB, Borresen T, Oehlenschlager J, eds. Elsevier, Amsterdam. p 537-547.

(2006년 6월 23일 접수; 2006년 11월 27일 채택)