

# 숙성 기간에 따른 무우 김치의 텍스처와 섬유소, 헤미셀룰로오스, 펙틴질의 함량 변화

鄭 貴 和 · 李 惠 秀

서울대학교 가정대학 식품영양학과

## Changes of Texture in terms of the Contents of Cellulose, Hemicellulose and Pectic Substances during Fermentation of Radish Kimchi

Guy Hwa Jung and Hei Soo Rhee

*Dept. of Food Nutrition, College of Home Economics, Seoul National University*

### Abstract

The changes of dietary fiber and texture of radish Kimchi fermented at 17~20°C were investigated.

During the fermentation period, hardness and brittleness of radish Kimchi were decreased. The changes were more marked in the brittleness. But the contents of cellulose and hemicellulose were not changed considerably. The contents of AIS was decreased with fermentation. During the fermentation, hot soluble pectin was increased and protopectin was decreased but the amount of changes was small.

The texture of radish Kimchi was affected by contents of pectic substances, especially protopectin. The coefficient of correlation between hardness and protopectin contents was 0.85. (=r)

### 서 론

김치에 대한 현재까지의 연구는 주로 숙성에 따른 맛 성분의 변화에 관한 것이었다. 그러나 김치의 전반적인 맛은 향미 성분 이외에 김치의 텍스처에 의해서도 영향을 받는다고 생각된다. 식물조직에서의 세포벽의 주요 구성 성분은 식이성 섬유소인, 섬유소(cellulose), 헤미셀룰로오스, 펙틴질<sup>1,2)</sup>이며, 이것들이 텍스처에 영향을 주는 요인의 하나라고 기대할 수 있다. 세포벽

의 matrix는 섬유소-헤미셀룰로오스 부분과 펙틴질 사이의 결합정도에 관계되며, 이런 부분들은 구조물질의 기능을 가진다고 알려져 있다. 오이 피클을 장기간 저장할 때 물러지는 현상은 펙틴질의 변화 때문으로 알려져 있고<sup>3)</sup> 조직이 물러짐에 따라 불용성 펙틴질(protopectin)의 함량이 감소하며 가용성 펙틴질(pectic acid, pectinic acid)은 증가하는 것으로 보고되고 있다<sup>4)</sup>. 이 때 효소의 작용이 주된 원인으로 생각되고 있다<sup>5)</sup>.

본 실험에서는 무우 김치를 17~20°C의 온도에서

숙성시키면서 숙성 기간에 따른 물리적 변화로 텍스처(hardness, brittleness)의 변화를 측정하였으며, 성분의 변화로는 식이성 섬유소(섬유소, 헤미셀룰로오스, 펙틴질)의 함량을 측정하여 상호관계를 관찰하였다.

## 실험 재료 및 방법

### 1. 실험 재료

가. 무우 김치 재료 : 실험에 사용한 무우는 무게 1.0~1.5kg, 길이 25~30cm, 지름 7~9cm의 것으로 1985년 8월 가락동 농수산물 시장에서 구입하였다. 파, 마늘, 설탕, 고추가루는 서울 시내의 시장에서 구입하였고, 소금은 97% 정제염을 사용하였다.

나. 시약 : 섬유소, 헤미셀룰로오스의 분석을 위해서는 Neutral Detergent Solution(ADS)<sup>6)</sup>, Acid Detergent Solution(ADS)<sup>6)</sup>과 효소 용액(2% W/V  $\alpha$ -Amylase)<sup>7)</sup>을 사용하였다. 펙틴질의 분획에는 에탄올과 Sodium Hexametaphosphate, 염산을 사용하였다.

### 2. 실험 방법

가. 무우 김치의 제조 : 무우를 씻어 0.3~0.5cm 두께로 절질을 벗긴 다음, 2×2×2cm cube 가 되도록 썰었다. 무우 300g, 고추가루 7g, 파 10g, 마늘 5g, 생강 1.5g, 설탕 7g, 97% 정제염 6g, 물 50ml씩 넣고 버무려 섞은 뒤 소독된 유리병 속에 눌러 담고 밀봉하였다. 이 무우 김치를 17~20°C의 온도에서 숙성시켜 숙성 0일부터 14일까지 채취하여, 실험에 사용하였다.

나. 텍스처 측정 : 무우 김치의 텍스처를 측정하기 위해 Instron Universal Testing Machine 을 사용하여 Compression Test와 Puncture Test를 행하였다. Instron의 조작 조건과 Accessory cell은 Table 1과 같다.

다. Neutral Detergent Fiber(NDF) 측정 : Van

Soest 방법<sup>8,9)</sup>을 Mongeau와 Brassard가 수정한 효소처리방법<sup>10)</sup>을 가미하여 실시하였다.

라. 헤미셀룰로오스의 측정 : Van Soest 방법에 따라 NDF를 함유한 crucible에 ADS와 Decahydro-naphthalein과 무수 Sodium Sulphate를 첨가하여 1시간동안 역류시켰다. 이것을 Gooch crucible에 여과시킨 후 하룻밤 100°C 건조기에서 건조시킨 후 무게를 측정하여 Acid Detergent 잔여물을 얻었다. 이것과 NDF의 차이로 불용성 헤미셀룰로오스 함량을 계산하였다.

마. 섬유소 측정 : Van Soest 방법에 따라서 Acid Detergent 잔여물을 함유한 crucible에 72% 황산을 이용하여 용해시키고 하룻밤 100°C 오븐에서 건조시켰다. 건조후 남은 잔여물과 Acid Detergent 잔여물과의 차이로 섬유소 함량을 계산한다.

바. 회수율 측정 : 95%  $\alpha$ -Cellulose를 위에 제시한 방법으로 처리한 후 측정된 Cellulose 양으로 신뢰도를 조사하였다.

사. 펙틴질의 측정

1) 펙틴질의 분획<sup>11)</sup> : 알코올 불용성 물질(Alcohol Insoluble Solids, AIS)은 열수 가용펙틴질(Hot Water Soluble Pectins, HWSP), Sodium Hexametaphosphate 가용 펙틴질(Sodium Hexametaphosphate Soluble Pectins, HXSP), 염산 가용 펙틴질(HCl Soluble Pectins, HClSP)로 분획하였다. 이 분획 단계를 Fig. 1에 간단히 제시했다.

2) 펙틴질의 정량<sup>12)</sup> : 분획된 HWSP, HXSP, HClSP를 1 ml씩 취하여 15 ml용량의 시험관에 넣었다. 여기에 95% 황산 6 ml를 첨가한 후 15분동안 100°C 수조에서 가열하였다. 상온까지 냉각시킨 다음 자시험관에 0.5 ml의 Carbazol Reagent를 첨가하고 25분동안 방치하였다가 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. Blank는 시료만큼의 Absolute Ethanol을 사용하였다. 표준 곡선은 monohydrogalacturonic acid 10r~350r

Table 1. Conditions for texture analysis by Instron.

Fixture	Compression Test		Puncture Test
	Compression	Anbil	Puncture Probe(Dia. 4.35mm)
Sample Size(cm Cube)	2×2×2		2×2×2
Load Cell (kg full scale)	100		5
Cross head speed (mm/min)	80		80
Chart speed (mm/min)	100		100
75% Deformation			

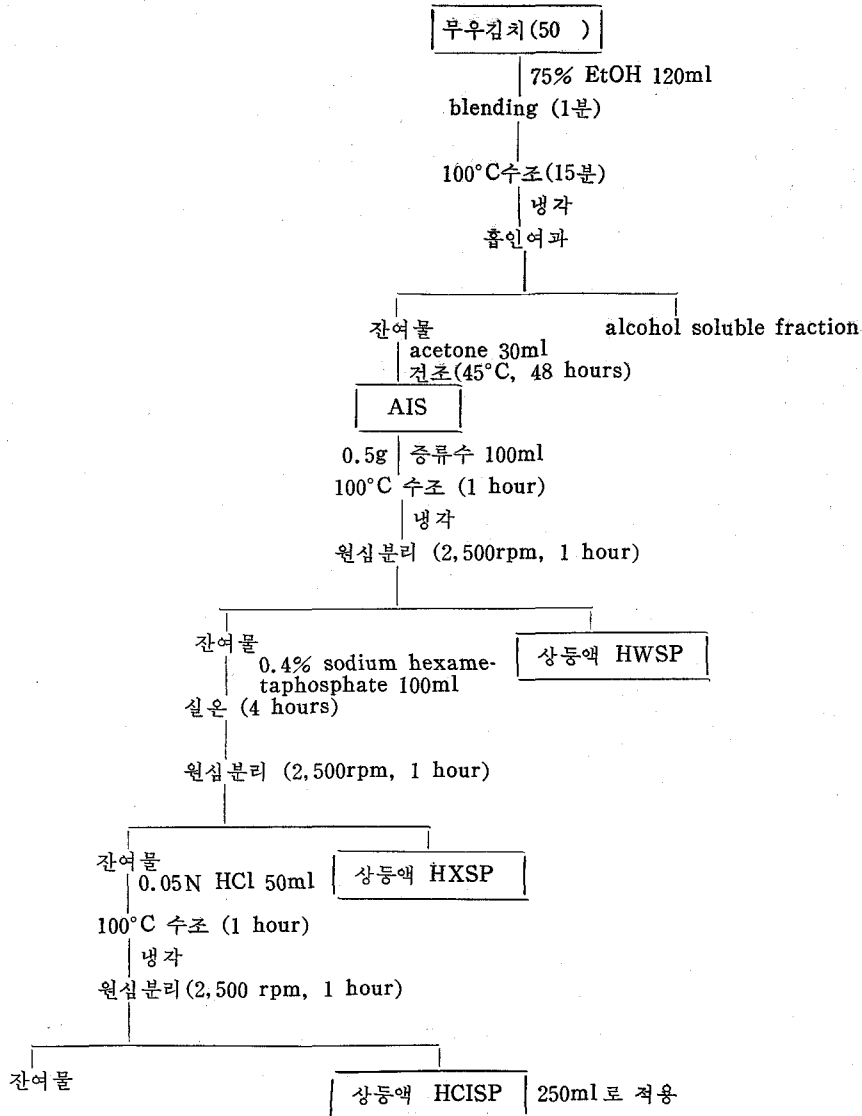


Fig. 1. Scheme for separation of pectic substances from radish Kimchi.

용액을 위와같은 방법으로 처리하여 작성하였다. 이 표준 곡선을 이용하여 각 펙틴 분획물함량을 계산하였다.

아. 통계 처리 : 반복된 실험 data의 취사 여부는 Q-test로 결정하였으며, 자료의 대표값은 평균을 구하여 처리하였다.

### 실험 결과 및 고찰

#### 1. 숙성 중의 무우 김치 텍스처의 변화

무우 김치의 텍스처를 조사하는데 있어서 조직이 물

러지는 정도를 표현하는 물리적 성질로는 경도<sup>13)</sup>와 brittleness가 였다. Instron을 이용하여 무우 김치의 경도와 brittleness를 측정할 기준은 Fig. 2와 같다. compression Test의 결과 무우 김치의 경도는 저장 기간이 경과함에 따라 점차 감소하는 경향을 보였다. 이 결과를 Fig. 3. 나타냈다. 이에 비해 Puncture Test의 결과는 숙성 기간과는 뚜렷한 상관 관계를 보여 주지 않았다. 그러나, Plunger가 침투해 들어가는 동안에 그래프에 나타나는 피크수가 숙성 0일에는 10개 이상이었으나, 숙성 14일에는 3개 이하

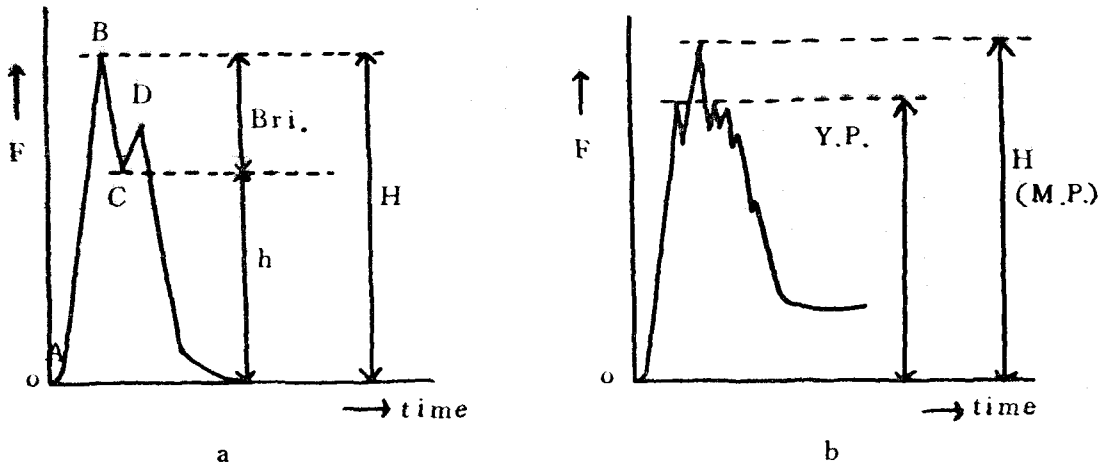


Fig. 2. Texture profile analysis for radish kimchi  
 a: Compression Test      b: Puncture Test  
 (F: force Bri: Brittleness H: Hardness Y.P.: Yield Point first peak M.P.: Maximum Peak)

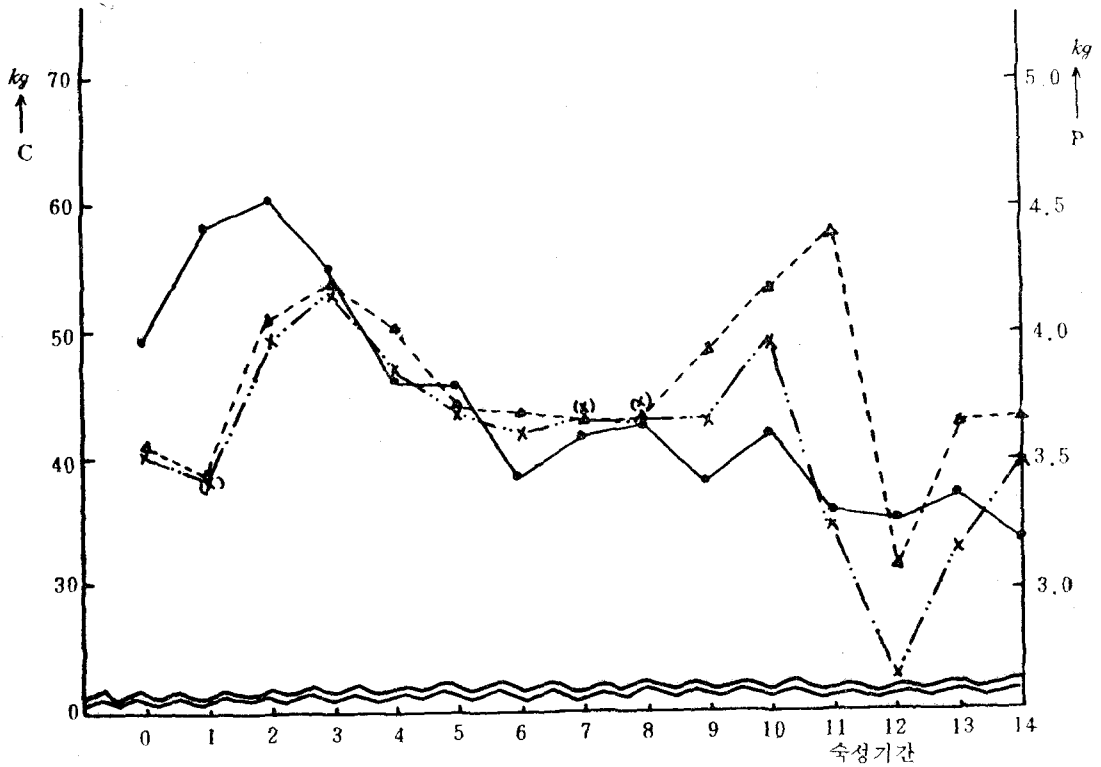


Fig. 3. Hardness of radish kimchi fermented at 17~20°C.

- C: Compression Test      P: Puncture
- Hardness of Compression test
- ...△...△... Hardness of Puncture test
- ...×...×— Yield Point of Puncture test

Table 2. AIS contents of radish Kimchis fermented at 17~20°C.

숙성기간(Day)	0	1	2	3	4	5	6	7
AIS(g)	1.6813	1.6056	1.6217	1.5704	1.3298	1.6793	1.3453	1.6303
숙성기간(Day)	8	9	10	11	12	13	14	
AIS(g)	1.3414	1.5371	1.3181	1.2039	1.3147	1.3728	1.4488	

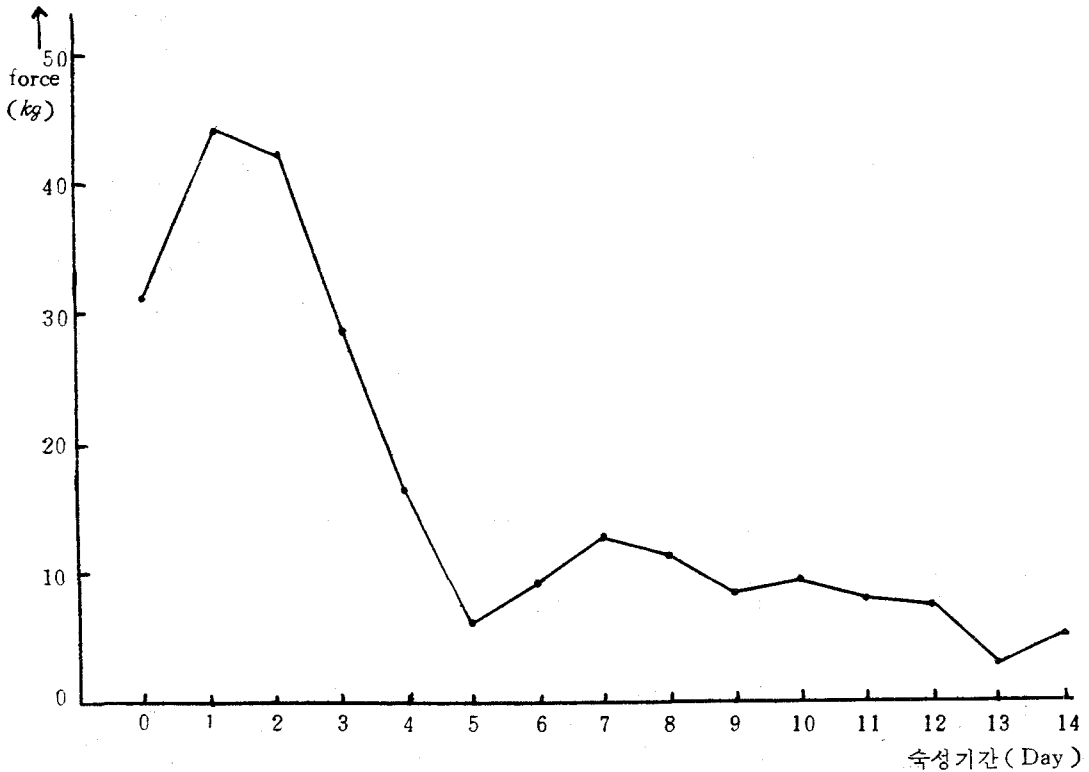


Fig. 4. Brittleness of radish Kimchi fermented at 17~20°C.

로 감소하였다. Brittleness의 변화는 숙성 2일째 급격히 감소하여 그 성질을 잃고 있다. Kostaropoulos에 의하면 Brittleness는 처음 조직이 깨지고 남은 조직의 저항값이라고 하였다. Fig. 4에서 보듯이 숙성 2일이 지난 후에는 조직에 남아있는 저항이 거의 없음을 알 수 있었다.

## 2. 숙성 중 섬유소, 헤미셀룰로오스, 펙틴질의 변화

가. 섬유소, 헤미셀룰로오스의 변화: 각 시료의 숙성 기간 중의 건조 무게는 숙성 기간과는 무관한 것으로 나타났다. 각 시료로부터 얻은 헤미셀룰로오스와 섬유소의 상대 비율을 Fig. 5에 제시했다. 이 그림에서 보는 바와 같이 헤미셀룰로오스와 섬유소는 숙성 기간 중 거의 변화하지 않았으며, NDF 내의 헤미셀룰로오스 섬유소의 값은 0.42~2.7까지 다양하게 변하고 있다. 이것은 이미 이 물질들이 세포벽의 구성 성분으로 정착되어 있고 여타의 조건에서도 안정되어 있음을 의미한다. 즉 무우 김치가 숙성기간과는 관계없이 언제나 좋은 식이성 섬유소의 공급원을 알 수 있다. 95%  $\alpha$ -Cellulose를 이용하여 회수를 검정할 때 본 결과 91.15% $\pm$ 0.85의 신뢰 구간을 얻었다.

나. 펙틴질의 변화: 각 시료로부터 얻은 AIS 함량

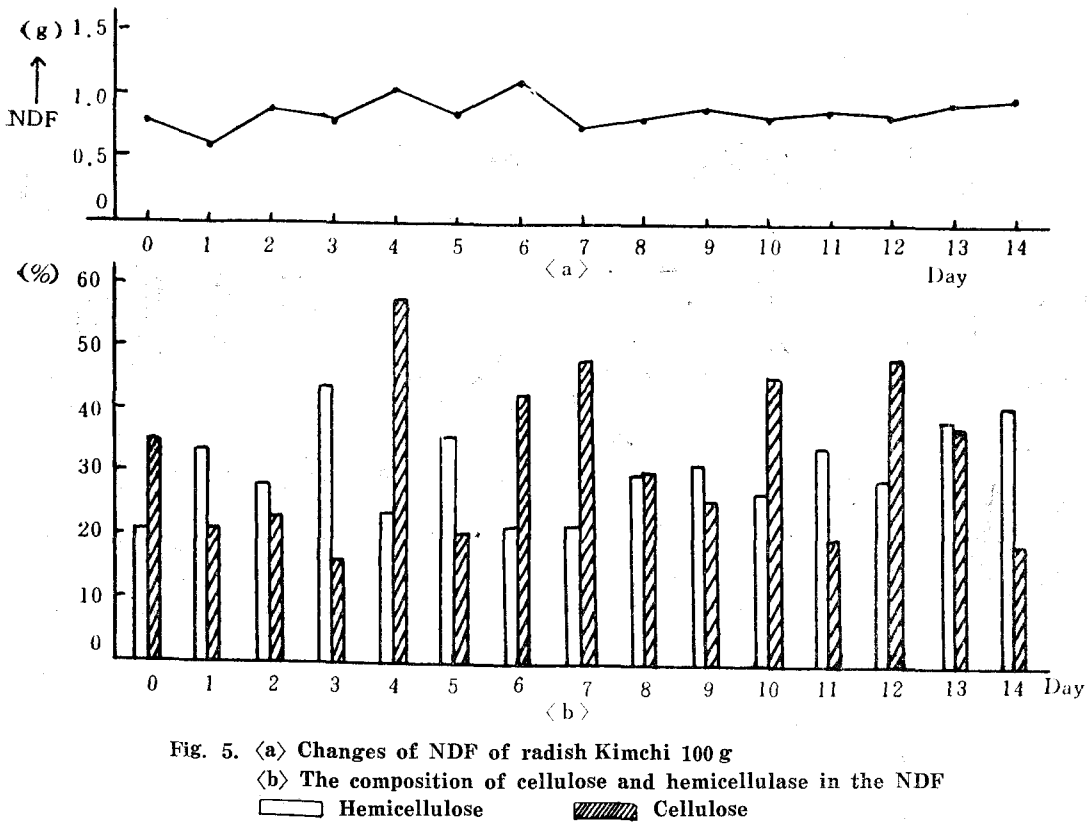


Fig. 5. (a) Changes of NDF of radish Kimchi 100 g  
 (b) The composition of cellulose and hemicellulose in the NDF  
 □ Hemicellulose      ▨ Cellulose

은 Table 2에서 보는 바와 같이 숙성 기간이 경과함에 따라 점차 감소하는 경향을 보였다. 이 실험에서 사용된 무우 김치에서 추출한 AIS에 포함된 펙틴질은 숙성기간 동안 변화가 거의 없으며 AIS 0.5g 내에 존재하는 펙틴질의 양은 2300r(1,900~2,600r의 변화) 정도였다. AIS에서 분리해 낸 HWSP, HXSP, HCISP의 함량비를 Fig. 6에 제시하였다. 이 그림에 의하면 HCISP가 가장 많았고, HWSP는 가장 적었다. 무우 김치가 숙성되는 동안 숙성 2일 쯤을 기준으로 protopectin인 HCISP는 점차 감소하기 시작하여, 숙성 5일에 급격히 감소한 후, 그 이후에는 큰 변화없이 감소하고 있다. HWSP는 숙성 3일까지는 오히려 감소하였으며, 그 후에 서서히 증가하는 경향을 보인다. 그러나 많은 양의 변화를 나타내지는 않았다. 큰 변화는 아니나, 숙성이 진행됨에 따라 연산 가용성인 protopectin은 감소하고, 수용성 펙틴은 증가한다고 할 수 있다. 즉 숙성 2일에는 HWSP : HXSP : HCISP=12.89 : 13.36 : 73.75이나 숙성 14일에는 그 조성이 26.53 : 27.62 : 45.85로 변화하였다. 이것은 식물 조직의 세포

막 사이에 존재하는 protopectinase, polygalacturonase, rectin methyl esterase 등의 효소 작용으로 불용성 펙틴이 수용성 펙틴으로 바뀌며, 조직이 물러지는 것이라 짐작할 수 있다. 텍스처가 숙성기간동안 감소하는 것은, Ca 등의 divalent ion이나 섬유소와 결합한 형태의 protopectin이 세포막 middle lamella에서 구조 물질로 작용하다가 용해되기 때문<sup>14)</sup>인 것으로 알려져 있다. 실험 결과에서 살펴보면, Fig. 3의 Compression Test에서의 경도 변화와 Fig. 6의 HCISP의 변화는 김치가 숙성되는 동안 유사한 경향을 보이고 있다. Protopectin의 함량과 경도 사이의 상관계수는 r=0.85였다. 이와는 달리 Puncture Test로 측정된 경도와는 r=0.27이었다. 따라서 경도를 측정하는 방법은 Puncture Test보다는 Compression test를 이용하는 것이 보다 나은 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있었다.

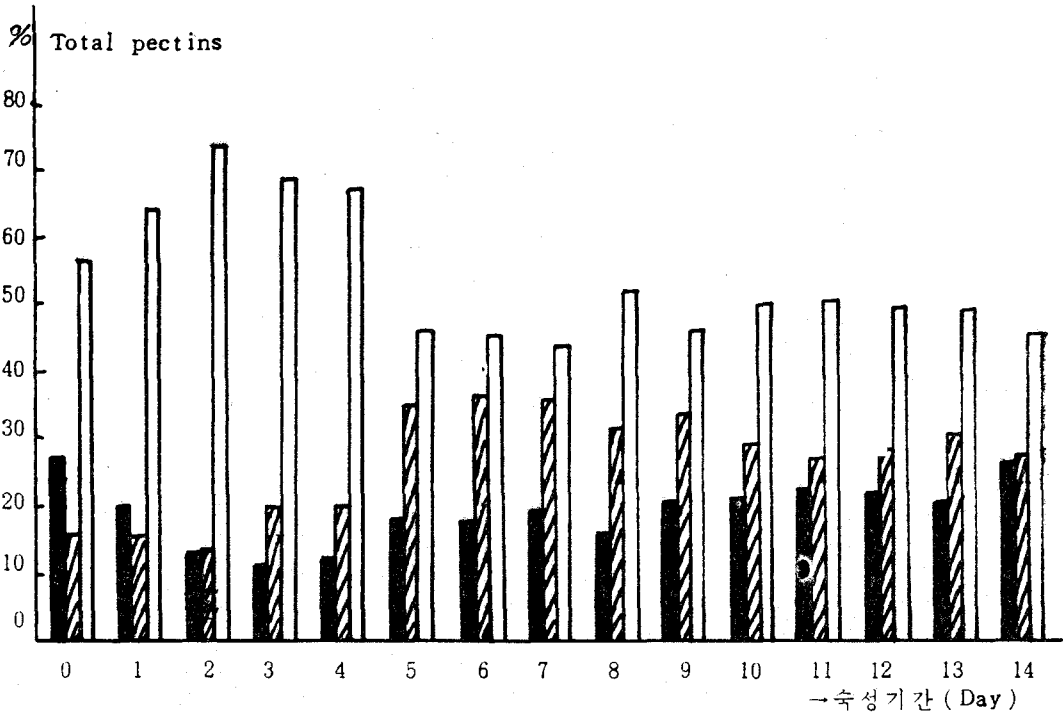


Fig.6 : Changes in the composition of pectic substances in the AIS from radish Kimchis fermented at 17-20°C.

■ HWS P      ▨ HXSP      □ HCISP

요 약

무우 김치를 17~20°C의 온도에서 숙성시키면서 텍스처의 변화와 Dietary fiber(식이성 섬유)의 함량 변화를 측정했다. 숙성이 진행됨에 따라 무우 김치의 경도와 Brittleness는 감소하였으며, 그 변화는 Brittleness에 있어서 더욱 뚜렷하였다.

섬유소와 헤미셀룰로오스의 양은 숙성기간동안 뚜렷한 변화를 보이지 않았으며, AIS 함량은 조금 감소하였다. 무우 김치 중의 펙틴질은 숙성이 진행됨에 따라 수용성 펙틴은 소량 증가하고, protopectin은 소량 감소하는 경향을 보였다.

텍스처에 영영을 주는 fiber는 펙틴질이었으며, 특히 protopectin 함량은 경도와 0.85의 상관 관계를 보였다.

참 고 문 헌

1. Morrison, I.M., Hemicellulose Contamination

of Acid Detergent Residues and their replacement by Cellulose Residues in Cell Wall analysis, *J. Sci. Food Agric* 31:639, 1980.

2. Bartley, I.M. and Michael knee, The chemistry of textural changes in fruit during storage, *Food chemistry* 9:47, 1982.  
 3. Van Soest, P.J., Dietary fibers: their definition and nutritional properties, *The American J. Clin. Nut.* 31: S12, 1978.  
 4. Kertesz, Z.I., *The Pectic substances*, Interscience Publishers, New York 1951.  
 5. 고영환, 박관화, 배추 펙틴 에스테라제의 정제 및 특성, *한국식품과학회지* 16(2):235, 1984.  
 6. Southgate, *Determination of Food Carbohydrates*, Academic Press.  
 7. Mongeau, R. and Brassard, R., *Determination of Neutral Detergent Fiber, Hemicellulose, Cellulose and Lignin in Breads*, *Cereal Chem.* 56:437, 1979.  
 8. Van Soest, P.J. and Wine, R.H., *Determina-*

- tion of Lignin and Cellulose in Acid-Detergent Fiber with Permanganate, J.A.O.A.C. 51:780, 1968.
9. Van Soest, P.J. and Wine, R.H., Use of Detergents in the Analysis of Fibrous Feeds IV. Determination of Plant Cell-Wall Constituent, J.A.O.A.C. 50:50, 1967.
  10. Mongeau, R. and Brassard, R., Determination of Neutral Detergent Fiber in Breakfast Cereals: Pentose, Hemicellulose, Cellulose and Lignin Content, J. Food Sci. 47:550, 1982.
  11. Baungardner, R.A. and Scorr, L.E., The relation of pectic substances to firmness of processed Sweet Potatoes, J. American Soc. for Hort. Science 83:629, 1969.
  12. Elizabeth, A.M. and McCready, R.M., Colorimetric determination of Pectic Substances, Analytical Chemistry 24:1630, 1952.
  13. 이영화, 이관영, 이서래, Texturometer에 의한 정상별 식품군의 Texture 특성, 한국식품과학회지, 6(1):42, 1974.
  14. Luh, B.S. and Dastur K.D., Texture and pectin Changes in canned Apricots Food Res. 30: 178, 1960.