

김치의 숙성과정 중 조직감 변화

朴吉童·李 哲·尹錫仁·河承秀*·李英男**

韓國食品工業協會 食品研究所

*建國大學校 農化學科, **경희호텔전문대학 식품영양과
(1988년 12월 30일 접수)

Changes in the Textural Properties of Kimchi during Fermentation

Kill Dong Park, Chul Lee, Souk In Yoon, Seoung Soo Ha* and Young Nam Lee**

Food Research Institute, Korea Foods Industry Ass. Seoul, Korea

*Department of Agricultural Chemistry, Kon Kuk University, Seoul, Korea

**Department of Food and Nutrition, International College of Hotel Administration, Kyunghee University

(Received December 30, 1988)

Abstract

Kimchi during fermentation with different periods of storage at room temperature were evaluated for the textural properties, titratable acidity, pH value and thickness of leaves in salting, during fermentation. Thickness of internal leaves in Korean cabbage were decreased of 50% for external leaves. but less decreased on the thickness of leaves in salting.

Cutting force of leaves were increased with salting and during kimchi fermentation before 7 days.

Stress (force vs area) in kimchi and Korean cabbage was same result of cutting force. Equation of pH change was $y = -0.23x + 6.13$ ($r = -0.97$). Titratable acidity equation was $y = 0.09x - 0.01$ ($r = 0.96$).

A desirable pH value and titratable acidity were 4.2 and 0.63% in kimchi fermentation.

I. 서 론

김치는 菹菜類의 총칭으로서 벌써 2600~3000년 전에 시경속에 菹란 이름으로 등장하였으며 이것이 주례에서 藟와 菹로 갈라졌으며 역사상 처음으로 제민요술에 그 製法이 소개되었다.¹⁾

요술의 醱酵菹와 醃菹菹 가운데서 중국은 醃菹菹가 보다 발전하였고 발효정도 산패할 정도로 산미가 센 것을, 먹는데 비하여 한국이나 일본은 산미보다 오히려 조화된 맛을 가지고 있으며 고추나 마늘, 채소, 해초, 육류, 젓갈 등의 향신료를 사용 미가, 빗갈, 촉각, 영양상 등으로 매우 우수한 고유의 우리 김치문화를 이루었다.^{2,3)}

김치에 대한 연구로서는 김치에 관여하는 미생물의

분리동정⁴⁻⁸⁾ 발효속성에 관여하는 미생물의 소장,⁹⁻¹¹⁾ 김치의 영양성분¹²⁻¹⁵⁾ 그리고 김치의 보존성 향상,^{16,17)} 기타 김치와 관련한 부재료 등의 성분변화 및 영향에 대한 研究보고가 있다.^{18,19)}

배추김치의 숙성과정 중 조직감의 변화에 대한 연구는 배추 조직의 불균일화와 배추의 두께 및 크기가 달라서 조직감의 기계적 측정이 어려운 것으로 이²⁰⁾의 연구를 제외하고는 거의 연구되어 있지 않은 것으로 보고되었다. 최근 이 등²¹⁾이 배추염장 과정 중 성분과 조직감의 변화에 대하여 구 등²²⁾은 김치의 물리화학적 및 관능적 성질에 관하여 보고된 바 있으나 김치의 숙성과정 중 성분변화와 조직감 변화에 대한 보고는 없다. 본 실험에서는 배추의 절단력과 배추김치의 숙성과정 중 조직감의 변화, pH, 산도 등의 상호관계를 측정함으

로써 김치 숙성과 조직감의 변화를 검토하여 그 결과를 얻었기에 보고하고자 한다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

1) 원료배추

본 실험에 사용한 배추는 생육일수가 65~70일된 가을 김장용 결구배추를 1987년 10월 가락동 농수산물 시장에서 구입 사용하였으며, 중량은 3.0~3.5 kg 이었다.

2) 배추의 절임

배추를 2절로 나누고 제재염(한주소금, 88%)을 증류수에 녹여 13%로 한 용액에 16시간 침지한 후 상수로 3회 세척하여 물기를 뺀 다음 김치원료로 사용하였다.

3) 김치의 제조

상법에 따라 배추 1kg에 고춧가루 0.25%, 마늘 0.08%, 생강 0.05%, 조미료(M. S. G.) 0.01%, 멸치액젓(염도 23~25%) 0.1% 그리고 염도가 3%될 때까지 소금을 첨가하여 고루 혼합·배합하고 투명 유리 용기에 1kg씩 넣어 실온(20°C±0.5°C)에 보관하면서 측정용 시료로 하였다.

2. 실험방법

1) 수분함량

AOAC 법²³⁾에 따라 105°C±2°C의 air forced dry oven에서 2시간 건조 후 30분간 방냉하여 그 건조감량을 수분함량으로 하였다.

2) pH 및 젖산함량의 측정²⁴⁾

시료 50g을 믹서에서 파쇄하고 부직포(거즈)로 여과한 후 그 여액 50ml을 pH meter(Corning 120)로 pH를 측정하였으며 酸度는 3g의 試料액을 증류수 60ml에 희석한 후 0.05N-NaOH 용액으로 적정하고 그 종말점을 pH meter로 pH 8.20±0.05까지 적정한 후 젖산의 함량 %로 환산하였다.

젖산함량(%)

$$= A \text{ ml} \times 4.5 / 1000 \times 0.05 - \text{NaOH} \times F \times 100 / 0.4$$

A: 0.05 N-NaOH 적정소요 ml 수

4.5/1000: 0.05 N-NaOH 1ml에 해당하는 젖산함량 계수

F: 0.05 N-NaOH factor

100/0.4: 희석배수

3) 염도측정²⁵⁾

試料를 증류수로 50배 희석하고 그 희석액 10ml/물

Table 1. Condition of cutting test using rheometer.

Maximum force	: 2 Kg
Cutting speed	: 6 cm/min
Chart speed	: 15 cm/min
Probe type	: knife
Sample size	: 2×3 cm
Stroke	: 30 mm

100 ml 삼각 플라스크에 取하여 Mohr의 질산은 적정법에 따라서 2% K₂CrO₄ 용액 1ml를 가한다음 0.1 N-AgNO₃ 용액으로 적정하여 염도 함량(%)으로 환산하였다.

4) 조직감 측정 및 두께 측정

조직감을 측정하고자 Rheometer(NRM-2002J FUDO Japan)을 사용하였으며 그 조건은 Table 1과 같다.

시료는 각 엽수별로 밑부분으로부터 5cm 위에 줄기의 중앙부분을 2×3cm로 자르고 잘려진 각 시료를 외엽쪽에서부터 내엽쪽으로 10개의 시료를 취하고 각각의 시료에서 cutting force를 측정하였다. 단면의 길이와 두께 측정은 dial caliper(0.01-150mm VMS 150 Japan)을 사용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 원료배추의 두께와 절임 후 변화

배추의 엽수별 두께 변화는 밑부분으로부터 5, 10, 15cm 간격으로 5엽씩을 1군으로 하여 두께를 측정하는 것은 Fig. 1과 같다.

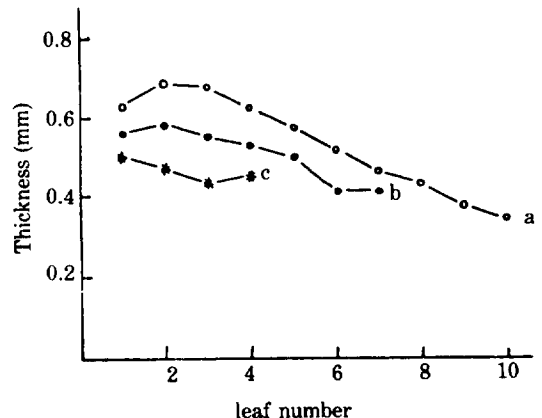


Fig. 1. Changes in the thickness of Korean cabbage leaves by phyllotaxis.

a: central portion thickness of 5 cm

b: central portion thickness of 10 cm

c: central portion thickness of 15 cm

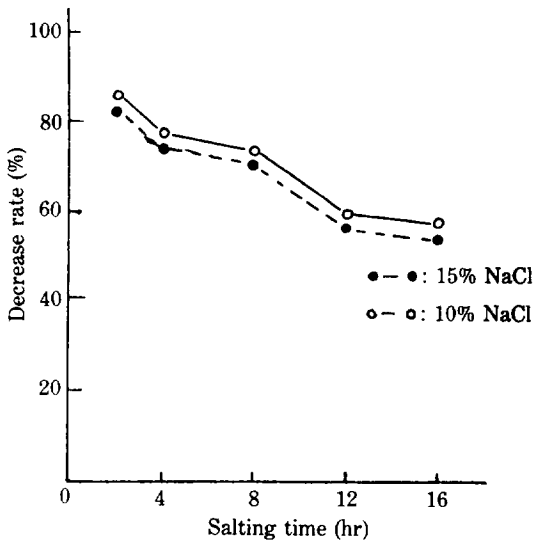


Fig. 2. Changes in the thickness of Korean cabbage by salting concentration

Fig. 1에서와 같이 최외각의 두께는 2번째 군의 엽줄기 두께보다 2부분에서 낮았으나 그후부터는 안쪽으로 들어가면서 점차 감소하는 경향이었으며 최외엽의 두께보다 최내엽이 약 50% 감소되는 경향이였다.

이들을 절임 후 두께의 변화를 본 것은 Fig. 2와 같다. 1군에서 4군까지는 큰 변화율이 없었으나 5군 이후부터는 큰 감소율을 나타내 68%에서 85.7%까지 감소되었으며 원료배추의 수분함량은 96.3%, 절임배추의 수분함량은 92.64%로써 수분함량의 차이는 약 4%의 차이였다.

이 등²⁶⁾은 배추의 외엽에서 내엽으로 갈수록 두께가 감소하였으며 1번군엽과 2번군엽의 두께 차이에서도 2번군엽이 더 두꺼운 두께를 갖는 것과 일치하는 경향이였다. 수분함량 변화에서 이 등²¹⁾은 30%의 수분함량으로 감소하였으며 20, 10%에서도 81~84%의 감소된 수분함량을 갖는다는 보고와는 차이가 있었다. 이는 소금의 절임농도 그리고 절임온도의 차이에 기인되는 것으로 고려되어진다.

2. 김치 醱酵中의 조직 절단력 변화

原料배추 절임 및 김치 醱酵中 배추의 조직에 對한 物理的 變化를 Rheometer로 절단력을 측정한 force distance curve는 Fig. 3과 같다.

Fig. 3에서와 같이 배추(I)의 절단에서 큰 3개의 peak를 나타냈으며 이들 各 peak의 A와 C는 표피 조직을 B는 내부조직을 절단할 때에 force로 하여 첫 번째 최고의 A에 peak를 first peak, 다음을

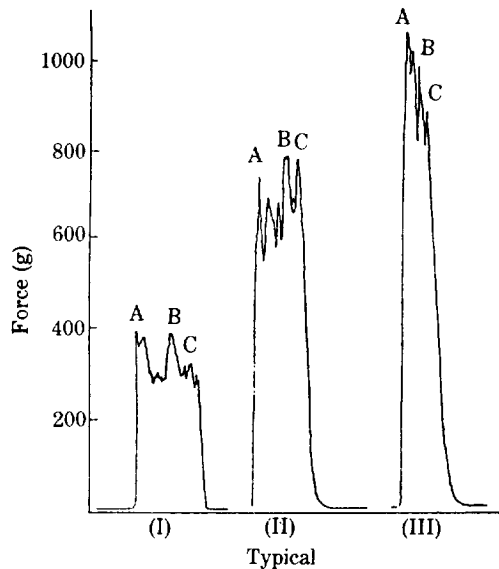


Fig. 3. Typical force-distance curve of Rheometer cutting test of fresh (I), and salted (II) Korean Cabbage and Kimchi (III)

- A: first cutting force
- B: second cutting force
- C: third cutting force

second, third peak (C)로 하여 구분하였다. 또한 원료배추에 있어서 peak 수가 많이 생긴것은 조직의 구조에 의한 것으로 고려되어 지는데 절임배추(II)에서는 그 수가 감소되었으며 김치에서는 완전한 3개의 peak로 구분되었다.

이것은 水分의 流出로 두께가 감소하여 표피와 내부의 일부분에 對한 特種적인 하나의 peak 형성에 의한 것으로 고려되어진다. 원료배추, 절임 및 김치 발효 중의 各 maximum peak force와 두께 등의 값은 Table 2와 같다.

원료배추의 各 peak 別 최대 force의 평균값은 I(A)과 III(C)이 같았으며 II(B)의 peak 값은 약간 높게 나타났다. 절임된 배추의 I(A), II(B), III(C) maximum peak에서도 원료배추와 같은 경향을 나타냈으며 절임배추의 절단력은 원료배추의 I(A)에서보다 27%, II(B)에서 55%, III(C)에서는 28%의 증가를 보였으며 김치를 한 후 초기의 증가가 절임시보다 76% I(A), 41% II(B), 53% III(C)의 증가를 보인 후 2일째는 김치 초기의 증가보다는 낮은 증가를 보였으며 점차 증가되어 5일에 최대의 절단력을 각 부분에서 나타낸 후 차차 감소되는 경향을 보였다. 김치의 숙성과정 중에서 원료배추에서 절임으로의 과정에서 차이를 나타냈으나 절임과 김치숙성에서의 두께변화에 대한 차

Table 2. Changes in the rheological properties of Kimchi during storage at room temperature.

Day	I (A)	II (B)	III (C)	A	E	T	C
Raw cabbage	447.15 ± 113.10	465.77 ± 105.66	445.85 ± 123.00	1.64 ± 0.17	2.75 ± 0.62	0.8 ± 0.09	1.85 ± 0.11
Salting	570.00 ± 88.82	721.10 ± 172.20	568.89 ± 197.79	1.02 ± 0.18	11.17 ± 1.14	0.59 ± 0.07	1.71 ± 0.18
1	1,005.70 ± 318.16	1,020.00 ± 198.13	872.86 ± 138.80	0.66 ± 0.33	13.23 ± 1.14	0.47 ± 0.14	1.40 ± 0.28
2	815.00 ± 177.55	1,091.67 ± 206.67	723.33 ± 199.72	0.84 ± 0.17	10.00 ± 0.85	0.53 ± 0.10	1.59 ± 0.11
3	928.00 ± 225.87	1,145.00 ± 125.40	1,154.00 ± 94.15	0.66 ± 0.13	11.75 ± 1.05	0.45 ± 0.06	1.46 ± 0.11
5	1,126.67 ± 170.16	1,410.00 ± 300.43	962.00 ± 300.43	0.87 ± 0.17	11.80 ± 0.63	0.54 ± 0.10	1.59 ± 0.07
6	994.00 ± 348.40	1,040.00 ± 201.12	784.00 ± 343.08	0.73 ± 0.08	26.40 ± 1.71	0.53 ± 0.04	1.37 ± 0.09
7	884.00 ± 224.38	1,002.00 ± 133.03	802.00 ± 713.39	0.57 ± 0.08	32.20 ± 2.02	0.48 ± 0.02	1.17 ± 0.14
9	710.00 ± 187.48	915.00 ± 219.12	1,052.50 ± 200.92	0.53 ± 0.11	55.75 ± 0.38	0.52 ± 0.10	1.03 ± 0.01
11	603.33 ± 260.40	1,000.00 ± 297.50	702.00 ± 201.63	0.53 ± 0.11	75.60 ± 2.06	0.50 ± 0.07	1.07 ± 0.13

A: Area (A = T × C (cm)) T: Thickness (mm) C: Cross length (cm) I: first force (g) II: second force (g) III: third force (g)

$E = \left(\frac{T_1}{T} \times 100 \right) (\%)$, Average of 10 replication T₁: Distance of elongation by cutting E: Elongation

이는 없었다.

칼날에 의해 찢히는 면의 길이를 측정한 결과 시료간의 차이에 대한 일정한 경향은 없다. 또한 찢히는 힘에 의하여 시료가 밀려지는 길이(실제 찢히는데 소요되는 길이)를 실제두께의 찢히는 거리에 대한 비를 계산하여 본 결과 원료배추에서는 적은 약 3%의 값을 가지나 절임배추에서는 11% 그리고 김치 초기의 5일까지는 큰 차이를 보이지 않았으나 5일 이후부터는 점차 증가되어 갔다. 이것은 김치의 조직전체에 대한 유연성 증가에 의한 것으로 고려된다.

이 등²¹⁾은 원료배추의 force distance curve에서 표피와 내부조직에 의한 3 peak로 나타난다고 하였으며 내부조직의 최대의 peak force 보다는 표피조직을 절단할 때 더 큰 절단력을 보인다고 한 것과는 다소 차이가 있으나 절임배추에서의 절단력 증가가 있었다고 한 보고와는 일치된다. 한편 이 등²⁰⁾은 배추의 표피 절단력보다는 내부의 유관속 부분을 절단할 때가 더 큰 절단력을 갖는다고 한 보고와는 잘 일치된다.

김 등²⁷⁾은 조직경도 변화에서 생배추가 높다고 한 보고와는 차이가 있으나 절임시간의 연장에 의한 firmness가 증가되는 것과는 같은 견해를 갖는다.

한편 김치 발효후기의 조직 절단력 감소는 김치의 발효산물이나 미생물에 의한 조직의 연화에 의한 변화로 본다.²⁰⁾

3. 김치 발효 중 조직감의 변화

원료배추, 절임배추 및 김치 발효 중의 절단력에 대한 상대적인 값을 일정단위조건에서 상호비교하여 그 변화를 본 것은 Fig. 4와 같다.

칼날의 두께, 칼날이 절단하는 면의 길이, 그리고 절단되는 재료의 두께 등을 계산하여 단위면적당에 대한

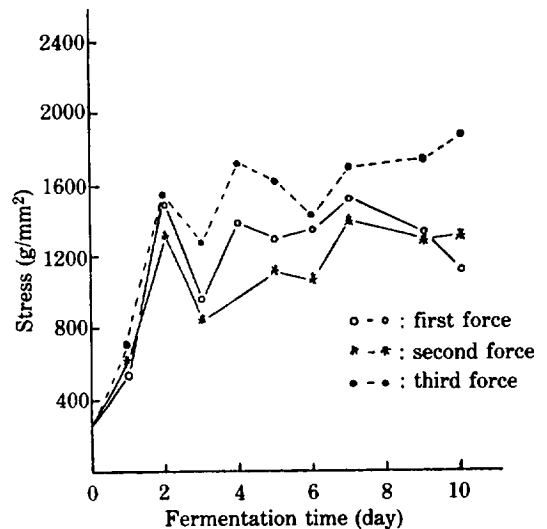


Fig. 4. Changes in the stress of Kimchi during fermentation at room temperature. (20°C)

절단힘의 비(stress)로 계산해 보면 원료배추에서 절임 및 배추김치 발효 2일까지는 증가되어지나 김치의 발효가 진행됨에 따라서 감소되는 경향을 나타내 상대적 절단력의 비교에서와 같은 경향이였다. 또한 김치 발효 중의 상대적인 절단력의 변화에서는 그 구분을 酸度 및 pH 변화와 관련하여 연화로 보면 그 변화의 구분이 되어지지만 이 단위면적당에 대한 비인 stress로 나타내면 그 구분이 명확하게 나타나지 않았다.

이 등²⁰⁾은 김치 발효 중의 조직감에 변화는 pectin 질의 변화와 그와 관련된 효소의 活性에 따른다고 보고 하였으며 그 외에도 미생물에 의해 생성된 유기산의 함량에 의한 것으로도 고려되어 진다.

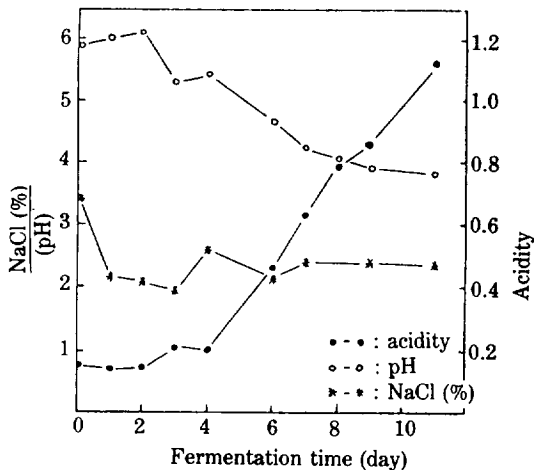


Fig. 5. Changes of pH and total acidity of Kimchi during the fermentation at room temperature. (20°C)

4. 김치 발효 중의 pH, 산도 및 염도의 변화

김치의 맛 결정에 중요한 것은 pH의 변화로서 김치의 숙성도를 나타내는데 김치의 pH 변화를 측정하는 것은 Fig.5와 같다.

김치의 초기 pH는 6.2이었으며 김치가 숙성되어지면서 pH는 감소, 8일에서 4.02 이하의 pH를 나타냈다. 그 이후부터는 매우 서서히 감소되었으며 직선의 식으로서는 $Y = -0.23X + 6.13$ 이었으며 상관계수는 -0.97 이었다.

김치 발효 중의 酸度의 변화는 Fig.5와 같으며 초기에서 4일까지는 큰 변화가 없으나 그 이후부터는 직선적으로 증가하였으며 직선의 식으로 나타내면 $Y = 0.09X - 0.01$ 이고 상관계수값은 0.96 이었으며 pH와 산도의 교차되어지는 점을 비교해 보면 pH 4.0과 발효기간 8일째이며 이때의 산도는 0.8이 되었다. 염도의 변화는 다소 변화가 있었으나 2.5%의 수준을 유지하였다.

정 등²⁸⁾은 12일째 pH가 4.0을 그후부터는 서서히 감소하여 3.7~3.8을 그리고 산도는 0.38~0.43%를 나타냈다고 한 결과와 최 등²⁹⁾의 5°C 보존에서 pH 4의 수준이 되는 기간은 5일이후 이었고 Lactic acid의 함량도 0.3%로서 그 결과가 서로 다른 차이는 발효온도 그리고 부재료 등의 차이에서 기인되는 것으로 보였다.

맛과 pH 및 젖산함량의 관계에서 가장 맛이 좋은 상태의 김치는 pH 4.2~4.6 젖산함량 0.5~0.75%라고 한 결과²⁹⁾와는 차이가 큼을 나타냈다.

IV. 요약

김치의 숙성과정 중의 물리적 특성을 측정하기 위하여 원료배추의 엽두께, 절임시의 두께 및 pH, total acidity, 염도 등의 변화를 연구하였다. 원료배추의 엽두께는 최외엽보다 내엽의 두께가 50% 감소되었고 절임의 경우에는 외엽이 내엽보다 감소율이 낮았다.

배추조직의 절단력 측정에서는 절임으로 인하여 상대적 절단력이 높았고 김치숙성이 되면서 증가하며 7일을 기준으로 감소하였다.

Stress에서도 상대적 절단력과 같은 경향이나 숙성 후의 감소되는 점이 잘 나타나지 않았다.

pH의 변화에 대한 상관식은 $Y = 0.23X + 6.13$ 이었고 젖산함량의 관계식은 $Y = 0.09X - 0.01$ 로서 매우 완만한 기울기이었으며 김치로서의 적정수준은 pH 4.2, 젖산함량은 0.63의 수준이었고 기간은 7일이었다.

참고문헌

- 李盛雨: 中·韓·日에서의 김치류의 변천과 교류에 관한 연구, 한국영양식량학회지 4(1), 71-95, (1985).
- 辛仙永: 김장김치와 양념사용, 식품과 영양 5(4), (1984).
- 李承教: 지역적 김치의 특색과 섭취실태, 식품과 영양 8(2), (1987).
- 金浩植, 黃圭贊: 김치의 제생물학적 연구, 과연회보 4(1) 56, (1959).
- 권숙표: 김치의 세균학적 연구, 중앙화학연구소 4(42), (1955).
- 崔國智: 김치에서 분리한 효모에 관한 연구, 한국미생물학회지 16(1) 1-10, (1978).
- 노원섭: 한국산 침채류의 발효숙성에 관여하는 효모에 관한 연구, 동국대학교 박사학위 논문, (1980).
- 黃圭贊, 鄭允秀, 金浩植: 김치의 미생물학적 연구, 好氣性 細菌의 分離와 同定, 과연회보 5(1) 51, (1960).
- 吳賢根: 김치의 발효숙성에 관여하는 미생물의 소장에 관한 연구, 동국대학교 대학원 석사학위 논문, (1979).
- 권정주: 김치에서 분리된 젖산균의 다른 미생물이 생육 저해에 관한 연구, 중앙대학교 대학원 석사학위 논문, (1983).
- 김호식, 전재근: 김치발효와 세균의 동적변화에 관한 연구, 원자력 논문집 6, 112, (1966).
- 李盛雨: 김치의 역사 및 식품영양적 고찰, 식품과 영양 8권 2호, (1987).
- 이서래: 김치의 맛과 영양, 식품과 영양 8(2), (1987).

14. 조 영, 이혜수 : 김치의 맛성분에 관한 연구, 한국식품과학회지 11(1), (1979).
15. 이태녕, 김점식, 정동효, 김호식 : 김치숙성 과정에 있어서의 vitamin 함량의 변화, 과연회보 5, 43, (1960).
16. 金昌湜 : 한국김치의 저장에 관하여, 경북대 논문집 2, 221, (1958).
17. 이회성, 이근배 : 방사선을 이용한 김치저장에 관한 연구, 원자력 논문집 5, 64, (1965).
18. 유재연, 이혜성, 이혜수 : 재료의 종류에 따른 김치의 유기산 및 휘발성 향미성분의 변화, 한국식품과학회지 16(2) 169, (1984).
19. 안숙자 : 김치에 당근을 섞었을 때의 비타민 C의 변화, 대한가정학회지 10, 103, (1972).
20. 이용호, 이혜수 : 김치의 숙성과정에 따른 Pectin 질의 변화, 한국조리과학회지 2, 54, (1986).
21. 이회섭, 이철호, 이귀주 : 배추의 염장과정 중 성분변화와 조직감의 변화, 한국조리과학회지 3(1) 64, (1987).
22. 구경형, 강근옥, 김우정 : 김치의 물리화학적 및 관능적 성질에 관한 연구, 한국농화학회 52차 학술논문 발표초록, (1987).
23. AOAC : official methods of analysis(12th) (1975).
24. 김순동 : 김치숙성에 미치는 pH 조정제의 영향, 한국영양식량학회지 14(3) 259, (1985).
25. 정동효, 장원기 : 食品分析, 진로연구사, (1979).
26. 이철호, 황인주 : 김치 보존성을 위한 배추 품종 및 부위별 특성과 김치의 조직감 연구, 식품공업협회 식품연구소 연구보고서 19, (1987).
27. 김종만, 김인숙, 양희천 : 김치용 간절임 배추의 저장에 관한 연구, 배추의 간절임시 일어나는 이화학적 및 미생물학적 변화, 한국영양식량학회지 16(2) 75-82, (1987).
28. 정하숙, 고영태, 임숙자 : 당류가 김치의 발효와 Ascorbic Acid의 안정도에 미치는 영향, 한국영양식량학회지 18(1) 36, (1985).
29. 최신양, 이신희, 구영조 : 김치의 저장 유통기간 연장 방법 연구, 농어촌 개발공사 사업보고 12, 67, (1985).