KOREAN J. DIETARY CULTURE
Vol. 8, No. 3 (1993)

염장과정 중 무의 조직감과 이와 관련된 화학적, 효소활성 변화

이희섭* · 이귀주

고려대학교 사범대학 가정교육과
*춘천 전문대학 여성교양과

(1993년 8월 19일 접수)

Changes in Textural Properties of Korean Radish and relevant Chemical, Enzymatic Activities during Salting

Hee Seoup Rhee* and Gui Ju Lee

Dept. of Home Economics, College of Education, Korea University
**Dept. of Liberal Art of Women, Chuncheon Junior College*

(Received August 19, 1993)

Abstract

This study was aimed to investigate the changes in textural properties of Korean radish and relevant chemical, enzymatic activities during saltig. During salting, pH was decreased and total acidity was increased. The maximum compression and puncture forces of Korean radish were decreased significantly whereas cutting force was increased. From the force-distance curves, the break point and maximum force point disappeared in salted Korean radish whereas these appeared apparently in fresh one. Also, the number of peak obtained by three types of test from salted Korean radish was decreased. Hot water soluble pectin and 0.4% Na-hexa-metaphosphate soluble pectin were increased whereas 0.05 N-HCl soluble pectin were decreased significantly. Polygalacturonase activity were increased in Korean radish solid(RS) and Korean radish juice(RJ) until 4 days of salting. Pectin esterase activity were decreased in RS and RJ.

Cx-cellulase activity did not appear initially, however, they began to show their activities after 2 days of salting and were increased in RJ although it was low.

I. 서 론

침채류의 재료인 배추, 무, 오이 등의 가공과 저장에 있어서 가장 중요한 문제중의 하나는 이들 식물조직의 연화현상을 들 수 있다. 이러한 조직감의 변화는 효소에 의해 촉진되는 intracellular matrix의 펙틴 함량의 변화 및 펙틴 상호전환에 대한 연구가 주요 관심의 대상이 되어 왔다. 즉, 조직 내에 존재하거나 미생물에 의해 분비되는 펙틴분해효소에 의해 불용성 펙틴질이 가용성 펙틴질로 전환됨으로써 식물조직의 연화가 일어나고 있는 것으로 알려져 왔다[1]. 저장 가공시 이러한 식물조직의 조직감과 관련된 연구로서는 배추[2] 및 배추김치[3], 오이지[4,6], 동치미[7], 무김치[8,9] 등이 보고되어 있다.

한편 펙틴분해효소 뿐만 아니라 Cx-cellulase도 침채류와 과일의 연화에 관여하는 것으로 보고되었는데 이 효소는 가용성 섬유소인 carboxylmethylcellulose (CMC)나 cellulodextrin에 작용하는 일종의 endo-enzyme으로 알려져 왔다[10].

한편, 식물성 식품의 조직감 측정에 관한 연구에서 박 등[11]과 황 등[12]은 절단시험과 압착시험으로 배추잎의 조직감 특성을 연구하였으며 윤 등[13]은 여러가지 형태의 탐침을 이용하여 침투시험 및 절단시험을 실시하여 배추의 조직감 특성을 기계적으로 측정하는 방법을 수립하고자 하였다.

따라서, 본 연구에서는 무의 염장과정 중 일어나는 조직감의 변화를 압착시험, 침투관통시험, 절단시험 등에 의해 측정하고 이들의 힘-거리 곡선과 압착변형력, 침투관통력, 절단력의 변화를 비교하였다. 또한 펙틴질 함량의 변화와 펙틴분해 효소 및 Cx-cellulase 활성 변화를 측정하고 이러한 결과를 염장과정 중 무의 조직감의 변화와 관련하여 고찰함으로써 저장, 가공시 식물조직의 연화 요인을 밝히고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 무의 염장

본 실험에서 사용한 무는 태백을 사용하였으며 중량 1.0~1.2 kg, 길이 35~42 cm 범위의 신선한 무를 구입하여 깨끗히 세척한 후 양끝을 제거하고 1 cm 두께로 절단한 후, 직경 2.8 cm의 cork borer를 사용하여 일정한 크기의 slice를 제조하여 사용하였다. 이와 같이 처리된 시료는 무와 담금액(3% 소금용액)의 비율을 1 : 1(w/v)로 하고 1회 분석에 필요한 양 만큼씩 플라스틱 용기에 담아 무 조직내의 소금농도가 평형상태에 도달하기 위하여 냉장온도(4~10℃)에서 2일간의 평형기간이 경과한 후 25℃로 조절된 항온기에서 10일간 염장시키면서 시간별로 시료를 채취하여 분석하였다.

2. 무의 소금함량

무의 염장과정 중 무 내부로 침투한 소금함량을 측정하기 위하여 무를 증류수에 2번 담구어 꺼낸 후, 무 50 g을 blender로 마쇄한 다음 cheese cloth로 여과하여 얻은 여과액을 Mohr법으로 측정하였다[14].

3. pH 및 산도 측정

pH는 pH meter를 사용하였으며 산도는 0.1 N-NaOH로 적정하여 젖산 함량(%)으로 나타내었다[14].

4. 조직감의 측정

무의 조직감은 Instron 1011을 사용하여 압착시험(compression test)과 침투관통시험(puncture test) 및 절단시험(cutting test)을 실시하였다. Instron의 조작조건은 압착시험에는 직경이 3.6 cm인 원판형 탐침을 사용하였으며 최대하중은 50 kg, 기록계 속도는 80 mm/min, 압착율은 70%로 하였다. 침투관통시험에는 직경이 0.96, 0.63, 0.32, 0.16 cm인 원형 탐침을 사용하고 최대하중은 각각 20, 10, 5 kg이었고, 기록계 속도는 80 mm/min이었다. 절단시험에는 칼날형 탐침을 사용하였으며 최대하중은 10 kg, 기록계 속도는 80 mm/min이었다.

5. 펙틴질의 측정

AOAC법[15]에 따라 알코올 불용성 고형분(alcohol insoluble solid, AIS)을 제조하여 열수, 0.4% Na-hexametaphosphate 용액 및 0.05 N-HCl 용액에서 순차로 추출하여 열수 가용성 펙틴(HWSP), 0.4% Na-hexametaphosphate 가용성 펙틴(HXSP) 및 0.05 N-HCl 가용성 펙틴(HClSP)질을 분별추출하였다[16]. 각 분획물을 Carbazole 법[17]으로 정량하였다.

6. 효소의 추출

염장과정에 따른 무의 효소활성 변화를 측정하기 위하여 생무 및 염장된 무를 잘게 썰어 3% NaCl 용액과 1 : 1(w/v)의 비율로 넣고 waring blender에서 2분간 마쇄한 후 4겹의 가아제로 걸러 9,000×g에서 원심분리하여 상등액을 효소액으로 하였다.

7. 효소활성의 측정

Pectin esterase(PE) 활성은 Kertesz[18] 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 0.15 M NaCl 함유 0.45% 펙틴 용액 25 ml를 pH 7.0 이상으로 조절한 다음 효소액 1 ml를 넣고 pH 7.0로 조정한 후 5분 동안 생성되는 산을 0.01 N-NaOH로 적정하였다. 이 때 PE 1 unit는 1분 동안에 1×10^{-7} M의 유리카르복실기를 생성하는 효소의 양으로 하였다.

Polygalacturonase(PG)의 활성은 PG의 작용으로 유리되는 환원당을 DNS에 의한 비색법으로 측정하였다[14]. 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℃ 항온 수조에서 교반하면서 2시간 동안 반응시켰다. 수조에서 3분간 끓인 다음 냉각시키고 0.1 N-NaOH 0.5 ml를 넣어 알카리 용액으로 만든 다음, DNS용액 1 ml를 첨가하고 다시 100℃ 수조에서 5분간 끓인 후 냉각하고 증류수를 5 ml를 넣어 혼합시킨 다음 2,500×g에서 5분간 원심분리하였다. 상등액을 취하여 520 nm에서 흡광도를 측정하여 α-D-galacturonic acid를 사용하여 작성한 표준곡선에 의해 환원당을 계산 하였으며 PG 1 unit는 2시간 동안 1 mg의 환원당을 생성하는 효소의 양으로 하였다.

Cx-cellulase 활성은 0.5% Na-carboxymethyl cellulose(Na-CMC) 3 ml, 0.1 M Na-citrate-phosphate buffer 1 ml(pH 6.0), 효소액 1 ml가 혼합된 효소반응액을 37℃로 조절된 수조에서 16시간 동안 배양시킨 후, 3분간 끓여서 반응을 중지시킨 다음 원심분리하여 상등액을 Ostwald viscometer로 점도를 측정하여 Na-CMC 용액의 점도의 감소 비율로 Cx-cellulase 활성을 나타내었다[19].

III. 결과 및 고찰

1. 무 조직 내의 소금농도의 변화

무 조직 내의 소금농도가 평형 상태에 도달하는 시간을 알아보기 위하여 열처리한 무와 열처리하지 않은 무를 3%와 10% 소금용액에 각각 담구어 냉장온도에서 저장하면서 무 내부로 침투된 소금의 양을 측정한 결

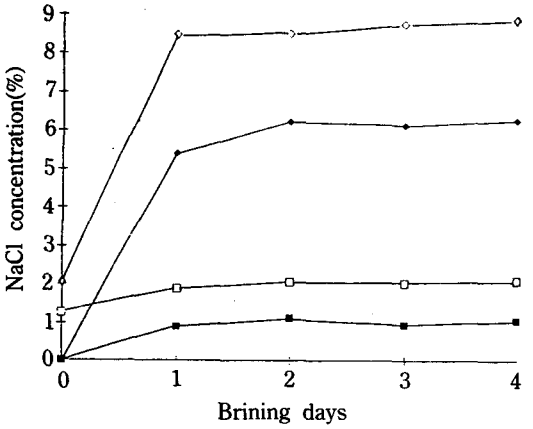

Fig. 1. Changes in NaCl concentration of Korean radish during brining in 3% and 10% NaCl solution at 25℃.
■ 3% NaCl-nonpreheated
□ 3% NaCl-preheated
◆ 10% NaCl-nonpreheated
◇ 10% NaCl-preheated

과는 Fig. 1과 같다. 이로부터 무 조직 내의 소금침투 경향은 2일까지는 다소 빠르게 증가하다가 2일 후에는 무 조직 내의 소금농도의 증가 속도는 완만하게 되어 평형에 도달하였음을 알 수 있다. 또한, 소금농도가 높은 10% 소금용액에서 소금의 침투량은 컸으며 비열처리구보다 열처리구에서 더욱 높았다. 김 등[4]은 오이 조직 내부의 소금 침투는 삼투압 차이에 의한 것으로 소금농도가 높을수록 삼투압이 높아져 소금의 침투량이 많아진다고 하였다. 이로부터 일정온도에서 무를 염장시키기에 앞서 냉장온도에서 2일간 평형기간을 경과하도록 하였다.

2. pH와 산도

무의 염장과정 중 담금액의 pH 및 산도의 변화는 Fig. 2와 같다. 이로부터 염장과정 중 pH는 낮아지고 산도는 증가하는 경향을 나타내었다. 즉, 담금당일의 pH는 6.10이었으며 염장 4일째 pH가 3.74로 급격히 감소하였으며 이후 완만히 감소하여 염장 10일째에는 pH가 3.45를 나타내었다. 염장 초기에 pH가 급속히 감소하다가 차츰 완만해지는 경향은 배추김치[20], 오이지[5]의 경우와 유사한 결과이었다. 한편, 산도의 변화는 염장 4일째에 0.24%로 급격히 증가하였으며 이후 계속 증가하여 염장 10일째에는 0.52%를 나타내었다. 윤 등[5]은 오이지의 발효가 완결될 때의 침지 용액의 pH를 3.5±0.1로 보았으며 김 등[4]도 오이지의 발효중 발효 7일만에 pH는 3.4에 도달하였으며 이 때 젖산으로 환산한 산도가 0.41%라고 하였다.

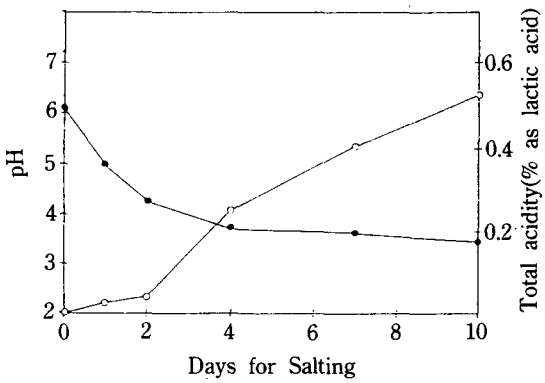

Fig. 2. Changes in pH and total acidity during salting of Korean radish at 25℃.
● pH ○ Total acidity

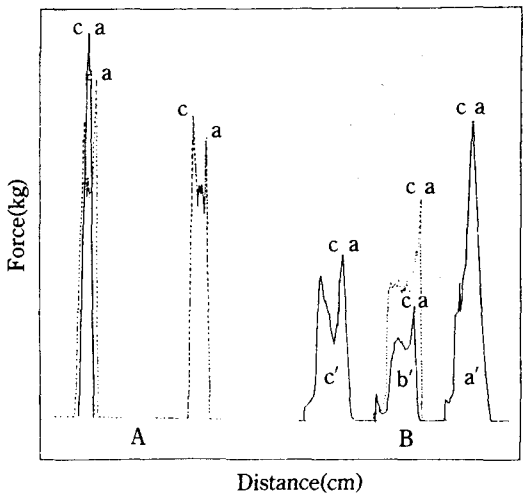

Fig. 3. Types of force-distance curves of fresh and salted Korean radish obtained from compression test(A) and cutting test(B).
a: break point c: maximum force point
---- fresh radish —— salted radish

3. 무의 조직감의 변화

3% NaCl 용액에서 무의 염장과정 중 압착시험, 절단시험 침투관통시험에 의한 힘－거리곡선과 무의 조직감 변화는 Fig. 3~4와 Table 1과 같다. 먼저 압착시험에 의한 힘－거리 곡선(Fig. 3의 A)으로부터 생무의 경우 무의 표피를 뚫고 들어가는 파열점(break point)인 a와 최대 압착변형점인 c가 일치하거나 혹은 a 이후에 더 큰 c가 나타나기도 하였다. 반면에, 염장한 무는 특징적인 하나의 peak만을 나타내며, 파열점인 a와 최대변형점인 c가 일치하거나 혹은 뚜렷하지 않은 파열점이 존재하였다. 또한, 생무의 peak 수는 3~5개로

나타났으나 염장이 진행됨에 따라 peak 수는 1~2개로 감소하였다. 황 등[12]은 배추의 압착시험에서 가열데침이나 소금절임에 의하여 파열점이 소실되는 것이 특징이라고 하였다.

절단시험에 의한 힘-거리곡선을 살펴보면 생무는 Fig. 3의 B의 점선 곡선에서와 같이 a와 c가 일치하는 형태가 주종을 이루고 반면에 염장된 무의 절단곡선은 그림 B의 3 가지 곡선에서와 같이 2~3개의 형태로 나타났다. 즉 a'와 같이 a와 c가 일치하면서 특징적인 1개의 peak만이 나타나거나 절단력의 차이는 있으나, 생무의 절단곡선 형태와 유사한 b'의 절단곡선이 나타났다. 또한 c'와 같이 시료의 양쪽 표피를 절단할 때 더 큰 절단력이 요구되는 형태가 나타났는데 c'와 같은 형태는 절단시험에서 나타나는 일반적인 형태이다[12]. 박 등[11]에 의하면, 원료배추, 절임배추 및 김치 등의 절단에서는 3개의 큰 특징적인 peak가 나타나며 원료배추, 절인배추, 김치 등의 순으로 peak의 수가 점차 줄어 들었다. 원료배추에 있어서 peak의 수가 많이

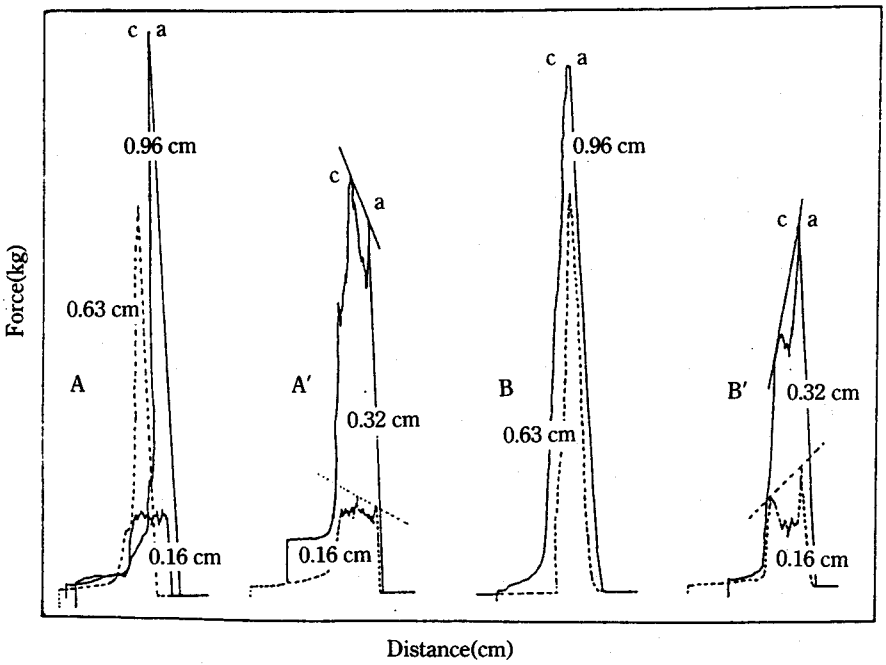

Fig. 4. Types of force-distance curves of fresh and salted Korean radish by different sizes of puncture probes.
A & A': fresh Korean radish
B & B': salted Korean radish
a: break point c: maximum force point

Table 1. Changes in compression, puncture and cutting forces of Korean radish during Salting at 25℃

Unit: kg

Salting days Type of Test	0	1	2	4	7	10
Compression	38.07± 5.47[a)]	36.48± 8.42	41.23± 7.25	40.20± 3.58	40.18± 6.73	33.67± 4.83
Puncture(0.96 cm)*	8.45± 1.91	6.82± 1.49	7.07± 2.19	6.62± 0.87	6.57± 1.66	5.65± 0.71
Puncture(0.63 cm)*	4.99± 0.63	4.72± 1.04	4.84± 0.57	4.71± 1.09	4.03± 0.74	4.01± 0.60
Puncture(0.32 cm)*	1.43± 0.10	1.85± 0.35	1.66± 0.25	1.54± 0.37	1.64± 0.35	1.30± 0.26
Puncture(0.16 cm)*	0.47± 0.04	0.63± 0.08	0.61± 0.03	0.63± 0.08	0.56± 0.07	0.45± 0.07
Cutting	1.36± 0.14	2.87± 0.36	3.59± 0.35	4.65± 0.39	4.24± 1.58	4.65± 1.39

*: puncture test by different size of probes
a): Means S.D. of five replications

생기는 것은 조직의 구조에 의한 것이고 발효된 김치의 3개의 peak는 수분의 유출로 두께가 감소하여 김치 표피와 내부의 일부분에 대한 특징적인 peak만 형성된 것이라고 하였다.

한편 크기가 다른 4가지 탐침을 사용하여 침투관통 시험을 행하고 이로부터 얻은 힘－거리곡선은 Fig. 4에 나타내었다. 이로부터 생무에 있어서는 파열점(a)과 최대 침투관통점(c)이 일치하면서 특징적인 단 하나의 peak만이 나타나거나(Fig. 4의 A) a 이후에 더 큰 c가 나타나는 positive slope 형태의 곡선(Fig. 4의 A')이 주종을 이루었다. 또한 탐침의 직경이 클수록 생무의 최대침투관통력이 커지는 것으로 나타났으며 직경이 0.96 cm이나 0.63 cm 탐침에 의해서는 단 하나의 특징적인 peak만이 주로 나타나고 탐침의 직경이 작을수록 여러개의 작은 peak가 나타났다. 반면에, 염장한 무에 있어서는 a와 c가 일치하는 하나의 곡선(Fig. 4의 B)이 나타나거나 일단 최대 침투관통점에 도달한 후 침투관통력이 감소하여 negative slope을 나타내는 형태(Fig. 4의 B')가 주로 많이 나타났다. 김 등[21]은 숙성이 안된 절임 배추는 미세 구조와 거대 구조의 파괴를 나타내는 두개의 항복응력(yield stress)이 뚜렷하며 조직의 파괴과정을 뚜렷이 볼 수 있으나, 발효가 진행되면서 2개의 항복응력간에 거리가 좁아지고 두번째 항복응력이 현저히 적어졌다고 하였다. 이런 현상에 대하여 구 등[21]은 식물성 조직이 연해지고 있는 증거라고 하였다. 또한 염장이 진행됨에 따라 내부조직을 관통할 때보다는 앞뒤쪽의 표피면을 관통할 때 더 큰 힘이 필요하였다. 이는 염장배추[2]의 경우와 동일하며, 표피조직의 수분이 용출되면서 조직의 밀도가 증가하여 탐침이 표피를 통과할 때 더 큰 힘이 요구되기 때문인 것으로 생각된다. 또한 염장됨에 따라 무의 peak 수가 감소하는 것은 정 등[9]의 연구 결과와 일치하였으며, peak 수는 시료의 깨어지는 성질(brittleness)를 표현할 수 있으므로 염장한 무는 생무에 비하여 깨어지는 성질이 감소한 것을 알 수 있었다.

한편, Table 1로부터 압착시험에 의한 무의 압착변형력은 38.07± 5.47 kg으로 발효가 시작되면서 감소하여 염장 1일째에는 36.48± 8.42 kg을 나타내었다가 염장 2일째에는 41.23± 7.25 kg으로 증가하여 최대값에 도달한 다음 점차 감소하여 염장 10일째에는 33.67± 4.83 kg을 나타내었다.

침투관통시험에 의한 조직감 측정에 있어서는 직경이 0.96 cm인 탐침을 이용하여 얻은 침투관통력은 생무일 때 8.45± 1.91 kg이었으나 염장 1일째 감소하여 6.82 kg± 1.49 kg을 나타내다가 2일째에 약간 증가한 후 계속 감소하여 염장 10일째에는 5.65± 0.71 kg을 나타내었다. 크기가 0.63 cm인 탐침을 이용하였을 때에도 침투관통력은 염장 1일째 조금 감소한 후 2일째 약간 증가하다가 이후 계속 감소하는 경향을 나타내었다. 그러나, 직경이 0.32 cm인 탐침과 0.16 cm인 탐침을 사용하였을 때의 침투관통력은 염장 1일째 증가하여 각각 최대값에 도달한 후, 이후 계속 감소하는 경향을 나타내었다. 한편, 절단시험에 의한 절단력의 변화는 무의 염장과정 중 계속 증가하여 생무의 절단력은 1.36 ± 0.14 kg이었으나 염장 10일째에는 4.65± 1.39 kg을 나타내었다. 강 등[22]은 동치미 발효중 동치미의 견고성은 발효 초기에 급격히 감소하였다가 약간 증가한 뒤에 다시 서서히 감소하였다고 하였다. 한편 이 등[23]은 열처리 데침이나 소금절임에 의하여 배추잎의 절단강도가 약 3～4배 정도 증가하는데, 이는 가열이나 염장에 의하여 세포 내부의 공기가 탈기되고 수분이 용출됨에 따라 세포벽의 포개짐에 의한 절단면에 걸리는 섬유소의 증가 때문이라고 하였다.

일반적으로 최대 압착변형력은 식품의 단단한 정도(hardness)를 나타내는 지표로 이해되는데 비하여 파열력(breaking force)은 깨어지는 성질(brittleness) 혹은 아삭아삭한 정도(crispness)로 표현되고 있다. 압착변형력의 감소는 주로 세포벽의 퇴화 및 붕괴에 기인되며 아삭아삭한 정도의 상실과 즙액의 유출을 동반한다고 보고된 바 있다. 따라서, 압착변형력의 감소는 무조직의 연화정도를 나타낼 수 있을 것으로 생각된다.

또한, 침투관통시험은 압착시험과 마찬가지로 식품의 단단한 정도를 측정하는데 이용되며 이 때 사용되는 탐침의 종류에 따라서 항복력과 힘－거리 곡선의 형태가 달라지며 같은 탐침이라도 측정되는 식품에 따라서 다르다. 한편, 절단시험에 의한 절단력은 식품의 질긴 정도와 씹힘성을 나타내는 지표로 사용된다[24].

이로부터 본 연구에서는 염장과정 중 무의 견고성과 아삭아삭한 정도는 감소하였으며 무의 질긴 정도는 증가하는 경향을 나타내었다.

4. 펙틴질의 변화

염장과정 중 무의 AIS로부터 분리한 펙틴질조성 변화는 Table 2와 같다. 이로부터 염장과정 중 HWSP 함량은 염장 2일째까지 감소하다가 이후 계속 증가하였으며 HXSP 함량은 염장 2일까지 증가하다가 이후 계속 감소하였으나 염장 10일째의 HXSP 함량은 생무의 경우보다 높았다. 이러한 결과는 허 등[6] 육 등[8]의 결과와 일치하였다. HClSP 함량은 염장과정 중 계속 감소하였는데 염장기간에 따른 펙틴질 함량은 모두 유의적인 차이를 나타내었다($p<0.05$). 이로부터 염장 2일째까지는 demethylation에 의해 생성된 펙틴이 무조직내의 Ca^{2+}과 결합함으로써 HWSP는 감소하고 HXSP는 증가한 것으로 생각한다. 그러나, 염장 4일

Table 2. Changes in the composition of HWSP, HXSP and HClSP fraction in the AIS of Korean radish during Salting at 25℃

Unit: %(as dry basis)

Salting days / pectin fraction	0	1	2	4	7	10
HWSP	26.1	24.8	22.8	26.9	27.1	30.6
HXSP	35.3	42.2	45.5	42.2	40.2	39.2
HClSP	38.6	33.1	32.7	31.6	32.7	30.2

HWSP: Hot water soluble pectin fraction
HXSP: 0.4% hexametaphosphate soluble pectin fraction
HClSP: 0.05 N HCl soluble pectin fraction

이후부터 Na^+의 침투로 무 조직 내의 Ca^{2+}이 이온교환작용으로 염류결합형인 HXSP는 다시 감소하고 HWSP는 증가하였다고 보이기 때문에 염장과정 중 HClSP 혹은 HXSP가 HWSP로 전환된 것으로 생각된다. 일반적으로 펙틴질 중 HXSP의 함량이 식물성 식품의 경도를 증가시키는 펙틴분획으로 알려졌으나[8], 허 등[6]은 숙성 중 극히 낮은 경도를 나타낸 오이김치에서 HClSP의 함량은 극히 낮았다고 하였다. 본 연구에서도 압착시험, 침투관통시험에 의한 무의 조직감은 염장과정 중 감소하였으며 HClSP 함량도 감소하였다.

5. 효소활성의 변화

염장과정 중 무의 조직감에 영향을 주는 효소인 PG, PE와 Cx-cellulase 활성 변화를 측정하였다. 무 고형분에서의 PG 활성은 염장 초기부터 증가하여 염장 4일째에 최대 활성을 나타낸 다음, 이후 염장 10일째까지 감소하였으며 무 염장액에 있어서는 염장 초기에는 거의 활성을 나타내지 않다가 염장 4일째 최대 활성을 나타낸 후 감소하였는데, 무 고형분에서의 효소활성이 더 크게 나타났다(Fig. 5).

한편, 염장과정 중 PE 활성(Fig. 6)은 무 고형분과 무 염장액에서 계속 감소하였는데 무 염장액에서의 감소가 더욱 컸으며 특히 염장 7일 이후에는 무 염장액에서 PE 활성은 나타나지 않았다. 무 김치 발효액의 PG 활성에 대한 연구에서 육 등[8]과 박 등[25]은 숙성 초기 김치국물 내의 PG 활성 증가 현상은 무 김치 고형분에서 김치국물로 PG가 용출되었기 때문이며 숙성 후기의 무 김치 고형분과 김치국물에서 PG 활성 증가는 미생물의 번식으로 생성된 PG로 추정된다고 하였다. 또한 PE는 김치의 숙성 중 계속 감소하였으며 pH가 4.0 이하로 떨어지는 숙성 적기 이후에는 PE 활성이 거의 나타나지 않았다고 하였다.

일반적으로 과채류의 연화는 PG에 의한 펙틴질의

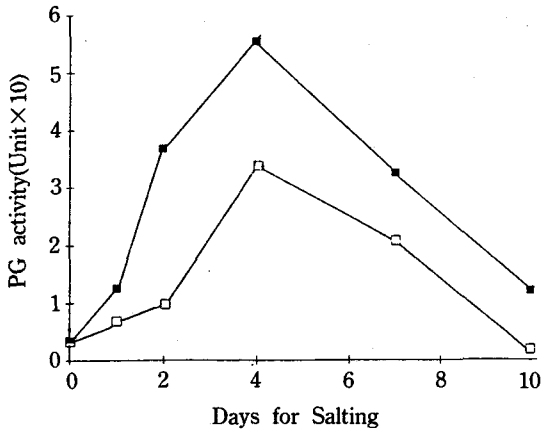

Fig. 5. Changes in PG activity of Korean radish solid and Korean radish juice during salting at 25 ℃.
■ Korean radish solid
□ Korean radish juice

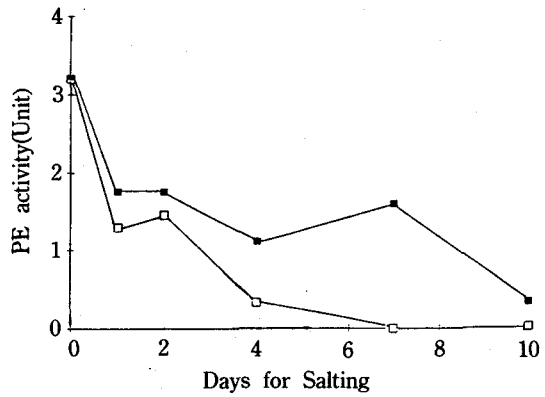

Fig. 6. Changes in PE activity of Korean radish solid and Korean radish juice during salting at 25 ℃.
■ Korean radish solid
□ Korean radish juice

변화가 주요 원인으로 알려져 있으나, cellulose나 hemicellulose의 변화도 작지만 일어나는 것으로 보고되고 있다. Bell 등[26]은 연화된 오이피클이 담긴 염용액에 Cx-cellulase가 존재하여 오이피클의 연화작용에 관여한다고 하였으며 Buescher 등[10]도 Cx-cellulase가 PG의 존재와 관계없이 독립적으로 오이피클의 연화에 관여한다고 하였다. Cx-cellulase는 carboxyl methyl cellulose(CMC)나 cellulodextrins과 같은 가용성 섬유소(soluble cellulose)에 작용하는 일종의 endoenzyme으로써 미생물이 분비하는 것으로 알려져 왔으나, 여러 과실에서도 이 효소의 존재가 보고된 바 있다[27]. 이로부터

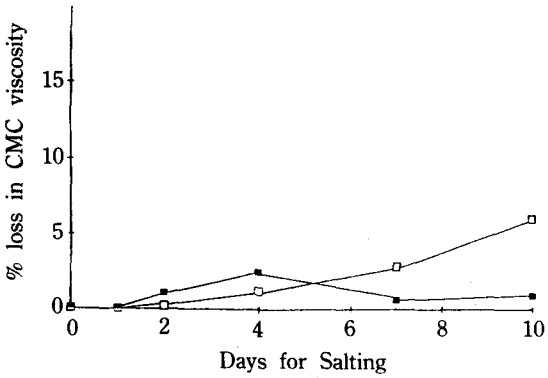

Fig. 7. Changes in Cx-cellulase activity of Korean radish solid and Korean radish juice during salting at 25℃.
■ Korean radish solid
□ Korean radish juice

염장과정 중 무 고형분과 무 염장액에서의 Cx-cellulase 활성변화는 Fig. 7과 같다. 무 고형분에 있어서 Cx-cellulase 활성은 염장 2일째부터 활성이 나타나 4일째에 최대값을 나타낸 후 감소하였으나 효소 활성은 매우 적게 나타났다. 그러나, 무 염장액에 있어서는 2일째에 활성이 나타나기 시작하여 염장이 진행됨에 따라 활성이 증가하였는데, 10일째에는 기질용액의 점도를 6.26% 감소시키는 활성을 나타내었다. 그러나, 그 증가 정도는 그다지 크지 않아 염장과정 중 무의 조직감에 영향을 미치는 정도는 아닌 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서 나타난 염장과정 중 무의 조직감의 변화와 펙틴질 및 효소활성 변화 사이의 상관관계를 살펴보면 다음과 같다. 염장과정 중 무 담금액의 pH는 감소하였으며 특히 4일 이후에는 pH가 4 이하로 떨어짐에 따라 PG와 PE 활성은 감소하였다. 한편 PG 활성은 염장 4일까지는 증가하였는데 이로부터 PG에 의해 HXSP와 HClSP가 분해되어 HWSP로 전환되면서 염장과정 중 무의 압착변형력과 침투관통력이 감소하는 것으로 생각된다.

IV. 요 약

무의 염장과정 중 소금의 침투량, 담금액의 pH와 산도 및 조직감의 변화와 이와 관련된 화학적 변화, 효소활성 변화를 알아보고자 하였다. 그 결과는 다음과 같다.

1. 3%와 10% 소금용액에서 생무와 열처리한 무를 담구어 4일간 저장하였을 때, 무 조직 내의 소금농도는 2일까지는 빠르게 증가하였으며 침투속도는 10% 소금용액에서 더욱 컸으며 열처리구에서 더 높았다.

2. 무의 염장과정 중 담금액의 pH는 낮아지고 산도는 증가하여 염장 10일째에 pH는 3.45, 산도는 0.52%를 나타내었다.

3. 힘-거리곡선의 형태는 생무의 경우, 파열점(a)과 최대 압착변형점(c)이 일치하거나 a 이후에 더 큰 c가 나타나서 positive slope을 갖는 곡선이 주종을 이루나, 염장한 무는 a와 c가 일치하면서 특징적인 하나의 peak만을 나타내거나 혹은 a 이후에 최대변형력이 작아지면서 negative slope의 곡선이 주로 나타났다. 또한, 염장이 진행됨에 따라 무의 peak 수는 점차 줄어들었다.

압착시험, 침투관통시험 및 절단시험을 통하여 무의 조직감 변화를 측정한 결과, 무의 압착변형력은 염장과정 중 전반적으로 감소하였다. 크기가 다른 탐침을 이용하여 침투관통시험을 행한 결과, 전반적으로 침투관통력은 감소하였으며 탐침의 직경이 클수록 침투관통력은 증가하는 것으로 나타났다. 또한 절단력은 염장과정 중 증가하였다. 이로부터 염장과정 중 무의 견고성은 감소하였으며 무의 질긴정도(toughness)는 증가하는 것으로 생각된다.

4. AIS로부터 펙틴질을 분획하여 그 함량을 측정한 결과, 염장과정 중 HWSP 함량과 HXSP 함량은 증가하였으며 HClSP 함량은 감소하였다.

5. 염장과정 중 효소 활성의 변화는 발효 4일째까지 증가하다가 감소하였으며 무 염장액에서보다 무 고형분에서의 PG 활성이 크게 나타났다. PE 활성은 염장과정 중 무 고형분과 무 염장액에서 계속 감소하였다. 한편, Cx-cellulase은 염장 초기에는 거의 활성을 나타내지 않았으나 염장 2일째부터 활성이 나타나기 시작하였다.

감사의 글

본 연구는 1992년 (주) 미원의 연구비 지원에 의해 이루어진 결과의 일부로 심심한 감사를 드립니다.

참고문헌

1. Schwimmer, S.: Enzyme action and plant food texture In Source books of food enzymology. The AVI Pub. Co. InC, Westport, Connecticut, U.S.A. 512~523, 1981.
2. 이귀주, 이철호, 이희섭: 한국조리과학회지, **3**: 64, 1987.
3. 박관화, 백형희, 이정현, 우덕현, 백운화, 이규순, 남상봉: 한국식품과학회지, **21**: 149, 1989.
4. 김상순, 김우정, 최희숙, 김종근: 한국식품과학회지, **21**: 838, 1989.
5. 윤선, 이진실, 홍완수: 한국식문화학회지, **4**: 103, 1989.

6. 허윤정, 이혜수: 한국조리과학회지, **6**: 1, 1990.
7. 강근옥, 손현주, 김우정: 한국식품과학회지, **23**: 267, 1991.
8. 육철, 장금, 박관화, 안승요: 한국식품과학회지, **17**: 447, 1985.
9. 정귀화, 이혜수: 한국식품과학회지, **2**: 68, 1986.
10. Buescher, R. and Hudson, M.: J. Food Sci., **49**: 954, 1984.
11. 박길동, 이철, 윤석인, 하승수, 이영남: 한국식문화학지, **4**: 167, 1989.
12. 황인주, 이철호: 한국식품과학회지, **20**: 749, 1988.
13. 윤의정, 이철호: 유변학, **2**: 46, 1990.
14. 정동효, 장현기: 최신식품분석법 식품규격공정시험법, 삼중당, 1985.
15. A.O.A.C., Official methods of analysis(12th ed.), 1975.
16. Luh, B.S. and Dastur, K.D.: Food Res., **30**: 178, 1960.
17. Dietz, J.H. and Roure, A.H.: Food Res., **18**: 169, 1963.
18. Kertesz, Z.I.: Methods in enzymology, **1**: 158, 1955.
19. Hinton, D.M. and Pressey, R.: J. Food Sci., **39**: 783, 1974.
20. 김우정, 구경형, 조한옥: 한국식품과학회지, **20**: 483, 1988.
21. 구경형, 강근옥, 장영상, 김우정: 한국식품과학회지, **23**: 123, 1991.
22. 강근옥, 구경형, 이정근, 김우정: 한국식품과학회지, **23**: 262, 1991.
23. 이철호, 황인주, 김정교: 한국식품과학회지, **20**: 742, 1988.
24. Szczesniak, A.S. and Smith, B.J.: J. Texture Studis, **1**: 65, 1969.
25. 박희옥, 김유경, 윤선: 한국조리과학회지, **7**: 1, 1991.
26. Bell, T.A., Etchells, J.L., and Costilow, R.N.: Food Res., **23**: 198, 1958.
27. Hinton, D.M., and Pressey, R.: J.Food Sci., **39**: 783, 1974.