

초고압과 열처리를 통한 단무지의 저장성 향상

김병기 · 홍관표* · 박지용*

단국대학교 식품공학과, *연세대학교 생명공학과 및 생물산업소재연구센터

Improvement in Storage Stability of *Danmooji* (Salted Radish) by High Hydrostatic Pressure and Heat Treatment

Byongki Kim, Kwanpyo Hong* and Jiyong Park*

Department of Food Engineering, Dankook University

*Department of Biotechnology and Bioproduct Research Center, Yonsei University

Abstract

This study was conducted to evaluate the storage stability of *danmooji* (salted radish) treated with high hydrostatic pressure (300~686 MPa) and heat (55°C). *Danmooji* pressurized at 500 MPa and 686 MPa for 5 min showed 4~6 log-cycle reductions in total microorganism, while *danmooji* heated at 55°C for 2 hr showed 3~5 log-cycle reductions. However, *danmooji* pressurized at 300 MPa for 5 min showed a 2 log-cycle reduction, indicating that pressurization at lower than 300 MPa is insufficient for sterilization. After pressurized at 300 MPa, 500 MPa and 686 MPa for 5 min, pectinesterase (PE) activity of *danmooji* was increased by approximately 35%, 76% and 64%, respectively; and polygalacturonase (PG) activity of *danmooji* was increased by 109%, 163% and 120%, respectively. After heated at 55°C for 2 hr, PE and PG activities of *danmooji* were increased by 18% and 200%, respectively. This indicates that PE in *danmooji* was more activated by pressure than heat, while PG was mostly activated by heat. Pressurized and heat-treated *danmooji* had higher hardness than control and maintained its hardness during storage at 30°C.

Key words: *danmooji* (salted radish), high hydrostatic pressure, heat, microorganism, pectinesterase, polygalacturonase, hardness

서 론

일본에 그 발생 기원을 둔 단무지(*danmooji*; salted radish)는 저렴한 가격과 자극성이 적은 맛으로 인해 우리 가정에서 친숙한 식품이다. 단무지는 단체 급식 및 분식점에서 소비되는 만두제품, 우동 등과 잘 어울리는 부식 재료로 소비량이 점점 늘어나는 추세이다. 현재 국내에서 소비되는 단무지는 대부분이 영세한 가내공업 형태의 소규모 공장에서 생산되고 있는데 가격에 비해 부피가 크고 무거우며 값싼 식품이라는 소비자들의 오랜 인식으로 인해 품질 개선을 위한 가공, 포장 및 저장에 대한 연구가 등한시 되어왔다. 더운 여름철 상온에서 대량 소비처로 운반되는 단무지의 경우 미생물에 의한 부패와 효소 작용에 의한 연화현상은 단무지 생산자들에게 가장 큰 문제가 되고 있으며, 냉장보관, 진공포장 및 합성보존료에 의한 상미

기간의 연장은 가격 및 법적인 문제로 한계가 있다.

과도한 미생물의 번식은 병원성 물질의 생산과 바람직하지 않은 풍미를 유발하고, 펙틴분해효소의 작용에 의한 조직의 연화현상을 초래하게 된다. 조직의 연화를 일으키는 펙틴분해효소는 원료 자체와 미생물의 생산에 의해 생성되며 pectinesterase (PE)와 polygalacturonase (PG)가 있다⁽¹⁾. 이중 PE는 펙틴의 탈에스테르화(deesterification)를 일으켜 다가 이온들(polyvalent ions)이 존재할 때는 과실이나 야채류의 조직을 단단하게 해주며, PG는 펙틴의 α -1,4 결합을 가수분해하여 펙틴 분자의 크기를 감소시켜 조직의 연화를 촉진한다. 식품의 품질저하의 원인이 되는 연화현상을 방지하기 위해서는 PE를 활성화하고 PG를 불활성화하는 것이 바람직하다고 할 수 있다. PE를 활성화하고 PG를 억제하는 방법으로는 적당한 양의 NaCl⁽²⁾ CaCl₂⁽³⁾를 첨가하거나 예열처리^(4,5)하는 방법들이 주로 사용되어 왔다. 연화현상에 관계한 효소들에 대한 기초연구로서 Kim 등⁽⁶⁾과 Pressey와 Avants⁽⁷⁾는 오이의 펙

Corresponding author: Byongki Kim, Department of Food Engineering, Dankook University, Cheonan 330-714, Korea

틴분해효소에 대해서 보고했으며, Yoon 등⁽⁶⁾은 김치재료 및 김치내의 효소 시스템을 규명하였고, Yuk 등⁽⁷⁾은 예비열처리에 의한 조직의 연화 억제와 최적온도에 대해 규명하였다. 또한 Lee⁽⁸⁾는 예비열처리와 chitosan의 첨가가 무우의 조직감 변화에 미치는 연구를 수행하였다.

최근 소비자들의 건강에 대한 관심이 높아짐에 따라 농수산물 및 가공식품에 대한 안전성과 위생이 강조되고 있으며, 최소의 가공을 통해 자연 그대로의 맛과 향을 유지하는 식품에 대한 관심이 높아짐에 따라 열처리를 최소화하고, 염, 당, 보존료를 적게 사용하는 천연지향적 제품의 수요가 늘고 있다. 이러한 경향에 따라 최근 비열(非熱)가공처리 방법⁽⁹⁾이 주목받고 있으며, 그 중 특히 초고압처리는 미생물의 살균효과⁽¹¹⁾ 외에도 단백질의 변성, 효소의 활성화에도 관여⁽¹²⁻¹³⁾하며, 젤형성이나 추출⁽¹⁴⁾ 등에도 유용하다고 보고되고 있다. 이러한 특징을 가지고 있는 초고압처리기술은 향후 새로운 식품저장법으로서 기대되고 있다. 단백질이나 효소와 같은 biopolymer에 대한 초고압처리의 효과는 다양하게 진행되어, 초고압처리가 효소에 미치는 영향은 단백질 구조의 가역적, 비가역적 변화와 관계되어 있으며, 효소활성은 효소의 종류, 기질특성, 처리시간과 온도에 의존한다고 보고^(10,13)되어 있다.

이에 본 연구에서는 지금까지 보고된 바 없는 단무지의 품질 특성에 미치는 열처리와 초고압처리의 영향, 즉 단무지에 존재하는 미생물에 미치는 영향과 효소활성의 변화에 따른 조직감의 변화를 연구하여 처리 방법에 따른 단무지의 품질변화와 특성을 비교하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 무(*Raphanus sativus* L.)는 미농조생종(美農早生種)으로서 1996년 창령산을 사용하였다. 가을에 재배지에서 수확한 무를 부산소재 단무지가공공장에 운반하여 세척한 후 건물내 지하 저장조에서 약 5개월간 염장, 숙성시켰다. 분석에 사용한 무는 겉으로 보아 크기가 균일하고 상처입지 않은 것을 실온의 물에 담그어 가용성 물질농도가 4°Brix가 될 때까지 탈염하였으며 이 과정에서 일체의 첨가물 사용을 배제하였다.

포장

단무지 포장에 사용한 포장재는 두께 0.01 mm, 수분 및 기체 차단성인 PET/PE 필름으로서 봉투(14×9.8

cm) 형태로 열접합하여 사용하였다. 각 시료는 절단기(Universal ProMetal, Krups Co., Germany)를 사용하여 1 cm 두께로 절단하였으며, 진공포장기(280°, Cretel, Belgium)를 사용하여 밀봉하였다.

초고압처리

본 실험에서는 초고압기(MEP-7000, Mitsubishi Heavy Industries Co., Japan)를 이용하였으며(Fig. 1), 초고압용기(내부용적 600 mL)에 포장한 시료를 넣고 pressure medium으로서 증류수를 채운 후 hydraulic pump로 pressurizing piston을 상승시켜 가압하였다. 초고압처리는 상온(17°C)에서 300, 500, 686 MPa에서 각각 5분씩 행하였다. 지정된 압력에 도달하는 데는 각각 50, 90, 150초가 각각 소요됐으며, 모두 10초 이내에서 가압이 이루어졌다.

열처리

Yuk 등⁽¹¹⁾과 Manabe⁽¹⁵⁾가 무우에 연화현상을 억제할 수 있다고 보고한 것을 기초로 하여, 포장된 시료를 55°C±2°C로 조절된 항온수조에서 2시간 동안 열처리한 다음 상온에서 냉각시켰다.

저장조건

포장된 단무지를 30°C로 유지되는 incubator에 저장하면서 4일 간격으로 시료를 채취하여 분석에 사용하였다.

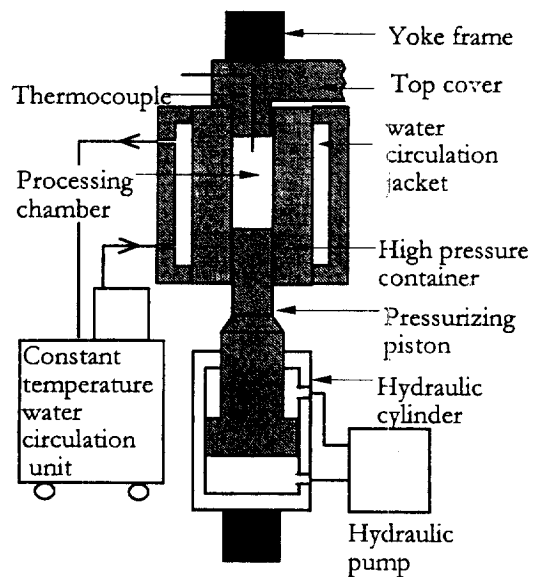


Fig. 1. Schematic diagram of high pressure test machine.

생균수의 측정

생균수는 A.O.A.C. 방법⁽⁶⁾에 따라 측정하였다. 총세균(total aerobes)수는 plate count agar에서 48시간, 젖산균(lactic acid bacteria)은 MRS agar에서 72시간 배양하였으며, yeast와 mold는 10% tartaric acid로 pH 3.5로 조정된 potato dextrose agar에서 72시간 배양하였다. 균체수의 측정은 2회 반복 측정하였다.

효소액의 제조

Lee⁽⁹⁾의 방법을 변형하여 제조하였다. 저장기간에 따른 단무지의 효소 활성 변화를 측정하기 위하여 1 cm 두께로 절단한 단무지와 1 M NaCl 용액을 1:1 (w/v)의 비율로 넣고 waring blender (37BLB4, Waring Products Division Dynamics Co., U.S.A.)에서 2분간 마쇄한 후 4°C에서 24시간 방치하였다. 이 용액을 4겹의 거즈로 걸러 9,000×g에서 원심분리한 후 상등액을 효소액으로 사용하였다.

Polygalacturonase (PG)의 활성 측정

Polygalacturonase의 활성은 효소의 작용으로 유리되는 환원당인 galacturonic acid의 함량을 dinitrosalicylic acid (DNS)에 의한 비색법으로 측정하였다. 0.45% polygalacturonic acid 용액(0.1 M NaCl 함유 0.03 M citrate-phosphate 완충액, pH 5.5) 0.48 mL에 효소액 0.02 mL를 넣고 30°C 항온 수조에서 교반하면서 2시간 동안 반응시켰다. 100°C 항온수조에서 3분간 끓여 효소를 불활성화 시키고, 0.1 N NaOH 0.5 mL를 넣어 알칼리 용액으로 만든 다음 DNS용액 1 mL를 첨가하고 다시 100°C에서 5분간 끓인 후 냉각시켜 증류수 5 mL를 혼합시킨 다음 2,500×g에서 5분간 원심분리 하였다. Blank는 효소액 대신 불활성화시킨 효소액을 첨가하

여 위와 같은 방법으로 측정하였다. 520 nm에서 흡광도를 측정하였으며, PG 1 unit는 2시간 동안 1 mg의 환원당을 생성하는 효소의 양으로 하였다.

Pectinesterase (PE)의 활성 측정

Yoon 등⁽⁸⁾의 방법을 변형하여 측정하였다. 0.15 M NaCl 함유 0.45% 펙틴 용액 50 mL를 pH 7.0으로 조절 한 다음 효소액 1 mL를 넣었다. 혼합용액을 정확하게 pH 7.0으로 다시 조절한 다음 이 순간부터 pH 7.0에서 10분 동안 생성되는 산을 0.02 N NaOH로 적정하였다. PE 1 unit는 1분 동안 1×10^{-7} M의 카르복실기를 생성하는 효소의 양으로 하였다.

조직감의 측정

단무지의 조직감은 texture analyser (TA-XT2, Stable Micro Systems, U.K.)를 사용하여 puncture test를 실시 하였다. 각 시료의 조직감은 중심부와 중심에서 1 cm 떨어진 4개 지점에서 지름이 2 mm인 probe가 시료 두께의 75%까지 관통하면서 받는 최대 firmness값으로 표시하였으며, 각 처리구당 6개 시료를 측정하여 총 30번의 측정값을 평균치로 구하였다.

결과 및 고찰

총균수의 변화

20일 저장기간 동안 단무지에 생존하는 미생물수의 변화를 Table 1, 2, 3에 나타내었다. 호기성세균, 젖산균, 효모 및 곰팡이의 초기균수는 모두 10^5 과 10^7 사이로 나타났으며 처리 방법간에 유의수준의 범위에서 차이를 보였다($p < 0.001$). 생균수의 감소효과는 686 MPa에서 5분간 처리한 시료군(P686)이 가장 크게 나타났

Table 1. Changes in total aerobe (CFU/mL) of danmooji (salted radish) treated with high hydrostatic pressure and heat during storage at 30°C

Storage time (days)	Treatment				
	Control ¹⁾	H55 ²⁾	P300 ³⁾	P500 ⁴⁾	P686 ⁵⁾
0	7.00×10^5	8.05×10^2	3.09×10^4	2.30×10^2	6.50×10^1
4	2.35×10^5	1.80×10^2	1.30×10^4	1.20×10^2	7.50×10^1
8	2.39×10^5	5.20×10^2	1.57×10^5	1.00×10^2	9.00×10^1
12	2.28×10^6	7.25×10^1	2.76×10^5	2.50×10^2	1.50×10^1
16	1.18×10^6	4.50×10^1	4.10×10^6	2.50×10^2	3.50×10^1
20	4.35×10^6	3.50×10^1	5.45×10^6	3.00×10^2	2.50×10^1

¹⁾ non-treated danmooji.

²⁾ danmooji treated at 55°C for 2 hr.

³⁾ danmooji treated with 300 MPa pressure for 5 min.

⁴⁾ danmooji treated with 500 MPa pressure for 5 min.

⁵⁾ danmooji treated with 686 MPa pressure for 5 min.

Table 2. Changes in lactic acid bacteria (CFU/mL) of danmooji (salted radish) treated with high hydrostatic pressure and heat during storage at 30°C

Storage time (days)	Treatment				
	Control ¹⁾	H55 ²⁾	P300 ³⁾	P500 ⁴⁾	P686 ⁵⁾
0	5.60×10^5	1.03×10^3	2.50×10^4	1.90×10^2	1.00×10^1
4	7.95×10^6	3.85×10^3	8.15×10^5	1.00×10^1	N.D.
8	1.05×10^7	2.50×10^2	2.10×10^5	1.00×10^1	N.D.
12	4.25×10^6	1.35×10^1	4.17×10^5	N.D.	N.D.
16	3.90×10^6	2.00×10^1	6.47×10^6	3.75×10^1	N.D.
20	3.75×10^6	2.50×10^1	7.60×10^6	2.50×10^1	N.D.

N.D.: Not detected.

¹⁾non-treated danmooji.²⁾danmooji treated at 55°C for 2 hr.³⁾danmooji treated with 300 MPa pressure for 5 min.⁴⁾danmooji treated with 500 MPa pressure for 5 min.**Table 3. Changes in yeast and mold (CFU/mL) of danmooji (salted radish) treated with high hydrostatic pressure and heat during storage at 30°C**

Storage time (days)	Treatment				
	Control ¹⁾	H55 ²⁾	P300 ³⁾	P500 ⁴⁾	P686 ⁵⁾
0	2.48×10^6	6.75×10^1	3.12×10^4	2.75×10^2	6.00×10^1
4	2.65×10^6	1.25×10^2	7.50×10^4	N.D.	N.D.
8	5.47×10^6	6.00×10^1	1.17×10^5	4.00×10^1	5.00×10^1
12	6.36×10^6	2.47×10^2	8.45×10^4	1.00×10^1	N.D.
16	7.80×10^6	1.85×10^2	6.40×10^4	1.50×10^1	N.D.
20	8.15×10^6	1.50×10^2	5.73×10^6	1.00×10^1	N.D.

N.D.: Not detected.

¹⁾non-treated danmooji.²⁾danmooji treated at 55°C for 2 hr.³⁾danmooji treated with 300 MPa pressure for 5 min.⁴⁾danmooji treated with 500 MPa pressure for 5 min.

고, 다음으로 500 MPa에서 5분간 처리한 시료군(P500), 55°C에서 2시간 동안 열처리한 시료군(H55), 300 MPa에서 5분간 처리한 시료군(P300), 무처리 시료군(control) 순이었다. H55는 3~5 log cycle의 감소효과를 나타냈고, P300의 생균수는 무처리군과 비교해서 2 log cycle미만의 적은 감소효과를 보여 300 MPa로 압력처리하는 것은 미생물의 살균에는 충분하지 않은 것으로 판단되었다. 한편, P500과 P686은 4~6 log cycle의 감소효과를 나타내어 미생물의 살균에 충분한 압력임을 보여주었다. 그러나, Table 1에서 볼 때 호기성세균은 P686에서 완전 살균은 이루어지지 않아 젖산균과 효모 및 곰팡이에 비해 압력에 대한 내성이 컸는데, 이 현상은 Lee 등¹⁷⁾이 보고한 압력과 저장기간에 따른 호기성 세균의 변화와 일치하였다. 초기균수가 많은 control와 P300에서는 시간에 따라 증가했으며, 저장 4일후부터는 포장용기가 팽창하는 현상을 나타냈는데, 이는 10⁶이상의 많은 젖산균이 hetero type의 발효과정에서 생기는 부산물인 CO₂때문인 것으로

생각되며, *Lactobacillus fructivorans* L-101 gas를 생성하여 포장 용기가 팽창했다는 Nikkuni 등¹⁸⁾의 보고와 동일한 현상을 나타내었다.

효소의 활성변화

PE와 PG의 저장기간에 따른 활성변화를 Fig. 2와 3에 나타내었다. 초고압이 효소의 활성에 미치는 영향에 관해서는 활성화와 불활성화의 효과가 모두 발표¹⁹⁾되고 있는데 단무지에 있는 PE와 PG의 활성은 초고압에 의해 모두 증가하는 현상을 나타내었으며, 열처리 또한 두 효소의 활성을 증가시켜 열처리에 의해 두 효소의 활성이 증가함을 보인 Yuk 등¹⁰⁾의 결과와 일치했다. 무처리군의 초기 효소활성은 PE가 1.13 unit이었고 PG는 0.44 unit였다. 조직의 hardness 증가에 기여한다고 보고되어 있는 PE의 활성은 처리당일 P500, P686, P300, H55 그리고 control 순으로 P500이 가장 높은 활성을 나타냈으며, 이때의 활성화 정도는 control의 초기 PE 활성의 177%였다. 저장 기간에 따른

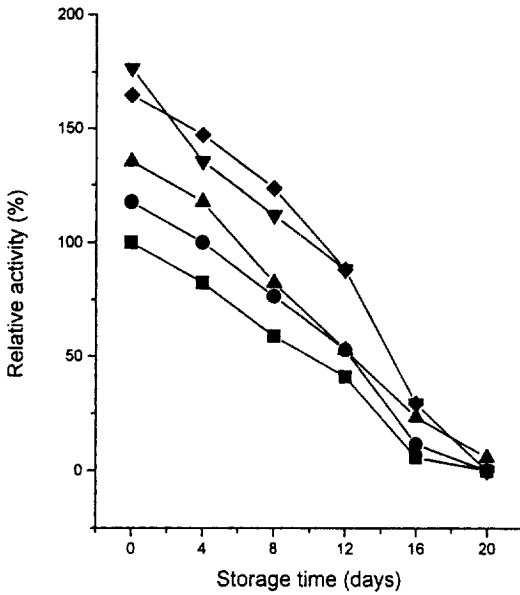


Fig. 2. Changes in relative activity (%) of pectinesterase during storage at 30°C after heat and high hydrostatic pressure treatment. ■—■: non-treated *danmooji* (control), ●—●: *danmooji* treated at 55°C for 2 hr, ▲—▲: *danmooji* treated with 300 MPa pressure for 5 min, ▼—▼: *danmooji* treated with 500 MPa pressure for 5 min, ◆—◆: *danmooji* treated with 686 MPa pressure for 5 min.

PE의 활성은 시간에 따라 감소했고 저장기간과 처리 방법에 모두 유의수준의 범위에서 차이를 나타내었다 ($p < 0.001$). Control의 활성은 저장 16일 후에는 거의 활성이 잔존하지 않았으며, H55와 초압력처리 시료군도 20일 후에는 모두 실패되었다. 그러나 P500과 P686은 저장 8일 까지도 control의 초기 PE 활성 이상을 유지하는 바람직한 현상을 나타내었다. PG의 활성은 처리당일 H55, P500, P686, P300 그리고 control 순으로 나타났으며, H55의 활성은 control의 300%까지 활성화되었다. PG의 활성도 PE와 마찬가지로 시간에 따라 빠르게 감소하였는데 저장 8일 까지 전 시료의 PG 활성이 급격히 감소하였으며 저장 8일 이후에는 무처리군의 PG 활성은 나타나지 않았다. 시간에 따른 효소 활성의 감소현상은 김치와 김치재료에 대한 효소 활성을 보고한 Yoon⁽⁶⁾의 결과와 일치하지만 단무지의 효소 활성은 매우 빨리 감소하였는데, 장기간의 소금절임으로 초기활성이 낮았기 때문인 것으로 판단된다. 저장 기간에 따른 PG의 활성은 시간에 따라 감소했고 저장기간과 처리방법에 따라 모두 유의수준의 범위에서 차이를 나타내었다($p < 0.001$). 또한 초고압처리 시료군에 비해 H55는 PG의 활성을 비교적 오래동안 유지하였다.

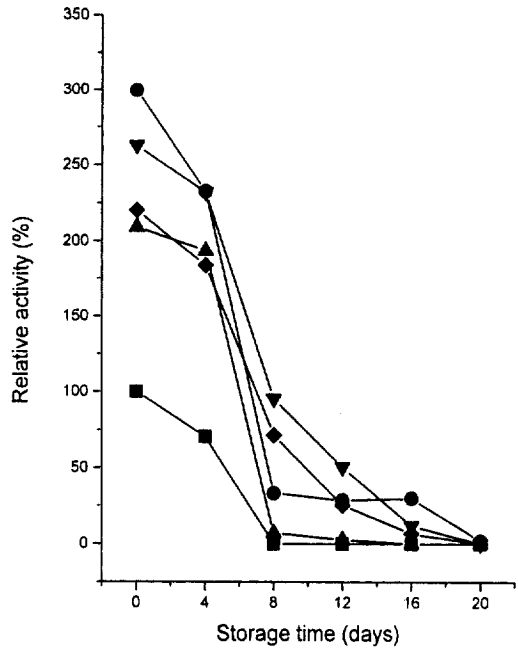


Fig. 3. Changes in relative activity (%) of polygalacturonase during storage at 30°C after heat and high hydrostatic pressure treatment. ■—■: non-treated *danmooji* (control), ●—●: *danmooji* treated at 55°C for 2 hr, ▲—▲: *danmooji* treated with 300 MPa pressure for 5 min, ▼—▼: *danmooji* treated with 500 MPa pressure for 5 min, ◆—◆: *danmooji* treated with 686 MPa pressure for 5 min.

조직감의 변화

열처리 및 초고압처리한 시료의 저장기간에 일어나는 hardness의 변화를 Table 4에 나타내었다. Puncture force는 control과 모든 처리군이 모두 시간이 지남에 따라서 감소하는 경향을 나타냈다. 그러나 처리 직후 H55와 초압력처리 시료군은 모두 효소의 활성과 마찬가지로 hardness가 증가했다. 이는 Yamamoto 등⁽¹⁰⁾이 압력에 의해 조직이 단단해짐을 보인 결과와 일치하지만, Yamamoto 등의 보고와 비교해서 hardness의 증가가 미비하였다. 조직감의 변화는 저장기간과 처리시료간에 모두 유의적인 차이를 보였다($p < 0.001$). P500과 P686의 hardness는 비슷하였으며, P300과 H55가 다소 낮은 경향을 나타냈으나 control에 비해서는 모든 처리군이 현저히 높은 값을 나타내었다. P500과 P686의 hardness가 비슷한 것은 400 MPa 이상의 고압에서는 결과가 비슷하다는 Kasai 등⁽²⁰⁾의 보고와 일치하였다. 열처리 및 초고압 처리된 단무지는 저장 20일 이후에도 control의 저장 초기와 유사한 hardness를 나타내기 때문에 매우 유용한 가공 방법으로 판단된다. H55가 P500과 P686에 비해 hardness가 낮

Table 4. Effect of high hydrostatic pressure and heat treatment on puncture force¹⁾ (kg) in salted radish root during storage at 30°C

Treatment Storage time (days)	Control ²⁾	H55 ³⁾	P300 ⁴⁾	P500 ⁵⁾	P686 ⁶⁾
0	0.904±0.214	1.018±0.252	0.995±0.285	1.014±0.159	1.024±0.159
4	0.807±0.142	0.934±0.121	0.952±0.240	0.971±0.183	0.969±0.189
8	0.784±0.228	0.901±0.157	0.928±0.121	0.999±0.190	0.925±0.153
12	0.762±0.089	0.871±0.135	0.881±0.132	1.025±0.259	0.897±0.155
16	0.758±0.160	0.871±0.209	0.868±0.242	0.920±0.183	0.896±0.152
20	0.733±0.285	0.863±0.231	0.868±0.173	0.888±0.215	0.896±0.211

¹⁾Data presented as means ± standard deviations.

²⁾non-treated *danmooji*.

³⁾*danmooji* treated at 55°C for 2 hr.

⁴⁾*danmooji* treated with 300 MPa pressure for 5 min.

⁵⁾*danmooji* treated with 500 MPa pressure for 5 min.

은 것은 PE 활성이 초고압 처리군에 비해 빠르게 감소하기 때문인 것으로 판단된다. 무처리군의 초기 PG의 활성은 0.44 U로 매우 낮아 활성화 범위가 control의 초기 활성의 300%까지 도달하여도 조직감에 미치는 영향은 크지 않았을 것으로 생각된다.

요 약

초고압(300~686 MPa) 및 열(55°C) 처리한 단무지의 저장 안정성을 검토하기 위하여 생존균수, 효소활성, 조직감의 저장중 변화를 측정하였다. 총균수에서는 500 MPa 압력에서 5분간 처리한 시료와 686 MPa 압력에서 5분간 처리한 시료가 4~6 log cycle 감소를 보였으며, 55°C에서 2시간 동안 열처리한 시료는 3~5 log cycle 감소를 보였다. 그러나 300 MPa 압력에서 5분간 처리한 시료는 2 log cycle 이하의 감소를 보여 살균 조건으로는 불충분함을 알 수 있었다. 초고압 및 열처리한 단무지의 pectinesterase (PE)와 polygalacturonase (PG)의 처리직후 활성은 무처리군(control)에 비해 현저히 증가하였으며 PE 활성은 초고압처리에 의해 더 증가한 반면 PG는 열처리에 의해 더 증가하였다. 저장기간에 따라 처리구 모두 무처리구에 비해 높은 PE, PG 활성을 유지하다가 20일째에는 실패하였으나 초고압처리구는 저장 8일째 까지 무처리군의 초기 PE 활성 이상을 유지하는 바람직한 현상을 보였다. 효소활성과 관련된 puncture force 측정에 의한 시료의 경도는 초고압과 열처리후 모두 증가했으며, 저장기간 동안 control에 비해 높은 경도를 유지하였다.

감사의 글

본 연구는 1996년도 단국대학교 교내학술연구비 지

원에 의해 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Yuk, C., Chang, K., Park, K.H. and Ahn, S.H.: Pre-heating treatment for preservation of tissue softening of radish root kimchi (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **17**, 447 (1985)
2. Bell, T.A. and Eichell, J.L.: Influence of salt (NaCl) on pectinolytic softening of cucumber. *J. Food Sci.*, **26**, 84 (1960)
3. Fleming, H.P., McFeeters, R.F. and Tompson, R.L.: Effects of sodium concentration on firmness retention of cucumber fermented and stored with calcium chloride. *J. Food Sci.*, **52**, 653 (1987)
4. McFeeters, R.F., Fleming, H.P. and Tompson, R.L.: Pectinesterase activity, pectin methylation and texture changes during storage of blanched cucumber slices. *J. Food Sci.*, **50**, 201 (1985)
5. Tompson, R.L. and Fleming, H.P.: Effects of storage conditions on firmness of brined cucumbers. *J. Food Sci.*, **44**, 843 (1979)
6. Kim, S.H., Oh, H.S. and Yoon, S.: Characteristics of pectinesterase in cucumber (in Korean). *Korean J. Soc. Food Sci.*, **2**, 55 (1986)
7. Pressey, R. and Avants, J.K.: Cucumber polygalacturonase. *J. Food Sci.*, **40**, 937 (1975)
8. Yoon, S., Park, H.O. and Kim, K.H.: Studies on the enzyme system in kimchi (in Korean). *The Research Report of Miwon Research Institute of Korean Food and Dietary Culture*, **2**, 357 (1989)
9. Lee, K.J.: Effects of preheating treatment and chitosan addition on the textural properties of Korean radish during fermentation (in Korean). *The Research Report of Miwon Research Institute of Korean Food and Dietary Culture*, **6**, 505 (1995)
10. Martens, B. and Knorr, D.: Developments of nonthermal processes for food preservation. *Food Technol.*, **46**(5), 124 (1992)
11. 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**(3), 99 (1989)
12. Morild, E.: The theory of pressure effects on enzymes. *Adv. Protein Chem.*, **34**, 93 (1981)
 13. Cheftel, J.C.: Application des hautes pressions en technologie alimentaire. *Actualite des Industries Alimentaires et Agro-Alimentaires* (in French), **108**, 141 (1991)
 14. Kuribayashi, T.: Properties of pressure-extracted pectin from *Satsuma mandarin*. In *High Pressure and Biotechnology*, John Libbey Eurotext Ltd., Montrouge, France, p.337 (1992)
 15. Manabe, T.: Studies on the firming mechanism of Japanese radish root by preheating treatment (in Japanese). *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **27**(5), 234 (1980)
 16. A.O.A.C.: *Official Method of Analysis*, 14th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington D. C., p.822 (1984)
 17. Lee, D.U., Park, J.Y., Kang, J.I. and Yeo, I.H.: Cold storage stability and sensory evaluation of *Angelica keiskei* juice using high hydrostatic pressure (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **28**(1), 105 (1996)
 18. Nikkuni, S., Ishiyama, T., Suzuki, C., Suzuki, T., Kosaka, N. and Mori, K.: Swelling of packaged processed miso by the heterofermentative lactic acid bacteria *Lactobacillus fructivorans* L-1 (in Japanese). *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **43**, 910 (1996)
 19. Yamamoto, A., Kasai, M., Hatae, K. and Simada, A.: Effects of high pressurizing process and standing after treatment on hardness of Japanese radish and the mechanism (in Japanese). *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **39**, 571 (1992)
 20. Kasai, M., Hatae, K., Shimada, A. and Iibuchi, S.: Pressure pretreatment of vegetables for controlling the hardness before cooking (in Japanese). *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **42**, 594 (1995)

(1997년 11월 3일 접수)