

염절임 및 가열에 의한 배추조직의 구조와 펙틴의 변화

유명식 · 김주봉* · 변유량**

다보식품연구소, *제일제당 주식회사, **연세대학교 식품공학과

Changes in Tissue Structure and Pectins of Chinese Cabbage during Salting and Heating

Myung-Shik Yoo, Ju-Bong Kim* and Yu-Ryang Pyun**

*Dabo Food Laboratory, Jeil Sugar Co.

**Department of Food Engineering, Yonsei University

Abstract

The structure of fresh, salted and heated petiole tissue from Chinese cabbage was examined with optical microscope, and the pectin of the tissues was fractionated by successive extraction. The pectin in Chinese cabbage consisted mainly of high methoxyl pectin(pA) and low methoxyl pectin(pB). The pA content was converted to pB markedly by salting and heating at 60~70°C for 30 min while heating the cabbage above 80 decreased pB content. The firmness of heated tissue was highly correlated with pB content($r=0.996$). Cytorrhysis test showed that pore size of the tissue became smaller by salting and heating at temperature below 80°C.

Key words: Chinese cabbage, pectin, tissue structure, cytorrhysis, thermal softening

서 론

과일이나 채소와 같은 식물의 세포조직은 수확, 운반 및 저장 중 물리적 충격에 대단히 손상되기 쉬운 약한 구조를 가지고 있다. 또한 염장이나 가열 등에 의하여 부피 및 중량의 변화는 물론 세포구조의 변화에 따라 텍스처 특성이 크게 변한다. Pitt⁽¹⁾는 텍스처와 가장 관계가 있는 것은 식물조직으로 유세포(parenchyma cell)와 중엽(middle lamella), 세포간 공간(intercellular space)에 있는 세포외액 및 세포 사이에 무작위로 분포되어 있는 공기를 들었다. 생세포는 팽압(turgor pressure) 때문에 세포벽은 항상 응력을 받고 있으며 점탄성을 갖고있다. 식물조직의 점탄성은 개개 세포의 점탄성, 세포간 펙틴 결합층의 점성적인 흐름 및 세포간 공간을 통한 유체의 이동에 의해 나타나며, 식물조직의 파괴는 세포벽의 파괴, 세포간 결합층의 분리 및 세포액의 유출에 의한 세포이완으로 생긴다고 하였다⁽¹⁾.

펙틴은 중엽의 주성분으로 유세포를 결합시키고 식물조직의 기계적 강도를 부여해 주는데 기여하며, 가공 중 식물조직의 변화는 펙틴질의 성질에 크게 영향을 받는다⁽²⁾. Kaneko⁽³⁾는 야채류를 염절임 할 때 텍스처 변화는 펙틴의 에스텔화 정도와 펙틴과 2가 양이온과의 결합에 따른 펙틴의 용해성의 차이에 기인한다고 하였다. 일반

적으로 칼슘 등의 2가 양이온은 조직의 firmness를 증가시키는데 이때 식염이 칼슘 결합을 저해한다⁽⁴⁾.李 등⁽⁵⁾은 배추를 염절임 할 때 펙틴질의 변화는 텍스처 변화와 관계가 있으나 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스 및 리그닌은 관계가 없다고 하였다. 또한 李와 李⁽⁶⁾는 김치의 숙성중 알콜불용성 고체는 감소하였으며 열수 가용성 펙틴은 증가하였다고 하였다. 펙틴은 분자 사이에 Ca 등의 2가 양이온이 결합되어 조직이 경화된다. Manabe⁽⁷⁾는 무우 PE의 최적온도는 50~60°C인 것으로 보고하였고, 고와 박⁽⁸⁾은 배추에서 두 가지의 pectinesterase(PE)를 분리하였으며 최적온도는 각각 48°C와 55°C라고 하였다. 또한 백 등⁽⁹⁾은 펙틴 분해효소에 의해 배추조직을 경화시키므로서 김치통조림 제조시 연화를 방지할 수 있었다고 하였다.

식물조직의 가열처리에서 가장 큰 변화는 조직내 공기의 구축 및 수분의 유실에 의하여 중량이 감소되고 조직이 연화되는 것이다. 식물조직의 가열연화는 일반적으로 1차 반응식에 따르면 연화는 주로 펙틴의 분해에 기인된다. 고 메톡실펙틴은 pH 5.5 이상에서 가열에 의하여 쉽게 주쇄가 끊어져 분해(β -elimination)되며, Doeberg⁽¹⁰⁾는 가열시 firmness를 최대로 유지하기 위해서는 pH 4.0~4.5로 유지하여야 한다고 하였다.

한국인의 식생활에서 가장 중요한 채소류는 배추이며, 배추는 배추김치의 주재료로 70~90%를 차지한다. 김치의 품질을 좌우하는 가장 큰 인자는 배추의 텍스처이며, 배추의 텍스처는 품종뿐 아니라 염절임, 열처리

등의 가공 과정에 크게 좌우된다. 배추의 텍스춰에 대해서는 리올로지적 관점에서 부분적으로 연구되었으나^(5,11), 가공과정 중에 텍스춰 변화를 근본적으로 해석하기 위해서는 미세구조적 측면에서 조직의 변화 및 펙틴의 변화에 대한 연구가 이루어져야할 것이다. 따라서 본 연구에서는 염절임 및 가열한 배추조직의 구조변화를 현미경적으로 관찰하고 아울러 펙틴의 변화를 측정하여 염절임 및 가열처리시 조직의 경화와 연화가 이들과 어떤 관련성이 있는가를 연구하였다.

재료 및 방법

재료

결구종 배추를 서울 가락동 농수산물시장에서 구입하여 신문지로 싸서 4~5°C에서 냉장하면서 시료로 사용하였다. 시료는 바깥 잎부터 16~30번 사이 잎의 줄기의 중앙부분(4×5 cm)에서 채취하였다.

현미경 관찰

광학현미경을 사용하여 생배추 및 각 처리시료에 대하여 조직을 관찰하였다. 각 농도의 식염용액에서 변화를 관찰하기 위하여 얇게 절단한 배추 줄기의 조직을 슬라이드 글라스 위에 놓고 neutral red로 염색한 후 각 농도의 식염용액을 스포이드로 주입하면서 반대쪽에서 스포너로 액을 빨아내는 동작을 반복하여 형태가 고정된 후에 사진촬영을 하였다. 또 가열처리에 따른 변화를 관찰하기 위하여 4% 식염용액 처리로 현미경 관찰을 한 시료를 3% 식염용액이 든 시험관에 넣어 60, 80, 90°C의 순서로 낮은 온도부터 30분간씩 가열처리하여 각 온도별로 사진촬영을 하였다.

세포조직의 물리적 변형을 관찰하기 위하여는 시료 위에 슬라이드 글라스를 덮고 그 위에 400g의 하중을 올려놓고 사진촬영을 하였고 환편 polyethyleneglycol (PEG) 4000 용액 중에서 cytorrhysis에 의한 변형도 촬영하였다.

염절임

시료를 5~7g의 크기로 절단하여 약 25배 량의 각 농도별(0~20 w/v%) 식염용액에 완전히 잠기도록 하였다.

펙틴의 분별정량

생배추로 50g 정도를 계량하여 염절임 및 가열처리를 한 후 Fuchigami⁽¹²⁾의 방법에 의하여 분별 추출한 후 각 추출물을 가지고 Galambos⁽¹³⁾의 carbazole방법으로 펙틴질을 정량하였다.

Cytorrhysis의 측정

생배추 시료를 횡단면으로 20×5×0.5 mm로 절단하여 생배추 그대로, 5%(w/v) 식염용액에 2시간 염절입한 것,

또 염절입한 것을 3%(w/v) 식염용액 중에서 90°C, 30분 가열처리한 것을 분자량이 각각 다른 (M.W. 600~4000) 0.15 M PEG 용액에 12시간 이상 침지하여 크기를 비교하였다. 처리효과를 보기 위하여서는 생시료, 염절입 시료 및 90°C 열처리한 시료와 같은 방법으로 60, 80, 90°C에서 각각 가열처리한 시료를 0.15 M PEG 4000 용액에 12시간 이상 침지하여 수축된 정도를 비교하였다.

Firmness의 측정

Rheometer(type R-UDJ-DM3, Sun Scientific Co., Ltd., Japan)의 직경 5 mm flat end plunger를 사용하여 30 mm/min의 table speed로 침입실험을 하여 침입 중 최고응력을 firmness로 하였다⁽¹⁴⁾.

결과 및 고찰

생배추 조직의 구조

배추 줄기조직의 일반적인 형태는 줄기 양 표면이 표피로 덮혀 있고 그 사이에 유세포가 조직의 주를 이루고 있으며 유조직의 내부로 관다발이 관통하고 있다. 생배추의 유조직을 구성하는 유세포의 모양과 분포형태 및 세포간 공간의 분포를 현미경 사진촬영으로 관찰하였다. Fig. 1a와 Fig. 1b는 유세포의 모양을 각각 횡단면과 종단면으로 관찰한 것으로 자라는 방향 쪽으로 유세포가 길쭉한 실린더형으로 엮을 지어 분포되어 있고 세포와 세포는 중첩으로 연결되어 있음을 알 수 있다. Fig. 1c와 Fig. 1d는 유세포 사이의 세포간 공간을 각각 횡단면과 종단면으로 본 것인데 사진에서 검게 보이는 공간이 자라는 방향의 종축 세포열과 세포열 사이에 주로 분포되어 있다.

세포막의 변화

원형질 분리가 일어나는 농도보다 낮은 저장액(hypotonic solution) 내에서는 세포액(cell sap)의 삼투압에 의하여 세포가 팽창되어 있기 때문에 손상되지 않은 세포의 세포막은 광학현미경에 의하여 관찰되지 않았다. 또한 삼투압에 의한 세포 팽창으로 생기는 세포벽 파괴도 관찰되지 않았다. 최초 원형질 분리가 일어나는 농도는 시료에 따라 차이가 있었으나 식염농도 1%(w/v) 이내였다. Fig. 2는 고장액(hypertonic solution)의 각 농도별 식염용액에서 막분리 현상을 관찰한 것으로 세포내의 흰 부분들이 막분리가 일어난 곳이다. 1% 식염용액에서는 약간의 막분리가 관찰되었으나 2% 식염용액에서는 막분리 현상이 현저히 진행되었고 4% 식염용액에서는 훨씬 원형질이 축소되었다. Fig. 2d는 Fig. 2c의 조직을 4% 식염용액에서 한밤 동안 침지한 것으로 원형질은 더욱 축소되었고 많은 세포질이 유실되었음을 볼 수 있다.

조직내 포집 공기의 구축

세포간 공간에 포집되어 있던 공기가 염절입에 의하여

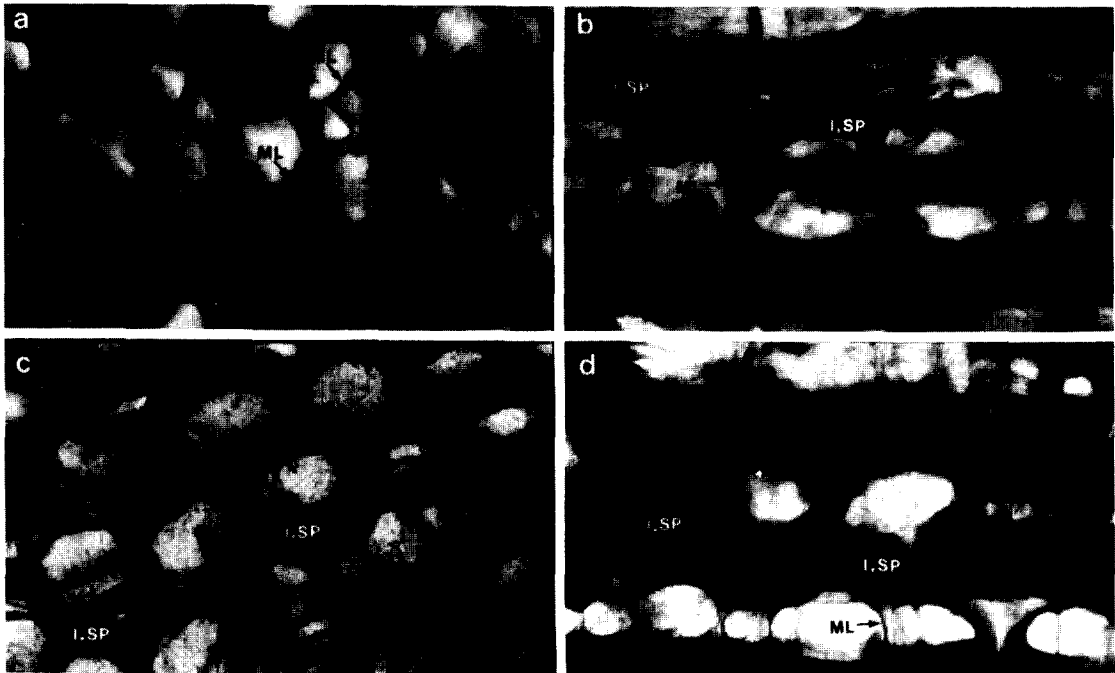


Fig. 1. Optical micrographs of fresh parenchyma tissue of Chinese cabbage (100x)

ML=middle lamella, I. SP=intercellular space(dark area), (a) surface (longitudinal section), (b) surface (longitudinal section), (c) intercellular space (cross section), (d) intercellular space (longitudinal section)

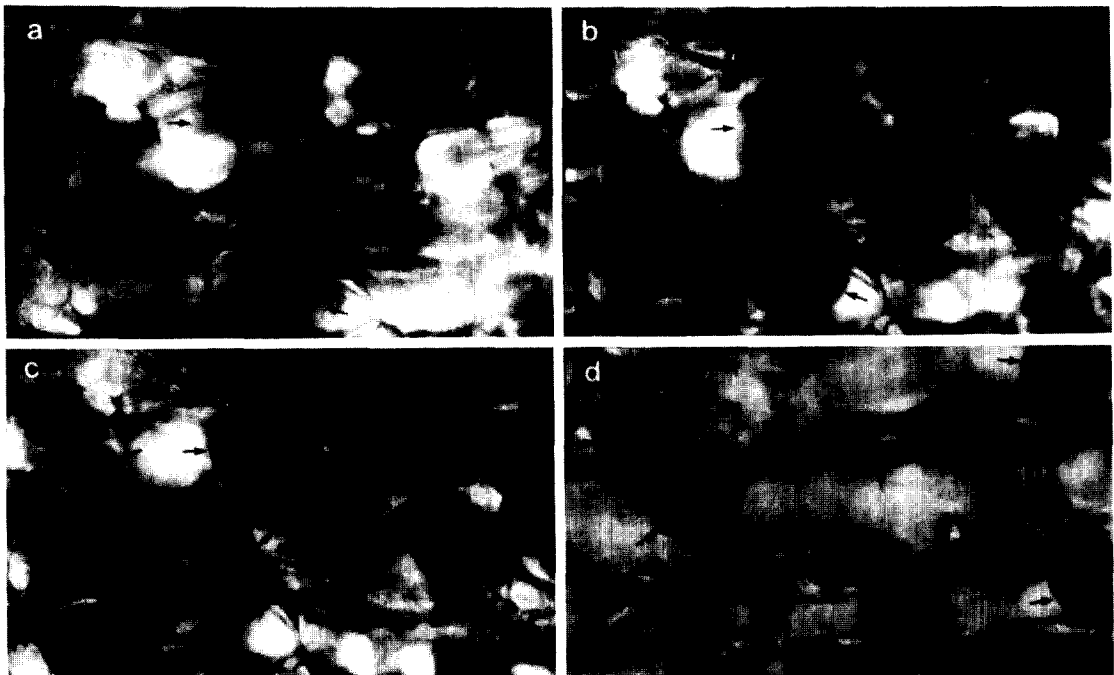


Fig. 2. Plasmolysis of parenchyma cell of Chinese cabbage soaked in various hypertonic salt solution (100%)
Salted in 1% NaCl(a), 2% NaCl(b), 4% NaCl(c) and 4% NaCl overnight(d). → plasmamembrane

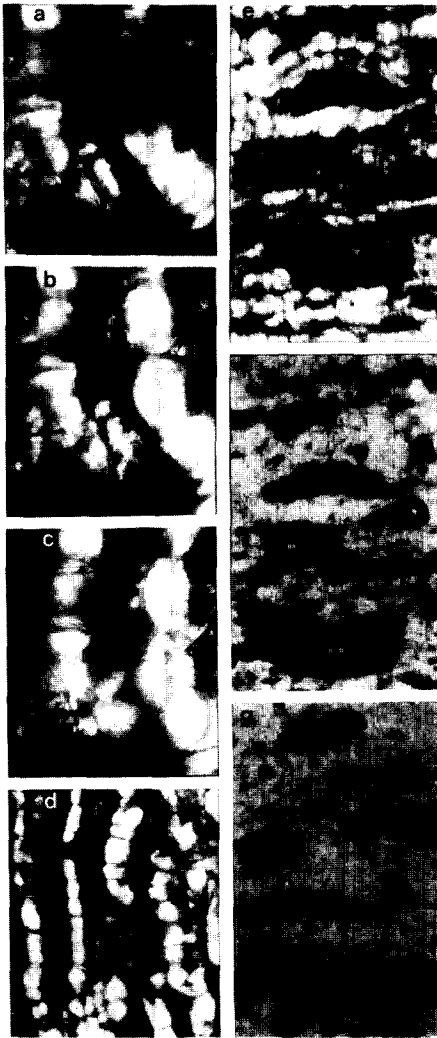


Fig. 3. Change in intercellular space (dark area) and middle lamella of processed tissue of Chinese cabbage (a) salted tissue in 1% NaCl(100x), (b) salted tissue in 2% NaCl(100x), (c) salted tissue in 4% NaCl (100x), (d) salted tissue in 4% NaCl overnight(40x), (e) cooked tissue at 60 for 30 min(40x), (f) cooked tissue at 80 for 30 min(40x), (g) cooked tissue at 90 for 30 min(40x)

구축되는 현상을 Fig. 3에 나타내었으며, 검은 부분이 넓어지거나 흰색으로 바뀐 곳은 포집공기가 구축된 부분이다. 1% 용액에서는 많은 공기가 포집되어 있으나 2% 용액에서는 상당량 구축된 것으로 관찰되었다. 4% 용액에서는 2%와 큰 차이는 없으나 약간의 공기가 더 구축된 것으로 관찰되었다. 그러나 Fig. 3d와 같이 4% 용액에서 한밤 동안 염절임을 하여도 조직 중에 상당량의 공기가 남아 있음이 확인되었다. 이와 같은 현미경적 관찰은 실제 공기함량을 측정한 결과 염농도에 큰 영

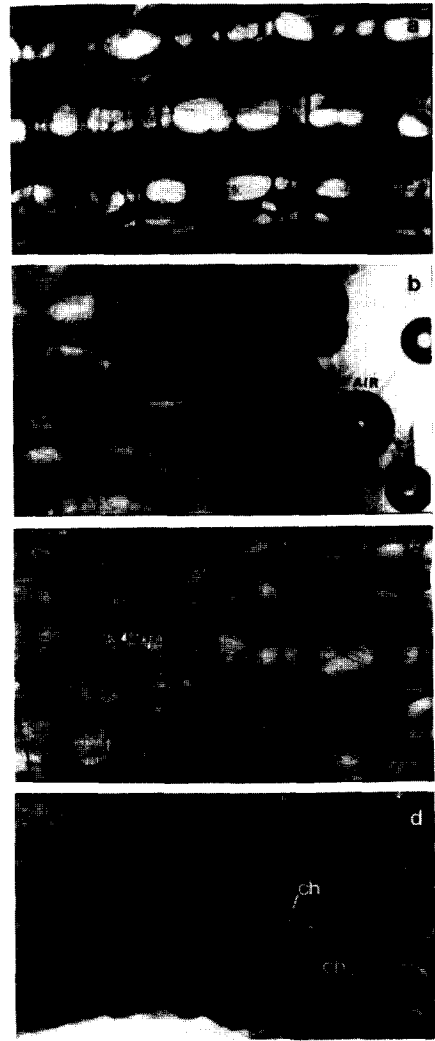


Fig. 4. Fracture in middle lamella and channeling for escaping air and cell sap of Chinese cabbage by mechanical deformation and cytorrhysis

Intercellular space: dark area, ch: escaping channel for air and cell sap. (a) fresh tissue(100x), (b) fresh tissue deformed by load(400g) (100x), (c) same as Fig. 8b, (d) fresh tissue soaked in 0.1 M PEG 4000(40x)

향없이 초기 공기의 약 25%가 잔류하는 것이 확인되었다⁽¹⁵⁾.

또 염절임한 슬라이스 조직을 가열 처리하면 Fig. 3의 e, f, g와 같이 가열처리를 많이 할수록 공기가 많이 구축되고 이때 구축되는 공기가 중엽을 파괴하면서 집합되어 보다 큰 공기 공간을 만들었으며(Fig. 3f, 3g), 이 공기가 완전히 구축되면 세포와 세포가 다시 밀집되어 조직이 더욱 수축되었다(Fig. 3g). 잔존 공기량의 변화를 보면 초기 0.093~0.12 ml(STP)/ml 배추의 공기가 함

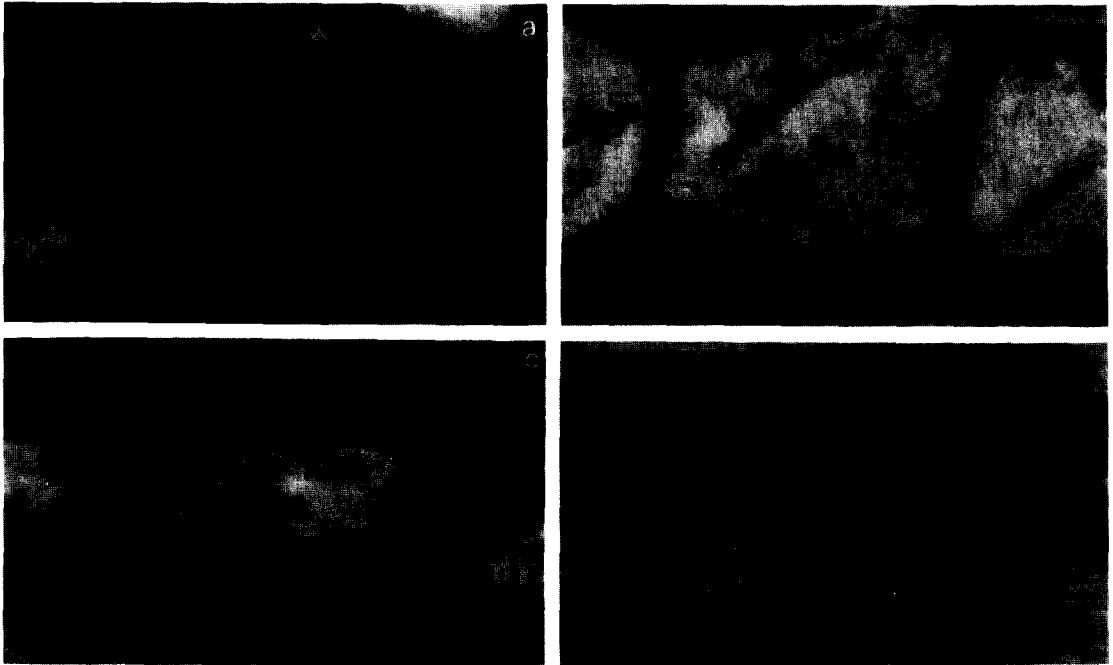


Fig. 5. Intact and fractured middle lamella of Chinese cabbage (200x)

ML=intact middle lamella, FML=fractured middle lamella (a) intact fresh tissue(cross section), (b) intact fresh tissue (longitudinal section), (c) fractured fresh tissue, (d) fractured cooked tissue(90°C, 30 min)

유되어 있었으나 염절임 및 데치기 후에는 0.014~0.017 ml(STP)/ml 배추로 감소되었다⁽¹⁵⁾. 특히 70°C 이상에서는 세포막이 반투성을 상실하여 급격히 조직내 가스가 구축되는 것으로 판단된다⁽¹⁶⁾. 한편 물리적인 힘에 의한 공기의 구축을 살펴보면 Fig. 4a와 같은 생조직을 400 g의 힘을 가해 압축하면 Fig. 4b와 같이 조직내의 공기가 조직 밖으로 구축되는데 조직내의 공기 구축 channel을 Fig. 4c에서 볼 수 있다. 즉 중엽의 분리로 생기는 세포열 사이의 공간으로 공기와 세포액이 구축되는 통로가 형성되는 것으로 판단된다.

Carpita 등⁽¹⁷⁾은 세포벽의 pore size 보다 더 큰 분자로 된 용액에 식물조직을 담그면 세포벽 수축이 일어난다고 하였다. 따라서 생조직을 0.15 M PEG 4000 용액에서 cytorrhysis에 의하여 조직을 수축시켜 공기를 구축시킨 결과 Fig. 4d 같이 공기와 세포액이 구축되는 통로가 형성되었다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 세포간 공간에 포집된 공기와 세포내의 세포액은 염절임 및 cytorrhysis에 의한 자체 수축이나 외부 힘에 의하여 공히 조직의 수축을 일으켜 세포액과 공기를 조직밖으로 구축하는데 이로 인하여 세포간을 이어주는 중엽이 손상되면서 보다 큰 세포간 공간을 형성하거나 구축 channel을 형성하는 것을 알 수 있었다.

중엽의 분리

세포간을 결합시켜 주는 중엽이 손상되는 상태를 알기 위하여 손상되지 않은 중엽과 중엽이 분리된 세포를 비교하였다. Fig. 5a와 Fig. 5b는 중엽이 손상되지 않은 생세포의 표면으로 세포는 중엽에 의해 결합되어 있음을 잘 나타내고 있다. Fig. 5c는 기계적인 절단에 의하여 중엽이 분리된 생세포 조직으로 주로 세포열 사이에서 분리되어 있다. Fig. 5d는 염절임한 조직을 90°C에서 30 분간 가열처리한 조직을 나타낸 것으로 세포열 사이의 분리는 물론 한 세포열 사이에서도 부분적인 중엽의 분리가 확인되었다. 따라서 가열처리에 의하여 조직이 연화되는 것은 공기와 세포액의 구축에 의하여 중엽이 손상되어 세포간 결합력이 약해진 원인 외에도 열에 의하여 중엽이 분리되기 때문인 것으로도 판단된다.

펙틴의 변화

펙틴은 중엽의 주성분이며 채소류의 유세포 사이의 접착과 조직의 기계적 강도에 기여하는 것으로 알려져 있다. 또한 채소류의 펙틴질의 조성은 가열 중 조직연화와 밀접한 관계를 가지고 있으므로 염절임 및 가열처리에 의한 펙틴의 변화를 측정하였다. Fuchigami⁽¹²⁾는 야채 조직 중의 펙틴질을 순차적으로 추출하였으며, 이때 추출 시약에 따라 pA(0.01 N-HCl, pH 2.0), pB(0.1 M-sodium acetate, pH 4.0) 및 pC(2% sodium hexametaphosphate, pH 4.0)와 pP(0.05 N-HCl)로 구분하였다. pA는 비교적 DE(degree of esterification)가 높은 펙

Table 1. Changes in the pectin contents (mg% in fresh tissue) of Chinese cabbage during salting and heating

Treatment	Pectin fraction				
	pA	pB	pC	pP	Total
Fresh tissue	848±27	169±5	68±6	47±2	1132±40
Salted tissue	725±20	289±11	72±5	40±1	1126±37
Heated tissue					
60°C	586±18	365±12	63±3	38±1	1052±28
70°C	580±22	360±19	71±1	37±1	1048±5
80°C	580±20	300±2	51±4	31±1	962±27
90°C	581±11	204±25	55±8	26±1	866±46
99°C	584±24	140±2	55±3	21±1	800±26

Salted tissue: Fresh tissue was soaked in 5% salt solution for 12h

Heated tissue: The salted tissue was heated in 3% salt solution for 30 min

pA: Extraction with 0.01 N HCl(pH 2.0) at 35°C

pB: Successive extraction with 0.1 N sodium acetate buffer solution (pH 4.0) at 35°C after pA extraction

pC: Successive extraction with 2% sodium hexametaphosphate (pH 4.0) at 90°C after pB extraction

pP: Successive extraction with 0.05 N HCl at 100°C after pC extraction

탄이고, pB는 펙틴산 잔기가 많은 펙틴으로 염화칼슘에 의하여 응고된다고 하였다. 생배추 조직 중의 총 펙틴 함량은 Table 1과 같이 1.132%이었고 염절임 및 가열 처리를 함에 따라 조직 중 총 펙틴 함량은 감소하였다 ($p < 0.01$). 이는 조직 중의 펙틴이 일부 수용성으로 바뀌면서 용출되기 때문인 것으로 생각된다. 조직 내의 펙틴 함량은 pA가 가장 많고 이어서 $pB > pC > pP$ 순으로 작았다.

배추조직 내의 각 펙틴 분획의 가열 중 총펙틴에 대한 상대적 비율의 변화를 Fig. 6에서 살펴보면 pA와 pB는 처리과정 중에 반대 경향으로 변하였으나, pC와 pP는 합쳐서 10% 정도로 양도 작고 처리 중 거의 변화가 없었다. pA는 생배추를 염절임 하거나 염절임한 배추를 60°C에서 가열 처리하면 더욱 감소하며 60~70°C 처리에서는 더 이상의 변화가 없었으나, 가열온도가 80°C 이상으로 높아질수록 총 펙틴에 대한 비율이 오히려 증가하였다. pB는 pA와 정반대의 경향으로 변하였으나, pA와 pB를 합친 양은 총 펙틴의 약 90% 정도로 거의 일정하였다. 이와 같은 결과로 미루어 보아 생배추의 고 메톡실 펙틴인 pA는 염절임 및 60~70°C에서 30분간 가열할 때 PE의 작용으로 메톡실기가 제거되어 저메톡실 펙틴인 pB로 바뀌었기 때문인 것으로 생각된다. Fuchigami⁽¹²⁾도 Japanese radish root를 60°C에서 2시간 동안 예열한 결과 초기 47%이던 pA는 12%로 감소한 반면 pB가 증가되었으나, 예열 처리한 시료를 98°C에서 계속 가열할 때 시간이 지남에 따라 pB는 줄고 pA는 증가한 것으로 보고하였다. 80°C 이상의 온도에서 30분간 가열한

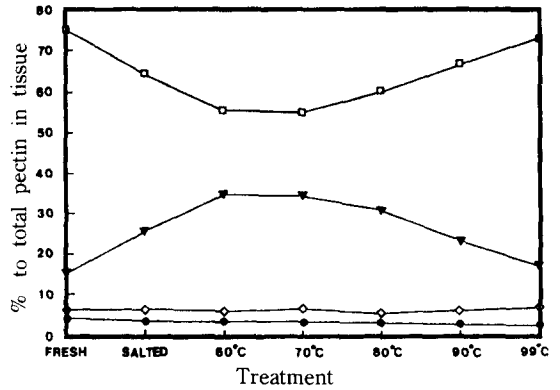


Fig. 6. Changes in pectin contents of Chinese cabbage during salting and heating
□ pA, ▼ pB, ◇ pC, ● pP

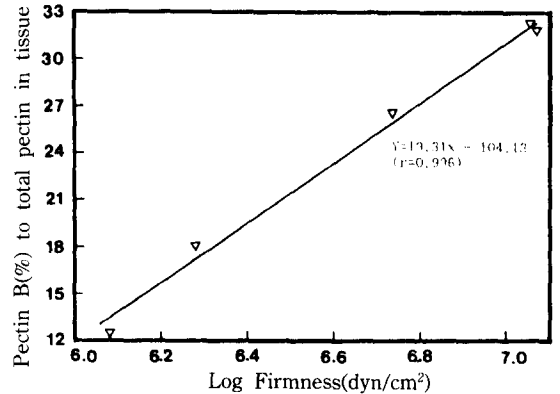


Fig. 7. Relationship between pectin B content and firmness of heated Chinese cabbage

경우 고온에서는 PE가 불활성화되며 펙틴이 β-elimination에 의해 가열분해되어 pB는 pA로 바뀌고 또 pA의 일부는 더 가용화되어 용출되기 때문에 연화된 조직 중의 pA의 함량은 변화없는 것처럼 측정되었으나 pA의 상대적 비율은 pB보다 증가되는 것으로 생각된다.

pA의 DE는 pB보다 크기 때문에 pA는 pB보다 β-elimination에 의하여 분해되기 쉽고 따라서 조직 중에 pA의 함량이 높을수록 세포간 접촉강도가 감소하는 것으로 생각된다. 한편 저 메톡실 펙틴은 중성용액에서 transelimination에 의하여 분해되기 어렵다. 따라서 60~70°C 범위에서 예열 처리한 조직은 생조직을 가열처리 할 때보다 연화되기 어려울 것으로 예견된다. 또한 저 메톡실 펙틴을 상대적으로 많이 함유할수록 가열에 의해 연화가 잘 안될 것이다. 이 관계를 살펴보기 위하여 가열처리한 조직의 firmness와 pB와의 관계를 Fig. 7에 나타내었다. pB와 firmness는 직선적인 관계($r = 0.996$)가 성립하였으며, 조직 중에 남아있는 pB의 함량이 높을수록 firmness도 높았으며 이 결과도 Fuchigami⁽¹⁸⁾의

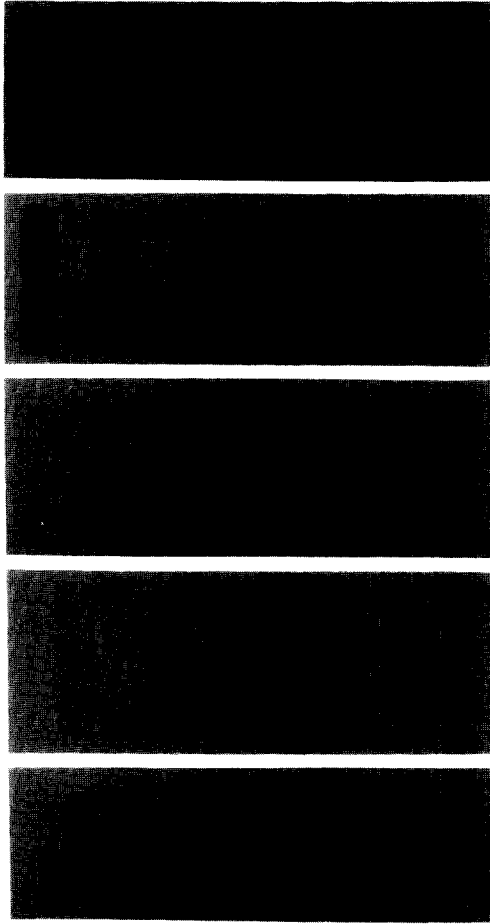


Fig. 8. Contraction of Chinese cabbage tissue by cytorrhysis with 0.15 M polyethyleneglycol of various molecular weights (M.W.=600~4000)

From the left of Fig. 8a, b and c, tissue soaked in 0.7% NaCl solution (control), and PEG solution of MW 600, 1000, 1500, 2000, 3400 and 4000, respectively.

(a) fresh tissue, (b) salted tissue in 5% NaCl for 2h, (c) cooked tissue in 3% NaCl at 90 for 30 min with Fig. 8b sample, (d) from the left, fresh, salted, preheated (60°C, 30 min), heated (80°C, 30 min) and cooked (90°C, 30 min) tissue (the tissue soaked in 0.7% NaCl after each treatment), (e) soaked in PEG 4000 solution with Fig. 8c sample

연구와 일치하였다. 즉 가열에 의한 조직의 연화는 pB의 분해에 의한 것으로 판단되며 본 실험에서는 pC와 pP는 거의 연화에 영향을 미치지 않으며 염절임이나 저온 가열시의 firmness의 증대도 pB의 증가 때문인 것으로 생각된다.

Cytorrhysis

세포벽의 pore size보다 분자의 크기가 큰 PEG 용액 중에 세포조직을 담그면 수축이 일어나므로 분자크기가

다른 여러 PEG 용액에 조직을 담가 수축이 일어나는 용액으로부터 세포벽의 pore size를 추정할 수 있다.

일반적으로 세포벽이나 중엽의 펙틴질이 염절임이나 가열처리에 의해 가용화되어 조직밖으로 녹아 나오거나 다른 힘에 의하여 손상된다면 PEG 분자가 침투할 수 있는 pore size가 커져서 PEG 용액에 침지시 수축이 적게 일어날 것으로 예측된다. 따라서 배추조직의 처리에 따른 세포벽 및 중엽의 상태를 알기 위하여 같은 크기로 자른 생시료를 염절임 및 가열처리하여 분자량이 다른 즉, 분자크기가 다른 여러 PEG 용액에 담그어 크기의 변화를 비교하여 보았다.

Fig. 8a는 생배추 조직에 대한 수축을 본 것으로 PEG 1500~2000 사이에서는 약간의 수축이 일어나나 PEG 3400과 PEG 4000에서는 극도로 수축되었다. 따라서 생배추 세포벽의 pore size는 대부분 PEG 2000~3400의 크기로 분포되어 있는 것으로 보인다.

염절임한 조직은 Fig. 8b와 같이 전체적으로 각 PEG 용액에서 생배추 조직보다 수축율이 컸는데 PEG 2000 이상에서의 수축이 생배추 조직보다 특히 심했다. 따라서 염절임한 조직은 세포벽이나 중엽의 pore size가 생배추보다 더 작은 것으로 판단되며 주로 PEG 2000 정도의 크기로 분포된 것으로 생각된다. 염절임 조직의 pore size가 생배추보다 작아지는 것은 생배추인 경우 팽압에 의해 팽창되었던 세포벽이 탈수되면서 수축되기 때문이며 또한 pB의 증가에 의하여 조직이 더 치밀해졌기 때문인 것으로 판단된다.

Fig. 8c는 염절임한 시료를 90°C에서 30분간 가열처리한 조직의 수축을 나타낸 것으로 PEG 1500 용액에서는 거의 수축되지 않았으며 PEG 2000 용액에서도 약간만 수축되었다. PEG 3400과 PEG 4000 용액에서는 현저히 수축되었으나 다른 처리구에서 보다는 수축율이 작았다. 이는 펙틴이 가열분해에 의해 가용화되면서 조직의 pore size가 커졌기 때문으로 생각된다.

종합적으로 염절임 및 60°C, 80°C 및 90°C에서 30분간 가열처리한 시료(Fig. 8d)를 PEG 4000 용액에 침지했을 때(Fig. 8e) 수축율을 비교하였다. 가장 수축율이 큰 시료는 60°C에서 30분간 가열처리한 것으로 이는 PE에 의해 pB가 증가되어 세포조직이 더 치밀해졌기 때문으로 판단된다. 또 80°C에서 30분간 가열처리한 시료의 수축율은 90°C 처리보다 훨씬 크고 오히려 60°C와 비슷하였는데 이로써 80°C 처리로는 펙틴의 변화가 크지 않았음을 알 수 있었다. 전체적으로 수축율의 크기와 가열처리시 pB의 함량은 반비례한 것을 볼 때 가열처리에 의한 조직강도의 변화는 pA의 pB로의 전환 및 pB의 가용화에 의한 중엽의 결합력의 약화에 기인된 것으로 판단된다.

요 약

배추의 염절임 및 가열처리 중의 조직구조 변화를 현미경적으로 관찰하고 펙틴질을 분별 정량하였으며 조

직의 내부구조를 cytorrhysis로 측정하였다. 배추줄기 조직의 유세포의 세포막은 염절임시 수축 파괴되며 세포간 공간의 포집공기와 세포액은 세포수축과 함께 중염을 파괴하면서 유출되었다. 배추조직의 펙틴은 주로 고 메톡실 펙틴인 pA와 저 메톡실 펙틴인 pB로 구성되었고 염절임 및 60~70°C의 저온 가열시 상당량의 pA는 작용으로 pB로 전환되었고 80°C 이상으로 가열처리하면 열분해로 pB가 감소되었으며 열처리 중 조직의 firmness는 pB의 함량과 상관관계가 높았다($r=0.996$). Cytorrhysis 실험결과 염절임 및 60°C의 저온처리에서는 조직의 pore size가 더 작아졌고 80°C 이상의 고온 열처리에 의하여 조직의 pore size가 커졌는데 이는 저온에서 pB의 증가에 의해 조직이 더 치밀해지고 고온 열처리에서는 가열분해된 pB가 용출되면서 조직이 더 영성해졌기 때문인 것으로 판단되었다.

문 헌

1. Pitt, R.E.: Models for the rheology and statistical strength of uniformly stressed vegetative tissue. *Transactions of the ASAE*, 25, 1776(1982)
2. Bartley, I.M. and Knee, M.: The chemistry of textural changes in fruit during storage. *Food Chem.*, 9, 47(1982)
3. Kaneko, K., Sato, C., Watanabe, T. and Maeda, Y.: Changes of cation contents and solubilities of pectic substances during brining of various vegetables. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 36, 379(1984)
4. Fleming, H.P., Mcfeeters, R.E. and Thompson, R.L.: Effects of sodium chloride concentration on firmness retention of cucumbers fermented and stored with calcium chloride. *J. Food Sci.*, 52, 653(1987)
5. 이희섭, 이철호, 이귀주 : 배추의 염장과정 중 성분변화와 조직감의 변화. *한국조리과학회지*, 3, 64(1987)

6. 이용호, 이해수 : 김치 숙성과정에 따른 펙틴질의 변화. *한국식품과학회지*, 18, 54(1986)
7. Manabe, T.: Studies on the firming mechanism of Japanese radish root by pre-heating treatment. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 27, 234(1975)
8. 고영환, 박관화 : 배추 펙틴 에스터라제의 정제 및 특성. *한국식품과학회지*, 16, 235(1984)
9. 백형희, 이창희, 우덕현, 박관화, 백운화, 이규순, 남상봉 : 펙틴 분해효소를 이용한 김치조직의 연화방지. *한국식품과학회지*, 21, 149(1989)
10. Doesberg, J.J.: Relationship between the behavior of pectic substances and changes in firmness of horticultural products during heating. *Qual. Plant. et. Material Veget.*, 8, 115(1961)
11. 최동원, 김주봉, 유명식, 변유량 : 배추조직의 가열 연화의 속도론적 연구. *한국식품과학회지*, 19, 515(1987)
12. Fuchigami, M.: Relationship between maceration and pectic change of Japanese radish roots during cooking. *J. Home Econ. Jap.*, 37, 1029(1986)
13. Galambos, J.T.: The reaction of carbazole with carbohydrate, I. Effect of borate and sulfamate on the carbazole color of sugars. *Anal. Chem.*, 20, 262(1969)
14. 유명식 : 가공 중 배추조직의 텍스춰 변화와 리올로지 모델. 연세대학교 박사학위논문 (1990)
15. 김주봉, 유명식, 조형용, 최동원, 변유량 : 염절임 및 Blanching시 배추의 물리적 특성의 변화. *한국식품과학회지*, 22, 445(1990)
16. Pereira, E.C., Norwig, J. and Thompson, D.R.: Green bean and asparagus blanching data. *Transactions of the ASAE*, 27, 624(1984)
17. Carpita, N., Sabularse, D., Montezinos, D., and Delder, D.D.: Determinations of the pore size of the cell walls of living plant cells. *Science*, 205, 1144(1979)
18. Fuchigami, M.: Relationship between maceration and pectic substances of vegetable tissues during cooking. *J. Home Econ. Jap.*, 38, 465(1987)

(1991년 3월 15일 접수)