

## 동치미의 발효 중 물리적 성질의 변화

강근옥 · 구경형\* · 이정근\* · 김우정\*

국립안성농업전문대학 생활교양과, \*세종대학교 식품공학과

### Changes in Physical Properties of *Dongchimi* during Fermentation

Kun-Og Kang, Kyung-Hyung Ku\*, Jung-Kun Lee and Woo-Jung Kim\*

Department of Cultural Learning, Anseong National Agricultural College

\*Department of Food Science and Technology, King Sejong University

#### Abstract

The physicochemical properties of *dongchimi*, a Korean fermented Chinese radish, were investigated for their changes during fermentation in 7% NaCl brining solution at 4°~35°C. The results showed that the relative viscosity of brining solution were initially decreased before steady increase there after. The Hunter L value increased and a value decreased and the turbidity also showed a similar increase as L value as affected more significantly by high fermentation temperature. The hardness of Chinese radish decreased initially followed by a little increase and then slowly decreased at later stage of fermentation. A linear relationship was found with decrease in salt concentration in brining solution and logarithmic value of brining time and activation energy was calculated for temperature range of 4°~35°C from the relationship.

Key words: *dongchimi*, fermented Chinese radish, salt concentration, viscosity, total solid, color, turbidity, hardness

## 서 론

우리 고유의 전통식품인 김치류는 배추김치, 깍두기, 동치미 등 그 종류가 다양하며<sup>(1)</sup> 독특한 맛과 향기 등을 지닌 채소 발효식품으로<sup>(2, 4)</sup> 이들에 대한 물리화학적 및 관능적 특성과 저장방법의 개발 등 많은 연구가 활발히 진행되어 왔다. 현재까지 이루어진 김치류에 관한 연구는 주로 배추김치에 중점을 두어왔던 것으로 관련 미생물과 화학적 성분, pH와 산도 등에 관하여 많은 연구가 이루어져 왔다<sup>(4, 6-9)</sup>. 또한 최근에는 김치의 텍스처, 색, 점도, 탁도, 소금농도 및 고형분 등 물리적 특성과 맛, 냄새 등 관능적 성질에 대한 조사가 많이 되어<sup>(10-17)</sup> 김치발효를 전반적으로 이해하는데 많은 도움이 되고 있다. 그러나 무우를 원료로한 김치의 텍스처에 대하여는 육 등<sup>(11)</sup>의 무우김치의 연화방지를 위한 열처리 보고와 정과 이<sup>(13)</sup>의 무우 텍스처 변화가 있을 뿐이며 동치미 발효 중 동치미의 물리적 특성에 관한 연구는 보고된 바 없다.

그리하여 본 연구에서는 동치미의 발효 중 변화하는 물리적 성질을 이해하고자 담금액의 점도, 색, 탁도 및 소금농도와 고형분 함량 그리고 동치미 무우의 텍스처

등 물리적 특성변화를 발효온도에 따라 측정 비교하였다.

## 재료 및 방법

### 동치미의 제조

동치미의 제조는 길이와 직경이 12~15 cm와 7~10 cm인 크기의 신선한 무우를 구입하여 깨끗이 씻은 후, 7% 소금용액에 무우와 소금물의 비율이 1:1(w/v)되게 10l 플라스틱 용기에 담그고 파, 마늘, 생강을 전체 무우 무게의 3, 1, 0.5%씩 각각 첨가하였으며 이를 4, 15, 25, 35°C에서 각각 발효시키면서 시간별로 시료를 채취하여 동치미의 다음 성질들을 측정하였다. 각 조건별 동치미는 2개씩 3번 반복 제조하였으며 모든 분석결과는 각 동치미당 2회 이상 측정하여 얻어진 결과의 산술평균치로 표시하였다.

### 소금 함량 측정

동치미 담금액의 소금 함량은 A.O.A.C<sup>(22)</sup>법으로 측정하여 %농도로 계산하였다.

### 점도 측정

동치미 담금액을 3겹의 cheese cloth로 여과한 후 증류수 흐름시간(flow time)이 37.5초(20°C)인 Ostwald 점도계를 이용하여 6번 흐름시간을 측정한 뒤 가장 근접한 5개의 측정치의 평균값을 비교점으로 계산하였다.

Corresponding author: Woo-Jung Kim, Department of Food Science and Technology, King Sejong University, Gunja-dong, Sungdong-gu, Seoul 133-747, Korea

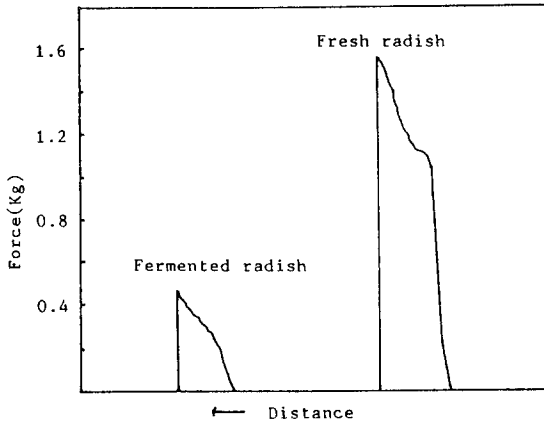


Fig. 1. A typical texture profile of puncture test of fresh and fermented radish

고형분 측정

동치미 담금액을 3겹의 cheese cloth로 여과한 후 20 ml의 담금액을 알루미늄 용기에 담아 80℃ 내외에서 예비 건조시킨 다음 105℃에서 2시간 건조시켜 측정하였다. 측정된 고형분은 전체 담금액의 부피에 곱하여 용출된 고형분의 총량을 계산하였으며 여기에서 각 발효시간별 산출한 소금 함량을 제외시킨 값을 고형분 함량(%)으로 나타내었다.

색 및 탁도 측정

여과한 동치미 담금액의 색은 Digital Color Measuring/Difference Calculating Meter(Model ND-1001 DP, Nippon Denshoku Kogyo Co. Ltd.)를 사용하여 Hunter L, a, b값으로 나타내었으며 탁도는 Spectrophotometer (Sequoia-Tuner, Model 340, USA)를 사용하여 광장 558 nm에서의 흡광도로 하였다.

무우의 텍스처 측정

텍스처는 무우의 중간부위를 2cm 두께로 가로로 자른 뒤 표피에서 1cm 들어온 부분을 Rheometer(Model R-UDJ-DM, I & T. Co., Japan)로 측정하였다. 측정방법은 puncture test에 의하였으며 Rheometer의 조작조건은 최대 압력을 2kg으로 하였고 사용한 probe는 직경이 0.5cm이고 끝이 뾰족한 stainless steel 막대이었으며 chart speed는 120 mm/min이었다. 텍스처 측정은 6번 반복 측정하여 가장 높거나 가장 낮은 값을 제외한 4개의 값에서 평균값을 계산하였다(Fig. 1).

결과 및 고찰

소금 함량

무우의 소금물에 절임은 매운 맛이 있는 함 유향 물질을 제거하고 유리 당분과 유리 아미노산의 용출에 의한

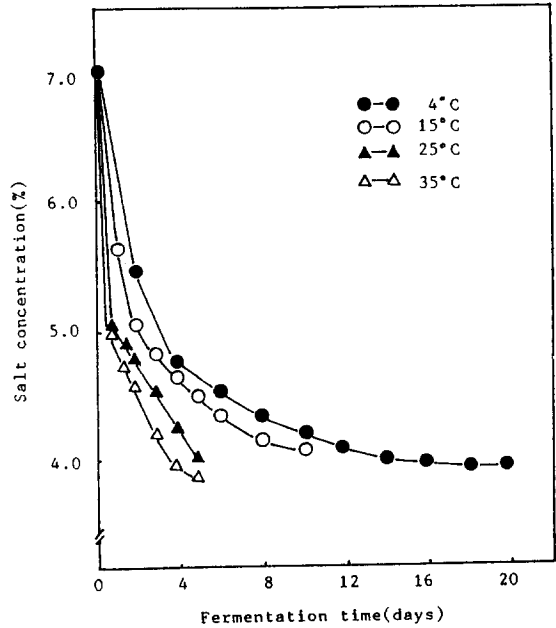


Fig. 2. Changes in salt concentration of brining solution during dongchimi fermentation at 4~35°C

손실을 감소시키며<sup>(15)</sup> 내염성 미생물에 의하여 발효작용이 일어나 동치미 특유의 맛을 형성시켜 준다고 알려져 있다. 동치미의 발효를 가정에서 일반적으로 담그는 온도범위인 4~35℃에서 7% 소금용액에 발효시켜 발효시간에 따른 담금액의 소금 함량변화를 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. 발효가 진행됨에 따라 담금액의 소금 함량은 삼투압 차이에 의한 무우 조직내의 소금 침투로 감소하게 되는데 감소속도는 발효온도에 따라 현저한 차이가 있었다. 즉, 4일 경과하였을 때 35℃에서 발효시킨 담금액은 4.0%, 25℃에서는 4.2%, 15℃에서는 4.7% 그리고 4℃에서는 4.9%의 염도를 보여주어 담금온도가 높을수록 무우 조직에의 소금 침투속도가 빨리 진행됨을 알 수 있었다. 감소경향은 발효 초기에 빠르게 감소하다가 차츰 완만해지며, 발효 후기에는 농도는 3.9~4.0%의 범위였는데 이 때 동치미 무우의 소금농도도 같은 범위여서 소금농도가 평형상태에 도달했음을 의미하였다. 한편 담금액의 소금농도 감소와 발효시간간의 관계는 발효시간(t)에 대수 함수를 취하였을 때 감소하는 소금농도와는 높은 상관계수를 갖는 직선적인 관계가 있었다(Fig. 3). 이 직선관계를  $y = a \cdot \log(t) + b$ , ( $y$ =소금농도%,  $t$ =발효시간)의 회귀직선식에 의하여 절편( $b$ )과 기울기( $a$ )를 구하였을 때 상관계수( $r$ )는 0.90~0.99 범위의 상관관계를 보여주었으며 발효온도가 높을수록 기울기의 값이 높게 나타났다. 발효온도( $1/T$ )에 따른 기울기의 값은 Fig. 4와 같이 직선관계가 있어 그 기울기에서 Arrhenius equation에 의한 활성화에너지를 계산하였을 때 8.99 kcal/mole이었다.

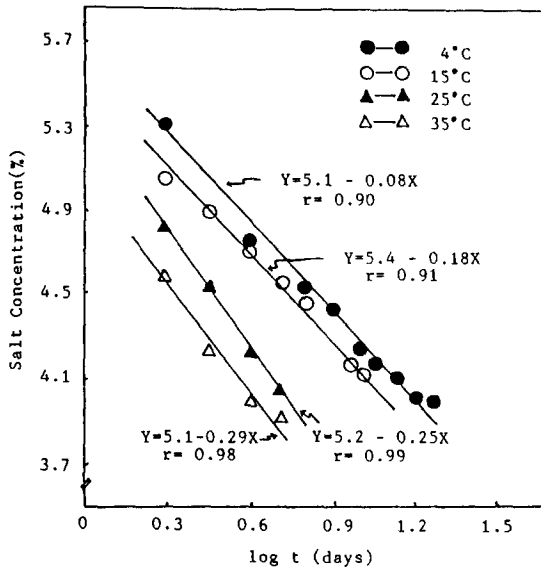


Fig. 3. Relationship between salt concentration of brining solution and time during *dongchimi* fermentation at 4°~35°C

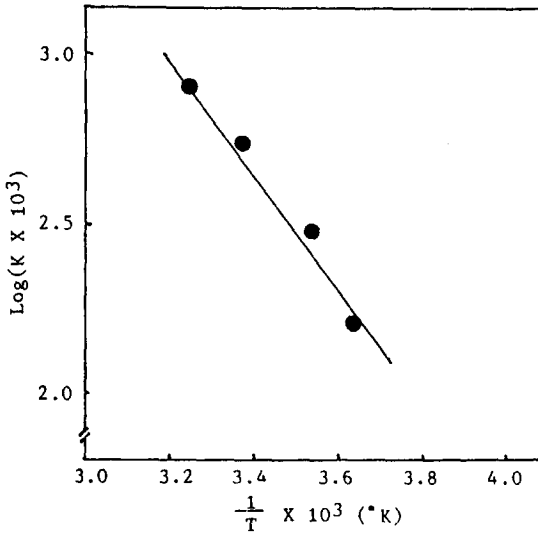


Fig. 4. Arrhenius plot of salt concentration of brining solution during *dongchimi* fermentation at 4°~35°C

고형분

Fig.5는 발효시간별 담금액의 소금 함량 무게를 담금액의 총고형분에서 뺀 값의 고형분 변화로서 무우로부터 용출된 가용성 물질만의 변화는 전반적으로 발효 초기에 약간 증가한 후 감소하였다가 발효시간이 경과되면서 다시 증가하는 경향을 보여주었다. 이러한 경향은 김치액의 고형분 변화<sup>(14)</sup>와 유사한데 발효 중반기의 감소는 왕성한 미생물 번식에 의한 저분자 물질의 분해 및 휘

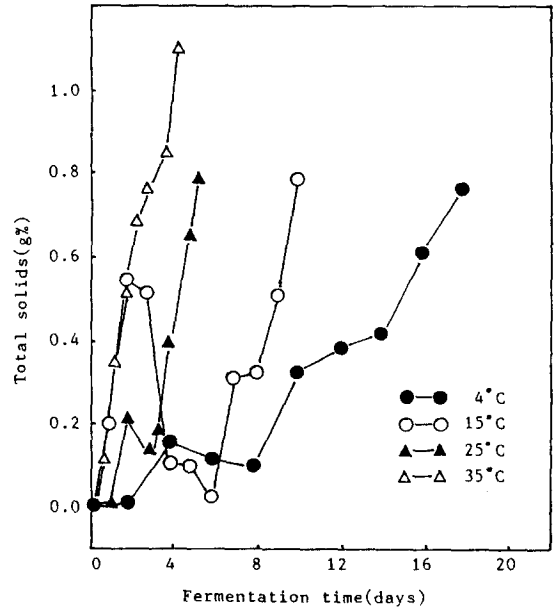


Fig. 5. Changes in total solids subtracted NaCl in brining solution during *dongchimi* fermentation at 4°~35°C

발성 물질의 생성 그리고 미생물 대사를 위한 가용성 물질의 소모량이 무우로부터 용출되는 고형분의 양보다 더 많았기 때문이며 발효 말기의 증가는 낮은 pH로 인하여 미생물의 증식속도가 감소되면서 고형분의 소비가 줄어든 반면 무우의 고분자화합물의 분해는 계속 일어나 용출되는 고형분의 증가가 지속적으로 일어나기 때문이라고 여겨진다. 또한 담금액의 고형분 양은 발효중 증식된 미생물의 균체도 영향을 주었으리라 생각되나 본 결과에는 미생물의 측정을 행하지 않아 그 영향을 짐작할 수 없었다.

점도

동치미 담금액의 점도는 Fig.6과 같이 발효 초기에는 감소되다가 발효가 진행되면서 다시 증가하는 경향을 보여주었으며 감소에서 증가로 변화하는 시간은 발효온도가 높을수록 빠르게 나타났다. 담금초기의 점도 감소는 주로 무우 조직 내부로의 소금 침투에 의한 소금농도의 급속한 감소에 기인한다고 생각되며 점도의 증가는 발효가 진행되면서 분자량이 적은 가용성 물질이 용출되기 때문으로 여겨진다. 일반적으로 점도가 상승되기 시작할 때의 pH는 4.5 내외로 측정되었다. pH 4.0 정도에 도달한 발효시간인 4°C에서 20일, 15°C에서 8일, 25°C는 3일, 35°C는 2일에서 발효온도별로 점도를 비교하면 4°C에서 1.064로 가장 높은 점도를 보였고 15°C가 가장 낮았다. 이 결과는 배추김치에서 15°C 이상에서 발효시킬 때 4°C인 경우보다 높은 점도를 보였다는 구 등<sup>(14)</sup>의 연구 결과와는 상치되는 것으로 동치미의 담금액과 배추에서

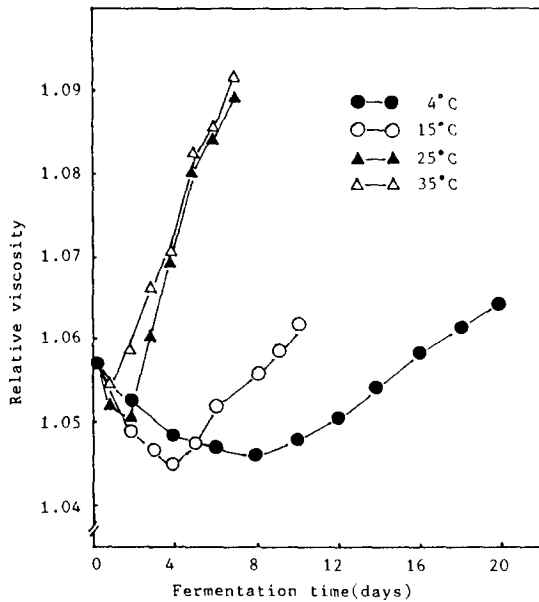


Fig. 6. Changes in relative viscosity of brining solution during *dongchimi* fermentation at 4°~35°C

용출된 김치즙액간의 구성성분의 차이가 그 원인이라고 생각된다.

색과 탁도

담금액의 색변화는 Table 1과 같이 'L' 값은 발효 초기에는 약간 낮아졌으나 발효가 진행됨에 따라 15~21의 범위로 지속적으로 증가하였으며 발효온도가 높을수록 'L' 값의 증가현상은 더욱 현저하였다. 발효 초기의 낮은 'L' 값은 초기의 담금액이 투명한 상태이어서 빛의 확산이 거의 없기 때문이며 발효가 진행되면서의 'L' 값의 증가는 유백색의 가용성 물질이 용출되어 빛을 확산시켰기 때문이라고 사료된다. 그리고 'a' 값은 1.7에서 -0.2~-0.4로 약간 감소하여 동치미액이 발효될수록 연한 적색에서 연한 녹색으로 변화하고 있음을 알 수 있었으며 'b' 값은 4~25°C 범위에서 약간의 증폭은 있었으나 큰 변화없이 (-) 값을 갖고 있었다. 그러나 육안에 의한 담금액의 색상은 탁도 이외에는 뚜렷한 차이를 볼 수는 없었다. 한편 탁도는 담금액 색의 영향을 가장 적게 받는 파장으로 생각되는 558 nm<sup>(23)</sup>에서 측정된 결과 Table 1에서와 같이 발효 초기와 중반기까지는 탁도의 변화가 거의 없었으나 발효 말기부터 급격히 증가하였다가 완만해지는 경향을 보여주었으며, 이의 변화는 용출된 고형분과 증식된 미생물이 영향을 주었으리라고 사료된다. 한편 발효온도는 온도가 높을수록 탁도는 높은 값을 보여주었다.

텍스처

무우 조직의 견고성은 Fig. 7과 같이 발효가 시작되면

Table 1. Changes in Hunter L, a, b values and turbidity of brining solution during *dongchimi* fermentation at 4°~35°C

Temperature (C)	Time (days)	L	a	b	Turbidity (OD <sub>558</sub> )
4	0	11.9	1.7	-2.7	0.010
	4	11.3	1.9	-3.8	0.025
	8	11.3	1.9	-3.8	0.028
	12	13.0	1.5	-3.5	0.066
	16	14.0	0.8	-3.0	0.090
15	20	15.5	-0.2	-2.1	0.098
	0	11.9	1.7	-2.7	0.010
	2	10.6	2.0	-3.4	0.028
	4	13.5	1.5	-3.9	0.075
	6	14.0	1.4	-4.2	0.101
25	8	15.0	-0.3	-3.7	0.182
	10	18.4	-0.4	-3.2	0.370
	0	11.9	1.7	-2.7	0.010
	1	11.9	1.7	-2.7	0.049
	2	13.5	1.5	-2.9	0.091
35	3	16.8	-0.3	-2.3	0.180
	4	19.5	-0.4	-2.3	0.352
	5	21.9	-0.4	-1.5	0.890
	0	11.9	1.7	-2.7	0.010
	1	10.6	2.0	-3.4	0.029
2	17.6	-0.3	-2.6	0.250	
3	19.5	0.8	-2.3	0.934	
4	21.3	0.6	-2.1	1.000	
5	21.6	0.6	-1.6	1.082	

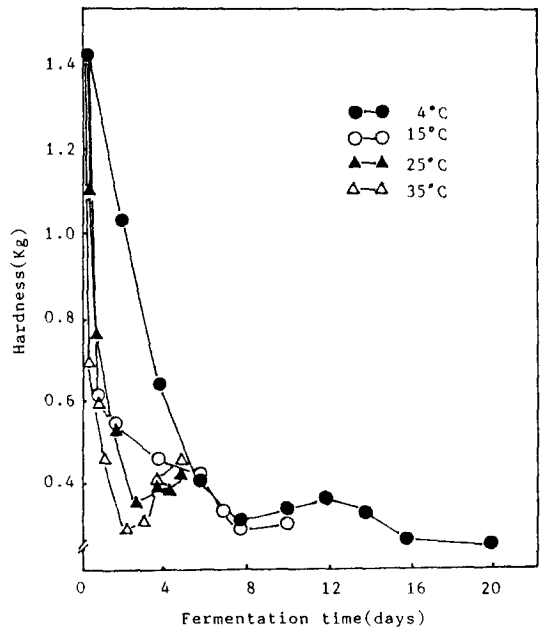


Fig. 7. Changes in hardness of Chinese radish during *dongchimi* fermentation at 4°~35°C

서 급격히 감소하여 1.42 kg에서 0.3 kg 내외까지 감소하였다가 약간 증가한 후 다시 감소하는 변화를 보였다. 담금 초기의 급격한 감소는 육 등<sup>(11)</sup> 및 이와 이<sup>(12)</sup>의 결과와도 일치하는 것으로서 이러한 감소는 발효에 의한 것이라기 보다는 삼투압에 의하여 조직액의 용출 및 소금의 침투로 무우 조직의 변화에 기인한 것으로 생각되며 발효온도가 높을수록 견고성의 변화가 빨리 일어나는 것을 알 수 있었다. 한편 초기의 급격한 견고성 감소 이후의 변화 경향은 어느 정도 동치미가 잘 익었을 때 까지 (pH 4.2~3.8)는 견고성이 더욱 감소되었다가 pH가 그 이하로 감소하면서 다시 약간 증가함을 볼 수 있었으며 산막 효모에 의한 피막 현상이 관찰되었던 발효 말기에는 다시 감소하여 무우 조직의 연부현상이 일어났음을 추측할 수 있었는데 이러한 결과는 배추절임<sup>(14)</sup>과 오이절임<sup>(23)</sup>의 결과와 유사한 것이었다.

## 요 약

동치미의 발효과정 중 담금액의 소금 함량, 고형분, 점도, 색, 탁도 및 무우의 텍스처를 측정하였다. 동치미의 제조는 파, 마늘, 생강 등 양념을 첨가하여 7% 소금용액에 담그고 4~35°C의 범위에서 발효시켰다. 그 결과 점도는 발효 초기에 감소되다가 발효시간이 경과되면서 지속적으로 증가하였으며, Hunter값에 의한 색변화는 지속적인 'L' 값의 증가를 보여주었으나 'a' 값은 감소하였다. 한편 탁도는 발효 중반기 이후 많은 증가를 보여주었으며 특히 증가현상은 높은 온도에서 현저하였다. 무우 조직의 견고성은 발효 초기에 급격히 저하되었다가 약간 증가한 뒤 다시 서서히 감소함을 보여주었다. 담금액 중의 소금농도는 발효온도가 높을수록 감소속도가 빨랐고 소금농도의 감소와 발효시간의 대수값 간에는 직선관계가 있었으며 소금농도 감소의 활성화에너지는 8.99 kcal/mole가 계산되었다.

## 감사의 말

본 연구는 1986년도 한국과학재단 연구비에 의하여 이루어진 결과의 일부로서 심심한 감사를 드립니다.

## 문 헌

1. 조재선, 황선연 : 김치류 및 절임류의 표준화에 관한 조사 연구. 한국식품과학회지, 3, 301(1971)
2. 유재연, 이혜성, 이혜수 : 재료의 종류에 따른 김치의 유기산 및 휘발성 향기성분의 변화. 한국식품과학회지, 13, 134(1984)

3. 이승교, 김화자 : 절임 조건별 배추에 의한 김치의 숙성 중 Riboflavin과 Ascorbic acid의 함량변화. 한국영양식품과학회지, 13, 313(1984)
4. 구경형, 강근옥, 김우정 : 김치 발효과정 중 품질변화. 한국식품과학회지, 20, 476(1988)
5. 이성우 : 중, 한, 일에서의 김치의 변천과 교류에 관한 연구. 한국영양식품과학회지, 4, 71(1975)
6. 권숙표 : 김치의 세균학적 연구(제 1보). 분리한 균에 대하여. 중앙화학연구소 보고, 4, 42(1952)
7. 김호식, 전재근 : 김치 발효 중의 세균의 동적변화에 관한 연구. 원자력연구 논문집, 6, 112(1966)
8. 김덕순, 조의순, 이근배 : 김치의 유기산 및 비타민 함량. 대한생화학회지, 1, 111(1967)
9. 김현옥, 이혜수 : 숙성온도에 따른 김치의 비휘발성 유기산에 관한 연구. 한국식품과학회지, 7, 74(1975)
10. 이희섭, 이철호, 이귀주 : 배추의 염장과정 중 성분변화와 조직감의 변화. 한국조리과학회지, 3, 64(1987)
11. 육 철, 장 금, 박관화, 안승요 : 예비 열처리에 의한 무우김치의 연화방지. 한국식품과학회지, 17, 447(1985)
12. 이용호, 이혜수 : 김치의 숙성과정에 따른 펙틴질의 변화. 한국조리과학회지, 1, 54(1985)
13. 정귀화, 이혜수 : 숙성시간에 따른 무우김치의 텍스처와 섬유소, 헤미셀룰로오스, 펙틴질의 함량 변화. 한국조리과학회지, 2, 68(1986)
14. 구경형, 김우정, 윤숙자, 조한옥 : 김치의 절임 및 숙성 과정 중 물리적 성질의 변화. 한국식품과학회지, 20, 483(1988)
15. 이혜수 : 김치에 대한 조리 과학적 연구(배추를 절이는 소금의 농도와 시간). 대한가정학회지, 10, 35(1972)
16. 민태익, 권태완 : 김치 발효에 미치는 온도 및 식염 농도의 영향. 한국식품과학회지, 16, 443(1984)
17. 김중만, 김인숙, 양희천 : 김치용 간절임 배추의 저장에 관한 연구 I. 배추의 간 절임시 일어나는 이화학적 및 미생물학적 변화. 한국영양식품과학회지, 16, 75(1987)
18. 하순섭 : Pectin 분해 효소 및 산막 미생물이 침채류의 연부에 미치는 영향에 관하여. 과연회보, 5, 139(1961)
19. 김수현, 오혜숙, 윤 선 : 오이의 pectinesterase에 관한 연구. 한국조리과학회지, 2, 55(1986)
20. Ethells, J.L. and Bell, T.A.: Influence of salt(NaCl) on pectinolytic softening of cucumber. *J. Food Sci.*, 26, 81(1961)
21. MeFeeters, R.F., Fleming, H.P. and Thompson, R.L.: Pectinesterase activity, pectin methylation and texture changes during storage of blanched cucumber slices. *J. Food Sci.*, 50, 201(1985)
22. A.O.A.C: *Official Methods of Analysis*, 14th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., p.1006(1984)
23. 김종근, 최희숙, 김상순, 김우정 : 발효 중 오이지의 물리화학적 및 관능적 품질의 변화. 한국식품과학회지, 21, 838(1989)

(1990년 12월 24일 접수)