

초고압 가공이 조미오징어의 저장성에 미치는 영향

고징유¹ · 조운운¹ · 최근표² · 박영범² · 안주희^{1*}

¹강원대학교 생물소재공학과
²강원도립대 식품가공제과제빵과

Effect of High Pressure Processing on the Shelf Life of Seasoned Squid

Jingyu Gou¹, Yunyun Zou¹, Geun-Pyo Choi², Young-Beom Park², and Juhee Ahn^{1*}

¹Dept. of Biomaterials Engineering, Kangwon National University, Gangwon 200-701, Korea

²Dept. of Food Processing & Bakery, Gangwon Provincial College, Gangwon 210-804, Korea

Abstract

This study was designed to evaluate the potential of using high pressure processing (HPP) for extending shelf life of seasoned squid during refrigerated storage. The vacuum-packed seasoned squid samples were subjected to 400 MPa for 20 min using a custom-made high pressure processor. Microbial counts, dimethylamine (DMA), trimethylamine (TMA), total biogenic amine, autolytic activity were determined on days 0, 7, 14, and 21 of refrigerated storage. The numbers of indigenous bacteria were effectively reduced by 2.77 log CFU/g after HPP treatment. The amounts of DMA and TMA produced in the control samples increased up to 15.99 and 42.82 mg/g after 7 days of refrigerated storage when compared to 5.27 and 10.21 mg/g the HPP-treated samples, respectively. The autolytic activity of the HPP-treated sample (4.32 nkat/g) significantly lower than that of the control (7.13 nkat/g) after 7 days of refrigerated storage. Therefore, HPP can be applied as a potential squid processing method microbiological safety and shelf life.

Key words: high pressure processing, seasoned squid, dimethylamine, trimethylamine, autolytic activity

서 론

오징어는 인기 있는 수산 기호식품 중의 하나로 오래전부터 한국, 일본, 중국을 포함한 아시아 지역에서 널리 소비되어지고 있다(1,2). 이외에도 회, 젓갈, 마른 반찬 등 다양한 제조형태로 소비되어지기도 한다. 오징어는 단백질이 풍부하며 피로회복 및 숙취해소에 효과적인 타우린, 항균·항암효과가 우수한 다당류 illexin, 방부작용을 갖는 멜라닌색소, 그리고 불포화지방산인 eicosa pentanoic acid(EPA)와 docosa hexanoic acid(DHA)를 다량 함유한 대표적인 영양기호식품이다(3). 그러나 오징어의 조미건조제품은 유통과정 중의 조직감의 변화와 관능 특성의 저하와 같은 품질저하를 초래하여 소비자의 식미기호를 저해하는 원인이 된다(4).

조미오징어의 조직감과 풍미의 저하는 trimethylamine-*N*-oxide demethylase(TMAOase)와 보조인자들인 nicotinamide adenine dinucleotide(NADH), flavin mononucleotide(FMN), iron, cystein, ascorbate 등의 촉매작용에 의한 demethylation으로 trimethylamine-*N*-oxide(TMAO)가 dimethylamine(DMA)와 formaldehyde(FA)로 효소적 전환되어 조미건조 오징어의 불쾌한 냄새(off-flavor)의 주성분

이 된다(5,6). FA는 아미노산잔기와 결합하여 단백질 변성을 유도하여 adenosine triphosphatase(ATPase) 활성저하, 표면 소수성의 증가, 용해도의 감소로 인한 조미오징어의 조직감 저하를 초래한다(7). 또한 미생물의 오염에 의해 TMAO가 trimethylamine(TMA)으로 환원되어 redox-potential의 감소와 pH 증가 등의 물리적 변화가 일어난다(8,9).

조미오징어는 저장 안정성의 문제로 제품의 다양화에 많은 제한을 받고 있다. 따라서 저장 및 유통기간의 연장을 위한 개선된 가공방법의 개발이 시급한 실정이다. 최근 식품의 미생물학적 안전성 및 품질의 향상을 고려하여 pulsed electric field(PEF)(10), ultraviolet(UV)(11), irradiation(12), ultrasound(13), ozone(14), ohmic heating(15), high pressure processing(HPP)(16) 등의 비가열처리 기술이 응용되고 있다. 이 중에서 초고압가공(HPP)은 균등한 온도 및 압력 구배에 따른 미생물의 효율적 살균과 영양소의 손실을 최소화하여 기존의 열처리 기술을 대체 가능한 기술로 큰 관심을 받고 있다(16).

이에 본 연구는 초고압 가공기술을 이용하여 높은 수분함량 및 낮은 조미료 첨가의 조미오징어의 가공 및 유통과정에서 발생하는 미생물의 오염과 불쾌 성분의 생성을 효율적으

*Corresponding author. E-mail: juheeahn@kangwon.ac.kr
Phone: 82-33-250-6564, Fax: 82-33-253-6560

로 저해하여 조미오징어의 저장성 연장과 품질향상에 기여하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료

강릉시 주문진 어항에서 위판 판매되는 냉동보관 오징어 (20 kg, 60 cm×37 cm×10 cm)를 구입하였고 오염이 차단된 실내에서 24시간 해동 후 내장과 꼬리를 제거하였다. 단백질의 변성과 수분 손실을 최소화하기 위하여 자숙을 70°C에서 1~2분간 수행하였다. 조직 및 색상을 향상시키기 위해 자숙 후 즉시 냉각 및 수세하였다. 설탕과 식염을 첨가하는 1차 조미를 마친 후 냉풍건조기에서 수분함량이 40%가 되도록 건조하였다. 1차 조미 가공오징어는 강릉시 소재 휴렘식품에서 표준화된 제조공정으로 진공포장해서 실험에 사용하였다.

초고압 처리

진공 포장된 조미오징어를 초고압기기(Ilshin Autoclave Co., Deajeon, Korea)를 사용하여 400 MPa에서 20분간 처리하였다. 사용된 초고압기기는 최고 500 MPa까지의 압력에서 시료를 처리할 수 있으며 chamber의 용량은 2-L이다. 초고압 처리 후 초고압 처리되지 않은 대조군(Control)과 초고압 처리군(HPP)을 각 21일간 4°C에서 냉장 보관을 하였고 7일 간격으로 시료에 대한 일반세균수, DMA(Sigma-Aldrich Chemicals Inc., St. Louis, MO, USA), TMA(Sigma-Aldrich Chemicals Inc.) 측정, autolytic activity 및 총 biogenic amine(BA)을 분석하였다.

일반세균수 측정

대조군 및 초고압 처리군(25 g)을 각각 희석수(225 mL)를 이용하여 희석(1:10)하여 trypticase soy agar(TSA; BD, Franklin Lakes, NJ, USA)에 평판 도말(spread plate)하여 37°C 항온기에 배양 후 생균수를 계수하여 colony-forming unit(CFU)으로 나타내었다.

DMA 분석

DMA의 측정을 위해 Dyer 법을 이용하여 측정하였다 (17). 시료(20 g)를 7.5% trichloroacetic acid(TCA; Sigma-Aldrich Chemicals Inc.) 용액과 혼합 분쇄 후 원심분리 (3000×g, 15분)하여 상층액 얻었다. DMA 측정을 위해 5% CS₂, Cu-NH₃, 30% acetic acid와 혼합한 후 10분간 실온에 방치하였다. 얻어진 toluene(Fisher Scientific Inc., Fair Lawn, NJ, USA) 층에 수분을 제거하기 위해 Na₂SO₄를 첨가 후 440 nm에서 흡광도를 측정하였다.

TMA 분석

TMA의 측정을 위해 Conway 법을 이용하여 측정하였다 (18). 시료(20 g)를 7.5% TCA 용액과 혼합 분쇄 후 원심분리

(3000×g, 15분)하여 상층액 얻었다. TMA 측정을 위해 원심 분리 후 얻어진 상층액에 20% FA(Sigma-Aldrich Chemicals Inc.), toluene, potassium carbonate를 가하고 30°C에서 10분간 정치하여 toluene 층을 얻었다. 회수된 toluene 층에 0.02% picric acid를 가하고 410 nm에서 흡광도를 측정하였다.

총 BA의 측정

총 BA를 분석하기 위해 Enzyme-based Colorimetric Method를 이용하였다 (19). 대조군 및 초고압 처리군을 각각 20 g을 칭량하여 7.5% TCA 용액과 혼합한 후 원심분리를 통하여 상층액을 얻어 pH 9로 적정하였다. 원심분리 후 상층액은 발색 시약과 50°C 항온수조에서 1시간 동안 반응시켜 505 nm에서 흡광도를 측정하였다.

Autolytic activity 평가

효소활성은 autolytic activity method에 의해 평가되었다 (20). 시료 20 g을 0.15 M NaCl과 혼합시킨 후, 혼합물은 3,000×g에서 20분간 원심분리한 후 상층액(5 mL)을 40°C에서 1시간 반응시켰다. 반응물에 10% TCA를 첨가하여 효소반응을 정지시켰다. Lowry법(21)에 의해 peptide량을 측정하였다.

통계분석

실험값에 대한 통계분석은 general linear model(GLM)과 least significance difference(LSD) 방법에 의해 5%의 유의성에 의해 분석하였다.

결과 및 고찰

초고압처리의 세균증식 억제효과

조미 오징어의 초기 일반세균 수는 약 4 log CFU/g이었다. 시료를 400 MPa에서 20분간 초고압 처리(HPP) 후 미생물의 수는 대조군에 비교하여 현저한 감소를 보였다(Fig. 1). 초고압 처리군의 미생물수는 1.39 log CFU/g을 보였다. 저장 초기(day 0)에서 초고압 처리군은 대조군과 비교하여 2.77 log의 감소를 보였다. 대조군에서 미생물의 수는 저장기간 동안 증가하는 경향을 보였다. 초기 4.16 log CFU/g이었던 미생물의 수가 7일 냉장저장 후에는 5.33 log CFU/g, 14일 후에는 6.50 log CFU/g, 21일 후에는 6.88 log CFU/g으로 증가하였다. 반면, 초고압 처리군에서 미생물의 수는 대조군에 비해 느린 생육을 보였다. 초고압 처리에 의해 감소된 1.39 CFU/g의 초기 미생물수는 14일 후에 2.15 CFU/g까지 증가하고 21일 후에 4.07 CFU/g으로 증가하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 초고압 처리는 세포막 구조의 손상을 유도하여 정상적 생육으로 회복하기 위한 시간이 현저히 연장되었음을 보인 Bull 등(22)과 Stephens(23)의 보고로 설명될 수 있다. 또한 손상된 미생물은 조미오징어에 첨가된 식염에 의해 사멸이 촉진되었다.

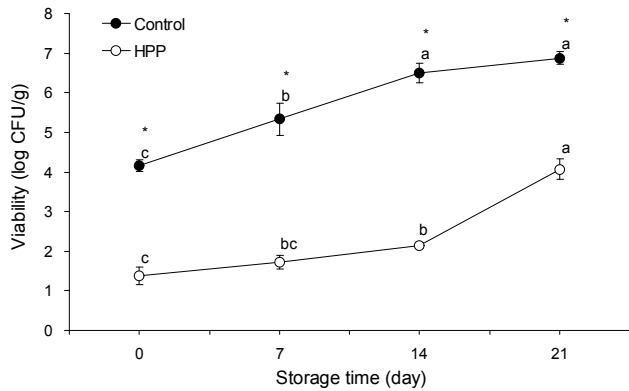


Fig. 1. Microbial population (log CFU/g) on seasoned squid treated at 0.1 MPa (control) and 400 MPa for 20 min (HPP) during refrigerated storage. Means with different letters (a-c) at each treatment are significantly different at $p < 0.05$. *Significantly different between treatments at each storage time.

DMA의 저감화 효과

냉장저장의 초기(day 0)에서는 대조군과 초고압 처리군의 DMA량의 차이를 보이지 않았다(Table 1). 대조군과 초고압 처리군의 초기 DMA 함량은 각각 3.6 mg/g과 3.3 mg/g을 보였다. 냉장저장 7일 후 대조군에서 DMA 함량이 16.0 mg/g으로 급격히 증가하였고 냉장저장 14일 후에 19.5 mg/g 그리고 21일 후에는 21.4 mg/g까지 증가하였다. 반면에 초고압 처리군의 DMA 함량은 냉장저장 7일 후 5.3 mg/g으로 증가하고 냉장저장 14일과 21일 후에도 각각 7.4 mg/g과 9.1 mg/g으로 낮은 증가를 보였다. 이는 효소의 활성이

냉장저장 기간 동안 DMA 생성에 직접적으로 연관되었음을 제시한다. 초고압 처리로 bluefish와 sheephead로부터 추출된 다양한 어류 효소를 불활성화 되었다는 Ashie와 Simpson(24)의 결과에 일치하였다. 조미오징어의 자가분해 효소의 활성은 대조군에 비교하여 초고압 처리군에서 상대적으로 낮은 활성이 관찰되었다(Table 2). 대조군의 자가분해 효소 활성은 초기 4.2 nkat/g이었고 냉장저장 7일, 14일, 21일 후 각각 7.1, 7.7, 7.1 nkat/g의 활성을 보였다. 그리고 초고압 처리군의 자가분해효능은 초기(day 0)에서 2.8 nkat/g을 보였고 냉장저장 21일 후에도 5 nkat/g 이하의 낮은 자가분해 효소 활성을 보였다. 따라서 초고압 처리가 효소의 불활성을 유도하는 결과를 보이는 Ashie와 Simpson(24) 및 Gou 등(25)의 연구와 같이 본 연구에서도 초고압에 의한 효소활성의 저해는 DMA의 생성 저해에 효과적임을 제시한다.

TMA의 저감화 효과

초기(day 0)에서 대조군과 초고압 처리군의 TMA 함량의 차이를 보이지 않았다(Table 3). 대조군과 초고압 처리군의 day 0에서 TMA 함량은 각각 7.7 mg/g과 7.9 mg/g을 보였다. 대조군에서 TMA의 생성은 냉장저장 7일 후에 급격히 증가하였다. 냉장저장 7일 후 대조군에서 TMA 함량이 42.8 mg/g이었고 냉장저장 14일 후에 47.7 mg/g 그리고 21일 후에는 47.5 mg/g으로 관찰되었다. 이는 미생물의 생육의 증가와 밀접한 관계를 보였다(Fig. 1). 반면에 초고압 처리군의 TMA 생성은 냉장저장 7일 후 10.2 mg/g으로 상대적으로

Table 1. DMA content (mg/g) of seasoned squid treated at 0.1 MPa (control) and 400 MPa for 20 min (HPP) during refrigerated storage

Treatment	Storage time (day)			
	0	7	14	21
Control	3.57 ± 0.39 ^{c1)}	15.99 ± 1.48 ^{b*}	19.51 ± 0.71 ^{a*}	21.43 ± 0.93 ^{a*}
HPP	3.30 ± 0.16 ^d	5.27 ± 0.47 ^c	7.42 ± 0.85 ^b	9.12 ± 0.62 ^a

¹⁾Means with different superscripts (a-d) within a row are significantly different at $p < 0.05$.

*Means with asterisk within a column are significantly different at $p < 0.05$.

Table 2. Autolytic activity (nkat/g) of seasoned squid treated at 0.1 MPa (control) and 400 MPa for 20 min (HPP) during refrigerated storage

Treatment	Storage time (day)			
	0	7	14	21
Control	4.16 ± 0.42 ^{b1)}	7.13 ± 0.39 ^{a*}	7.70 ± 0.21 ^{a*}	7.09 ± 0.51 ^{a*}
HPP	2.77 ± 0.28 ^b	4.31 ± 0.25 ^a	4.46 ± 0.14 ^a	4.55 ± 0.12 ^a

¹⁾Means with different superscripts (a,b) within a row are significantly different at $p < 0.05$.

*Means with asterisk within a column are significantly different at $p < 0.05$.

Table 3. TMA content (mg/g) of seasoned squid treated at 0.1 MPa (control) and 400 MPa for 20 min (HPP) during refrigerated storage

Treatment	Storage time (day)			
	0	7	14	21
Control	7.71 ± 1.18 ^{b1)}	42.81 ± 2.80 ^{a*}	47.71 ± 3.54 ^{a*}	47.50 ± 2.06 ^{a*}
HPP	7.92 ± 0.29 ^b	10.21 ± 0.59 ^b	14.17 ± 0.88 ^a	14.69 ± 2.50 ^a

¹⁾Means with different superscripts (a,b) within a row are significantly different at $p < 0.05$.

*Means with asterisk within a column are significantly different at $p < 0.05$.

느린 증가 경향을 보이고 냉장저장 14일과 21일 후에도 각각 14.2 mg/g과 14.7 mg/g으로 낮은 증가를 보였다. 이는 초고압에 의한 미생물의 저해가 TMA의 생성 저해에 직접적 연관성이 있음을 제시하는 것이다. 많은 연구들은 미생물의 생육과 비례하여 TMA의 양이 증가하고 어류의 저장기간 동안 품질의 저하를 초래한다고 보고되었다(8,9,26). 냉장저장 기간 동안 초고압 처리에 의해 높은 DMA와 TMA의 생성 저해 효과를 보였다. DMA는 냉장저장 7, 14, 21일 후 각각 대조군에 비하여 67%, 62%, 57%의 저감을 보였고 TMA는 냉장저장 7, 14, 21일 후 각각 대조군에 비하여 77%, 71%, 69%의 높은 저감을 보였다.

총 BA의 저감화 및 효소활성 저해 효과

BA의 전구체인 histidine, ornithine, lysine 등을 다량 함유한 오징어는 저장이나 가공 과정 중에 쉽게 BA를 생성한다. 대조군과 초고압 처리군에 있어서 총 BA의 함량은 냉장저장 기간의 증가에 따라 비례하여 증가하는 경향을 보였다(Fig. 2). 대조군에서 총 BA의 생성은 냉장저장 0, 7, 14, 21일 후 각각 638, 861, 1078, 1519 µg/g을 보였고 초고압 처리군에서 총 BA의 생성은 냉장저장 0, 7, 14, 21일 후 각각 628, 831, 982, 1286 µg/g을 보였다. 대조군에 비교하여 초고압 처리군의 총 BA 생성 저해가 뚜렷하지는 않았지만 저감의 정도는 냉장저장의 기간이 증가함에 따라 증가함을 보였다. 초고압 처리되지 않은 오징어 시료에서 BA의 생성이 초기 1.2 mg/g에서 10일 후 1.7 mg/g으로 급격히 증가한 반면 400 MPa에서 초고압 처리된 시료의 초기 1.1 mg/g의 BA 함량은 20일에도 1.3 mg/g으로 낮은 증가율을 보인 Gou 등(25)의 결과와 유사한 경향을 보였다. 총 BA의 저감화 정도는 대조군에 비교하여 냉장저장 7, 14, 21일 후에 각각 3%, 9%, 15%로 감소하는 경향을 보였다(Table 4). 그리고 자가 분해효소 활성 저해도 냉장저장 7, 14, 21일 후에 각각 39%, 42%, 36%로 감소하였다(Table 4). 따라서 초고압의 응용으로 수산식품의 품질저하와 관련하는 효소의 효율적 불활성

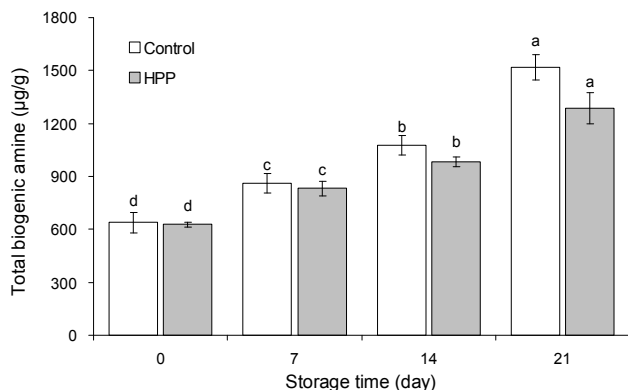


Fig. 2. Total biogenic amines (BAs) of seasoned squid treated at 0.1 MPa (control) and 400 MPa for 20 min (HPP) during refrigerated storage. Means with different letters (a-d) at each treatment are significantly different at p<0.05.

Table 4. Reduction¹⁾ in BA and autolytic activity of seasoned squid treated at 0.1 MPa (control) and 400 MPa for 20 min (HPP) during refrigerated storage

Treatment	Reduction rate (%)			
	0	7	14	21
BA	1.2	3.4	8.7	15.1
Autolytic activity	32.8	39.3	42.1	35.8

¹⁾Percent reduction was calculated for each day of storage as compared to the control.

과 BA 생성을 저감시킬 것으로 사료된다.

결론적으로 일반 조미오징어에 비해 본 실험에 사용된 조미오징어는 조짐감을 향상시키기 위해 수분함량을 40%까지 높였고 소비자의 선호도를 높이기 위해 설탕과 식염 이외의 첨가제를 사용하지 않았다. 따라서 조미오징어에 대한 초고압의 응용은 제품의 미생물학적 안전성, 품질 향상 및 저장 기간의 연장에 효과적이었다. 따라서 초고압의 응용은 오징어 제품의 저장 안정성 문제를 해결하여 저장 기간 중의 품질저하로 인한 경제적 손실을 최소화할 수 있을 것이다.

요 약

본 연구는 조미오징어의 저장성을 향상시키기 위한 초고압 기술의 응용 가능성을 평가하였다. 포장된 조미오징어를 400 MPa에서 20분간 처리한 후 초고압 처리되지 않은 대조군과 21일간 냉장보관을 하였다. 냉장기간 동안 미생물의 생육, DMA 함량, TMA 함량, 총 BA 함량 및 효소활성을 0, 7, 14, 21에 각각 평가하였다. 미생물의 수는 초고압 처리 후 대조군에 비교하여 효과적으로 2.77 log CFU/g을 감소시켰다(p<0.05). 대조군에서 DMA와 TMA의 함량은 냉장저장 7일 후 각각 15.99 mg/g과 42.82 mg/g까지 증가되었다. 초고압 처리된 조미오징어의 효소활성은 냉장저장 7일 후 4.32 nkat/g으로 대조군(7.13 nkat/g) 비교하여 유의성 있게 감소되었다. 그러므로 초고압의 응용은 조미오징어의 미생물학적 안전성과 저장성 향상시키기 위한 가공방법으로 이용될 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 논문은 중소기업청에서 시행한 2009년 중소기업기술 혁신개발사업(과제번호 S1058476)의 지원에 의한 연구결과 의 일부로 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Yang SY, Oh SW. 1999. Color changes of dried squid differs in packaging films during storage. *Korean J Food Sci Technol* 31: 1289-1294.
2. Hong JH, Bae DH, Lee WY. 2006. Quality characteristics of dried squid (*Todarodes pacificus*) by cold air drying

- process. *Korean J Food Sci Technol* 38: 635-641.
3. Benjaku S, Visessanguan W, Tanaka M, Ishizaki S, Taluengphol A, Chichanan U. 2000. Physicochemical and textural properties of dried squid as affected by alkaline treatments. *J Sci Food Agric* 80: 2142-2148.
 4. Yang SY, Kim DS, Oh SW, Bang HA. 1999. Anti-browning activities of green tea water extracts on seasoned squid. *Korean J Food Sci Technol* 31: 361-367.
 5. Fu XY, Xue CH, Miao BC, Li ZJ, Zhang YQ, Wang Q. 2007. Effect of processing steps on the physico-chemical properties of dried-seasoned squid. *Food Chem* 103: 287-294.
 6. Kim MK, Mah JH, Hwang HJ. 2009. Biogenic amine formation and bacterial contribution in fish, squid and shellfish. *Food Chem* 116: 87-95.
 7. Fu XY, Xue CH, Miao BC, Liang JN, Li ZJ, Cui F. 2006. Purification and characterization of trimethylamine-N-oxide demethylase from jumbo squid (*Dosidicus gigas*). *J Agric Food Chem* 54: 968-972.
 8. Benjakul S, Visessanguan W, Tanaka M. 2004. Induced formation of dimethylamine and formaldehyde by lizardfish (*Saurida micropectoralis*) kidney trimethylamine-N-oxide demethylase. *Food Chem* 84: 297-305.
 9. Rey-Mansilla M, Sotelo CG, Moran RM. 2004. Partial purification and biochemical characterization of TMAOase from kidney of European hake (*Merluccius merluccius*). *Eur Food Res Technol* 218: 262-268.
 10. Vega-Mercado H, Martin-Belloso O, Qin BL, Chang FJ, Marcela Gongora-Nieto M, Barbosa-Canovas GV, Swanson BG. 1997. Non-thermal food preservation: pulsed electric fields. *Trends Food Sci Technol* 8: 151-157.
 11. Waites WM, Warriner K. 2005. Ultraviolet sterilisation of food packaging. *Culture* 25: 1-8.
 12. Smith JS, Pillai S. 2004. Irradiation and food safety. *Food Technol* 58: 48-55.
 13. Piyasena P, Mohareb E, McKellar RC. 2003. Inactivation of microbes using ultrasound: a review. *Int J Food Microbiol* 87: 207-216.
 14. Selma MV, Beltr D, Allende A, Chacon-Vera E, Isabel-Gil M. 2007. Elimination by ozone of *Shigella sonnei* in shredded lettuce and water. *Food Microbiol* 24: 492-499.
 15. Leizeron S, Shimoni E. 2005. Stability and sensory shelf life of orange juice pasteurized by continuous ohmic heating. *J Agric Food Chem* 53: 4012-4018.
 16. Matser AM, Krebbers B, van den Berg RW, Bartels PV. 2004. Advantages of high pressure sterilisation on quality of food products. *Trends Food Sci Technol* 15: 79-85.
 17. Dyer WJ, Mounsey YA. 1945. Amines in fish muscle. II. Development of trimethylamine and other amines. *J Fish Res Board Can* 6: 359-367.
 18. Conway EJ, Byrne A. 1936. An absorption apparatus for the micro-determination of certain volatile substance, I. The micro-determination of ammonia. *Biochem J* 27: 419-429.
 19. Yeh CY, Lin SJ, Hwang DF. 2006. Biogenic amines, histamine and label of dressed fried fish meat products in Taiwan. *Food Control* 17: 423-428.
 20. Hurtado JL, Montero P, Borderias J. 2001. Chilled storage of pressurized octopus (*Octopus vulgaris*) muscle. *J Food Sci* 66: 400-406.
 21. Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ. 2007. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J Biol Chem* 193: 265-275.
 22. Bull MK, Hayman MM, Stewart CM, Szabo EA, Knabel SJ. 2005. Effect of prior growth temperature, type of enrichment medium, and temperature and time of storage on recovery of *Listeria monocytogenes* following high pressure processing of milk. *Int J Food Microbiol* 101: 53-61.
 23. Stephens PJ. 2005. Recovery of stressed bacteria. *Culture* 26: 5-8.
 24. Ashie INA, Simpson BK. 1996. Application of high hydrostatic pressure to control enzyme related fresh seafood texture deterioration. *Food Res Int* 29: 569-575.
 25. Gou J, Xu H, Choi GP, Lee HY, Ahn J. 2010. Application of high pressure processing for extending the shelf life of sliced raw squid. *Food Sci Biotechnol* 19: 923-927.
 26. Krzymien ME, Elias L. 1990. Feasibility study on the determination of fish freshness by trimethylamine headspace analysis. *J Food Sci* 55: 1228-1232.

(2011년 1월 11일 접수; 2011년 7월 27일 채택)