

지방산과 에스테르 첨가에 따른 김치의 발효 특성

김 명 환
단국대학교 식품공학과

Effect of Fatty Acid or Ester Addition on the Kimchi Fermentation Property

Myung-Hwan Kim
Department of Food Engineering, Dankook University

Abstract

This study was conducted to investigate the effect of n-capric acid (CA) or n-capric acid methyl ester (CE) addition during salting process on physico-chemical and microbial changes of Kimchi fermented at 28°C. Optimum pH (4.2) of Kimchi was reached within 2 days in the case of control, and the same level of pH was reached after 6 days by the treatments (CA and CE). After 6 days of storage, pHs of control, CA and CE were 3.64, 4.25 and 4.21, respectively, and acidities of those were 1.47, 1.08 and 1.02%. Total bacteria, *Leuconostoc* and *Lactobacillus* counts in control and treatments reached the highest value after 3 days and then decreased drastically. The total bacteria, *Leuconostoc* and *Lactobacillus* counts of the control were higher values than those of the treatments throughout the whole fermentation period. The values of cutting forces of control and treatments had no differences at the initial stage of storage. However, the differences of cutting force between the control and treatments became distinct thereafter. After 6 days in control and 4 days in treatments, the cutting forces had higher values than initial storage stage of control and treatments.

Key words: n-capric acid, n-capric acid methyl ester, Kimchi

서 론

우리나라의 전통발효식품인 김치의 소비량은 1995년도 기준으로 연간 150만톤이며, 상품김치의 생산규모는 22만톤으로 전체 소비량의 약 15%에 이르렀고, 2000년에는 23.2%로 증가할것으로 예상된다. 수출도 1988년 서울올림픽을 계기로 급증하여 1995년도 수출액이 5,000만달러를 상회하며 수출 대상국도 33개국으로 급증하였다(이병목, 1996). 정부 또한 중소기업 고유업종이었던 김치 제조업을 1994년 9월 1일부터 해제하여 그동안 참여가 제한되었던 대기업들이 이 시장에 참여함에 따라서 상품김치의 시장규모는 더욱 확대될 전망이며, 우리 전통식품인 김치의 우수성을 세계에 알리고 김치 수출을 더욱 촉진하기 위하여 김치의 제조 규격을 제정키로 결정하였으며 1995년 12월에 이미 '김치규격제안설명서'와 '김치규격'을 국제식품위원회(CODEX)에 제출한 상태이다.

이와 같이 김치제조산업의 활성화와 국제식품화 하는데 있어서 김치의 보존성을 높이는 것이 무엇보다도 중요하다고 인식되어 여러 측면에서 이를 위한 연구가 진행되어왔다. 보존성연장을 위한 첨가물에 대한 연구로는 염 또는 염혼합물의 첨가(김우정 등, 1991; 강근옥 등, 1991), 보존료 첨가(Kim과 Chang, 1995), 완충제 첨가(김순동과 이신호, 1988), 겨자유 첨가(홍완수와 윤선, 1989), 산초유, 계피유, 호프추출물 첨가(문광덕 등, 1995), 향신료 첨가(박우포와 김재욱, 1991) 및 chitosan 첨가(손유미 등, 1996) 등을 들 수 있다.

지방산은 미생물에 대하여 사멸시키는(biocidal)것보다 증식을 억제시키는(biostatic) 역할을 하며 미생물에 대한 효과로는 지방산의 사슬크기, 포화도, 기하학적배열 및 용해도를 들 수 있다. 불포화 지방산의 경우는 이중결합수가 증가할수록, cis형이 trans형 보다, 용해도가 증가할수록 미생물에 대한 효과가 커진다(Beuchat과 Golden, 1989). 지방산은 일반적으로 gram-positive 세균과 효모에 효과가 있으며 lauric, myristic 과 palmitic 산(C₁₂, C₁₄, C₁₆)은 gram-positive 세균에 효과가 크고, capric 산(C₁₀)은 효모에 효과가 크다(Kabara,

Corresponding author: Myung-Hwan Kim, Department of Food Engineering, Dankook University, Cheonan, Chungnam 330-714, Korea

1983). 중간사슬 지방산(*medium chain fatty acid*)은 C_{12} ~ C_{18} 을 일반적으로 말하며 미생물 생육억제에 가장 효과적이며 미생물의 세포막에서의 이동을 억제시킴으로써 세포를 영양학적으로 고갈시킨다(Sheu와 Freese, 1973). 지방산 에스테르로는 *glycerol monolaurate*가 gram-positive 세균에 효과적이며 자당 지방산 에스테르(*sucrose fatty acid ester*)는 곰팡이에 효과적이라는 연구결과가 있다(Beuchat, 1980).

따라서 본 연구는 김치의 보존성을 연장시키기 위하여 *n-capric acid* 또는 *n-capric acid methyl ester*를 첨가함으로써 저장시간에 따른 김치의 발효특성을 비교 조사하는데 있다.

재료 및 방법

재료

주 재료인 배추(*Brasica Pekinesis R.*)는 1998년에 충청남도 당진군에서 재배한 것으로 포기당 평균 무게는 2.2 kg이었으며 마늘, 생강, 청파 및 것갈 등의 부재료는 실험당일 천안시 농협에서 구입하였고 고춧가루는 냉동저장하며 사용하였다. 배추 절임용 소금으로는 천일염을 사용 하였으며 배추 제조시 사용된 재료의 배합비는 Table 1과 같다.

절임, 포장 및 저장

배추의 파손된 외곽부분을 제거한 다음 이등분 한 후 실온(22°C)에서 10% 소금용액(w/v)에 배추를 침지시켜 평균 염농도가 3% 될때까지 절였으며 이때, 첨가물로서 *n-capric acid* (Yakuri Chemical Co., Japan)와 *n-capric acid methyl ester* (TCI Co., Japan)의 농도는 각각 절임(소금)용액의 0.05% (w/v or v/v)로 조절하였다. 절임공정 후 바구니에 담아 1시간 동안 탈수하였다. 절임공정과 탈수공정이 끝난 다음 양념(Table 1)과 버무린 김치를 1 kg 단위의 PET/AL/PE 복합필름 포

장지로 진공 포장한 후 가속저장의 차원에서 28°C로 저장하였다.

염농도, pH 및 산도 측정

250 g의 김치를 food processor (Model KM-230, Kenwood, Japan)로 마쇄하여 균질화 시킨 후 4겹의 gauze를 사용하여 여과한 다음 이 여과액을 염농도, pH 및 산도 측정에 이용하였다. 여과액 30 mL를 취하여 salometer(Model NS-3P, Sinar Medical Co., Japan)와 pH meter(Model-30, Mettler Co., England)로 각각 염농도와 pH를 측정하였고, 산도는 0.1 N NaOH로 pH 8.3이 될 때까지 적정한 다음 소비된 NaOH 부피를 젖산으로 환산하였다(홍완수와 윤선, 1989).

미생물 균수측정

총균수는 무균적으로 취한 시료액 1 mL를 1% peptone 수로 단계별로 희석한 다음 PCA (plate count agar) 배지에 접종하여 30°C 항온기에서 3일 배양 후 계수하였으며 *Lactobacillus*와 *Leuconostoc*은 *Lactobacilli* MRS broth (Difco)에 0.002% bromophenol blue를 첨가한 배지에 접종한 다음 25°C에서 2~3일 배양 후 colony를 관찰하였다. *Leuconostoc*은 암청색을 띠고 환이 없으며, *Lactobacilli*는 담청색을 띠며 중앙에 환이 있거나 전체적으로 흰색인 것으로 구분하였다(신동화, 1994; 최신양 등, 1998).

텍스처 측정

배추의 텍스처는 배추잎의 형성순서와 부위에 따라 그 형태와 미세구조가 크게 변하고 특히 배추의 줄기 부분은 절임 및 저장(발효) 과정에서 두께 감소가 두드러져 신빙성있는 기계적 측정방법이 어렵다(이철호 등, 1988). 따라서, 본 실험에서는 저장중 *n-capric acid*와 *n-capric acid methyl ester*를 첨가한 처리구와 대조구간의 절단강도(cutting force)를 비교하기 위하여 배추의 바깥잎부터 속잎까지 채취한 다음 순서대로 나열한 뒤 바깥잎에서 5~15번째 잎을 가지고 배추 잎 줄기의 밑에서 전장의 1/4 높이가 되는 부위를 중심으로 저장 전체 과정에서 평균 두께가 3.52 mm(±0.17)가 되도록 가능한 균일한 두께의 시료를 사용하였다. 이와같이 배추의 절단강도를 측정하기 위하여 texture analyzer (Model TA-XT2, SMS, England)를 사용하였으며, 시료의 너비는 1 cm로 절단하였고 texture analyzer의 칼날형 탐침속도를 1.0 mm/s로 하여 5회 반복한 다음 평균값을 구하였다.

Table 1. Composition of Kimchi material

Materials	Amounts (g)
Raw Chinese cabbage	1,000
Garlic	12
Red pepper powder	35
Green onion	23
Shrimp anchovy juice	16
Ginger	6
Sugar	12
Monosodium glutamate	2

결과 및 고찰

pH 및 산도

배추의 절임공정중 n-capric acid(CA)와 n-capric acid methyl ester(CE)의 첨가에 따른 28°C 저장중 김치의 pH와 산도 변화는 각각 Fig. 1과 2와 같다. 담금직 후 대조구, CA 및 CE 김치의 pH는 각각 5.62, 5.72 및 5.70으로서 큰 차이를 보이지 않았으나 저장 6일 후에는 각각 3.64, 4.25 및 4.21로서 대조구와 처리구간에 큰 차이를 나타내었다. 일반적으로 김치는 pH는 3.5 이하로는 감소하지 않는데 이는 김치의 발효과정에서 발효성 당의 완전소멸과 아울러 주요 생성 유기산인 lactic acid, citric acid, malic acid, tartaric acid, succinic acid 등이 약산으로서 해리도가 작기 때문이다(Fleming 등, 1982). 김치가 가장 적당하게 숙성되었을 때의 pH 4.2부근에(이광혁 등, 1991) 도달하는데 걸리는 기간은 대조구는 2일인 반면 처리구인 CA나 CE는 6일 정도가 소요되었다. 본 실험과 같은 염농도인 3% 김치를 기준으로 처리구인 CA와 CE의 28°C에서 저장 시간에 따른 pH 감소정도는 대조구인 경우 15°C의 저장에서의 감소 정도와 비슷하였다(민태익과 권태완, 1984).

저장초기 대조구, CA 및 CE의 산도(Fig. 2)는 각각 0.27, 0.25 및 0.26%를 보였으나 저장 6일 후에는 각각 1.47, 1.08 및 1.02%로 대조구와 처리구 사이에 큰 차이를 나타내었다. 저장기간에 따른 산도증가는 대조

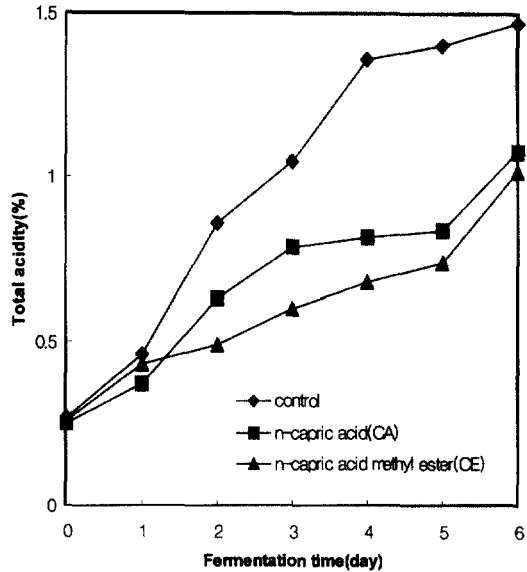


Fig. 2. Changes in acidities of control and treated Kimchi during fermentation at 28°C.

구와 처리구 모두 저장초기 pH의 급격한 감소(Fig. 1)와는 달리 지속적인 증가를 보였으며, 처리구의 저장 4일째 CA와 CE의 pH는 4.4(Fig. 1)로 같지만 산도는 각각 0.82와 0.68로 나타났다. 이는 pH와 산도는 일치하지 않는다는 한홍의 등(1990)의 결과와 같았다. 국제식품규격위원회(CODEX)에 제출된 김치 규격안의 산도 1.0%를 유통기간(shelf-life)으로 설정시 대조구에서는 3일이었지만, CA와 CE의 경우 6일로 나타나 유통기간이 3일 정도 연장됨을 알 수 있었다.

미생물

CA와 CE의 첨가에 따른 28°C 저장중 김치의 총균수 변화는 Fig. 3과 같다. 저장초기 대조구, CA 및 CE의 총균수는 각각 4.6×10^6 , 2.5×10^6 및 3.6×10^6 (cfu/mL)로 나타났으며 전체 저장기간 동안 대조구가 처리구에 비하여 높은 총균수를 나타내었다. 이는 CA나 CE의 항균작용으로서 산-염기 평형관계, 양자 공여, 세포에 의한 에너지 생산 여부와 밀접한 관계를 가지며 전자 수송계(electron transport system)의 uncoupling에 의한 ATP regeneration 방지, 세포내 대사 산물의 이행저해 그리고 아미노산의 이행저해 등에 의해서 미생물 세포의 증식과 생육을 억제시키는 효과에 의한 것으로 판단된다(Kabara, 1983). 한편, 대조구와 처리구 모두 저장 3일후 최고치에 도달하였으나 그 이후 급격한 감소를 보였는데, 이는 생성된 산에 의해 미생물의 생육이 저해된 것으로 볼 수 있다(신동화 등, 1994).

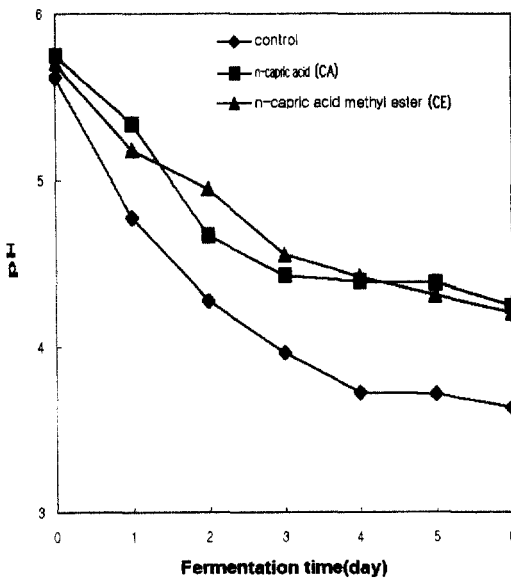


Fig. 1. Changes in pHs of control and treated Kimchi during fermentation at 28°C.

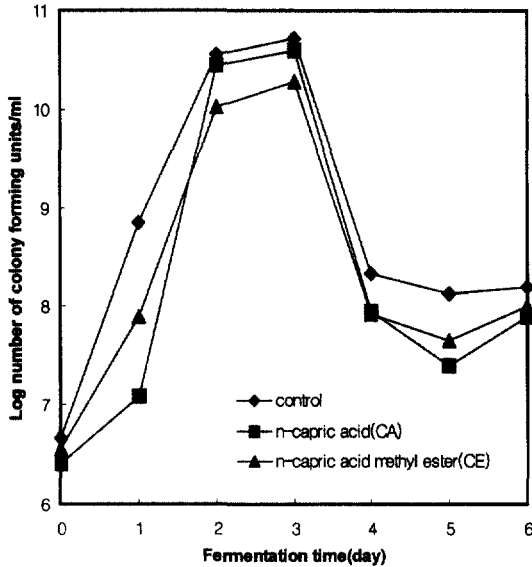


Fig. 3. Changes in the numbers of total viable count of control and treated Kimchi during fermentation at 28°C.

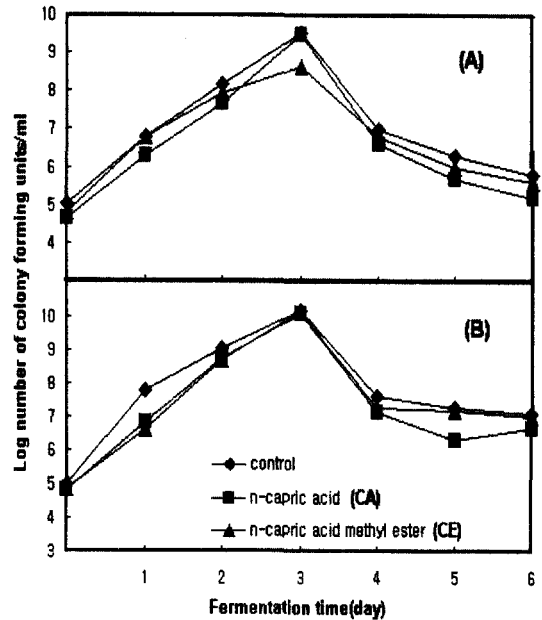


Fig. 4. Changes in the numbers of *Leuconostoc* (A) and *Lactobacillus* (B) of control and treated Kimchi during fermentation at 28°C.

일반적으로 김치저장 중 저장온도가 낮을수록 총균수의 최고치는 낮아진다.

김치 발효 초기에 CO₂를 생성하여 김치에 상쾌한 맛을 부여하는 균주인 *Leuconostoc*의 저장 초기의 수는 (Fig. 4(A)) 대조구, CA 및 CE의 경우 각각 1.1×10^5 , 4.3×10^5 및 6.9×10^5 이었으며, 저장 초기부터 급격한 증가를 보여 저장 3일후 최고치에 도달하였고 각각 3.1×10^9 , 2.9×10^9 및 4.4×10^9 으로서 CA는 대조구와 차이를 나타내지 못한 반면 CE는 대조구의 약 14% 수준의 균수를 보였다. *Leuconostoc*은 3일 이후 급격한 감소를 보였는데 이는 생성된 젖산에 매우 민감한 균주이기 때문이며, 일반적으로 진공포장 하였을 때는 상압포장보다 늦게까지 검출된다(신동화, 1994). *Lactobacillus*속 균주의 저장초기 수는 (Fig. 4(B)) 대조구, CA 및 CE의 경우 각각 9.6×10^4 , 6.8×10^4 및 7.2×10^4 으로 나타났으며 전체 저장기간을 통하여 대조구가 처리구에 비하여 높은 균수를 보였다. *Lactobacillus*속 중 *L. brevis*와 *L. plantarum*이 주로 발효에 관여하는 균종으로서 특히 *L. plantarum*은 젖산 생성에 깊이 관여하며 김치 산패에 주된 역할을 한다. 저장 3일 이후 감소를 나타내었는데 이는 세포 분열을 하지 않으므로 autolysin이 분비되더라도 새로운 세포막을 합성할 수 없게 되고 자발적 분해(spontaneous lysis)가 일어남으로써 기인되는 현상이라 판단된다(Kabara, 1983). 그러나 *Lactobacillus*는 *Leuconostoc*에 비하여 저장후

기까지 상당수가 존재하여 산을 생성하므로 앞서의 김치 산패에 관여한다는 것을 알 수 있다.

텍스처

CA와 CE의 첨가에 따른 저장 중 김치의 절단강도(cutting force)변화는 Fig. 5와 같다. 김치 배추의 텍스처는 배추의 품종, 수확시기, 부위 등에 따른 원료적 요인과 염장방법, 저장온도와 시간, 숙성축진 및 지연제의 사용여부, 연부 미생물의 발생여부 등과 같은 가공적 요인들에 의하여 복합적으로 결정된다. 앞서 언급한 바와 같이 배추조직의 배열성 또는 불균일성 때문에 신빙성 있는 기계적 측정은 어려우나 일반적으로 저장기간이 길어짐에 따른 물성적 변화로는 아삭아삭(crispness)한 성질이 감소되고 질김성(toughness)과 아작아작(juicy-crunchiness)한 정도가 증가한다(이철호 등, 1988). 저장초기 대조구와 CA 및 CE 김치의 배추절단 강도는 2142~2237 gf로 대조구와 처리구 간에 큰 차이를 보이지 않았으나 저장 2일 후부터는 대조구와 처리구 간에 차이폭이 커졌으며 대조구 보다 처리구가 높은 절단강도를 나타내었다. 대조구는 저장 6일째, 처리구인 CA와 CE는 저장 4일 이후 저장 초기의 절단강도 값 보다 높게 나타났다. 이는 섬유소의 강화현상이라기 보다는 저장이 길어짐에 따라서 세포간 공간의 포집공기 유출과 수분 용출 및 세포벽

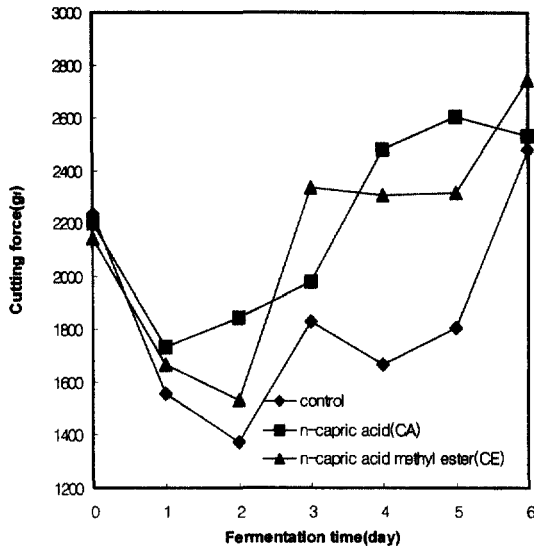


Fig. 5. Changes in cutting forces of control and treated Kimchi during fermentation at 28°C.

의 포개짐의 증가로 인하여 절단면에서의 섬유소 밀도가 높아짐에 기인되는 현상이라 사료된다.

요 약

배추의 절입공정중 n-capric acids (CA) 와 n-capric acid methyl ester (CE)의 첨가에 따른 28°C 저장중 김치의 발효특성을 조사하였다. 김치의 최적 pH 4.2에 도달하는데 걸리는 시간은 대조구의 경우 2일인 반면, 처리구인 CA나 CE는 6일이 소요되었으며 저장 6일 후 대조구, CA 나 CE의 pH는 각각 3.64, 4.25 및 4.21로 나타났으며 산도 또한 각각 1.47, 1.08 및 1.02%로 대조구와 처리구간에 큰 차이를 보였다. 저장중 총균수, *Leuconostoc* 및 *Lactobacillus*수는 대조구와 처리구 모두 저장 3일째 최고치에 도달하였으며 그 이후 급격한 감소가 이루어졌고 대조구가 처리구에 비하여 전 저장과정에서 높은 수치를 보였다. 일정두께로 측정된 김치배추의 절단강도는 저장초기에는 대조구와 처리구간에 큰 차이를 나타내지 않았으나 저장 2일 후 부터는 처리구가 대조구보다 높은 값을 보였으며 대조구는 저장 6일째 처리구는 저장 4일 이후부터는 담금직후의 절단강도 값 보다 높게 나타났다.

감사의 글

이 연구는 단국대학교 대학연구비의 지원으로 연구

되었으며 이에 감사를 드립니다.

문 헌

강근옥, 구경형, 이형재, 김우정. 1991. 효소 및 염의 첨가와 순간 열처리가 김치발효에 미치는 영향. *한국식품과학회지*, **23**: 183-187

구경형, 강근옥, 장영삼, 김우정. 1991. 염 혼합물의 첨가가 김치의 물리적 및 관능적 특성에 미치는 영향. *한국식품과학회지*, **23**: 123-128

김순동, 이신호. 1988. pH 조정제 sodium malate buffer의 첨가가 김치의 숙성에 미치는 효과. *한국영양식품학회지*, **17**: 358-364

김우정, 강근옥, 경규항, 신재익. 1991. 김치의 저장성 향상을 위한 염 혼합물의 첨가. *한국식품과학회지*, **23**: 188-191

문광덕, 변정아, 김석중, 한대석. 1995. 김치의 선도유지를 위한 천연보존제 탐색. *한국식품과학회지*, **27**: 257-263

민태익, 권태완. 1984. 김치발효에 미치는 온도 및 식염농도의 영향. *한국식품과학회지*, **16**: 443-449

박우포, 김재욱. 1991. 향신료가 김치발효에 미치는 영향. *한국농화학회지*, **34**: 235-241

손유미, 김광욱, 전동원, 경규항. 1996. Chitosan과 다른 보존제 첨가에 따른 김치의 저장성 향상. *한국식품과학회지*, **28**: 888-896

신동화. 1994. 공장김치의 발효온도 및 포장방법별 성분과 미생물의 변화. 김치의 과학(심포지엄발표 논문집), pp 82-136.

이광혁, 조형용, 변유량. 1991. 총산도를 기준한 김치의 품질수명 예측모델 연구. *한국식품과학회지*, **23**: 306-310

이병목. 1996. 김치산업의 육성을 위한 정책방안. 김치의 과학과 기술, **2**: 118-120

이철호, 황인주, 김정교. 1988. 김치제조용 배추의 구조와 조직감 측정에 관한 연구. *한국식품과학회지*, **20**: 742-748

최신양, 이명기, 최광식, 구영조, 박완수. 1998. 숙성온도를 달리한 김치의 발효 및 관능특성. *한국식품과학회지*, **30**: 644-649

한홍의, 임종락, 박현근. 1990. 김치발효의 지표로서 미생물 군집의 측정. *한국식품과학회지*, **22**: 26-32

홍완수, 윤선. 1989. 열처리 및 겨자유의 첨가가 김치발효에 미치는 영향. *한국식품과학회지*, **21**: 331-337

Beuchat, L.R. 1980. Comparison of anti vibrio activities of potassium sorbate, potassium benzoate and glycerol and sucrose esters of fatty acids. *Appl. Environ. Microbiol.*, **39**: 1178-1183

Beuchat, L.R. and D.A. Golden. 1989. Antimicrobials occurring naturally in foods. *Food Technol.* **43**(1): 134-142

Fleming, H.P., R.F. McFeeters, R.L. Thomson and D.C. Sanders 1983. Storage stability of vegetables fermented with pH control. *J. Food Sci.*, **48**: 975-981

Kabara, J.J. 1983. Medium-chain fatty acids and esters. In : *Antimicrobials in foods*, ed. by Branan, A.L. and P.M. Davison(eds). Marcel Dekker Inc., NY, USA. pp 109-140

Kim, M. H. and M. J. Chang. 1995. Influence of organic acid or ester addition on Kimchi fermentation. *Food and Biotechnology*, **4**, 146-149

Sheu, C.W. and E. Freese. 1973. Effect of fatty acids on growth and envelope proteins of *Bacillus Subtilis*. *J. of Bacteriol.*, **111**, 516-521