

멸치 첨가 김치의 숙성 중 펙틴 함량, 효소 활성, 조직감과 미세구조의 변화

류복미 · 전영수 · 문갑순* · 송영선**

부산대학교 식품영양학과 및 김치연구소

*인제대학교 식품영양학과

The Changes of Pectic Substances and Enzyme Activity, Texture, Microstructure of Anchovy Added Kimchi

Bog-Mi Ryu, Young-Soo Jeon, Gap-Soon Moon* and Young-Sun Song**

Dept. of Food Science and Nutrition, and Kimchi Research Institute, Pusan National University, Pusan 609-735, Korea

*Dept. of Food Science and Nutrition, Inje University, Kimhae 621-749, Korea

Abstract

This study was intended to observe the changes of pectic substances and enzyme activities, texture, microstructure of anchovy added kimchi during fermentation for 4 weeks at 4°C. Content of alcohol insoluble solid(AIS) and HCl soluble pectin(HCISP) were decreased, whereas content of hot water soluble pectin(HWSP) was increased during fermentation. Content of HCISP was higher and HWSP was lower in anchovy added kimchi than control. Activity of pectinesterase(PE) was decreased, whereas activity of polygalacturonase(PG) was increased during fermentation. In anchovy added kimchi, PG activity was lower than control. Changes in microstructure of Chinese cabbage and kimchi during fermentation was observed ; in the raw cabbage, parenchyma cells, intercellular space and middle lamella were clearly shown. But in salted cabbage, middle lamella became separated. In the late stage of fermentation, parenchyma cell walls were wrinkled and collapsed. Puncture forces of kimchi were decreased, whereas cutting forces of kimchi were increased as fermentation proceeded. The firmness was slightly higher in anchovy added kimchi than control at the late stage of fermentation, which may be explained by the low PG activity.

Key words: kimchi, pectin, microstructure, texture

서 론

김치는 숙성되는 과정에서 젖산균 등의 여러가지 미생물에 의해 단순한 젖산 발효만이 아닌 복잡한 발효 과정을 통하여 재료 중의 탄수화물과 아미노산 등 여러 저분자 물질들을 생성함으로써 김치 특유의 맛을 낸다. 또한 김치의 식미(食味)는 향미 성분 뿐만 아니라 독특한 질감에 의해서도 큰 영향을 받는데(1), 조직감은 식품의 품질을 결정짓는 관능적 요소 중의 하나로 그 물질을 구성하는 미세구조와 관계가 있으며 특히 물질의 세포구조 및 세포의 구성성분과 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있다(2). 김치는 숙성 동안 여러 물리화학적 변화에 의해 조직이 연화되고 품질의

변화를 가져오는데 이러한 조직감의 변화는 middle lamella의 주성분인 펙틴 함량과 관련이 있다(3). 즉 불용성 펙틴인 protopectin이 숙성과정을 통하여 여러 pectic enzyme들에 의하여 가용성 펙틴(pectinic acid, pectic acid)으로 분해되어 조직이 물러지게 된다.(4) 여기에 관여하는 효소들로는 pectinesterase(PE)와 polygalacturonase(PG) 등이 있다. PG와 PE의 활성에 영향을 미치는 요인으로는 소금과 칼슘 등이 보고되었으며(5), 0.25M NaCl과 20~50mM CaCl₂는 김치 조직의 경도를 증가시킨다고 보고되었다(6). 본 연구에서는 부산 경남 지방에서 배추김치에 첨가하여 김치의 맛을 더하는 멸치가루와 생멸치가 김치의 숙성 과정 중 펙틴 함량, 효소 활성, 조직감과 미세구조에 미치는

*To whom all correspondence should be addressed

영향을 살펴보았다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 재료 중 배추, 마늘, 생강, 다시멸치 등은 업궁 농수산 도매시장에서, 고춧가루, 찹쌀가루는 농협에서, 멸치젓 및 생멸치는 경남 기장에서 각각 구입하였으며 소금은 천일염을 사용하였다.

시료김치의 제조

김치 담금을 위한 재료의 배합비는 Table 1과 같다. 여기서 김치 재료의 배합비는 명가김치 개발을 위한 조사 과정에서 관능적으로 우수하다고 나타난 김치의 배합비를 따랐으며 대조군 김치를 A, 멸치가루와 생멸치를 첨가한 김치를 각각 B와 C군으로 하여 김치를 제조하였다. 제조 방법은 먼저 배추를 1/4포기로 나눈 후 10% 소금물(배추 무게의 약 2.5배)에서 10시간 담궈 두었다가 꺼내어서 3번 헹구고 3시간 물을 빼었다. 양념에 버무린 김치는 4포기씩 비닐 봉지에 담고 밀봉하여 4°C에서 발효 숙성시켰으며, 시료 채취는 담금 직후와 숙성 1, 2, 3, 4주째 하였다.

펙틴질 측정

펙틴질의 분획

알콜 불용성인 펙틴질은 유 등(7)의 방법을 사용하여 김치 30g 중의 알콜 불용성 고형분(alcohol insoluble solid, AIS)을 추출하였다. AIS 0.5g으로부터 증류수, sodium hexameta phosphate, HCl 등을 용매로 하여 열수가용성 펙틴질(hot water soluble pectins, HWSP),

sodium hexametaphosphate soluble pectins(HXSP), 염산 가용성 펙틴질(HCl soluble pectins, HCISP)을 분획하였다. 이 분획 단계는 Fig. 1과 같다.

펙틴질의 측정

각 분획물은 Carbazole법(8)으로 정량하였다. 즉 각 추출액 0.1ml에 진한 황산 6ml을 가하고 끓는 물에서 10분간 가열한 후 냉각시킨 다음 0.15% carbazole reagent 0.5ml을 가하고 잘 혼합하여 25분간 방치하고 분광광도계로 525nm에서 흡광도를 측정하였다. Anhydrogalacturonic acid 0.001~0.01%용액을 위와 동일하게 처리해서 얻어진 표준곡선으로부터 각 시료의 분획물 함량을 계산하였다. Blank test는 absolute ethanol을 사용하였다.

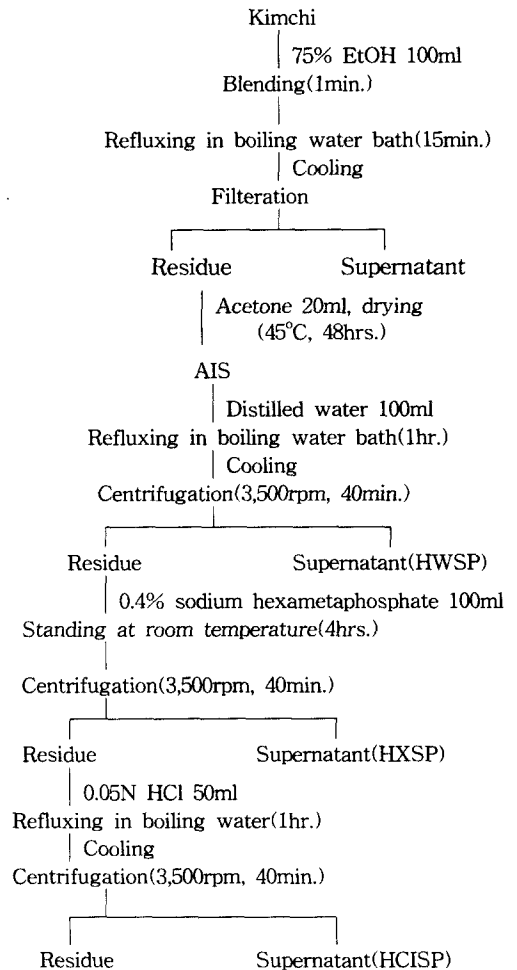


Table 1. Composition of kimchi

Ingredients	Samples		
	A	B	C
Salted Chinese cabbage	1kg	1kg	1kg
Garlic	42g	42g	42g
Ginger	8.8g	8.8g	8.8g
Red pepper powder	90g	90g	90g
Fermented anchovy sauce	125ml	125ml	125ml
Raw anchovy	-	-	50g
Dried anchovy extract (water 83ml)	83ml	83ml	83ml
Anchovy powder	-	6.25g	-
Waxy rice gel	30g	30g	30g

A: Control kimchi

B: Anchovy powder added kimchi

C: Raw anchovy added kimchi

Fig. 1. Scheme for separation of pectic substances from kimchi.

효소 활성 측정

효소의 추출

김치의 효소 활성을 측정하기 위하여 3% NaCl용액과 김치 고형분을 1 : 1(w/v)의 비율로 넣고 Waring blender에서 2분간 마쇄한 후 4겹의 가제에 걸러 9,000 rpm에서 15분간 원심분리하여 상등액을 효소액으로 하였다(9).

PE의 활성 측정

0.15M NaCl을 함유한 0.45% pectin용액 25ml을 pH 7.0 이상으로 조정한 후 효소액 1ml을 첨가하고 정확하게 pH 7.0으로 조정한 후 30°C로 유지시키면서 5분 동안 생성되는 산을 0.01N NaOH로 적정하였다(PE 1 unit는 pH 7.0에서 1분 동안 1×10^{-6} mole의 유리 carboxyl기를 생성하는 효소의 양으로 하였다)(5).

PG의 활성 측정

0.45% polygalacturonic acid용액 5ml(0.1M NaCl을 함유한 0.03M acetate buffer : pH 5.0)에 효소액 1ml을 넣고 30°C 항온조에서 교반하면서 3시간 동안 반응을 시켰다. 2N HCl 0.9ml을 가하여 반응을 중지시키고 2,500rpm에서 10분 동안 원심분리하여 상등액을 취한 다음 백 등(10)의 방법으로 환원당을 정량하였다. Blank test는 2N HCl용액 0.9ml을 가하여 반응을 중지시킨 후 효소액을 넣고 동일한 방법으로 행하였다. 표준곡선은 α -D-galacturonic acid를 사용하여 환원당 함량을 구하였다(PG 1 unit는 3시간 동안에 생성된 1 μ g의 환원당 함량으로 하였다).

위에서 행한 모든 화학 분석은 3번 반복 측정하여 평균값을 구하였다.

Texture 측정

생배추와 절임배추, 숙성된 김치의 최외각에서 3번 째 잎을 골라 밑으로부터 5cm의 일부분을 선별하였다. 배추조직의 텍스처는 Instron(model 1011, USA)으로 puncture test와 cutting test에 의하여 측정하였고, 배추시료의 두께는 Dial caliper(0.01-150mm VMS 150, Japan)를 사용하여 측정하였다(11). 각 시료들은 5번

Table 2. Conditions for texture analysis by Instron

	Puncture test	Cutting test
Maximum force	5kg	5kg
Cutting speed	50cm/mim	50cm/min
Chart speed	100cm/mim	100cm/min
Probe type	0.6mm stainless steel rod	Knife
Sample size	5×10cm	2×3cm

씩 반복 측정하여 측정치가 비슷한 3개의 값을 정도의 평균값으로 하였다. Instron의 조건은 Table 2와 같다.

주사전자현미경(Scanning Electron Microscopy : SEM)에 의한 미세구조 관찰(12)

5% glutaraldehyde(0.1M phosphate buffer : pH 7.4)용액 속에서 생배추, 절임배추, 숙성된 김치를 Instron 측정 때와 동일한 부분에서 3×3mm² 크기로 절단하여 4°C에서 12시간 이상 고정시켰다. 0.1M phosphate buffer를 적당히 붓고 흔들어준 뒤 5분간 방치하는 과정을 3번 반복한 다음 증류수에서 5분간 3회 세척하였다. Ethanol 농도를 30%, 60%, 90%로 높여가면서 탈수시키고 100% ethanol에서 완전 탈수한 후 동결 건조하였다. 건조된 시료들은 aluminum specimen holder 위에 얹고, Ion sputter(JEOL JFC-1100)를 이용하여 gold coating한 후 JEOL SEM(JSM-35F)으로 10KV에서 관찰하였다. 미세구조 관찰의 전체적인 과정은 Fig. 2와 같다.

결과 및 고찰

펙틴 조성의 변화

식물의 조직감과 관련된 성분 중의 하나인 펙틴질은 채소나 과일의 세포막과 세포막 사이에 존재하며 헤미셀룰로오스, 셀룰로오스와 결합되어 있어 세포와 세포 사이를 결합시켜주는 역할을 하기 때문에 식물 조직의 변화는 펙틴질의 성질에 의하여 크게 영향을

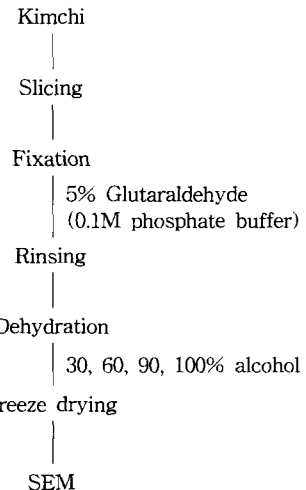


Fig. 2. Tissue processing of kimchi for SEM.

받는다(13,14). 김치는 숙성과정을 통하여 조직이 연화 되기 때문에 김치의 펙틴조성은 숙성기간 중 변화하게 된다. 김치의 숙성기간에 따른 펙틴의 조성 변화를 측정 한 결과 알콜 불용성 고형분의 함량은 담금 당일 A, B, C군 각각 4.50%, 4.33%, 5.40%였으나 숙성이 진행 될수록 감소하여 숙성 4주째는 3.47%, 3.43%, 3.63%로 각 군간에 큰 차이는 없었으나 생멸치를 첨가한 C군이 다소 높게 나타났다(Fig. 3).

알콜 불용성 고형분(AIS)에서 분리한 HWSP, HXSP, HCISP의 함량비를 보면 숙성 기간이 경과함에 따라 수용성 펙틴질인 HWSP는 증가하였고, 저 methoxyl 기를 가진 HXSP와 protopectin인 HCISP 함량은 감소 하였다(Fig. 4~6). 이것은 김치의 숙성 중 세포막 사 이에 존재하는 polygalacturonase 등의 펙틴 분해 효 소의 작용으로 인해 불용성 펙틴이 수용성 펙틴으로 변하여 수용성 펙틴질인 HWSP의 함량은 증가하고 protopectin인 HCISP량은 감소한 것으로 사료된다 (15,16). 멸치가루와 생멸치를 첨가한 김치는 대조군에 비해 HWSP 함량이 낮고 HCISP 함량은 높게 나타났 으며, 생멸치 첨가 김치는 멸치가루 첨가 김치 보다 다소 낮은 HWSP와 높은 HCISP 함량을 보였다. 이리 한 결과로 미루어 볼 때 멸치 첨가는 펙틴 분해 효소의 작용을 다소 둔화시킴을 알 수 있었다.

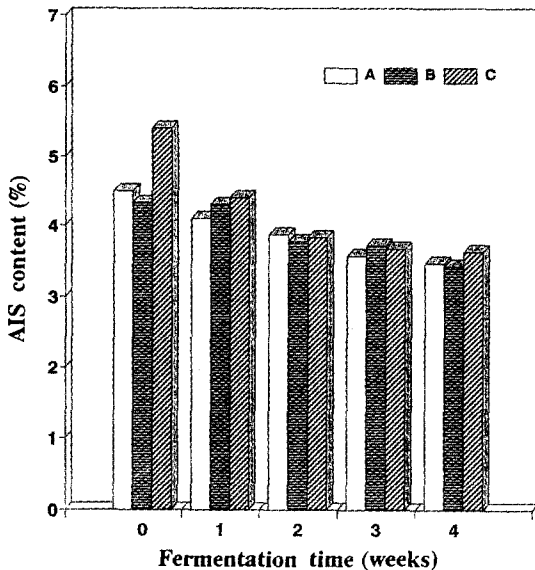


Fig. 3. Changes of alcohol insoluble solid(AIS) content during fermentation of kimchi at 4°C.
A: Control kimchi
B: Anchovy powder added kimchi
C: Raw anchovy added kimchi

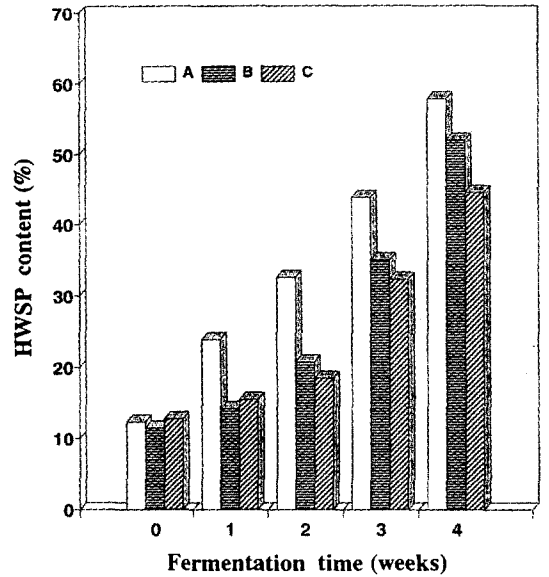


Fig. 4. Changes of hot water soluble pectins(HWSP) content during fermentation of kimchi at 4°C.
A: Control kimchi
B: Anchovy powder added kimchi
C: Raw anchovy added kimchi

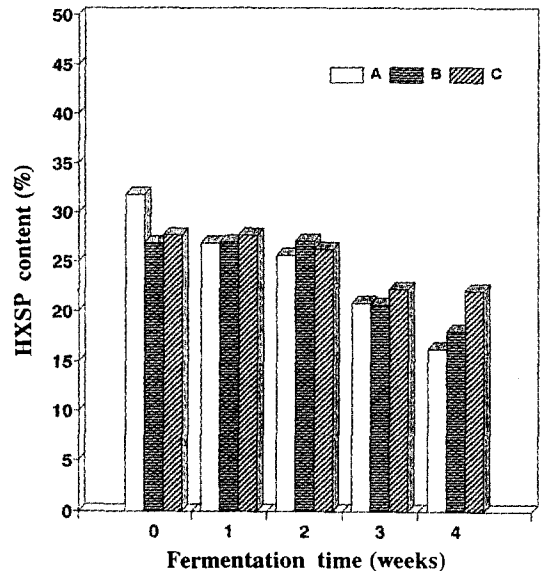


Fig. 5. Changes of sodium hexametaphosphate soluble pectins(HXSP) content during fermentation of kimchi at 4°C.
A: Control kimchi
B: Anchovy powder added kimchi
C: Raw anchovy added kimchi

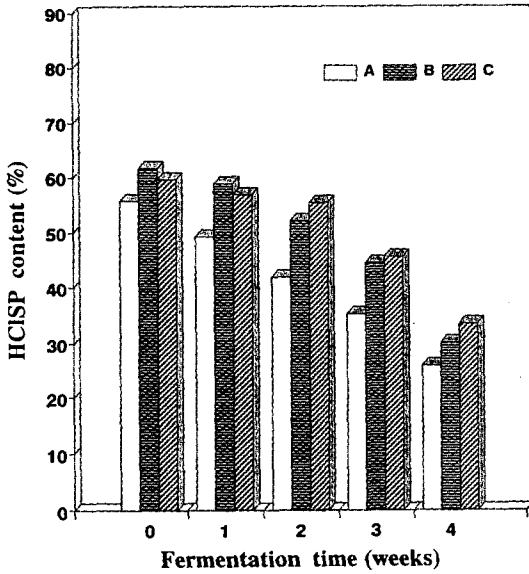


Fig. 6. Changes of HCl soluble pectin(HCISP) content during fermentation of kimchi at 4°C.

- A: Control kimchi
- B: Anchovy powder added kimchi
- C: Raw anchovy added kimchi

효소활성의 변화

식물 조직에 존재하는 효소 중 PE와 PG는 식물 세포의 펙틴 물질을 변화시켜 조직감에 영향을 주는 효소들로서, PE는 펙틴의 methoxyl기를 떼어내고 유리 카르복실기를 만들어 펙틴 물질들 사이에 Ca²⁺을 통한 가교를 형성하여 식물 조직의 경도를 증가시키는 반면 펙틴 분해 효소인 PG는 펙틴의 glycosidic linkage를 가수분해하여 수용성 물질을 증가시킴으로써 식물 세포의 연부 현상을 초래하는 것으로 알려져 있다(17, 18). 본 실험에서는 김치의 숙성이 진행될수록 PE 활성은 세균 모두 감소하는 경향을 보였으나 생멸치를 첨가한 C군의 경우 숙성 2주 이후 다른 군에 비해 활성이 다소 높게 나타났다(Fig. 7). 펙틴 분해 효소인 PG 활성은 숙성이 진행될수록 증가하였으나 멸치 첨가 김치에서는 4주째 다소 감소하였다. 멸치가루와 생멸치 첨가군은 대조군에 비해 PG 활성이 낮게 나타났는데(Fig. 8), 이것은 멸치가루와 생멸치 속의 칼슘이 pectic acid와 복합체를 형성하여 PG의 활성을 저하시킨 것으로 사료된다(19). 또한 이 결과는 멸치 첨가군이 대조군에 비해 수용성 펙틴 함량이 낮은 이유를 설명해 주며, 숙성 후기에서는 멸치 첨가가 연화 현상을 지연시켜 조직감 유지에 도움이 될 것으로 사료된다.

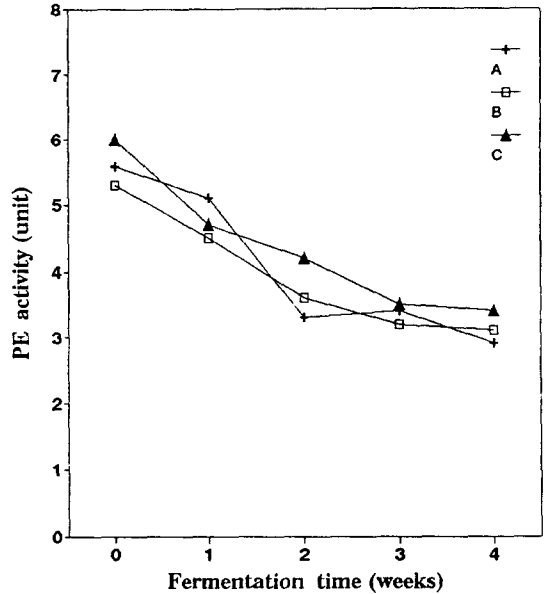


Fig. 7. Changes in pectinesterase(PE) activity during fermentation of kimchi at 4°C.

- A: Control kimchi
- B: Anchovy powder added kimchi
- C: Raw anchovy added kimchi

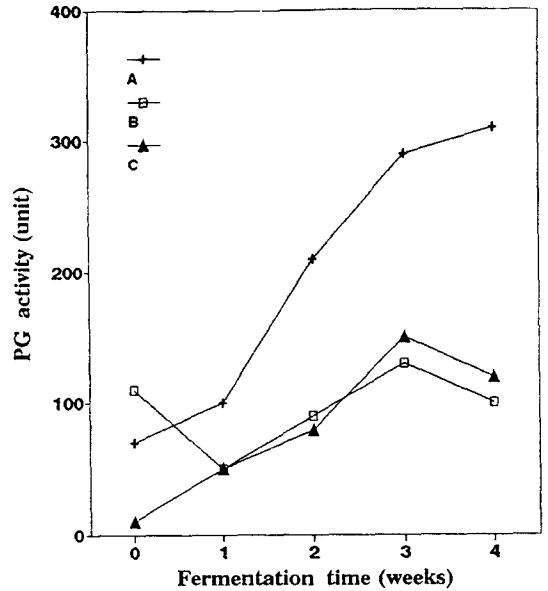


Fig. 8. Changes in polygalacturonase(PG) activity during fermentation of kimchi at 4°C.

- A: Control kimchi
- B: Anchovy powder added kimchi
- C: Raw anchovy added kimchi

조직감의 변화

침투시험은 탐침이 시료를 침투할 때 필요한 힘의 크기를 측정함으로써 식품의 단단한 정도를 측정하는데 생배추, 염절임 배추 및 숙성에 따른 김치의 puncture test로 부터 얻은 경도 측정치는 Table 3과 같다. Caliper에 의해 조직의 두께를 측정한 결과 생배추는 0.516mm, 절임배추는 0.413mm이었다. 김치의 경우 숙성이 진행됨에 따라 조직의 두께는 점차 감소하였는데, 이러한 배추의 두께 감소는 세포 유조직내의 공기의 탈기와 수분 손실에 따른 것으로 보인다. 조직의 경도 측정치는 생배추가 2.34kg, 염절임 배추가 2.77kg 이었고, 숙성된 김치는 2주째까지는 2.65~2.82kg 범위였으나 3주째 부터 감소하기 시작하여 4주째에는 1.62~2.15kg로 현저히 감소하였다. 김치의 종류별로 살펴보면 멸치가루와 생멸치 첨가군이 대조군에 비해 숙성 말기 경도 측정치가 다소 높게 나타났다. 이것은 숙성 중 멸치가루와 생멸치 첨가군의 PG 활성은 낮고 PE 활성은 높아져서 김치의 경도와 밀접한 관계가 있는 팩틴질의 조성에 영향을 미친 때문으로 보인다.

생배추와 절임배추, 숙성 정도가 다른 김치의 절단

강도를 측정한 결과는 Table 4와 같다. 생배추의 최대 절단력은 1.64kg이었으나 절임배추의 경우는 2.67kg으로 증가하였으며, 김치는 숙성이 진행될수록 절단력이 증가되었다. 이 등(11)의 보고에 의하면 배추잎의 절단력은 염절임에 의해 약 3~5배 증가한다고 하였으며 박 등(20)은 김치의 경우 숙성 기간이 길어질수록 절단력이 증가한다고 보고하였다. 배추는 염절임에 의해 배추잎 세포 내부의 공기의 제거와 수분 용출에 따라 세포벽이 찌그러지고 포개지게 되므로 단일 면적에 걸리는 섬유소의 밀도가 증가하여 이것이 절단 강도를 증가시키는 것으로 사료된다(21).

미세구조적 변화

식물의 조직감과 관계가 있는 세포 조직의 구조는 유세포(parenchyma cell)와 중엽(middle lamella), 세포간 공간(intercellular space)에 있는 세포외액 및 세포 사이에 무작위로 분포되어 있는 공기이다(22). 김치와 같은 침채류는 염장 발효 과정 중 부피 및 중량의 변화와 더불어 이들 조직의 세포막, 세포벽, 중엽의 수축, 파괴와 같은 구조적 변화에 의해 텍스처의 특성이

Table 3. Changes in puncture forces of raw, salted Chinese cabbage and kimchi (unit : kg)

Fermentation period(weeks)	Samples					
	A		B		C	
	Thickness ¹⁾	Value	Thickness	Value	Thickness	Value
Raw Chinese cabbage	0.516±0.002 ²⁾	2.34±0.13	0.516±0.002	2.34±0.13	0.516±0.002	2.34±0.13
Salted Chinese cabbage	0.413±0.002	2.77±0.08	0.413±0.002	2.77±0.08	0.413±0.002	2.77±0.08
1	0.383±0.003	2.79±0.16	0.385±0.006	2.87±0.02	0.376±0.010	2.75±0.74
2	0.383±0.013	2.75±1.06	0.381±0.007	2.82±0.19	0.382±0.004	2.65±0.08
3	0.375±0.011	2.40±0.11	0.374±0.016	2.30±0.20	0.380±0.009	2.35±0.53
4	0.332±0.004	1.62±0.42	0.342±0.007	2.14±0.19	0.348±0.017	2.15±0.11

¹⁾unit : mm, ²⁾Mean±SD

A: Control kimchi, B: Anchovy powder added kimchi, C: Raw anchovy added kimchi

Table 4. Changes in cutting forces of raw, salted Chinese cabbage and kimchi (unit : kg)

Fermentation period(weeks)	Samples					
	A		B		C	
	Thickness ¹⁾	Value	Thickness	Value	Thickness	Value
Raw Chinese cabbage	0.514±0.012 ²⁾	1.64±0.13	0.514±0.012	1.64±0.13	0.514±0.012	1.64±0.13
Salted Chinese cabbage	0.410±0.006	2.67±0.02	0.410±0.006	2.67±0.02	0.410±0.006	2.67±0.02
1	0.389±0.008	3.24±0.17	0.391±0.024	3.23±0.11	0.394±0.023	3.25±0.10
2	0.380±0.013	3.32±0.12	0.389±0.007	3.39±0.06	0.388±0.014	3.46±0.03
3	0.362±0.015	3.30±0.07	0.371±0.009	3.40±0.04	0.379±0.013	3.43±0.11
4	0.354±0.008	3.39±0.08	0.358±0.009	3.41±0.08	0.360±0.003	3.42±0.10

¹⁾unit : mm, ²⁾Mean±SD

A: Control kimchi, B: Anchovy powder added kimchi, C: Raw anchovy added kimchi

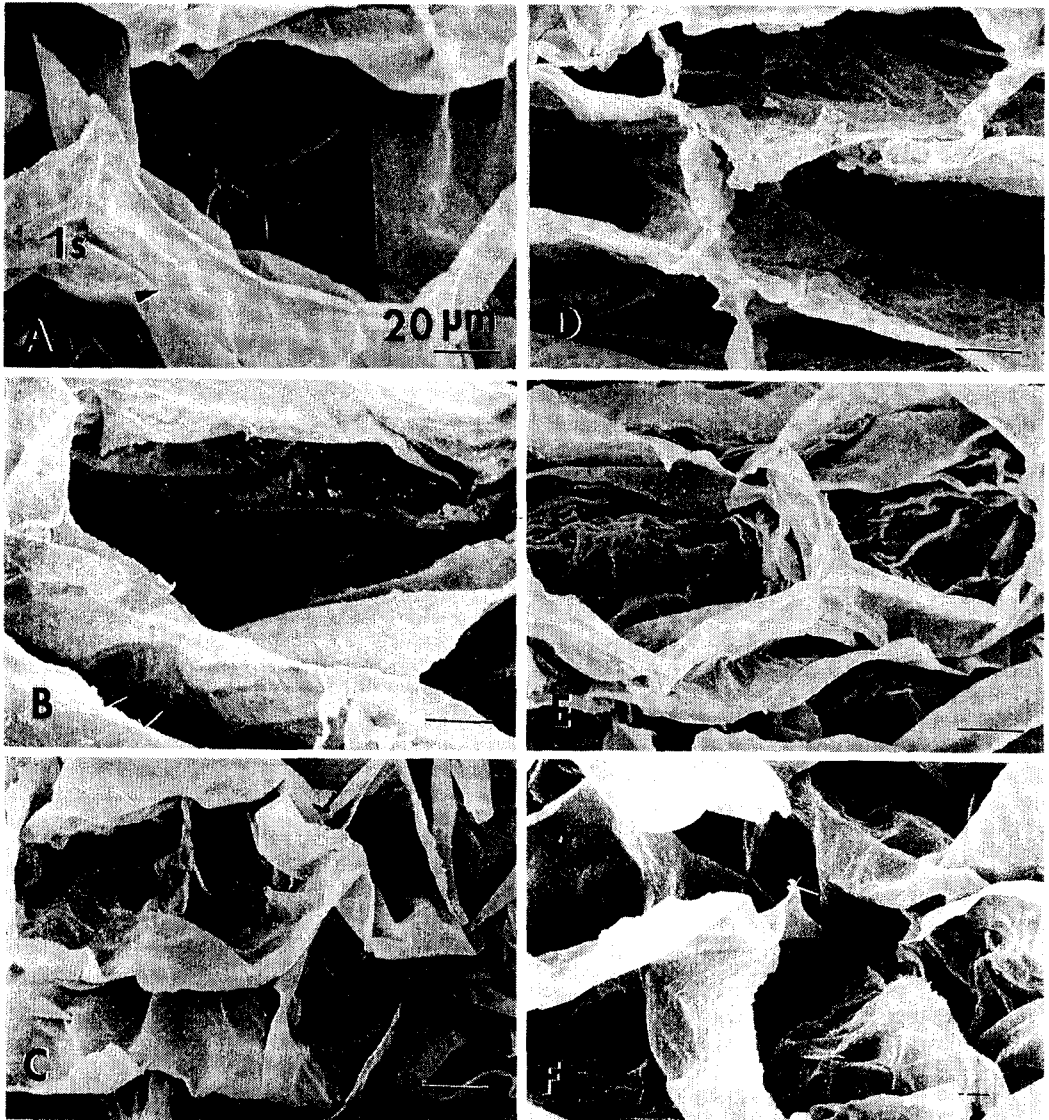


Fig. 9. Changes in microstructure of Chinese cabbage and kimchi as shown by SEM.

- A: Raw cabbage showing parenchyma cells, intracellular space(Is), and middle lamella(arrow)
- B: Salted cabbage showing middle lamella separated cells
- C: Kimchi at 1 week showing parenchyma cells
- D: Kimchi at 2 week showing parenchyma cells
- E: Kimchi at 3 week showing parenchyma cell walls wrinkled
- F: Kimchi at 4 week showing cell walls collapsed(arrow)

달라지게 되며 이것은 관능적인 맛에도 큰 영향을 미치게 된다. Fig. 9의 주사전자현미경 사진에서 보는 바와 같이 생배추에서 볼 수 있는 타원형의 질서 정연한 유조직 세포들이 염절입과 숙성 과정을 통하여 찌그러

진 형태를 갖게 됨을 알 수 있었다. 또한 생배추에서는 intercellular space와 middle lamella가 뚜렷하게 관찰되었으나(Fig. 9A), 염절입 과정을 거치면서 세포간 공간에 포집되어 있던 공기가 구축되어 middle lamella

가 분리되는 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 9B). 그리고 구속되는 공기는 중엽을 파괴하면서 집합하여 큰 공기 공간을 만들게 되고 이 공기가 완전히 구속되면 유세포와 유세포가 다시 밀집되어 조직이 더욱 수축하는 경향을 보였다. 또한 김치의 숙성 시간이 경과할수록 middle lamella의 분리 현상과 세포막의 붕괴 현상이 더욱 뚜렷하였는데, 특히 세포벽의 겹쳐짐이나 탈락 현상은 숙성 3, 4주일째의 조직에서 흔히 관찰되어졌다(Fig. 9E, F). 이러한 현상은 김치의 숙성 과정 중 펙틴 분해 효소들에 의한 수용성 펙틴의 증가와 관계가 있는 것으로 사료된다.

요 약

멸치를 첨가한 김치는 부산 경남지역의 특색있는 김치로서 본 연구에서는 멸치가루와 생멸치를 각각 첨가하여 4°C에서 4주간 숙성시키면서 김치의 숙성 중 펙틴 함량, 효소 활성 및 조직감과 미세구조의 변화 등을 비교하였다. 숙성이 진행될수록 알콜 불용성 고형분(AIS)의 양은 감소하였으며 수용성 펙틴질인 HWSP 함량은 멸치 첨가군이 대조군 보다 낮았고, protopectin인 HCISP 함량은 멸치 첨가군에서 높게 나타났다. 김치 숙성 중 PE 활성은 감소하였으며 PG 활성은 증가하였는데 멸치 첨가군에서 PG 활성이 낮게 나타났다. 배추조직의 유세포는 절임과 숙성이 진행됨에 따라 중엽이 분리되는 현상을 보였고, 숙성 말기에는 세포벽의 겹쳐짐과 탈락현상이 관찰되었다. 김치의 숙성 동안 두께는 점차 감소하였다. 배추 조직의 경도는 절임과 숙성 초기에 증가하다가 숙성 말기에는 다소 감소하였으며, 절단 강도는 숙성이 진행될수록 증가하였다. 이상의 결과를 종합해 볼 때 생멸치나 멸치가루의 첨가는 PG 활성을 억제하여 펙틴질의 분해와 조직의 정도에 영향을 미친 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 과학기술처에서 수행한 94/95 특정연구 개발사업(UR 대응 농업기술 개발사업)의 연구비로 수행한 결과의 일부분이며 연구 지원에 감사드립니다.

문 헌

1. 허윤정, 이혜수 : 예열처리 및 염도가 오이김치의 숙성

중 질감에 미치는 영향. 한국조리과학회지, 6, 1(1990)

2. Shewfelt, V. D. : Texture changes and molecular characteristics of pectic constituents in ripening peaches. *J. Food Sci.*, 36, 573(1971)

3. Bartley, I. M. and Knee, M. : The chemistry of textural changes in fruit during storage. *Food Chem.*, 9, 47(1982)

4. 정귀하, 이혜수 : 숙성기간에 따른 무우김치의 텍스처와 섬유소, 헤미셀룰로오스, 펙틴질의 함량변화. 한국조리과학회지, 2, 68(1986)

5. 고영환, 박관화 : 배추 펙틴에스테라제의 정제 및 특성. 한국식품과학회지, 16, 235(1984)

6. 박희옥, 김기현, 윤선 : 김치 재료에 존재하는 pectinesterase, polygalacturonase 및 peroxidase 특성에 관한 연구. 한국식품과학회지, 5, 443(1990)

7. 유은주, 신말식, 전덕영, 홍운호, 임현숙 : 마늘 첨가량을 달리한 김치의 펙틴질의 변화. 한국조리과학회지, 4, 59(1988)

8. Stark, S. M. : Determination of pectic substances in cotton, colorimetric reaction with carbazole. *Anal. Chem.*, 22, 1158(1950)

9. 이희섭, 이귀주 : 열장 과정 중 무의 조직감과 이와 관련된 화학적, 효소 활성 변화. 한국식품화학회지, 8, 267(1993)

10. 백형희, 이창희, 우덕현, 박관화, 백운화, 이규순, 남상봉 : 펙틴분해효소를 이용한 김치조직의 연화방지. 한국식품과학회지, 21, 149(1989)

11. 이철호, 황인주, 김정교 : 김치 제조용 배추의 구조와 조직감 측정에 관한 연구. 한국식품과학회지, 20, 742(1988)

12. Chabot, J. F. : Preparation of food science sample for SEM. *Scanning Electron Microscopy*, 3, 279(1979)

13. 박인원, 박용근, 장명숙 : 담금방법을 달리한 오이지의 숙성 중 펙틴질의 변화. 한국영양식량학회지, 24, 133(1995)

14. 이경애, 신말식, 안승요 : 가열에 의한 고구마 펙틴질의 변화. 한국식품과학회지, 17, 421(1985)

15. 유명식, 김주봉, 변유량 : 염절임 및 가열에 의한 배추조직의 구조와 펙틴의 변화. 한국식품과학회지, 23, 420(1991)

16. Manabe, T. : Studies on the firming mechanism of Japanese radish root by preheating treatment. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 27, 234(1980)

17. Wicker, L. : Selective extraction of thermostable pectinesterase. *J. Food Sci.*, 57, 534(1992)

18. Pressey, R. and Avants, J. K. : Separation and characterization of endopolygalacturonase exopolygalacturonase from peaches. *Plant Physiol.*, 52, 252(1973)

19. 육철, 장금, 박관화, 안승요 : 예비 열처리에 의한 무우김치의 연화 방지. 한국식품과학회지, 17, 447(1985)

20. 박미원, 박용근, 장명숙 : 담금 방법을 달리한 오이지의 숙성 중 특성 변화. 한국영양식량학회지, 23, 634(1994)

21. 이희섭, 이철호, 이귀주 : 배추의 열장 과정 중 성분 변화와 조직감의 변화. 한국조리과학회지, 3, 64(1987)

22. 이희섭 : 침채류의 조직감 측정 방법. 한국조리과학회지, 11, 83(1995)

(1996년 2월 28일 접수)