

## 김치의 절임 및 숙성과정중 물리적 성질의 변화

김우정 · 구경형 · 조한옥\*

세종대학교 식품과학과

\* 한국에너지연구소 식품조사 연구실

### Changes in Some Physical Properties of *Kimchi* during Salting and Fermentation

Woo-Jung Kim, Kyung-Hyung Ku and Han-Ok Cho\*\*

Department of Food Science, King Sejong University, Seoul

\* Department of Food Irradiation, Korea Advanced Energy Research Institute, Seoul

#### Abstract

The viscosity of salt solution and *Kimchi* juice and salt penetration and hardness of chinese cabbage were investigated during brining and fermentation at 4-35°C. The rate of salt penetration during brining increased as the temperature and salt concentration increased from 5% to 15% while the effect of temperature on the salt penetration rates(%/hr) was rather reduced as salt concentration increased. The hardness of the cabbage measured by puncture test showed a rapid initial decrease during salting and the viscosity of brine changed little. Fermentation of *Kimchi* resulted a little increase in viscosity of *Kimchi* juice while the hardness of the cabbage decreased rapidly as pH reduced to pH 4.2-4.3 and then increased a little thereafter.

Key words: *Kimchi*, salting and fermentation, hardness, viscosity, salt penetration

#### 서 론

배추김치는 배추를 주 원료로 한 한국 고유의 야채류 발효식품으로서 그 독특한 맛으로 인하여 세계 여러 나라에서 관심이 높아가고 있으며, 김치를 공업적으로 생산하기 위한 가공방법의 연구가 계속되고 있다. 가정에서의 김치 제조방법은 배추의 절임과 발효과정으로 나눌수 있으며 첨가되는 각종 부재료와 발효 방법에 따라 맛에 큰 차이가 있다. 배추김치의 절임과 발효에 대한 연구로는 비타민, 유기산 및 당의 함량 그리고 이들의 변화에 대한 보고<sup>(1-4)</sup>가 있으며 또한 김치발효에 관여하는 미생물에 대한 연구<sup>(5-9)</sup>가 중점적으로 이루어져 왔다. 최근 숙성중 김치의 관능적 품질<sup>(10-12)</sup>과 배추의 가열처리중 텍스처의 변화<sup>(13)</sup>에 대하여 발표된 것은 물리적, 관능적 품질을 다루었다는 면에서 유의할 만하다. 그러나 김치의 주요 제조과정인 절임과정중 소금농도에 따른 배추의 소금함량

증가에 대한 보고<sup>(14)</sup>는 있으나 절임 온도와 소금농도에 따른 소금의 침투속도 비교와 발효과정중 배추의 텍스처 그리고 김치액의 점도에 관하여는 아직 보고된 바가 없다.

그리하여 본 연구에서는 김치를 가공 제품화 하는데 필요한 기초 연구의 일부로서 배추를 소금농도별 소금물과 절임온도 및 발효온도에 따른 김치제조 과정중 소금물의 침투량, 소금물과 김치액의 점도 그리고 절임과 숙성시의 배추의 텍스처를 실험하였다.

#### 재료 및 방법

##### 배추절임

신선한 배추를 시장에서 구입하여 줄기 부분을 2cm×2cm의 크기로 절단한 다음 100g씩 500ml 비이커에 넣어, 배추 : 소금용액 = 1 : 1의 비율이 되도록 5, 10, 15%의 소금용액에 침지하였다. 침지온도 4, 15, 25, 35°C에서 150분간 절이면서, 시료별로 배추와 소금용액을 냉장고에 저장하였다. 절인 배추는 냉장고에 저장하기 전에

Corresponding author: Woo-Jung Kim, Department of Food Science King Sejong University, Kunja-dong, Sungdong-gu, Seoul 133-150

증류수에 신속히 담갔다가 꺼냄으로서 표면에 있는 소금 물을 제거하였다.

**김치의 제조방법**

배추의 줄기 부분을 2cm×2cm의 크기로 잘라 25°C에서 15% 소금 용액에 2시간 절인 후, 배추 표면에 있는 소금용액을 세척하여 제거하고, 10분간 물빼기를 하였다. 절인 배추 100g에 시장에서 구입한 마늘 2g, 생강 0.5g, 파 2g과 잘 혼합한 뒤, 4, 15, 25, 35°C에서 발효시간 별로 김치 시료를 제조하였다.

**배추의 소금함량 측정**

100g의 절인 배추를 증류수 100ml와 함께 blender로 마쇄한 다음 여과하여 여과액에 있는 소금의 양을 Mohr<sup>(15)</sup>법으로 측정하였으며 소금의 초기 침투속도는 절입시작 후 0.5시간 동안 증가한 소금의 양에서 다음식에 의하여 계산하였다.

$$\text{소금의 침투속도} = \frac{C_t - C_o}{t} \quad C_o = 0.0732\% \quad (\% \text{ hour})$$

여기서 t는 절입시작 후 0.5시간이며 Ct는 0.5시간 절입 후의 배추조직의 소금함량(%) Co는 절입전의 배추 소금함량(%)이다.

**배추의 텍스처 측정**

텍스처 측정을 위한 배추시료는 배추의 최외각 부분과 배추속을 제외한 부위를 골라 뿌리에서 5-10cm의 줄기 부분으로서 두께가 약 0.9-1cm인 것을 선별하였다. 배추는 절임과 김치 제조방법에 따라 처리한 뒤, 배추조직의 텍스처를 rheometer (model R-UDJ-DM, I&T사, Japan)로 puncture test에 의하여 측정하였다. puncture test를 위한 rheometer의 조작 조건은 최대 압력을 4kg으로 하였고 table speed는 49mm/min clearance 0.3mm, probe의 직경은 ϕ0.5mm stainless steel 막대를 사용하였다. Chart speed 120mm/min이었으며, 모든 시료에 대한 텍스처는 5번 반복 측정하여, 측정치가 비슷한 3개의 값으로 견고성의 평균값을 계산하였다. puncture test에서 얻어진 전형적인 힘-시간 곡선(Fig. 1)의 H<sub>1</sub>과 H<sub>2</sub>는 첫번째 및 두번째의 항복응력(yield stress)을 나타낸 것이다.

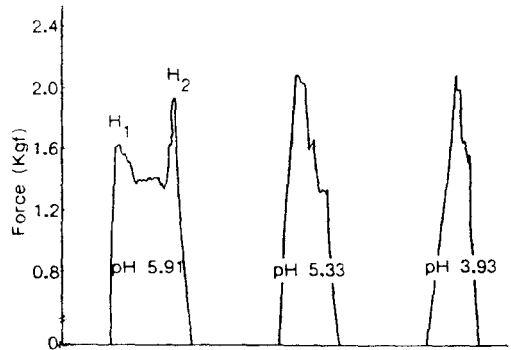


Fig. 1. A typical texture profile of puncture test of chinese cabbage of raw, well fermented and over fermented Kimchi

**결과 및 고찰**

**배추의 소금농도**

절임온도의 범위를 가정에서의 김치제조 온도 범위인 4°C-35°C로 하고, 절임액의 소금농도를 5-15%로 하였을 때, 절입 시간에 따른 배추의 소금농도 변화 및 초기의 소금흡수 속도는 Fig. 2 및 Table 1과 같다. Fig. 2는 25°C의 절임온도에 대한 것으로서 절입시간에 따른 배

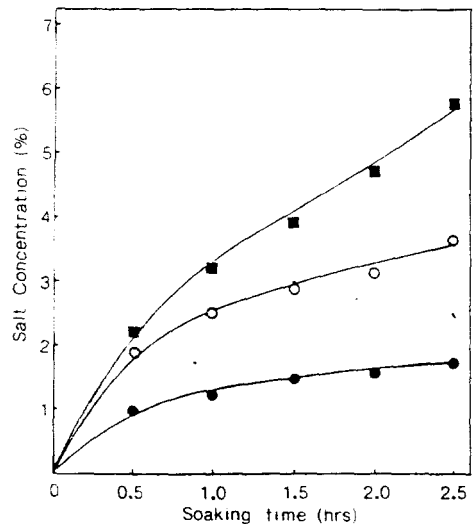


Fig. 2. Changes in salt concentration of chinese cabbage during soaking in salt solutions at 25C.

Table 1. Effect of salting temperature on initial rate of salt penetration into chinese cabbage at 5%-15% salt concentration

Salt concentration (%)	Salt penetration rate (%/hour)			
	4°C	12°C	25°C	35°C
5	1.09	0.97	2.01	2.29
10	3.49	3.53	3.81	4.01
15	4.53	4.51	4.54	4.89

추 조직의 소금농도 증가속도는 절임 소금액의 소금농도에 따라 현저한 차이가 있음을 알 수 있었다. 즉 절임액의 소금농도가 증가함에 따라 조직 내부의 소금 침투량은 증가되었으며, 절임시간이 증가하면서 절임 초기에 비교적 빠르게 증가하던 속도는 차츰 그 증가 속도가 완만하여 졌다. 그 외의 절임온도 4, 15, 35°C에서도 배추 조직의 침투 속도는 다르나 이와 유사한 경향을 보여 주었다. 그리하여 소금의 침투 속도를 온도별 그리고 소금농도별로 비교하기 위하여 절임 시작후 30분간의 초기 속도를 계산한 결과는 Table 1과 같다. 5% 소금농도의 경우 35°C에서의 소금농도 증가 속도는 약 2.3%/hr로서 4°C에서의 증가 속도인 1.09%/hr 보다 2배 이상이 되었다. 절임온도 변화에 따른 속도의 차이는 15°C에서의 35°C의 속도는 4°C의 것보다 약 8%의 증가밖에 없어 소금농도가 높아지면서 그 차이가 감소하고 있음을 알 수 있었다.

이러한 본 실험의 결과는 김등<sup>(14)</sup>이 5-20%의 소금농도에서 배추잎과 배추 줄기를 절임하면서 배추의 최적 염도인 3%에 도달하는 시간을 비교한 결과 10%에서는 7시간, 15%에서는 3-4시간 이었다는 보고 보다는 훨씬 빠르게 나타났다. 이는 배추 줄기를 절임 때 본 실험에서는 2×2cm 이 크기로 잘게 절단하였기 때문에 소금침투가 배추 표피보다 용이한 절단된 단면적의 증가가 원인이라고 생각된다.

### 점도의 변화

배추의 절임시 절임액의 점도는 절임에 의하여 염용성 물질이 용출됨으로서 점도에 차이가 있으리라 기대되었으나, 측정결과 증류수의 흐름 시간과 비교한 비교 점도에서 1.0에 대단히 근접한 값을 보여 증류수와 거의 같게 나타났다. 그리하여 절임시 용출된 염용성 물질은 점도에 큰 영향을 주지 않았던 것으로 믿어진다. 그러나 김치가

발효되면서 배추 조직으로 부터 빠져나온 김치액은 Table 2에서와 같이 발효가 진행되면서 약간씩 증가하고 있음을 알 수 있었다. 전반적인 경향은 발효 온도가 높을수록 일정시간 후의 점도가 약간 높았으며 시간에 따른 점도의 증가 속도는 일정치 않았다. 이는 발효가 진행될수록 용출된 고형분의 양이 증가되리라고는 믿어지나 김치액의 양이 일정치 않으며<sup>(16)</sup>, 또한 발효에 의하여 김치액의 성분이 분해되기 때문이라 생각된다. 그러나 적절히 숙성된 pH의 범위 즉 4.0-4.4에서는 상대 점도가 1.2 전후로써 김치액의 물리적 성질의 기초성에 좋은 영향을 주리라 추측된다.

Table 2. Changes in relative viscosity of Kimchi juice during fermentation

Fermentation time (days)	0	4	8	12	16
Relative viscosity	1.15	1.17	1.16	1.17	1.18
Fermentation time (hours)	0	24	48	72	96
Relative viscosity	1.15	1.15	1.20	1.21	1.25
Fermentation time (hours)	0	18	36	48	66
Relative viscosity	1.15	1.29	1.17	1.19	1.20
Fermentation time (hours)	0	16	24	40	48
Relative viscosity	1.15	1.17	1.19	1.22	1.21

### 배추의 텍스처변화

배추 줄기의 중간부위중 두께가 일정한 범위의 (0.9-1.0cm) 절단된 배추를 절임하는 과정중 배추조직의 견고성 (hardness)의 변화를 알기 위하여 절임 온도별로 10% 소금 용액에서 절임하는 과정중 배추의 조직의 견고성 변화를 rheometer 로 측정 한 결과는 Table 3과 같다. 견고성의 변화는 절임 초기에 급격히 감소하였다가 절임시간이 증가하면서 경향은 뚜렷하지 않으나 전반적으로 감소하는 경향이 있음을 알 수 있었으며 낮은 온도에서의 절임이 높은 온도보다 조직이 연약하게 나타났다. 이러한 배추조직의 견고성은 김등<sup>(14)</sup>이 배추를 5-20% 용액에 절임하는 동안 견고성을 측정 한 결과 절임 시간이 길어질수록 줄기의 단단함(firmness)이 전체적으로 서서히 감소하였다는 보고와 유사함을 보여 주었다. 이것은 배추조직의 절임중 삼투압 차이로 인하여 조직액의 유출과 소금의 조직내 침투현상이 일어나 식물체 조직을 형성하는 구조에 변화가 일어나기 때문으로 추측되며 높은 온도에서

Table 3. Changes in hardness and thickness of chinese cabbage during soaking in salt solutions at various temperature

Salting temperature	Hardness (Kg)					
	0	30	60	90	120	150 (min)
4°C	2.63	2.05	1.95	1.90	1.78	1.58
15°C	2.63	2.38	1.90	1.90	1.95	1.88
25°C	2.63	2.28	2.08	2.17	1.97	1.83
35°C	2.63	2.13	2.57	2.22	2.13	1.97

견고성이 더 강한 결과는 소금의 침투 속도와 관련이 있는 것이라고 생각된다.

한편 절임 배추의 김치발효 과정이 배추조직의 견고성에 미치는 영향은 Fig. 1 및 Fig. 3과 같다. Fig. 1에 보여진 바와 같이 숙성이 없던 절임 배추는 미세구조와 거대구조의 파괴를 나타내는 두개의 항복응력(yield stress)이 뚜렷하여 조직의 파괴 과정을 역력히 볼 수 있었으나, 발효가 진행되면서 항복응력간의 거리가 좁혀지고 두번째의 것이 현저히 적어졌다. 그리하여 배추조직의 견고성을 첫번째의 항복응력 즉 미세구조의 파괴에 의하는 첫번째 항복응력으로 측정한 결과 이들의 온도별 발효 과정중 변화는 Fig. 3과 같다. 발효가 진행되면서 발효 중

반기까지 감소하다가 다시 증가함을 나타내는 경향을 보여 주었다. 이러한 변화 추이는 발효 온도에 따라 어떤 경향의 차이를 주지 않았으나, 전보<sup>(16)</sup>에서의 온도별 숙성 과정중 pH의 변화를 참고할 때 김치액의 pH가 4 근처에 도달하면서 감소하던 견고성이 다시 증가하였다. 김치의 조직의 변화는 발효온도에 따라 변화양상에 차이가 있었으나 김치가 잘 익었다는 pH 범위(4.2-4.5)에서는 비교적 연한 조직을 갖고 있어 김치 텍스처에 대한 기호도와 관계가 있으리라 추측된다. 이는 정등<sup>(17)</sup>이 무우김치의 텍스처를 측정하기 위해 compression test를 한 결과 저장기간이 경과함에 따라 무우의 견고성이 감소하는 경향을 보여준 반면 puncture test에서는 어떤 뚜렷한 경향이 없이 숙성 기간중 견고성의 증가와 감소가 반복되었다는 보고를 한 바 있으며, 그래프에 나타나는 피크수가 점차 줄어든다고 하였으며, 또한 이등<sup>(18)</sup>은 일정 크기로 제조된 김치를 측정한 결과 견고성이 숙성에 따라 계속 감소하는 경향을 보였다고 보고한 것과는 차이가 있었다. 이는 김치의 제조방법, 배추의 부위 및 측정방법에 차이가 있었기 때문이라고 믿어진다.

요 약

김치의 제조과정을 절임과 숙성 과정으로 구분하여 각 과정중 배추조직 내의 소금 침투속도, 점도 및 텍스처등 물리적 품질의 변화를 측정하였다. 배추의 절임은 일정한 크기로 절단한 배추를 4-35°C의 온도 범위에서 5-15%의 소금물에 침지시켰으며 김치의 발효는 절임 배추를 4-35°C에서 발효시켰다. 절임시의 배추 내부에의 소금침투 속도는 절임 초기에 빠른 침투가 있다가 완만하여지는 현상으로서 온도와 소금농도가 높아질수록 소금의 침투 속도도 증가하였다. 그러나 침투속도의 증가율은 온도나 소금농도가 증가하면서 각각의 영향이 줄어들었다. 비교 점도로 표시한 점도는 절임시의 소금 용액에는 별 변화가 없었으나 발효 과정중 생성된 김치액은 약간씩 지속적으로 증가함을 보여 주었다. 한편 배추줄기 부분의 텍스처는 절임 초기에 현저히 감소하였다가 완만한 감소를 보여 주었으며, 발효과정에 의하여는 발효 중반기까지 감소하는 경향이였다가 김치가 pH 4.2 이하로 시어지면서 견고성이 다시 증가하였다. 또한 힘-시간의 곡선에서 절임 배추는 두개의 항복응력을 보였으나 김치의 pH가 낮아지면서 두번째의 항복응력이 없어지는 현상을 보여 김치 조직의 특이성을 보여 주었다.

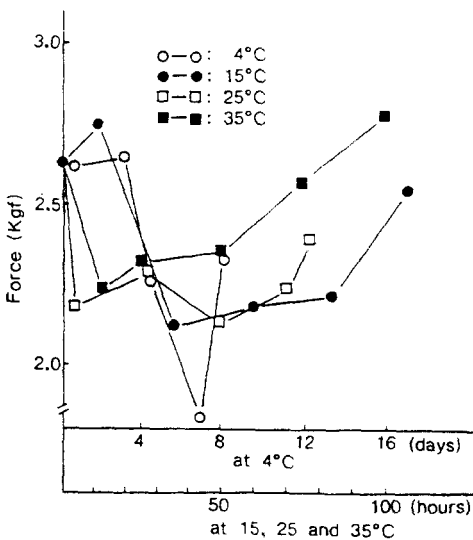


Fig. 3. Changes in hardness chinese cabbage during fermentation of kimchi at 4, 15, 25 and 35C.

## 사 의

본 연구는 김치 및 동치미의 숙성중 물리화학적 및 관능적 성질의 변화에 관한 연구의 제2보로 1986년도 후반기 한국과학재단 연구비로 수행된 것이다. 저자들은 연구비를 지원하여 준 한국과학재단에 심심한 사의를 표하는 바이다.

## 문 헌

1. 김호식·조진선·이춘영 : Gas chromatography 에 의한 김치의 유기산 검색, 서울대 논문집(생농계), 14(1963)
2. 김덕순·조의순·이근배 : 김치의 유기산 및 비타민 함량, 대한생화학회 잡지, 1(2), 111(1964)
3. 강동희·우영숙 : 고들빼기 김치의 유기성분(I). 유리아미노산에 관하여. 한국영양식량학회지, 12(3), 225(1983)
4. 조영·이혜수 : 김치 맛 성분에 관한 연구. 유리아미노산에 관하여, 한국영양식량학회지, 11(1), 25(1979)
5. 권숙표 : 김치의 세균학적 연구(제 1 보), 분리한 균에 대하여, 중앙화학 연구보고, 4, 42(1955)
6. 김호식·황규찬 : 김치의 미생물학적 연구(제 1 보), 혐기성 세균의 분리와 동정, 과연취보, 4(1), 56(1959)
7. 황규찬·정윤수·김호식 : 김치의 미생물학적 연구(제 2 보), 혐기성 세균의 분리와 동정, 과연취보, 5(1), 51(1960)
8. 김호식·정윤수 : 김치 및 김에서 분리한 호기성 세균의 동정에 관하여, 한국 농화학회지, 3, 19(1962)
9. 정윤수·박근창·유상열·김정훈 : 식품의 세균학적 표준연구(제 5 보). 김치의 숙성도와 관련된 Coliform group의 사멸성에 관하여, 기술연구 보고, 6, 5(1967)
10. 이승교·전승규 : 김치 숙성에 미치는 온도의 영향, 한국영양학회지, 11(3), 63(1982)
11. 천종희·이혜수 : 김치의 휘발성 유기산과 이산화탄소에 관한 연구, 한국식품과학회지, 8(2), 90(1976)
12. 윤진숙·이혜수 : 김치의 휘발성 향기 성분에 관한 연구, 한국식품과학회지, 9(2), 116(1977)
13. 최동원·김주봉·유영식·변유량 : 배추조직의 가열 연화의 속도론적 연구, 식품과학회지, 19(6), 515(1987)
14. 김중만·김인숙·양희천 : 김치용 간절임 배추의 저장에 관한 연구, 한국영양식량학회지, 16(2), 75(1987)
15. A.O.A.C. : *Official methods of analysis*, 14th ed., Association of Official Analytical Chemists, 22, 058(1984)
16. 구경형·강근옥·김우정 : 김치의 발효과정중 품질변화, 식품과학회지, 20(4), 476(1988)
17. 정귀하·이혜수 : 숙성기간에 따라 무우김치의 texture, 섬유소, 세미셀룰로오스, 펙틴질의 함량 변화. 한국식품과학회지, 2(2), 68(1986)
18. 이용호·이혜수 : 김치의 숙성 과정에 따른 펙틴질의 변화. 한국식품과학회지, 2(1), 54(1985)

(1988년 3월 11일 접수)