

초고압처리 동치미의 저장 안정성 및 품질 특성

홍관표 · 박지용

연세대학교 생명공학과 및 생물산업소재연구센터

Effects of High Hydrostatic Pressure on the Shelf-life and Quality of *Dongchimi*

Kwanpyo Hong and Jiyoung Park

Department of Biotechnology and Bioproducts Research Center, Yonsei University

Abstract

Changes in microbial count, enzyme, texture and color during storage of *dongchimi* (pickled radish roots) were investigated. *Dongchimi* was pressurized at 400 MPa for 5 min. Pressurized *dongchimi* stored at 4°C (PS4) and 37°C (PS37) were compared with control (stored at 4°C). PS4 and PS37 maintained their initial pH values during storage. Lactic acid bacteria, yeast and mold were not detected during storage in pressurized *dongchimi*. Pectinesterase, polygalacturonase activities and hardness of pressurized *dongchimi* decreased during storage. PS4 maintained its hardness longer than both control and PS37 during storage. The yellowness of PS37 was too high compared to control and PS4, indicating that storage of pressurized *dongchimi* at 37°C was undesirable.

Key words: *dongchimi* (pickled radish roots), high hydrostatic pressure, pectinesterase, polygalacturonase, hardness

서 론

한국의 전통 식품인 김치는 독특한 맛과 향을 지닌 야채발효식품으로 vitamin C, β-carotene, 아미노산 등을 포함하는 영양적으로 가치가 높은 식품일 뿐 아니라 항동연변이 및 항암효과가 있는 것으로 밝혀진 건강식품이다⁽¹⁾. 생활 환경이 변하면서 소비되는 김치의 많은 양이 산업체에서 생산되고 있다. 그러나, 김치를 저장하는 동안 과다하게 생성되는 유기산은 낮은 pH를 유발하여 신맛과 신내를 발생시키고, 과도한 CO₂의 생성은 포장재를 팽창시키는 문제점을 안고 있다. 또한, pectin 분해효소에 의해 야기되는 연화현상(softening)은 관능적으로 바람직하지 못하다. 이러한 문제점을 극복하기 위한 방법으로 가열 처리^(2,3), 보존료의 첨가⁽⁴⁾, 방사선처리⁽⁵⁾, 저온저장⁽⁶⁾ 및 무기물의 첨가^(7,8) 등이 보고된 바 있으나 아직 산업적으로 실용화 단계에 있는 가공기술은 없으며, 새로운 가공방법이 시급히 요구되고 있다.

초고압은 식품의 조리, 가공, 보존에 있어서 열처리

와 비교되는데, 기존의 열처리가 단백질의 변성, 단백질의 응집, 전분의 호화, 화학적 변화, 효소의 불활성화, 살균 등에 영향을 미치는 반면 초고압은 열처리의 장점을 대체로 유지하면서 maillard reaction, 비타민의 파괴, 천연적 맛의 손실과 같은 열처리에서 유발되는 화학적 변화를 최소화한다는 점에서 차이가 있다⁽¹⁰⁾. 초고압 기술이 최근 들어 식품의 개발에 직접 응용되면서 1990년대 초에 일본에서는 초고압을 이용해 과일 쟈 등을 생산하기에 이르렀다. Horie 등⁽¹¹⁾은 쟈을 만들어 본 결과 열처리를 통해 발생하는 향과 색깔의 변화가 적고 과일 특유의 성질이 유지된다고 보고하고 있다.

따라서 본 연구에서는 초고압 기술을 이용하여 동치미의 여러 품질저하 요인을 극복하면서 저장성을 증가시키고자, 동치미의 품질지표로서 미생물, 효소 및 무의 조직감에 미치는 초고압의 영향에 관한 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

재료

동치미의 제조에 사용한 재료는 전보⁽¹²⁾와 동일한

것을 사용하였다.

포장

동치미는 전보⁽¹²⁾와 동일한 조건으로 포장하여 사용하였다.

초고압처리

본 실험에서는 초고압기(MFP-7000, Mitsubishi Heavy Industries Co., Japan)를 이용하였으며, 초고압 용기(내부용적 600 mL)에 포장한 시료를 넣고 pressure medium으로서 중류수를 채운 후 hydraulic pump로 pressurizing piston을 상승시켜 가압하였다. 초고압처리는 상온(20°C)에서 400 MPa로 5분씩 행하였다.

저장조건

포장된 동치미를 무처리군은 4°C에서 유지하였으며, 초고압처리군은 4°C와 37°C로 유지되는 incubator에 각각 저장하면서 1주일 간격으로 시료를 채취하여 분석에 사용하였다.

pH 및 산도 측정

동치미 액을 시료로 사용하여 전보⁽¹²⁾와 같이 pH는 pH meter (Orion 410A, Orion Research Inc., U.S.A.)로 측정하였으며, 산도(titrable acidity)는 A.O.A.C. 방법⁽¹³⁾에 의하여 측정하였다.

생균수의 측정

전보⁽¹²⁾와 동일하게 A.O.A.C. 방법⁽¹⁴⁾에 따라 측정하였다.

효소액의 제조

전보⁽¹²⁾와 같이 Lee⁽¹⁵⁾의 방법을 변형하여 제조하였다.

Polygalacturonase (PG) 및 pectinesterase (PE)의 활성 측정

효소의 활성은 전보⁽¹²⁾와 동일한 방법으로 측정하였다. PG의 활성은 효소의 작용으로 유리되는 환원당인 galacturonic acid의 함량을 dinitrosalicylic acid (DNS)에 의한 비색법으로 측정하였고, PE의 활성은 Yoon 등⁽¹⁶⁾의 방법을 변형하여 측정하였다.

동치미 무 조직감의 측정

동치미 무의 조직감은 전보⁽¹²⁾와 같이 texture analyzer (TA-XT2, Stable Micro Systems, U.K.)를 사용하여

puncture test를 실시하였다.

색도의 측정

색도는 동치미 액을 시료로 사용하여 혌터 체계(Hunter system)에 따르는 색차계(Chromameter CR200, Minolta Co., Japan)를 이용하여 L-value (0: black, 100: white), a-value (+: red, -: green), b-value (+: yellow, -: blue)를 5회 반복 측정하였다.

결과 및 고찰

저장기간 중 pH 및 산도의 변화

동치미를 저장하는 동안 pH와 산도의 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 무처리군은 저장 동안 pH가 꾸준히 감소하고, 산도는 꾸준히 증가하였다. 무처리군의 초기 pH는 3.97이었는데 저장 1주 후에는 3.54로 급격히 감소하여 과도한 산이 생성된 것으로 판단되었다. 저장 2주 후부터 pH는 서서히 감소하여 저장 2주 후에 3.43이었으며 저장 5주 후에는 3.39였다. 한편, 산도는 저장 초기에 0.55%이었는데 저장 1주 후에 0.90%로 급격히 증가하였고 저장 2주 후에는 1.0%에 가까운 값을 나타내어 섭취하기에 높은 산도를 나타내었다. 반면에, PS4와 PS37은 초기 pH와 산도가 5주 후에도 초기값이 그대로 유지되어 과도한 산의 생성에 의한 김치산패는 400 MPa에서 5분간 처리한 동치

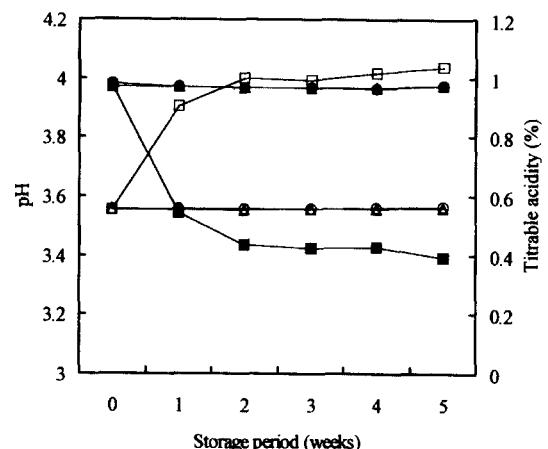


Fig. 1. Changes in pH and titratable acidity of *dongchimi* juice during fermentation at 30°C. ■—■: pH of control, ●—●: pH of pressurized *dongchimi* juice stored at 4°C, ▲—▲: pH of pressurized *dongchimi* juice stored at 37°C, □—□: titratable acidity of control, ○—○: titratable acidity of pressurized *dongchimi* juice stored at 4°C, △—△: titratable acidity of pressurized *dongchimi* juice stored at 37°C.

미에서 일어나지 않았다.

저장기간 중 미생물의 변화

5주 저장기간 동안 동치미에 생존하는 호기성 세균, 젖산균, 효모 및 곰팡이의 변화를 각각 Table 1에 나타내었다. 동치미에 존재하는 미생물 중 호기성 세균과 젖산균의 초기 균주는 10^8 CFU/mL 수준이었으며, 효모 및 곰팡이는 10^3 CFU/mL 수준이었다. PS4와 PS 37에 존재하는 미생물의 생균수는 저장기간이 지남에 따른 차이는 없었지만, 무처리군에 존재하는 미생물은 저장 5주 후에는 1~2 log cycle 정도 감소하였다. 이는 저장 기간 중에 과도한 산의 생성으로 낮은 pH에서 생존하기 힘든 균의 사멸로 생각된다. PS4와 PS 37에 존재하는 젖산균과 효모 및 곰팡이는 저장 5주 후에도 검출되지 않아 바람직한 저장 안정성을 나타내었다.

저장기간 중 효소 활성의 변화

PE와 PG의 저장기간에 따른 활성변화를 Fig. 2와 3에 각각 나타내었다. 초고압이 효소의 활성에 미치는 영향에 관해서는 활성화와 불활성화의 효과가 모두 발표⁽¹⁷⁾되고 있는데 동치미에 있는 PE와 PG의 활성은 초고압에 의해 모두 증가하는 현상을 나타내었다. 무처리군의 초기 효소활성은 PE가 1.467 unit이었고 PG는 0.299 unit이었다. 조직의 hardness 증가에 기여한다고 보고되어 있는 PE의 활성은 무처리군의 초기 PE 활성을 100으로 하였을 때 초고압처리 후 154~159의 값을 나타내었다. 저장 기간에 따른 PE의 활성은 시간에 따라 감소했고, 저장기간과 처리방법에 모두 유의적인 차이를 나타내었다($p<0.01$). 무처리군의 PE 활성은 저장기간 동안 서서히 감소하여 저장 4주 후의 활성은 초기 활성의 5% 미만으로 나타났다. PS 37은 저장 1주 후에는 PS4에 비해 오히려 높은 활성을

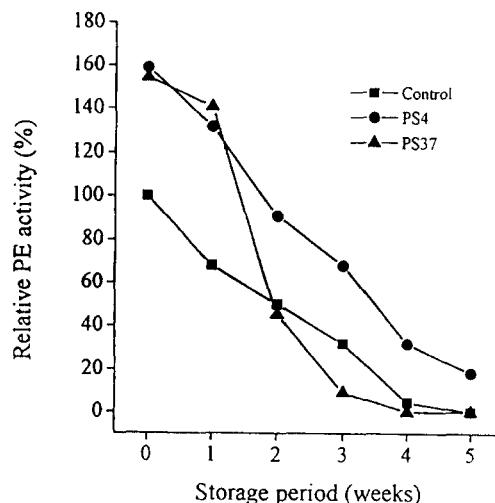


Fig. 2. Changes in pectinesterase (PE) activity of *dongchimi* during storage. Control: non-treated *dongchimi* stored at 4°C, PS4: high hydrostatic pressure treated *dongchimi* stored at 4°C, PS37: high hydrostatic pressure treated *dongchimi* stored at 37°C.

나타냈으나, 저장 2주 후부터 급격히 감소하여 3주 후에는 거의 활성이 없었다. PS4의 PE 활성은 무처리군과 마찬가지로 서서히 감소하였으나 무처리군의 초기 PE 활성을 100으로 하였을 때 2주 후에도 91의 활성을 나타내어 PE 활성을 유지할 수 있는 기간이 2주 정도 연장되었다. PG의 활성은 PE에 비해 초고압 처리에 의한 활성의 증가가 약간 커서 무처리군의 초기 PG 활성을 100으로 하였을 때, PS4와 PS37의 PG의 활성은 173~176이었다. 시간에 따른 PG의 활성은 PE와 마찬가지로 감소하였으며 저장기간과 처리방법에 모두 유의적인 차이를 나타내었다($p<0.01$). PS37에 존재하는 PG의 활성은 PE의 활성과 달리 저장 1주 후부터 활성이 급격히 감소하여 PS4보다 낮은 활성을

Table 1. Changes in microorganisms of *dongchimi* juice treated with high hydrostatic pressure during storage
(Unit: CFU/mL)

Storage Period (week)	Total aerobes			Lactic acid bacteria			Yeast and molds		
	Control ¹⁾	PS4 ²⁾	PS37 ³⁾	Control	PS4	PS37	Control	PS4	PS37
0	1.60×10^8	4.00×10^1	3.00×10^1	1.35×10^8	N.D.	N.D.	1.20×10^3	N.D.	N.D.
1	1.25×10^8	2.00×10^1	2.50×10^1	1.20×10^8	N.D.	N.D.	9.50×10^2	N.D.	N.D.
2	1.40×10^8	1.00×10^1	1.50×10^1	1.30×10^8	N.D.	N.D.	7.50×10^2	N.D.	N.D.
3	6.50×10^7	2.00×10^1	1.50×10^1	6.50×10^7	N.D.	N.D.	3.50×10^2	N.D.	N.D.
4	3.00×10^7	1.00×10^1	N.D.	3.50×10^7	N.D.	N.D.	2.00×10^2	N.D.	N.D.
5	1.50×10^7	1.50×10^1	1.00×10^1	6.00×10^6	N.D.	N.D.	2.00×10^1	N.D.	N.D.

N.D.: not detected.

¹⁾Non-treated *dongchimi* stored at 4°C.

²⁾Pressure treated *dongchimi* stored at 4°C.

³⁾Pressure treated *dongchimi* stored at 37°C.

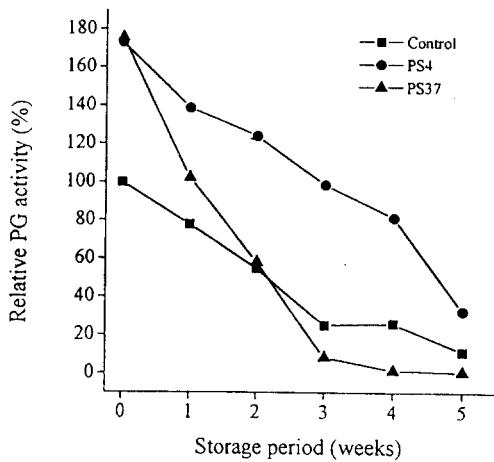


Fig. 3. Changes in polygalacturonase (PG) activity of *dongchimi* during storage. Control: non-treated *dongchimi* stored at 4°C, PS4: high hydrostatic pressure treated *dongchimi* stored at 4°C, PS37: high hydrostatic pressure treated *dongchimi* stored at 37°C.

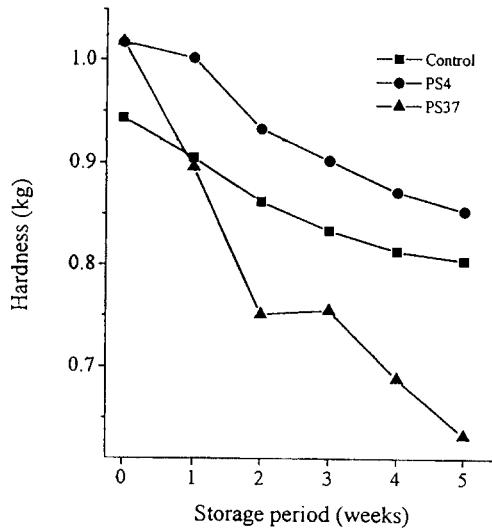


Fig. 4. Changes in hardness of *dongchimi* during storage. Control: non-treated *dongchimi* stored at 4°C, PS4: high hydrostatic pressure treated *dongchimi* stored at 4°C, PS37: high hydrostatic pressure treated *dongchimi* stored at 37°C.

나타냈고 저장 3주 후에는 거의 활성이 없었다. PS4의 PG 활성은 PE와 마찬가지로 시간에 따라 서서히 감소했으며 5주 후에도 33의 활성을 나타내어 PE에 비해 더 높은 상대활성을 나타내었다. 시간에 따른 효소 활성의 감소현상은 김치와 김치재료에 대한 효소 활성을 보고한 Yoon 등⁽¹⁶⁾의 결과와 일치하였다.

저장기간 중 동치미 무 조직의 hardness의 변화

초고압 처리한 시료의 저장기간에 일어나는 hardness의 변화를 Fig. 4에 나타내었다. 처리 직후 PS4와 PS37은 모두 효소의 활성과 마찬가지로 hardness가 증가했다. 이는 Yamamoto⁽¹⁸⁾가 압력에 의해 조직이 단단해짐을 보인 결과와 일치하였다. 하지만, Yamamoto의 보고와 비교해서 hardness의 증가가 미비하였는데, 이는 초고압 처리하는 시간이 상대적으로 짧았기 때문

인 것으로 생각된다. 조직감의 변화는 저장기간과 처리시료간에 모두 유의적인 차이를 보였는데($p < 0.001$), 무처리군은 초기 hardness 값이 0.94 kg이었고, 5주 후에는 0.80 kg으로 저장기간 동안 일정한 비율로 감소하였다. PS4는 무처리군과 비교해서 저장기간 동안 0.05~0.07 kg 정도 높은 값을 유지하여 저장 5주 후의 hardness는 0.85 kg이었다. 또한 저장 2주 후의 hardness는 0.93 kg으로 무처리군의 저장 초기 hardness와 비슷한 값을 나타내어, 초고압 처리에 의해 조직이 연화되는 기간이 2주 정도 지연됐다고 생각된다. 하지만 PS37은 저장기간 동안 hardness가 급속히 감소하여 2주 후에는 0.75 kg, 5주 후에는 0.63 kg으로 매우 연화되어 초고압 처리후 상온에서 저장하는 것은 적당한 방법이 아니라고 판단되었다.

Table 2. Color changes of *dongchimi* juice during storage

Storage Period (week)	L value ¹⁾			a value ²⁾			b value ³⁾		
	Control	PS4	PS37	Control	PS4	PS37	Control	PS4	PS37
0	74.68	73.25	73.47	0.56	0.64	0.69	7.76	7.87	7.84
1	74.36	72.28	72.65	0.58	0.97	0.84	8.05	9.58	11.09
2	72.59	73.73	69.40	0.81	0.94	1.41	9.32	9.97	15.15
3	75.59	74.75	70.11	0.79	0.99	1.64	8.79	10.37	15.27
4	72.76	74.03	66.89	0.85	0.85	1.92	9.22	10.32	15.87
5	75.31	74.34	67.54	0.77	0.84	1.89	8.75	9.50	15.29

¹⁾Indication of lightness (0=black, 100=white).

²⁾Chromaticity (+: redness, -: greenness).

³⁾Chromaticity (+: yellowness, -: blueness).

저장기간 중 색도의 변화

저장 기간중 동치미의 색이 변화하는 것을 관찰하여 Table 2에 나타내었다. 외관상으로는 무처리군과 PS4는 저장 기간중 커다란 변화가 관찰되지 않았으며, PS37은 갈색화가 심하게 일어났다. 무처리군의 Lightness (L value)는 저장 3주 후에 약간 증가하는 경향을 나타냈으나 전체적으로 감소했는데, 이것은 무처리군에 존재하는 각종 미생물의 발효에 의해 혼탁도가 증가하는 현상에 기인하는 것으로 판단된다. 한편 젖산균과 효모 및 곰팡이가 검출되지 않은 PS4와 PS37의 L값은 많은 차이를 나타내었다. 냉장온도에서 저장한 PS4의 L값은 저장기간 동안 무처리군과 비슷한 수준인 72~75이었으나, PS37은 저장 초기에는 74이었고 저장 5주 후에는 68까지 감소하였다. 이러한 현상은 저장기간 동안 발생한 PS37의 갈색화에서 기인하는 것으로 판단된다. Redness (a value)와 yellowness (b value)는 저장기간 중 다소 비슷한 양상을 나타냈다. a값과 b값 모두 저장 5주 후에 PS37>PS4>무처리군의 순으로 나타났지만 PS4와 무처리군의 차이는 육안으로 관찰되지 않는 미세한 차이라고 판단되며, PS37의 a값과 b값이 큰 것은 L값과 마찬가지로 갈색화의 영향으로 생각된다. 이러한 현상은 갈색화를 유도하는 효소의 작용이라고 판단되나, 원인 효소에 대하여서는 앞으로 더 많은 연구가 필요하다고 생각한다.

요 약

초고압 처리된 동치미의 저장 안정성과 저장 중 일어나는 변화를 관찰하기 위해 동치미(pH 4.0)를 400 MPa에서 5분간 처리하여 4°C와 37°C에서 각각 저장하였고, 초고압처리 하지 않은 시료를 4°C에 저장하면서 비교 실험을 실시하였다. 압력처리한 시료는 저장온도에 관계없이 저장 5주 후에도 초기 pH인 4.0을 유지하였고, 젖산균과 효모 및 곰팡이는 검출되지 않아서 pH 저하와 과도숙성에 의한 김치의 산패는 일어나지 않았다. PE, PG의 활성을 모든 처리구에서 저장기간에 따라 감소했으며, 37°C에서 저장한 시료는 시간에 따라 급격히 감소하여 저장 3주 후에는 거의 활성이 나타나지 않았다. 초고압처리를 하지 않은 시료의 효소 활성을 100으로 했을 때 4°C에서 저장한 압력처리구의 PE 활성은 190이었으며 저장 2주 후에도 100 정도를 유지하여 조직의 단단한 정도를 유지하였다. 한편, 4°C에서 저장한 초고압처리 시료구의 hardness는 무처리구와 37°C에서 저장한 초고압처리 시료구에 비해 큰 값을 나타냈으며, 세 경우 모두의 hardness는

저장기간 동안 꾸준히 감소하였다. 저장 기간중 L, a, b 값의 변화를 관찰한 결과 무처리군과 4°C에서 저장한 초고압처리 시료는 비슷한 수준을 유지하였으나, 37°C에서 저장한 초고압처리 시료는 갈색화 반응이 많이 일어나서 현저히 높은 b값을 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 보건복지부에서 시행한 1997년도 보건의료기술연구개발사업에 의하여 수행된 연구결과의 일부로서 이에 감사드립니다.

문 현

- Park, K.Y.: The nutritional evaluation and antimutagenic and anticancer effects of kimchi (in Korean). *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **24**, 169-181 (1995)
- Yook, C., Chang, K., Park, K.W. and Ahn, S.Y.: Pre-heating treatment for prevention of tissue softening of radish root kimchi (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **17**, 447-453 (1985)
- Choi, H.S., Kim, J.K. and Kim, W.J.: Effect of heating on the fermentation of Oiji (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **21**, 845-848 (1989)
- Lee, C.Y., Chun J.K. and Kim, H.S.: Studies on canning of kimchi (in Korean). *J. Korean Agric. Chem. Soc.*, **10**, 33-37 (1968)
- Cha, B.S., Kim, W.J., Byun, M.W., Kwon, J.H. and Cho, H.O.: Evaluation of gamma irradiation for extending the shelf of kimchi (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **21**, 109-113 (1989)
- Lee, Y.H. and Yang, I.W.: Studies on the packaging and preservation of kimchi (in Korean). *J. Korean Agric. Chem. Soc.*, **13**, 207-212 (1970)
- Choi, H.S., Ku, K.H., Kim, J.K. and Kim, W.J.: Addition of salts and their mixtures on fermentation of Oiji (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **22**, 865-868 (1990)
- Kim, W.J., Kang, K.O., Kyung, K.H. and Shin, J.I.: Addition of salts and their mixtures for improvement of storage stability of kimchi (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **23**, 188-192 (1991)
- Ku, K.H., Kang, K.O., Chang, Y.S. and Kim, W.J.: Effect of heating and addition of salt on fermentation of dongchimi (in Korean). *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **20**, 565-570 (1991)
- Hayashi, R.: Application of high pressure to food processing and preservation: Philosophy and development. *Eng. and Food*, **2**, 815-826 (1989)
- Horie, Y., Kimura, K., Ida, M., Yosida, Y. and Ohki, K.: Jam preparation by pressurization (in Japanese). *Nippon Nogeikagaku Kaishi*, **65**(6), 975-980 (1991)
- Hong, K.P. and Park, J.: Changes in microorganisms, enzymes and texture of *dongchimi* by high hydrostatic pressure treatment (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **30**, 3, 596-601 (1998)

13. A.O.A.C.: *Official Method of Analysis*, 13th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C., p. 366 (1980)
14. A.O.A.C.: *Official Method of Analysis*, 13th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington D. C., p.824 (1980)
15. 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**, 505-569 (1995)
16. Yoon, S., Lee, 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**, 357-369 (1989)
17. Etoh, H., Wu, J.S., Yagi, A., Kawano, T., Kishima, I. and Ina, K.: Stabilization of isothiocyanates in wasabi and horse radish by high hydrostatic pressure treatment and addition of proteins (in Japanese). *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **41**, 531-535 (1994)
18. Yamamoto, A., Kasai, M., Hatae, K. and Simada, A.: Effects of high pressurizing process and standing after treatment on hardness of radish and the mechanism (in Japanese). *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **30**, 571-577 (1992)

(1998. 3. 10 접수)