

초고압 처리가 배추김치의 품질특성에 미치는 영향

김동원 · 박석준 · 박지용*
연세대학교 생명공학과

Effect of High Hydrostatic Pressure on the Quality of Chinese Cabbage *Kimchi*

Dong Won Kim, Seok-Jun Park and Jiyong Park*
Department of Biotechnology, Yonsei University

Effects of high hydrostatic pressure on pH, titratable acidity, color, hardness and microorganisms of Chinese Cabbage *Kimchi* were investigated. *Kimchi* was pressurized at 200~600 MPa for 5 min. There were no significant differences in color and hardness between control and pressurized *Kimchi* ($p>0.05$). Total aerobes and lactic acid bacteria were effectively inactivated by high hydrostatic pressure above 400 MPa. Changes in pH, titratable acidity, color, hardness and microbial counts for 4 weeks storage of *Kimchi* were investigated. *Kimchi* was pressurized at 400 MPa for 5 min and stored at 4°C. The pH of control decreased to 3.94 but pressurized *Kimchi* maintained its initial pH value throughout the storage. The color of control showed significantly low values compared with pressureized *Kimchi* ($p<0.05$), but hardness was not significantly changed ($p>0.05$). Total aerobes and lactic acid bacteria in the control were reduced from the initial value of $10^8\sim10^9$ CFU/mL to 10^6 CFU/mL after 4 weeks storage. Whereas microbial counts in pressurized *Kimchi* was maintained about $10^3\sim10^4$ CFU/mL during storage.

Key words: high hydrostatic pressure, Chinese Cabbage *Kimchi*, color, hardness, lactic acid bacteria

서 론

김치는 우리 나라의 대표적인 채소발효식품으로서 한국인의 식단에서 중요한 역할을 차지하며 비타민과 무기질의 주요한 공급원으로서 다양한 생리활성 물질을 함유하고 있는 것으로 알려져 있으며, 1980년대 이후 국민소득의 증대와 주거생활의 변화, 핵가족화, 여성의 사회참여 기회의 확대 등의 재래 문화양식 변화와 더불어 내수시장은 물론 수출시장에서도 김치의 생산은 매년 급격한 증가를 보이고 있다⁽¹⁾. 김치는 사용하는 재료가 다양하고 재료의 처리가 단순하지 않으며, 김치의 품질을 결정해 주는 숙성 조건에 미치는 요인들이 수없이 많다. 특히 공업화된 김치제조는 김치의 유통과정 중 젖산균의 영향에 의해 과도한 양의 유기산이 생성되어 pH의 감소, 산도의 증가, 색도의 변화 등이 발생하여 김치의 대중적인 보급과 공업화에 큰 문제점으로 대두되고 있다. 이러한 김치 제조의 공업화 문제점들을 해결하기 위하여 미생물 및 효소 이용^(1,2), 발효 단계에 따른 품질변화 관

찰⁽³⁾, 포장 기술을 통한 저장성 향상⁽⁴⁾, 보존제의 첨가⁽⁵⁾ 등 다양한 연구가 보고되고 있으나 가공 기술에 의한 품질 향상은 산업적으로 실용화 단계에 있지 못한 실정이며, 식품 포장 및 저장 기술을 이용하여 포장 후 냉장 유통하거나 김치냉장고를 이용하는 방법만이 현재 실용화되어 있다.

최근 소비자들의 식품에 대한 인식은 크게 변화되었고 건강에 대한 관심이 높아짐에 따라 식품을 최소한으로 가공하여 천연 그대로의 맛과 향을 유지한 천연지향 식품의 개발이 요구되고 있다. 이러한 식품산업 기술중의 하나인 초고압 기술은 기존의 열처리 기술과는 달리 공유결합의 파괴 및 생성을 일으키지 않고, 비공유결합에만 영향을 미친다. 따라서 식품을 상온에서 압력처리하여도 영양성분의 파괴, 향기 성분의 변화, 이취의 발생 등이 일어나지 않는다. 즉, 압력처리의 장점은 식품 고유의 풍미 및 영양성분을 그대로 유지시키면서 살균 할 수 있다는 것이다. 식품 및 생물재료에 대한 압력의 효과로는 미생물의 불활성화⁽⁶⁾, 단백질의 변성⁽⁷⁾, 효소의 활성화 및 불활성화⁽⁸⁾ 등의 생체 고분자의 변성과 식품 고유의 색과 맛의 유지^(9,10), 식품발효의 조절, 미생물 오염 방지, 조직감 개선, 조리 등⁽¹¹⁾ 다양한 방면에 응용될 수 있다. 따라서 본 연구는 초고압 기술을 이용하여 배추김치의 과숙 현상 및 산패현상을 최소화 시켜 저장성을 향상시키는 목표를 가지고 배추김치의 품질 지표인 pH, 산도, 색도, 경도(hardness), 총균수 등에 관하여 연구하였다.

*Corresponding author : Jiyong Park, Department of Biotechnology, College of Engineering, Yonsei University, 134 Shinchon-Dong, Sodaemun-Gu, Seoul 120-749, Korea
Tel: 82-2-2123-2888
Fax: 82-2-362-7265
E-mail: foodpro@yonsei.ac.kr.

Table 1. Compositions of *Kimchi* materials

Materials	Ratio (%)
Salted Chinese cabbage	100
Red pepper powder	20
Radish	15
Green onion	3
Ginger	1
Garlic	2
Salted sauce anchovy	10

재료 및 방법

재료

실험에 사용한 배추는 2.0~3.0 kg에 해당하는 강원도 정선산이며 부재료인 고추가루는 경북 청송산 햇고추가루를 사용하였고, 젓갈, 생강, 마늘, 파, 무, 참쌀가루는 신촌점 그랜드마트에서 각각 신선한 것을 구입하여 사용하였다. 소금은 염도 90% 이상인 천일염을 사용하였다.

김치제조 및 숙성

배추의 잎과 줄기를 고르게 정렬한 후 줄기방향으로 1/2로 절단하여 15%의 소금물에 24시간 동안 절인 후 꺼내어 흐르는 물에 두세번 세척하고 탈수시켜 Table 1의 비율⁽¹²⁾에 따라 혼합된 부재료와 함께 잘 혼합하여 플라스틱 용기에 담아 밀봉하고 15°C에서 30시간 동안 발효시킨 후 4°C의 냉장고에서 4주 동안 저장하면서 품질변화를 관찰하였다.

포장

배추김치 포장에 사용한 포장재료는 두께 0.01 mm, 수분 및 기체 차단성인 polyethylen terephthalate 진공 포장용 pouch(14×10 cm)로서 전기접착기로 열접합하여 사용하였다.

초고압 처리

내부용적 600 mL인 초고압기(MFP-7000, Mitubishi Heavy Industries Co., Japan)를 이용하였으며, 초고압 용기에 포장한 시료를 넣고 압력매체로 증류수를 채운 후 pump로 pressurizing piston을 상승시켜 가압하였다. 초고압 처리는 상온(20~35°C)에서 200~600 MPa로 각각 5분씩 행하였다.

pH 및 산도 측정

배추김치액을 시료로 사용하여 pH meter(410A, Orion Research Inc., USA)로 pH를 측정하였으며, 산도는 Ku 등⁽³⁾의 방법에 의하여 배추김치액 10 mL를 pH 8.3이 될때까지 적정하여 소비된 0.1 N NaOH의 양을 lactic acid%로 환산하였다.

색도의 측정

색도는 헌터체계(Hunter system)에 따르는 색차계(Chromameter CR200, Minolta Co., Japan)를 사용하여 L값(0: black, 100: white), a값(+: red, -: green), b값(+: yellow, -: blue)을 각 처리구별로 2회 반복하여 각각 3번씩 측정하였다.

Table 2. Conditions for cutting test by texture analyzer

Option	Operating condition	Min~Max
Type	Return to start	-
Force Units	Kilograms	-
Distance Format	Strain	-
Pre-Test Speed	2.0	0.1~10.0 mm/s
Test Speed	1.5	0.1~10.0 mm/s
Post-Test Speed	2.0	0.1~10.0 mm/s
Strain	100.00	0.1~999.9%
Time	0.01	0.01~999999 s
Trigger Type	0.010	0.001~25 kg

경도의 측정

배추김치의 경도 측정은 texture analyzer(TA = XT2, Stable Micro System, UK)를 사용하여 절단강도 실험을 실시하였고, 처리구당 2회 반복하여 3번씩 측정하였으며 texture analyzer의 조건은 Table 2와 같다.

총균수 및 젖산균수의 측정

총균수는 plate count agar 배지에 접종하여 30°C에서 48시간 배양하였고, 젖산균은 MRS 배지에 접종하여 37°C에서 60시간 배양하였다⁽¹³⁾. 균체수의 측정은 2회 반복하여 측정하였다.

통계적 분석

SAS 통계 프로그램(SAS Institute, Inc., 1996 Software Release 6.04)을 사용하여 95% 신뢰수준에서 분산 분석 및 다중 범위 검정(Student-Newman-Keuls)을 실행하였다⁽¹⁴⁾.

결과 및 고찰

초고압 처리에 의한 배추김치의 품질 변화

pH와 산도: 초고압 처리에 의한 pH와 산도의 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 관능검사를 통해 김치의 적숙기일때의 pH 및 산도는 각각 4.2와 0.6%라고 Kim 등⁽¹⁵⁾이 보고하였으며, 김치제조 중 pH와 산도의 변화에 대하여는 본 결과와 비슷한 보고가 있다⁽¹⁶⁾. 본 실험에서 대조구의 pH는 4.25, 처리구의 pH는 4.26~4.28로 나타났고, 산도는 각각 0.56과

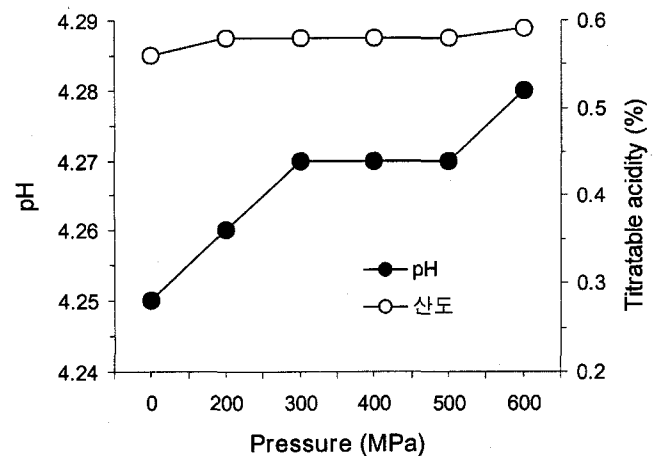


Fig. 1. Changes in pH and titratable acidity of pressurized or non-pressurized Chinese Cabbage *Kimchi*.

Table 3. Changes in L, a, b value¹⁾ of pressurized or non-pressurized Chinese Cabbage Kimchi

Treatment (MPa)	L-value	a-value	b-value
Control ²⁾	45.39±0.02 ^a	6.86±0.05 ^a	28.82±0.04 ^a
200	45.34±0.10 ^a	6.84±0.03 ^a	28.76±0.03 ^a
300	45.08±0.05 ^a	6.90±0.06 ^a	28.88±0.07 ^a
400	45.18±0.03 ^a	6.88±0.05 ^a	28.81±0.06 ^a
500	45.01±0.05 ^a	6.88±0.05 ^a	28.81±0.02 ^a
600	45.09±0.01 ^a	6.87±0.03 ^a	28.69±0.04 ^a

¹⁾Mean standard deviation (n=6).

²⁾Control: non-pressurized.

0.57~0.59%로 나타났다. 대조구에 비해 처리구는 pH 0.03 감소, 산도 0.03% 증가를 보였으며, 초고압 처리 이후에도 적 숙기의 pH와 산도의 범위를 벗어나지 않았다.

색도: 초고압 처리에 따른 색도의 변화를 Table 3에 나타내었다. 외관상으로 대조구와 처리구간의 큰 변화는 관찰되지 않았다. 대조구의 L값(lightness)은 45.39를 나타내는데 비하여 처리구는 최소 0.04, 최대 0.3 정도의 증가를 보여, 미미하기는 하나 모든 처리구에서 대조구보다 오히려 높은 L값을 나타내었다. a값(redness)의 경우도 L값과 마찬가지로 처리구에서 대조구보다 높게 나타났으며 b값(yellowness)은 대조구와 처리구 모두 일정 수준의 비슷한 결과를 나타내었다. 김치액의 색상변화는 색 측정에 사용한 김치의 시료 채취방법, 원재료의 종류 및 배합비율, 발효조건 등의 변화에 의해 크게 달라질 수 있다. 배추김치의 품질평가 기준으로서 김치액의 색상을 측정할 No 등⁽¹⁶⁾에 따르면 L값은 숙성기간 중 저장온도에 관계없이 변화를 나타내지 않았다. 반면 a값은 4°C에서 서서히 증가하였고, 16°C에서는 숙성 4일까지 증가 후 감소하였으며, b값은 숙성 3일까지 증가하다가 4°C에서는 약간 감소하였으나 16°C에서는 거의 일정한 경향을 나타내었다고 한다. 한편 Ku 등⁽³⁾은 발효온도가 높아질수록 L값이 현저하게 증가하는데 반해 a값은 전반적으로 약간 감소하는 경향을 보였고, b값은 35°C에서만 매우 증가하였을 뿐 다른 온도에서는 특별한 변화가 없었다고 보고 한 바 있다. 본 실험에서도 온도에 의한 색도의 변화는 거의 없는 것으로 판단되며 통계적으로 L, a, b 값 모두 유의적인 차이는 없었다(p>0.05).

배추조직의 경도: 배추의 경도 측정시험으로는 압착시험, 관통시험, 침입시험 등 여러 가지 방법이 연구되었으나 아직 어느 방법도 배추를 씹을 때 느끼는 경도를 적절하게 표현할 수 있는 기계적인 측정방법은 개발되지 못한 실정이다. 일반적으로 압착강도는 식품의 견고성을, 회복높이는 탄력성을, 그리고 work ratio는 응집성을 나타내나⁽¹⁷⁾, 일반적인 견고성 지표로 알려진 압축강도는 배추에서의 균등정도 보다는 뻣뻣한 정도와 관계가 있는 것으로 판단된다. 김치의 품질을 좌우하는 중요한 인자인 배추의 경도는 품종 뿐 아니라 염절임, 열처리 등의 가공과정에 의해 크게 좌우된다⁽¹⁸⁾. Lee 등⁽¹⁹⁾은 염장에 의한 절단강도의 증가는 세포내 수분이 손실되어 세포벽이 겹쳐지기 때문이라 하였다. 이렇듯 경도의 변화에는 많은 변수가 작용하며 그것을 측정하는 방법이 어려운 실정이다. 본 실험에서는 기존의 관통, 압착, 침입의

Table 4. Changes in hardness¹⁾ of pressurized or non-pressurized Chinese Cabbage Kimchi

Treatment (MPa)	Hardness (kg)
Control ²⁾	11.69±1.21 ^a
200	12.47±2.40 ^a
300	12.23±1.30 ^a
400	11.99±1.81 ^a
500	12.32±2.16 ^a
600	12.14±0.87 ^a

¹⁾Mean standard deviation (n=6).

²⁾Control: non-pressurized.

Table 5. Changes in total aerobes and lactic acid bacteria of pressurized or non-pressurized Chinese Cabbage Kimchi (unit: CFU/mL)

Treatment (MPa)	Total aerobes	Lactic acid bacteria
Control ¹⁾	2.13×10 ⁹	2.00×10 ⁸
200	4.40×10 ⁷	1.14×10 ⁷
300	2.69×10 ⁶	1.43×10 ⁶
400	4.28×10 ⁴	9.10×10 ³
500	2.85×10 ⁴	6.53×10 ³
600	2.70×10 ⁴	5.85×10 ³

¹⁾Control: non-pressurized.

방법이 아닌 평면 배열된 여러개의 유관속 부위를 동시에 자르는 절단시험을 통해 경도를 측정하였다. 초고압 처리에 따른 배추김치의 경도의 변화를 살펴보면, 처리구의 경도는 대조구에 비해 경도가 증가한 결과를 나타내었다(Table 4). 대조구의 경도가 11.69 kg을 나타내는데 비하여 처리구는 200 MPa에서 가장 큰 증가를 보인 12.47 kg으로 나타났고, 증가 폭이 가장 낮게 나타난 400 MPa에서도 11.99 kg으로 대조구에 비해 0.48 kg 증가한 결과를 나타내었다. 이는 초고압 처리한 무의 경우 세포벽에 결합하고 있는 세포의 형상이 처리하지 않은 무와 비교해서 좀더 세밀하다고 Hong 등⁽²⁰⁾이 보고한 결과와 같은 물리적 변화에 기인한 것으로 판단된다. 그러나 통계적으로 95%의 신뢰도 수준에서 모든 처리구간에 유의적 차이가 없었다.

미생물: Table 5에 대조구와 처리구의 총균수와 젖산균수의 변화를 나타내었다. 대조구의 총균수는 2.13×10⁹ CFU/mL로 나타났으며, 400 MPa 이상에서는 5 log cycle 이상의 감소를 보였다. 이는 Hong⁽²⁰⁾이 동치미를 초고압 처리했을 때 400 MPa 이상의 압력에서 4 log cycle의 감소가 일어난 결과와 유사하였으며, 배추김치의 발효에 직접적으로 관여하는 젖산균의 경우 대조구는 2.00×10⁸ CFU/mL로 나타났으며, 처리구는 400 MPa 이상에서 급격히 감소하여 5 log cycle 이상 감소하는 결과를 나타냈다. 이는 400 MPa 이상에서 배추김치의 젖산균을 효과적으로 억제시킨 Sohn⁽²²⁾과 Lee 등⁽²³⁾의 보고와도 일치하였다. 또한 Tanaka 등⁽²¹⁾은 요구르트 제품은 저장중에 유산균 발효가 계속적으로 진행되기 때문에 지나치게 신맛이 강해지는 문제가 발생되는데, 요구르트를 10~20°C에서 200~300 MPa로 10분간 고압 처리한 결과 포장 후 일어나는 산 생성을 방지할 수 있었고, 특히 이 조건에서는 생균수의 변화가 없었다고 보고하였으며 그 이유로

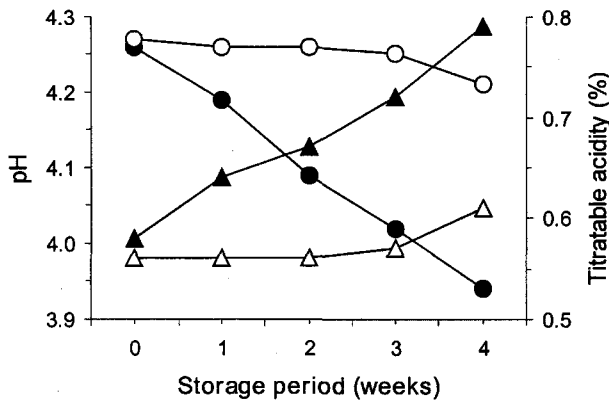


Fig. 2. Changes in pH and titratable acidity of pressurized or non-pressurized Chinese Cabbage Kimchi during storage.
 ● - ● : pH of non-pressurized, ▲ - ▲ : titratable acidity of non-pressurized, ○ - ○ : pH of pressurized, △ - △ : titratable acidity of pressurized.

는 유산균이 낮은 pH 및 온도에서 생육하지 못할 만큼 압력에 의하여 손상되었기 때문으로 추측된다고 보고 한 바 있다. 본 연구 결과에서도 400 MPa 이상의 초고압 처리 후에 약 10³~10⁴ CFU/mL의 젖산균이 생존해 있음에도 불구하고 저장기간동안 산 생성이 억제됨을 확인함으로써(Fig. 2), 압력에 의해 젖산균의 산 생성에 손상이 있었으리라 추측할 수 있었다.

저장기간 중 일어나는 배추김치의 품질 특성 변화

300 MPa 이상의 압력에서 젖산균의 살균효과를 나타낸 처리 후의 결과와 경제적인 비용, 시간 등을 고려하여 불 때 적정 살균압력은 400 MPa로 판단되어 제조한 배추김치를 pH 4.2~4.3까지 발효시킨 후 대조구와 400 MPa로 압력 처리한 처리구를 4°C에서 4주 동안 저장하면서 pH, 산도, 색도, 경도 및 총균수의 변화를 비교관찰 하였다.

pH와 산도: 배추김치의 저장기간 중 pH와 산도의 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 대조구의 초기 pH는 4.26으로 저장기간 동안 계속 감소하여 4주 후에는 3.94까지 감소하였다. 대조구의 pH 감소는 젖산균의 발효에 의한 과도한 산 생성에 기인하며 이로인해 김치의 산패 및 과숙현상이 일어나게 된다. 또한 산도역시 초기에 0.58%에서 꾸준히 증가하여 4주 후에는 0.79%로 나타났다. 반면 처리구는 초기 pH 4.27에서

3주 후까지 거의 변함없는 pH를 유지하다가 4주 후에는 pH 4.21로 0.06 감소하였다. 산도 또한 초기 0.56%에서 4주 후에는 0.05% 증가하였다. 이는 저장기간 동안 pH가 꾸준히 감소하고, 산도는 계속 증가한 대조구와 큰 대조를 이루어 초고압 처리에 의해 발효가 효과적으로 억제되었음을 나타내었다. 저장중 일어나는 가장 큰 변화는 젖산균에 의해서 유기산이 생성되어 pH가 감소하고 산도가 증가하는 것인데 이것은 배추내의 당분이 젖산 등의 유기산으로 발효되기 때문이며, 이때 유기산의 조성은 저장온도, 염농도 등에 따라서 달라지고 그것은 이들 환경조건에 따라 생육하는 미생물의 군집이 달라지기 때문이라고 보고되고 있다(4).

색도: 대조구의 L값은 초고압 처리 후 45.39에서 4주 후 43.44까지 변화를 보였으나 처리구는 45.18에서 45.08으로 비슷한 수준의 값을 유지하였고, 대조구의 a값은 6.86에서 6.83까지의 변화를 보인 반면 처리구는 6.88에서 7.10으로 값이 증가하였다. 대조구의 b값은 처리 후 28.82에서 3주 후 27.84로 감소한 반면 처리구는 28.81에서 4주 후 28.24로 거의 변화가 없었으며, 통계적으로 유의적인 차이를 나타내었다 (p<0.05).

배추김치의 색상은 육안으로 보았을 때 미숙기에서 붉은 빛을 띠나 적숙기에는 옅은 붉은빛에 푸른빛이 깃든 색으로 변화되고 과숙기에는 진한 어두운 색으로 된다. 이러한 현상은 숙성에 따른 고춧가루 색소성분의 용출과 녹색 잎조직의 엽록소 용출 및 과숙기 동안의 산화현상과 관련이 있는 것으로 보고되고 있다(24). 본 실험에서의 대조구 또한 L, a, b 값 모두 저장기간 동안 처리구에 비해 낮은 값을 보이며 점차 진한 어두운 색으로 변해가는 것을 알 수 있었고 처리구의 경우 대조구에 비해 일정값을 유지함을 확인하였으나, 이러한 현상이 고춧가루나 배추조직의 색소 성분 용출에 대한 초고압의 영향인지는 알 수 없었으며 이에 대한 연구가 좀 더 진행되어야 하리라 판단된다.

배추조직의 경도: 저장기간에 따른 경도의 변화를 Table 7에 나타내었다. 대조구의 경도는 초기 11.69 kg에서 꾸준히 감소하여 4주 후에는 10.79 kg까지 감소하였다. 반면 처리구는 초기 11.99 kg에서 4주 후에는 11.06 kg으로 감소하였다. 김치의 연화현상은 식물조직내 존재하는 펙틴질의 분해가 가장 큰 원인으로 밝혀져 있으며, 이에 관여하는 효소로는 식물조직내 polygalacturonase(PG)와 pectinesterase(PE)가 존재하는데 PG는 유리 카르복실기가 존재하는 펙틴 물질을 분해하

Table 6. Changes in L, a, b value¹⁾ of pressurized or non-pressurized Chinese cabbage Kimchi during storage at 4°C

Storage period (weeks)	Treatment					
	Control ²⁾			400 MPa		
	L-value	a-value	b-value	L-value	a-value	b-value
0	45.39±0.02 ^a	6.86±0.05 ^c	28.82±0.04 ^h	45.18±0.03 ^a	6.88±0.05 ^c	28.81±0.06 ^h
1	44.30±0.13 ^b	7.00±0.13 ^c	28.00±0.05 ^j	44.75±0.38 ^b	6.82±0.04 ^f	28.00±0.10 ⁱ
2	42.82±0.21 ^d	6.79±0.21 ^e	27.91±0.35 ^j	44.10±0.13 ^c	7.07±0.03 ^g	28.29±0.03 ^k
3	43.56±0.27 ^c	6.68±0.27 ^f	27.84±0.18 ^j	44.86±0.09 ^{ab}	7.05±0.07 ^g	28.31±0.06 ^k
4	43.44±0.32 ^c	6.83±0.32 ^e	28.42±0.41 ⁱ	45.08±0.10 ^{ab}	7.10±0.04 ^g	28.24±0.05 ^k

¹⁾Mean standard deviation (n=6).

^{a-k}Means within a same column with different superscript letters are significantly different (p<0.05).

²⁾Control: non-pressurized.

Table 7. Changes in hardness¹⁾ of pressurized or non-pressurized Chinese Cabbage *Kimchi* during storage at 4°C

Storage period (weeks)	Treatment	
	Control ²⁾	400 MPa
0	11.69±1.21 ^a	11.99±1.81 ^a
1	11.18±1.57 ^a	11.40±1.21 ^a
2	10.92±1.93 ^a	11.19±3.20 ^a
3	10.97±0.71 ^a	11.09±0.89 ^a
4	10.79±1.79 ^a	11.06±2.79 ^a

¹⁾Mean standard deviation (n=6).

²⁾Control: non-pressurized.

Table 8. Changes in total aerobes and lactic acid bacteria of pressurized or non-pressurized Chinese Cabbage *Kimchi* during storage at 4°C
(unit: CFU/mL)

Storage period (weeks)	Total aerobes		Lactic acid bacteria	
	Control ¹⁾	400 MPa	Control	400 MPa
0	2.13×10 ⁹	4.28×10 ⁴	2.00×10 ⁸	9.10×10 ³
1	2.92×10 ⁸	2.76×10 ⁴	2.93×10 ⁷	1.15×10 ³
2	3.31×10 ⁸	1.31×10 ⁴	2.21×10 ⁷	1.35×10 ³
3	2.60×10 ⁸	5.21×10 ⁴	8.27×10 ⁶	4.20×10 ³
4	7.30×10 ⁶	1.60×10 ⁴	4.20×10 ⁶	1.04×10 ³

¹⁾Control: non-pressurized.

여 직접적으로 식물조직을 연화시키는 것으로 펙틴중의 메톡실기를 분리시켜 유리카르복실기를 형성하는 역할을 한다. 그러므로 식물조직의 연화조직을 방지하려면 PG의 작용을 억제시키는 반면 PE를 활성화 시킴으로써, 펙틴이 Ca²⁺이온과 cross-linkage를 형성하게 하여야 하는 것으로 보고된바 있다^(25,26). 본 실험에서는 효소의 활성은 측정하지 않았으나, 대조구에 비해 처리구의 경도가 높은 이유는 여러보고의 결과에서 같이 초고압 처리후 펙틴질이 활성화된 것으로 추측되지만, 본 연구 결과에서는 통계적으로 유의적인 차이를 보이지 않았다(p>0.05).

미생물: 배추김치의 저장기간 중 총균수와 젖산균수의 변화를 Table 8에 나타내었다. 배추김치는 사용하는 재료가 다양하고 원료의 품질관리가 어려워 많은 미생물들이 초기에 검출되는데, 초기에는 호기성 세균, 곰팡이, 효모, 젖산균 등 다양한 양상을 띠지만 젖산이 생성되면서 점차 이들 잡균들이 사멸되거나 생육이 억제되고 젖산균만으로 단순화된다. 처음에는 hetero형인 *Leuconostoc mesenteroides*가 자라고 이어서 *Lactobacillus brevis*가 자라며 가식시간의 후기에 *Lactobacillus plantarum*이 자라서 산패가 진행된다. 이렇듯 배추김치에 관련된 미생물 중 80% 이상이 젖산균으로 보고된 바 있다⁽²⁷⁾. 대조구의 총균수는 초기 2.13×10⁹ CFU/mL에서 4주 후까지 3 log cycle 정도 감소를 보였으며, 처리구는 10⁴ CFU/mL의 수준을 저장기간 동안 나타내었다. 젖산균수에 있어서 대조구는 10⁶~10⁸ CFU/mL 수준이었으나, 처리구는 10³ CFU/mL의 수준을 저장기간 동안 계속 유지하였다. 대조구의 총균수와 젖산균수는 모두 4주 후 1~3 log cycle 정도 감소하였다. 이는 저장기간 중 과도한 산의 생성으로 인한 pH의 저하로 미생물의 생육이 억제된 것으로 판단되었고, 처리

구는 총균수와 젖산균수 모두 4 log cycle 감소하는 살균효과를 나타내었다. 이는 Hong⁽²⁰⁾, Lee 등⁽²⁸⁾의 보고와 유사한 결과를 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 1998년도 중소기업 기술혁신개발사업 연구비 지원에 의하여 수행되었으므로 이에 감사하는 바이다.

문헌

- Han, H.U., Lim, C.R. and Park, H.K. Determination of microbial community as an indicator of *Kimchi* fermentation. Korean J. Food Sci. Technol. 22: 26-32 (1990)
- Ryu, B.M., Jeon, Y.S., Moon, G.S. and Song, Y.S. The change of substances and enzyme activity, texture, microstructure of anchovy added *Kimchi*. J. Korean Soc. Food Nutr. 25: 470-477 (1996)
- Ku, K.H., Kang, K.O. and Kim, W.J. Some quality change during fermentation of *Kimchi*. Korean J. Food Sci. Technol. 20: 476-482 (1988)
- Han, E.S., Seok, M.S. and Park, J.H. Quality changes of salted baechu with packaging method during long term storage. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 1307-1311 (1998)
- Moon, K.D., Byun, J.A., Kim, S.J. and Han, D.S. Screening of natural preservatives to inhibit *Kimchi* fermentation. Korean J. Food Sci. Technol. 27: 257-263 (1995)
- Hoover, D.G., Metrick, C., Papneau, A.M., Farkas, D.F. and Knorr, D. Biological effects of high hydrostatic pressure on food microorganisms. Food Technol. 43: 99-107 (1989)
- Heremans, K. High pressure effects on proteins and other biomolecules. Ann. Rev. Biophys. Bioeng. 11: 1-9 (1982)
- Morild, E. The theory of pressure effects on enzymes. Adv. in Protein Chem. 34: 93-98 (1981)
- Cheftel, J.C. Application des hautes pressions en technologie alimentaire. Actualite des Industries Alimentaires et Agro-Alimentaires. 108: 141-149 (1991)
- Hayashi, R. Application of high pressure to food processing and preservation. Philosophy and Development. Eng. and Food. 2: 815-826 (1989)
- Hayashi, R. Utilization of pressure in addition to temperature in food science and technology. In Proceedings of 1st European Seminar on High Pressure and Biotechnology. 188-189 (1992)
- A study to prevention of oxidation and softening for *kimchi* industry. Korea Institute of Science and Technology (1977)
- Lee, D.H. Effects of freezing and thawing on the shelf-life and quality of dongchimi. M.S. Thesis, Yonsei Univ. Seoul, Korea (1998)
- Sung, N.K. SAS/STAT User's Guide. Jayu Academy Publishing Co., Seoul, Korea (1993)
- Kim, S.D. Effects of pH adjuster on the fermentation of *Kimchi*. J. Korean Soc. Food Nutr. 14: 259-264 (1985)
- No, H.K., Lee, M.H., Lee, M.S. and Kim, S.D. Quality evaluation of Korean Cabbage *Kimchi* by instrumentally measured color values of *kimchi* juice. J. Korean Soc. Food Nutr. 21: 163-170 (1992)
- Szczeniak, A.S. Classification of texture characteristics. J. Food Sci. 28: 385-403 (1963)
- Yoo, M.S., Kim, J.B. and Pyun, Y.R. Changes in tissue structure and pectin of Chinese Cabbage during salting and heating. Korean J. Food Sci. Technol. 23: 420-429 (1991)
- Lee, C.H., Hwang, I.J. and Kim, J.K. Macro-and microstructure of Chinese Cabbage leaves and their texture measurements. Korean J. Food Sci. Technol. 20: 742-748 (1988)
- Hong, K.P. Effects of high hydrostatic pressure on product quality of Dongchimi. M. S. Thesis, Yonsei Univ. Seoul, Korea (1997)

21. Tanaka, T. and Hatanaka, K. Application of hydrostatic pressure to yoghurt to prevent it after-acidification. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*. 39: 173-181 (1992)
22. Sohn, K.H. and Lee, H.Y. Effects of high pressure treatment on the quality and storage of *Kimchi*. *International J. Food Sci and Technol*. 33: 359-365 (1998)
23. Lee, D.U. Effects of high hydrostatic pressure on product quality of kale and angelica juice. M.S. thesis, Yonsei Univ. Seoul, Korea (1996)
24. Kim, M.K., Ha, K.Y., Kim, M.J. and Kim, S.D. Change in color of *Kimchi* during fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol*. 23: 274-278 (1994)
25. Lui, Y.C., Kwon, K.S. and Park, K.H. Infusion of pectinesterase for preventing softening of *Kimchi* tissue. *Korean J. Food Sci. Technol*. 28: 393-395 (1996)
26. Yen, G.C. and Lin, H.T. Effects of high pressure and heat treatment on pectin substance and related characteristics in guava juice. *J. Food Sci*. 63: 685-686 (1998)
27. *Kimchi* Symposium. Korean Society of Food Science & Technology Publishing Co., Seoul, Korea (1994)
28. Lee, Y.B. Effects of high hydrostatic pressure on product quality of Radish *Kimchi*. M.S. Thesis, Yonsei Univ. Seoul, Korea (1999)

(2001년 6월 16일 접수)