Food Engineering Progress
Vol. 15, No. 4. pp. 318~323 (2011.11)

산업식품공학
Food Engineering Progress

염 함량이 된장의 초고압 살균에 미치는 영향

목철균*
경원대학교 공과대학 식품생물공학과

Effect of Salt Contents on High Pressure Inactivation of Microorganism in *Doenjang*

Chulkyoon Mok*
Department of Food Science and Biotechnology, Kyungwon University

Abstract

High pressure processing (HPP) technology was applied to inactivate the microorganisms in *Doenjang* (soybean paste) and the effects of salt concentration on the HPP inactivation of microorganisms were analyzed. The microorganisms in *Doenjang* containing low salt content showed greater sensitivity to HPP than those with high salt content. HPP inactivation effects decreased as salt concentration of *Doenjang* increased. The HPP sensitivity decreased in the order of fungi, yeasts, bacteria in terms of microorganism type. The HPP of *Doenjang* at 6,500 atm for 40 min inactivated most yeasts and fungi, indicating that the HPP technology was applicable to control the microorganisms in *Doenjang,* especially with a low level of salt.

Key words: soybean paste (*Doenjang*), salt, high pressure processing (HPP), microorganism

서 론

최근의 식품소비 패턴은 천연지향성, 건강지향성, 위생성, 간편성을 추구하는 방향으로 급속히 변화하고 있다. 이에 따라 가능한 천연상태의 품질을 유지하며 저장성을 부여할 수 있는 최소가공(minimal processing)에 대한 관심이 증대되고 있다. 이러한 요구를 충족하면서 공정의 효율성을 높이고, 노동력과 에너지를 절약하는 기술의 개발은 천연지향의 건전한 식품을 보급하는데 필수적인 사항임과 동시에 식품산업의 지속적인 성장과 환경보호를 모두 충족할 수 있는 식품산업분야에서의 녹색성장의 핵심요건이라 할 수 있다.

안전한 식품을 공급하기 위해서는 식품에 존재하는 위해요인의 제거, 특히 미생물의 사멸이 필연적이나 미생물을 사멸하기 위하여 보편적으로 사용되는 가열살균 공정은 불가피하게 영양성분의 파괴, 향미소실, 변색, 열에 의한 변질 등 품질의 열화 및 변패를 수반한다. 따라서 열을 사용하지 않고 미생물을 사멸하거나 제거할 수 있는 공정, 즉 비열가공 공정을 활용하여 기존의 가열기술을 대체하는 것은 식품과학 및 영양학적 관점에서 뿐만 아니라 경제, 사회, 보건 측면에서도 매우 중요한 과제이다(Barbosa-Canovas et al., 1997).

비열가공기술에는 방사선, 초고압, 고전장펄스, 광펄스, 진동자기장 등이 사용 또는 연구되고 있으나 각각의 기술이 장점과 제약을 갖고 있다. 방사선조사의 경우 살균효과는 우수하나 라디칼에 의한 식품성분의 변화와 소비자의 부정적인 인식 때문에 빠른 보급에 제약을 받고 있다. 고전장펄스가공은 전기전도도가 낮은 액체식품에만 적용이 가능하고 염류를 함유하여 전기전도도가 높은 식품은 스파크와 열 발생 때문에 이용하기 어려운 단점이 있다. 광펄스가공은 식품표면의 살균에는 효과적이나 고체식품과 광투과도가 낮은 식품에는 적용이 불가능한 약점이 있다.

이에 비하여 초고압처리기술은 살균(Hoover et al., 1989), 단백질 변성, 효소 불활성화(Morild, 1981), 겔 형성(Kuribayashi, 1992)을 가능하게 하므로 이러한 특성을 이용하여 식품살균기술로의 활용과 함께 새로운 식품가공법으로 기대를 모으고 있다(Barbosa-Canovas et al., 1997).

초고압 공정은 고압 하에서는 부피가 줄어드는 방향으로 화학반응이 촉진되는 성질을 이용한다. 즉 결합이 파괴되면 부피가 감소하는 소수성 결합과 이온결합의 파괴는 촉진되지만, 부피가 증가하는 공유결합과 수소결합은 영향을

*Corresponding author: Chulkyoon Mok, Department of Food Science and Biotechnology, Kyungwon University, San 65, Bokjeong-dong, Sujeong-gu, Seongnam, Gyeonggi-do, 461-701, Korea
Tel: +82-31-750-5403; Fax: +82-31-750-5273
E-mail: mokck@kyungwon.ac.kr
Received August 24, 2011; revised October 13, 2011; accepted October 14, 2011

받지 않는 점을 이용하여 저분자 물질이 관여하는 향과 맛은 변화시키지 않으면서 소수성결합이 구조에 관여하는 단백질 등 거대분자를 변성시킴으로써 미생물을 살균하거나 효소를 불활성시킨다(Marquis, 1976; Hong, 2000). 미생물의 고압처리에 의한 사멸은 세포막 변형에 기인하며(Lin et al., 1992). 효소에 미치는 영향은 단백질 구조의 가역적, 비가역적 변화와 관계있다고 알려져 있다(Mertens & Knorr, 1992).

현재 된장을 위시한 장류제품은 대량으로 생산·공급되고 있으나 발효의 제어가 용이하지 않아 유통 중 품질이 변하거나 포장이 부풀어 오르는 등 문제가 발생한다. 유통 중인 비살균 된장제품에서 가장 문제가 되는 것은 효모에 의한 가스발생과 이로 인한 포장의 팽창 및 곰팡이 발생에 의한 상품성 저하이다. 이러한 유통 상의 문제를 해결하고 곰팡이 발생에 의한 상품가치 저하와 곰팡이 독소에 의한 위생문제를 방지하기 위해서 된장의 살균, 특히 곰팡이와 효모의 살균은 필수적이다. 그러나 된장과 같은 고점도 식품은 열전달속도가 느려 가열살균효과가 낮고 열에 의한 변색(Mok, 2006)과 텍스처 변화(Mok, 2007) 등에 의해 품질이 크게 저하한다. 이러한 변질문제 때문에 장류제품에는 소르빈산 및 소르빈산염 등 보존료를 0.1% 이하로 사용하는 것이 허용되고 있으나(KFDA, 2005), 보존료에 대한 소비자의 기피현상으로 일부 제품은 아직까지도 보존료를 사용하지 않고 냉장상태로 유통하고 있다. 따라서 장류의 품질을 낮추지 않으면서 변질을 막고 미생물학적 안전성을 확보하기 위해서는 초고압살균기술의 적용이 적합하다.

아울러 된장에는 통상 12% 이상의 소금이 첨가되는데 과다한 식염사용은 과도한 짠맛과 함께 고혈압, 뇌졸중, 위암, 만성신부전증 등 성인병을 유발할 우려가 있으므로(Kim et al., 1995; Park et al., 2002), 된장의 기호성 향상과 성인병 예방을 위해 식염 함량을 낮추는 것이 시급하다(Lee & Mok, 2010). 하지만 염 함량을 낮출 경우 부패 및 변질이 용이하여 저장성이 낮아지므로 이를 해결하기 위한 방안이 강구되어야 한다(Lee et al., 1985; Park et al., 2002; Lee & Ryu, 2002). 따라서 본 연구에서는 된장, 특히 저염 된장의 저장성을 높이기 위하여 초고압기술의 적용가능성을 검토하였으며, 염 함량이 된장의 초고압살균에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

대두는 국내산을 시중에서 구입하여 사용하였고, 코오지는 *Aspergillus oryzae*를 배양한 (주)신송식품의 소맥분 코오지를 사용하였다. 식염은 정제염(염도 99%, 한주소금, (주)한주, Ulsan, Korea)을 사용하였다.

Table 1. Recipe of *Doenjang* preparation.

Material	Ratio (%)
Cooked soybean	30
Koji	20
Water	38
Salt	8~14

된장 제조

된장의 제조는 Mok & Lee(2010)의 방법으로 제조하였다. 상온에서 12 시간 수침한 대두를 121°C에서 40 분간 증자하고 Table 1과 같은 배합비율로 염농도를 달리하여 혼합한 다음 chopper(Pasta Maker, KitchenAid Inc., St. Joseph, MI, USA)로 갈아 폴리에틸렌 백에 넣어 밀봉하고 이를 다시 뚜껑이 있는 플라스틱통에 옮겨 20°C에서 염농도에 따라 적정기간동안 발효하였다. 즉, 염농도 8%와 10% 된장은 20°C에서 5 주간, 염농도 12%와 14% 된장은 10 주간 발효하였다.

초고압처리

처리실 체적 600 mL인 초고압기(MFP—7000, Mitsubishi Heavy Industries Ltd., Tokyo, Japan)를 사용하여 된장을 초고압처리 하였다. 먼저 된장을 10 cm×15 cm 플라스틱(Nylon + LLDPE)백에 10 g씩 담고 진공포장기(DB-44L Vacuum Packer, Dong Bang Auto Packaging Machinery Co. Ltd., Bucheon, Korea)를 사용하여 진공포장하였다. 포장한 시료를 가압매질로 증류수를 채운 초고압기의 처리실 내에 장치하고 가압하기 시작하여 일정 압력에 도달한 후 일정시간 동안 처리하였다. 예비실험을 통하여 살균효과를 확인한 처리조건을 토대로 압력/처리시간을 4,500 기압/40 분, 5,500 기압/20 분, 5,500 기압/40 분, 6,500 기압/10 분, 6,500 기압/20 분 및 6,500 기압/40 분으로 설정하여 초고압 처리하였다.

미생물수 측정

미생물은 표준한천배양법(Park et al., 1998)으로 측정하였다. 된장 시료와 시료의 중량의 9 배가 되는 멸균수를 멸균백에 넣고 Masticator stomacher(IUL Instruments, Barcelona, Spain)를 사용하여 60 초 동안 균질화한 후 10진 희석하여 미생물별로 해당 배지에 도말하였다. 총균수 계수에는 PCA(Becton, Dickinson & Co., Le Pont de Claix, France) 배지를, 효모는 YM agar 배지(Becton, Dickinson & Co.)를, 곰팡이는 potato dextrose agar(Becton, Dickinson & Co.)에 0.005% (w/v) rose bengal과 1.8% (v/v) tartaric acid를 첨가한 배지를 사용하였다. 총균은 37°C에서 24 시간 배양하였고, 효모와 곰팡이는 25°C에서 2-3 일간 배양한 후 계수하였다.

Table 2. Initial microbial counts of *Doenjang* of different salt concentration.

Salt (%) / Fermentation time (week)	Microbial count (CFU/g)		
	Bacteria	Yeast	Fungi
8 / 5	6.20×10^5	3.70×10^5	5.5×10^3
10 / 5	4.40×10^5	1.60×10^5	8.0×10^3
12 / 10	4.70×10^5	1.10×10^5	1.8×10^3
14 / 10	4.67×10^5	1.10×10^4	5.5×10^3

결과 및 고찰

초고압처리에 의한 된장 세균의 사멸

염농도에 따라 적정기간 발효한 된장의 세균수는 Table 2에서 보는 바와 같이 염농도 8, 10, 12, 14% 된장에서 각각 6.2×10^5, 4.40×10^5, 4.70×10^5, 4.67×10^5 CFU/g의 값을 보여 큰 차이를 나타내지는 않았다.

염농도 8% 된장을 압력/처리시간을 달리하여 초고압처리한 후 세균에 대한 사멸율을 조사한 결과 Fig. 1과 같이 4,500 기압에서 40 분 처리 시에는 85.11%의 사멸율을 보였고, 5,500 기압에서는 20 분 처리 시에는 84.79%, 40 분 처리 시에는 85.29%의 사멸율을 보여 처리시간에 따라 큰 차이가 없었다. 압력 6,500 기압에서도 85.35-85.68%의 사멸율을 보였으며, 10분 이상 처리 시 처리시간에 따라 큰 차이는 나타나지 않았다.

염농도 10%, 12%, 14% 된장에서도 유사한 경향을 보였으며, 처리압력 및 시간에 따라 78.41-82.16%의 사멸율을 보였다(data not shown). 된장의 초고압처리에 의한 세균감소는 약 1 log 정도로 미약하였는데, 그 이유는 된장은 수분활성도가 낮고 점도가 높은 페이스트상의 식품으로 압력전달이 용이하지 않고 높은 점성이 압력을 완충시키는 작용을 하기 때문으로 사료된다.

미생물은 수분활성도가 낮을수록 압력에 잘 견디는 것으로 알려져 있다(Molina-Hppner et al., 2004). Smiddy et al.(2005)에 의하면 굴에서 식중독균의 초고압살균효과를 phosphate buffer에서와 비교한 결과 굴에서의 사멸효과가 현저하게 낮았으며, 이는 굴의 염 함량에 기인한다고 고찰하였다. 또한 매질의 유동성도 초고압살균에 큰 영향을 미치며, 일반적으로 유동성이 낮을수록 세균의 압력에 대한 저항력이 증가하는 것으로 알려져 있다(MacDonald, 1992). Ulmer et al.(2002)은 *L. plantarum*을 대상으로 매질이 초고압살균에 미치는 영향을 조사하여 겔 상태에서의 초고압살균효과가 액체 상태에 비하여 뚜렷이 낮아짐을 보고한 바 있다.

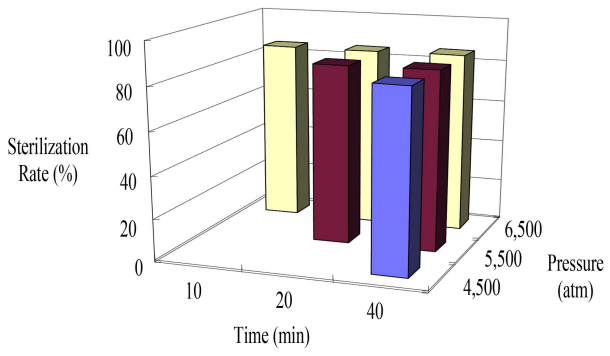

Fig. 1. Inactivation of bacteria in 8% salt *Doenjang* by high pressure treatment.

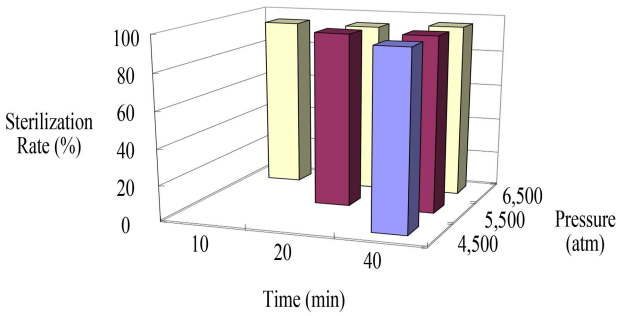

Fig. 2. Inactivation of yeast in 8% salt *Doenjang* by high pressure treatment.

초고압처리에 의한 된장 효모의 사멸

염농도를 달리하여 일정기간 발효한 된장의 효모수는 Table 2에서 보는 바와 같이 염농도 8, 10, 12, 14% 된장에서 각각 3.70×10^5, 1.60×10^5, 1.10×10^5, 1.25×10^4 CFU/g의 값을 보여 염 함량에 따라 다소 감소하는 경향을 보였다. 염농도 8%인 된장시료의 초고압 처리에 의한 효모수 변화는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 압력/처리시간에 따라 94.54-97.57% 범위의 사멸율을 보였으며, 염농도 10%인 된장에서도 유사한 결과를 보였다(data not shown). 그러나 염농도 12%와 14%인 고염 된장에서는 각각 Fig. 3과 4에 나타난 바와 같이 염농도에 따라 사멸율이 현저하게 감소하였다. 이러한 결과 역시 염 함량이 증가함에 따라 수분활성도가 낮아지기 때문에 나타난 현상으로 생각되며, 효모의 내염성과 내압성 간에 상관성이 있음을 시사하고 있다. 한편 초고압처리에 의한 효모의 사멸율은 전반적으로 세균(Fig. 1)보다는 높게 나타났다.

초고압처리에 의한 된장 곰팡이의 사멸

곰팡이의 경우 초고압 처리 전 곰팡이수는 10^3 CFU/g 수준을 보였다(Table 2). 초고압 처리에 의한 된장 곰팡이의 사멸효과를 보면 Fig. 5와 같이 4,500 기압에서 40 분간 처리한 경우 98.91%의 사멸율을 보였고, 5,500 기압에서 20

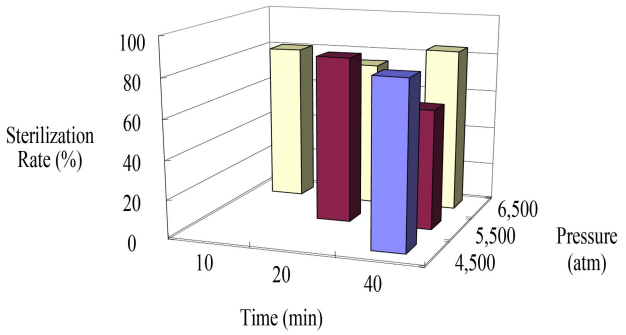

Fig. 3. Inactivation of yeast in 12% salt *Doenjang* by high pressure treatment.

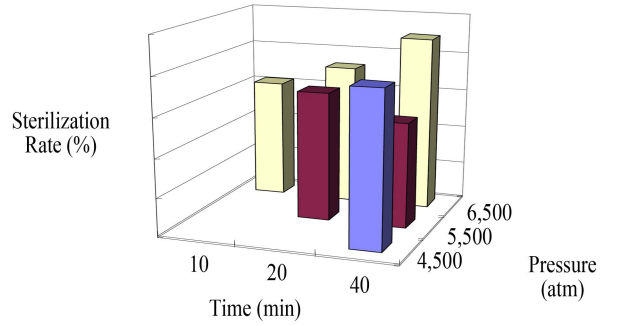

Fig. 4. Inactivation of yeast in 14% salt *Doenjang* by high pressure treatment.

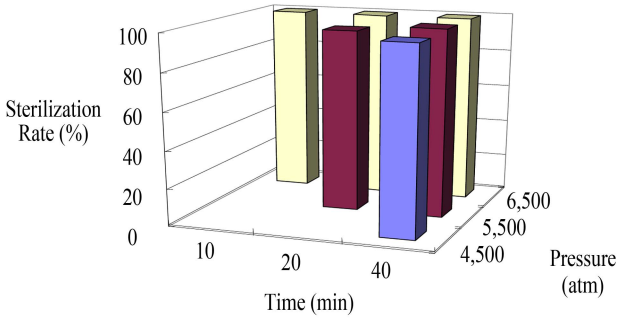

Fig. 5. Inactivation of fungi in 8% salt *Doenjang* by high pressure treatment.

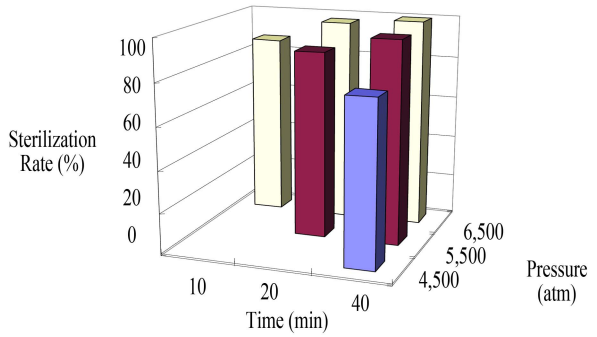

Fig. 6. Inactivation of fungi in 10% salt *Doenjang* by high pressure treatment.

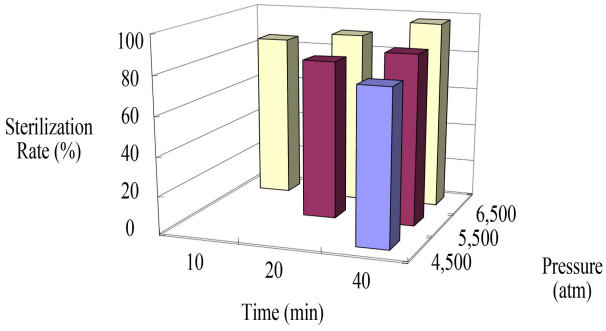

Fig. 7. Inactivation of fungi in 12% salt *Doenjang* by high pressure treatment.

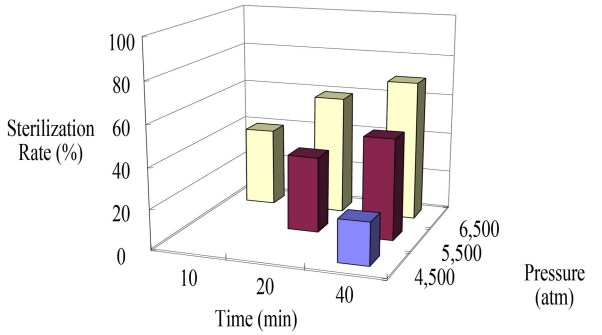

Fig. 8. Inactivation of fungi in 14% salt *Doenjang* by high pressure treatment.

분간 처리한 시료는 97.00%의 사멸율을 나타냈다. 이에 반해 5,500 기압/40 분 처리한 경우와 6,500 기압/10 분 이상 처리한 경우에서는 검출한계인 10^1 CFU/g 수준에서 검출되지 않아 거의 모든 곰팡이가 사멸됨을 알 수 있었다.

염농도 10% 된장에서도 Fig. 6에서 보는 바와 같이 압력/처리시간에 비례하여 사멸율이 높아졌으며 87.25-~97.63% 범위의 값을 보였다. 또한 6,500 기압/40 분 처리한 시료에서는 검출한계인 10^1 CFU/g 수준에서 곰팡이가 검출되지 않았다.

염농도 12% 된장의 곰팡이는 Fig. 7에 나타난 바와 같이 처리조건에 따라 79.61-97.64%의 사멸율을 보여 염 함량 8%와 10%인 저염 된장에 비해 다소 낮은 사멸율을 보였다. 이에 반해 염농도 14% 된장은 Fig. 8에서 보는 바와 같이 21.82-69.64%의 현저하게 낮은 사멸율을 보였다. 이는 염 함량이 낮은 된장에 존재하는 곰팡이는 초고압에 민감한 반면 염 함량이 높은 된장에 존재하는 곰팡이는 압

력에 대한 저항성이 높음을 의미한다. 일반적으로 곰팡이는 세균에 비해 압력에 예민하게 반응하여 초고압 처리에 의해 높은 사멸율을 보이는 것으로 보고되고 있으며(Black et al., 2011), 본 연구에서도 유사한 경향을 확인할 수 있었다.

압력에 의한 미생물의 사멸은 세포막 파괴(Lin et al, 1992; Hauben et al., 1996; Pagn & Mackey, 2000), 리보좀 파괴(Niven et al., 1999), 효소 불활성화(Degraeve et al., 1996; Simpson & Gilmour, 1997), 세포막 전달시스템 파괴(Ulmer et al., 2002) 및 양성자 유출 시스템 손상(Wouters et al., 1998) 등에 기인하는 것으로 알려져 있다. 본 연구 결과는 미생물의 내삼투압성과 내압성 간의 상관성을 나타내는 것으로서 향후 내압성 세포막의 구조와 생리적인 역할에 관한 후속 연구가 필요할 것으로 사료된다.

이상의 결과로부터 된장의 초고압살균 효과는 곰팡이>효모>세균 순으로 감소하였으며, 염 함량이 높을수록 초고압 살균효과가 저하됨을 알 수 있었다. 하지만 초고압 처리는 된장의 효모와 곰팡이를 효과적으로 제어할 수 있으며, 특히 염 함량이 낮은 된장에서의 살균효과가 두드러져 저염 된장의 유통 중 변질을 억제할 수 있는 비가열 살균기술로의 활용이 기대된다.

요 약

염 함량을 달리한 된장을 초고압 처리하여 미생물 저감 특성을 조사함으로써 된장, 특히 저염 된장의 저장성을 높이기 위하여 초고압기술의 적용가능성을 검토하였다. 초고압처리에 의한 된장 미생물 사멸효과는 전반적으로 낮은 것으로 나타났으며, 초고압처리에 의한 미생물 사멸효과는 염 함량에 반비례하는 경향을 보였다. 미생물 종류에 따른 초고압사멸효과는 곰팡이, 효모, 세균 순으로 낮아졌다. 염 함량 10% 이하의 저염 된장은 6500 기압에서 40 분간 초고압처리에 의해 곰팡이와 효모가 거의 사멸되었으며, 초고압처리는 저염 된장의 유통기간 향상에 기여할 것으로 기대되었다.

감사의 글

이 논문은 한국연구재단 지원에 의해 이루어진 연구 결과임.

참고문헌

Barbosa-Canovas GV, Pothakamury UR, Palou E, Swanson BG. 1997. Emerging technologies in food preservation. In: Nonthermal Preservation of Foods, Marcel Dekker Inc., New York, USA, pp. 1-8.

Black EP, Stewart CM, Hoover DG. 2011. Microbial aspects of high-pressure food processing. In: Nonthermal Processing Technologies of Food. Zhang HQ, Barbosa-Cnovas GV, Balasubramaniam VM, Patrick Dunne C, Farkas D, Yuan TC (ed). Wiley-Blackwell Ltd., Hoboken, NJ, USA, pp. 51-71.

Degraeve P, Delorme P, Lemay P. 1996. Pressure-induced inactivation of *E. coli* β-galactosidase: influence of pH and temperature. Biochim. Biophys. Acta(BBA) - Protein Structure and Molecular Enzymology 1292: 61-68.

Hauben KJA, Wuytack EY, Soontjens CCF, Michiels CW. 1996. High-pressure transient sensitisation of *Escherichia coli* to lysozyme and nisin by disruption of outer-membrane permeability. J. Food Protect. 59: 350-355.

Hong SI. 2000. High pressure food Inactivation technology. Food Sci. Ind. 33(2): 36-49.

Hoover DG, Metrick C, Papineu AM, Farkas DF, Knorr D. 1989. Biological effects of high hydrostatic pressure on food microorganisms. Food Technol. 43: 99-107.

KFDA. 2005. Food Codes. Korea Food and Drug Administration, Seoul, Korea, p. 404.

Kim JD, Choe M, Ju JS. 1995. A study on correlation between blood pressure and dietary Na, K intakes pattern in the family members of normal and cerebrovascular disease patients. J. Korean Soc. Food Nutr. 24: 24-29.

Kuribayashi, T. 1992. Properties of pressure-extracted pectin form Satsuma mandarin. In: High Pressure and Biotechnology, John Lobbey Eurotext Ltd., Montrouge, France, p. 337.

Lee JO, Ryu CH. 2002. Preparation of low salt Doenjang using by nisin-producing lactic acid bacteria. J. Korean Soc. Food Nutr. 31: 75-80.

Lee JY, Mok C. 2010. Changes in physicochemical properties of low salt soybean paste (*Doenjang*) during fermentation. Food Eng. Prog. 14: 153-158.

Lee SW, Shin SY, Yu TJ. 1985. Effects of the ethanol contents on the preparation of low salt Doenzang. Korean J. Food Sci. Technol. 17: 336-339.

Lin HM, Yang Z, Chen LF. 1992. Inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* by supercritical and subcritical carbon dioxide. Biotechnol. Prog. 8: 458-461.

MacDonald AG. 1992. Effects of high hydrostatic pressure on natural and artificial membranes. In: High Pressure and Biotechnology. Balny C, Hayashi R, Heremans K, Masson P. (ed). INSERM John Libbey Publishing Ltd., New Barnet, UK, pp. 67-74.

Marquis RE. 1976. High-pressure microbial physiology. Adv. Microbiol. Physiol. 14: 159-241.

Mertens B, Knorr D. 1992. Developments of nonthermal processes for food preservation. Food Technol. 46(5): 124-126.

Mok C. 2006. Color changes of soybean paste (*Doenjang*) by heat inactivation process. Food Eng. Prog. 10: 100-106.

Mok C. 2007. Texture changes of soybean paste(*Doenjang*) by heat treatment. Food Eng. Prog. 11: 84-88.

Molina-Hppner A, Doster W, Vogel RF, Gnzle MG. 2004. Protective effect of sucrose and sodium chloride for *Lactococcus lactis* during sublethal and lethal high-pressure treatments. Appl. Environ. Microbiol. 70: 2013-2020.

Morild, E. 1981. The theory of pressure effects on enzymes. Adv. Protein Chem. 34: 93-166.

Niven GW, Miles CA, Mackey BM. 1999. The effects of hydro-

static pressure on ribosome conformation in *Escherichia coli*: an in vivo study using differential scanning calorimetry. Microbiol. 145: 419-425.

Pagn R, Mackey B. 2000. Relationship between membrane damage and cell death in pressure treated *Escherichia coli* cells: differences between exponential and stationary phase cells and variation among strains. Appl. Environ. Microbiol. 66: 2829-2834.

Park BJ, Jang KS, Kim DH, Yook HS, Byun MW. 2002. Changes of microbiological and physicochemical characteristics of Doenjang prepared with low salt content and gamma irradiation. Korean J. Food Sci. Technol. 34: 79-84.

Park HJ, Min YK, Kim KY, Kang SW. 1998. Inactivation effects of hydrostatic pressure and low temperature treatments on the jujube wine. Food Eng. Prog. 2: 163-170.

Simpson RK, Gilmour A. 1997. The effects of high hydrostatic pressure on *Listeria monocytogenes* in phosphate buffered saline and model food systems. J. Appl. Microbiol. 83: 181-188.

Smiddy M, O'Gorman l, Sleator RD, Kerry JP, Patterson MF, Kelly AL, Hill C. 2005. Greater high-pressure resistance of bacteria in oysters than in buffer. Innov. Food Sci. Emerg. Technol. 6:83-90.

Ulmer HM, Herberhold H, Fahsel S, Ganzle MG, Winter R, Vogel RF. 2002. Effects of pressure-induced membrane phase transitions on inactivation of HorA, an ATP-dependent multidrug resistance transporter, in *Lactobacillus plantarum*. Appl. Environ. Microbiol. 68: 1088-1095.

Wouters PC, Glaasker E, Smelt JPPM. 1998. Effects of high pressure on inactivation kinetics and events related to proton efflux in *Lactobacillus plantarum*. Appl. Environ. Microbiol. 64: 509-515.