

n-Capric Acid 또는 *n*-Capric Acid Methyl Ester 첨가와 저장온도에 따른 김치의 발효특성

김명환* · 김병용¹ · 안태영²

단국대학교 식품공학과, ¹경희대학교 식품가공학과
²단국대학교 미생물학과

초 록 : 배추의 절임공정중 *n*-capric acid(CA) 또는 *n*-capric acid methyl ester(CE)의 첨가와 저장온도(20, 12, 4°C)에 따른 김치의 발효특성을 조사하였다. 20°C에서 저장 6일 후 대조구, CA 및 CE의 pH는 각각 3.78, 4.28 및 4.35로써 대조구와 처리구간에 차이가 있었으며 저온저장인 4°C에서 저장 42일 후에는 각각 3.85, 5.14 및 5.10으로 CA와 CE의 첨가효과가 더욱 컸다. 최대 가식산도인 0.75%를 기준으로 대조구 김치의 20°C저장에서는 가식기간이 3일, 12°C에서는 15일이었으며 4°C에서는 42일 이후에도 산도는 0.62%수준이었다. 저장 중 총균수, *Leuconostoc*, *Lactobacillus* 및 yeast 수는 전 저장과정에서 대조구가 처리구 보다 높았으며 특히 CE가 4°C저온저장에서 yeast 증식억제에 효과가 컸다. 또한, 저장온도가 높을수록 균수는 많이 나타났으며 최고치 이후 감소 속도도 증가하였다.(1999년 3월 29일 접수, 1999년 4월 30일 수리)

서 론

김치는 독특한 향미를 지닌 우리나라의 대표적인 전통 발효식품으로서 알려진 종류만 해도 190여종에 이르고 김치를 이용한 요리도 50여종으로 조사 되었다.¹⁾ 이러한 김치가 기업적으로 생산된 것은 1970년대에 들어와서였으며 이는 단체급식의 수요증가, 주거환경의 변화 등 식생활 및 문화생활의 급속한 변화에 기인되었다 하겠다. 1995년 기준으로 김치의 소비량은 연간 150만톤이며, 상품김치의 생산 규모는 22만톤으로 전체 소비량의 약 15%에 이르고 있으며 수출액 또한 5,000만 달러를 상회하며 수출대상국도 33개국으로 급증하였다.²⁾ 향후 김치의 원료수급 안정화, 품질 개선 및 제품다양화와 아울러 신선도 유지기간 연장 등의 문제점들을 해소한다면 상품김치의 내수 및 수출은 계속 증대될 것으로 예상된다.

김치의 보존성 향상을 위한 연구가 활발히 진행되고 있으며 그중 30%이상이 첨가물에 대한 연구로 염 또는 염혼합물의 첨가,³⁾ 보존료 첨가,^{4,5)} 완충제 첨가,⁶⁾ 산초유, 계피유, 호프추출물 첨가,⁷⁾ 향신료 첨가,⁸⁾ 한약재 추출물 첨가,⁹⁾ 키토산 및 키토산 올리고당 첨가^{10,11)} 등을 들 수 있다.

지방산의 항균작용은 해리되지 않은 상태에서 작용하며 사멸시키는 것 보다는 증식을 억제시키는 역할을 한다.¹²⁾ 탄소수가 8미만의 짧은 사슬 지방산은 gram negative 세균에 영향을 미치지 못하며, 중간 사슬 지방산(C₁₂~C₁₈)중 lauric, myristic과 palmitic산(C₁₂, C₁₄, C₁₆)은 gram positive 세균에 효과가 크고, capric 산(C₁₀)은 효모에 효과가 크다.¹³⁾ 기하학적 배열도에서는 cis형이 trans형 보다 또한, 이중결합수와

용해도가 증가할수록 미생물에 대한 항균효과는 커진다.¹⁴⁾ 지방산 보다는 glycerol monoester나 sucrose diester 등의 지방산 에스테르가 미생물 향균에 보다 효과적이며 paraben, 소브르산, 데히드로아스코르브산 등의 보존제보다도 높거나 비슷한 항균효과를 나타낸다고 하였다.¹⁵⁾ 그러나, 김치의 발효제어를 위한 지방산 또는 지방산 유도체의 첨가효과에 대한 발표는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 절임공정중 *n*-capric acid 또는 *n*-capric acid methyl ester를 첨가함으로써 저장온도 및 저장시간에 따른 김치의 발효특성을 비교 분석하였다.

재료 및 방법

재료

배추(*Brasica Pekinesis* R.)는 결구배추로서 포기당 평균 무게는 2.2 kg이었으며 마늘, 청과, 젓갈 및 생강 등의 양념은 실험당일 구입하였고 고춧가루는 일시에 많은 양을 구입하여 냉동 저장하며 사용하였다. 그리고 배추 절임용 소금으로는 천일염을 사용하였으며 김치 제조 시 사용된 재료의 배합비는 Table 1과 같다.

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

*찾는말 : *n*-capric acid, *n*-capric acid methyl ester, 김치, 발효특성
*연락처자

절임, 포장 및 저장

배추를 이등분 한 다음 실온(22°C)에서 배추 무게비 5배량의 10% 소금용액(w/v)에 배추를 침지시켜 30분 간격으로 배추를 상하 이동시키면서 평균 염농도가 3%될때까지 절였다. 이때의 첨가물로서 *n*-capric acid(Yakuri Chemical Co., Japan)와 *n*-capric acid methyl ester(TCI Co., Japan)의 농도는 각각 소금용액의 0.05%(w/v or v/v)로 조절하였다. 절임공정과 1시간 동안의 탈수공정이 끝난 다음 양념과 버무린 김치를 1kg단위의 PET/AL/PE 복합 필름 포장지로 진공포장 한 후 B.O.D incubator를 사용하여 4~20°C 온도조건에서 저장하였다.

pH 및 산도 측정

김치 250 g을 마쇄하여 균질화 시킨 후 4점의 gause를 사용하여 여과한 다음 pH는 pH meter(Model-30, Mettler Co., England)로 측정하였고 산도는 0.1 N NaOH로 pH 8.3 이 될 때까지 적정한 다음 소비된 NaOH 부피를 젖산량으로 환산하였다.⁷⁾

미생물 균수 측정

총균수는 무균적으로 취한 시료 1 mL를 1% peptone 수로 단계별로 희석한 다음 PCA(plate count agar) 배지에 접종하여 30°C 항온기에서 3일 배양 후 계수하였으며 *Leuconostoc*과 *Lactobacillus*는 *Lactobacillus* MRS broth (Difco) 에 0.002% bromophenol blue를 첨가한 배지에 접종한 다음 25°C에서 2~3일 배양 후 colony를 관찰하였다.¹⁵⁾ *Leuconostoc*은 암청색으로 환이 없으며, *Lactobacillus*는 담청색을 띠거나 중앙에 환이 있고 또는 전체적으로 흰색인 것으로 구분하였다.¹⁵⁾ 효모는 총균수 실험과 함께 희석한 시료 0.1 mL를 10% lactic acid로 pH를 3.5로 조정된 potato dextrose agar(Difco)에 도말하여 30°C에서 3일간 배양 후 계수 하였다.^{2,15)} 모든 균수측정은 3반복하여 평균치를 얻었다.

결과 및 고찰

첨가물과 저장온도에 따른 pH 및 산도 변화

배추의 절임공정중 *n*-capric acid(CA)와 *n*-capric acid methyl ester(CE)의 첨가 및 저장온도(20, 12, 4°C)에 따른 김치의 pH변화는 Fig. 1과 같다. 김치를 담금 직후 대조구, CA 및 CE의 pH는 각각 5.62, 5.72 및 5.70 으로서 큰 차이를 보이지 않았으나 20°C 저장에서(Fig. 1A) 6일간 저장 후에는 각각 3.78, 4.28 및 4.35로서 대조구와 처리구간에 차이를 나타내었으며 4°C의 저온저장에서(Fig. 1C) 42일간 저장 후에는 각각 3.85, 5.14 및 5.10으로 CA와 CE의 첨가효과가 더욱 컸다. 그러나, CA와 CE 첨가물간에는 큰 차이를 나타내지 않았으며 저장 후반기에 20°C와 12°C(Fig. 1B) 저장온도에서 CA가 pH 감소억제에 약간 효과적이었다. 김치의 적숙기인 pH 4.2 부근에¹⁶⁾ 도달하는데 걸리는 시간은 20°C저장에서 대조구는 3~4일인 반면 CA나 CE는 6일 정도가 소요되었으며, 12°C 저장에서 대조구는 12일, CA와

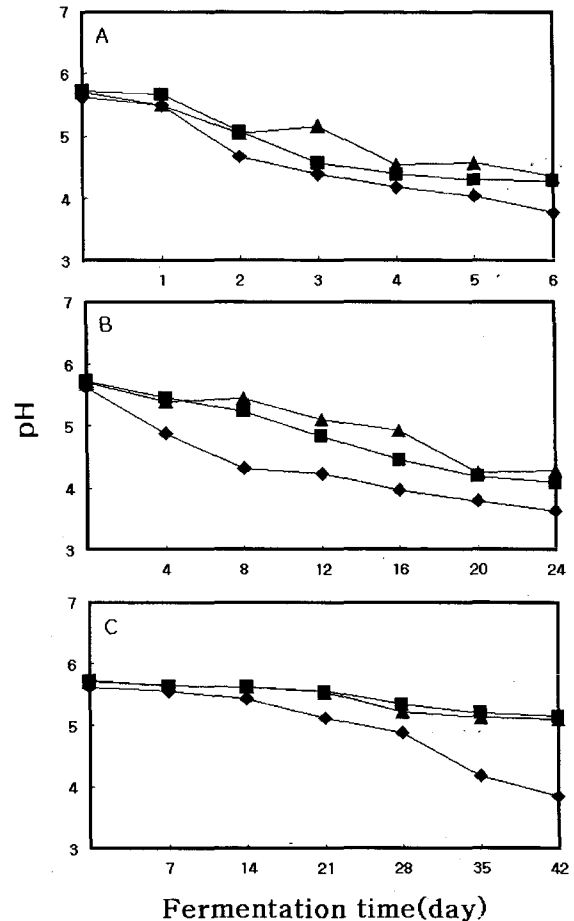


Fig. 1. Changes in pHs of control and treated Kimchi during fermentation at 20°C (A), 12°C (B) and 4°C (C) of storage temperatures. ◆—◆, Control; ■—■, *n*-Capric acid (CA); ▲—▲, *n*-Capric acid methyl ester (CE).

CE는 각각 20일과 24일로 나타났다. 저장온도에 따른 pH의 변화로 20°C와 12°C 저장온도에서는 저장 초기에 급격한 pH의 감소가 나타난 반면 4°C에서는 초기에 완만한 감소를 보였으며, 대조구의 경우 20°C에서 6일간 저장 후 pH 값은 12°C에서 20일, 4°C에서 42일 저장후의 값과 비슷하였다.

첨가물과 저장온도에 따른 산도변화는(Fig. 2) 저장초기 대조구, CA 및 CE의 산도는 각각 0.27, 0.25 및 0.26%로 나타났으나, 20°C에서 저장(Fig. 2A) 6일후에 대조구는 이미 가식기간이 지난¹⁶⁾ 1.13%를 보였으며, CA와 CE는 대조구의 4일째 저장수준 정도인 0.83과 0.79로 각각 나타나 대조구와 처리구간에 차이를 보였으며, 첨가물간에는 큰 차이를 나타내지 않았다. 이러한 양상은 12°C(Fig. 2B)와 20°C(Fig. 2C)의 저장에서도 비슷하였다. 저장온도에 따른 산도 변화는 대조구의 경우 최대 가식산도인 0.75%¹⁶⁾를 기준으로 할 때 20°C의 저장온도에서 가식기간은 담금 후 3일 정도이었으나 12°C에서는 담금 후 15일이었으며, 4°C에서는 42일 이후에도 가식이 가능하다고 할 수 있는 0.62% 수준이었다. 이는 저장온도에 따라서 가식기간이 매우 큰 차이를 나타낸다는 것을 알 수 있다.

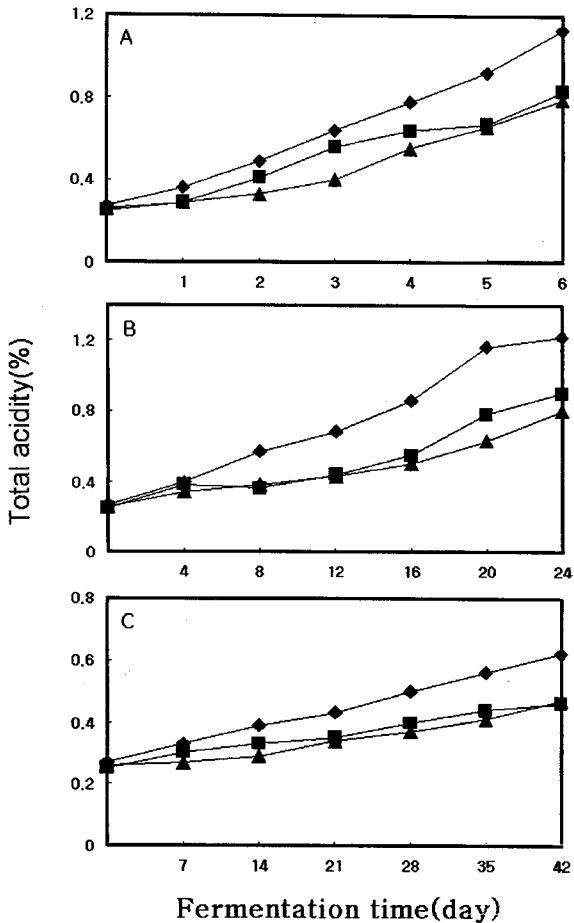


Fig. 2. Changes in acidities of control and treated Kimchi during fermentation at 20°C (A), 12°C (B) and 4°C (C) of storage temperatures. ◆—◆, Control; ■—■, *n*-Capric acid (CA); ▲—▲, *n*-Capric acid methyl ester (CE).

첨가물과 저장온도에 따른 총균수 변화

CA와 CE의 첨가에 따른 12°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 대조구와 처리구 모두 저장 8일째 가장 높은 수치를 보였고 그 이후는 완만한 감소를 나타내었다. 전 저장기간동안 대조구가 처리구에 비하여 높은 총균수를 보였으며 이는 CA와 CE의 항균 작용으로서 미생물 세포막에서의 이동을 억제시킴으로써 세포를 영양학적으로 고갈시키며, 산소 흡수 차단, 아미노산의 이행저해, 세포내 대사산물의 이행저해, 전리 수용체의 uncoupling에 의한 ATP regeneration 방지 등을 들 수 있다.¹²⁾

저장온도(20, 12, 4°C)에 따른 대조구 김치의 총균수 변화는 Fig. 4와 같으며 저장초기 4.6×10^6 에서 20°C 저장에서는 저장 3일째, 12°C에서는 저장 8일째, 4°C에서는 저장 28일째 최고치를 나타내었으며 전체적으로 저장온도가 낮을수록 총균수가 적게 나타났다. 최고치 이후 총균수의 감소정도는 저장온도가 높을수록 컸으며 이와 같은 현상은 고온에서 pH가 급히 하강하므로 생성된 산에 의해서 증식된 균이 사멸한 것으로 판단된다.¹⁹⁾

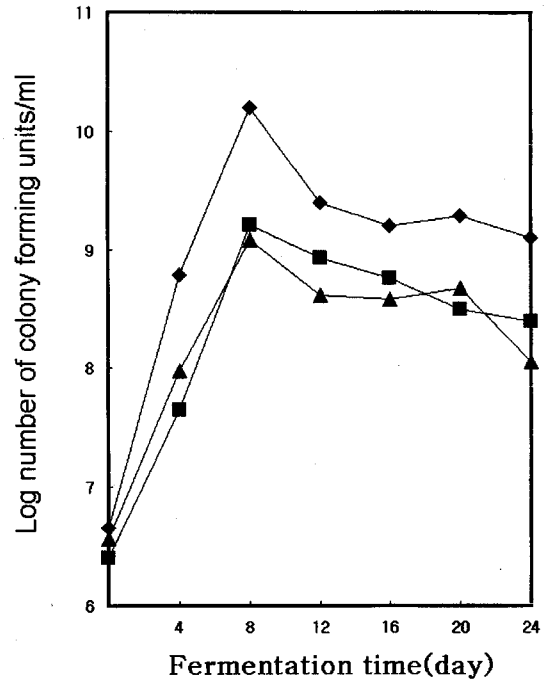


Fig. 3. Changes in the numbers of total viable count of control and treated Kimchi during fermentation at 12°C of storage temperatures. ◆—◆, Control; ■—■, *n*-Capric acid (CA); ▲—▲, *n*-Capric acid methyl ester (CE).

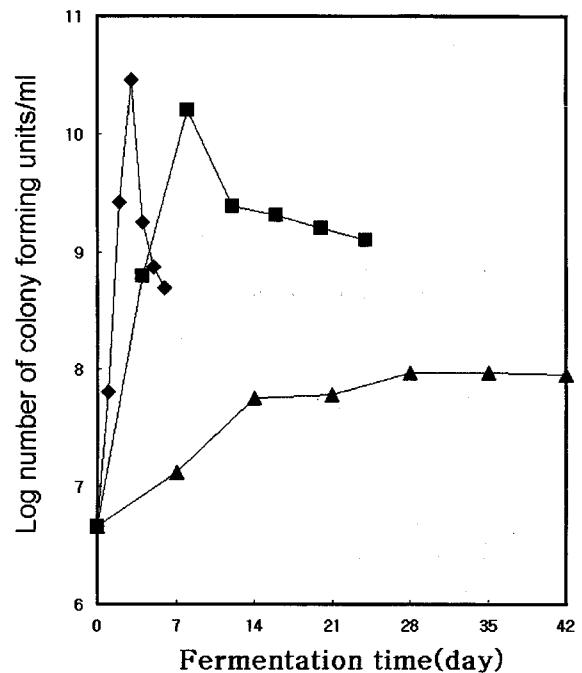


Fig. 4. Changes in the numbers of total viable count of control Kimchi during fermentation at various temperatures. ◆—◆, 20°C; ■—■, 12°C; ▲—▲, 4°C.

첨가물과 저장온도에 따른 *Leuconostoc*과 *Lactobacillus* 균수 변화

CA와 CE의 첨가에 따른 12°C저장중 김치의 *Leuconostoc*과 *Lactobacillus* 균수변화는 Fig. 5와 같다. 저장초기 대조구, CA 및 CE의 *Leuconostoc* 균수는 (Fig. 5A) 각각 1.1×10^6 ,

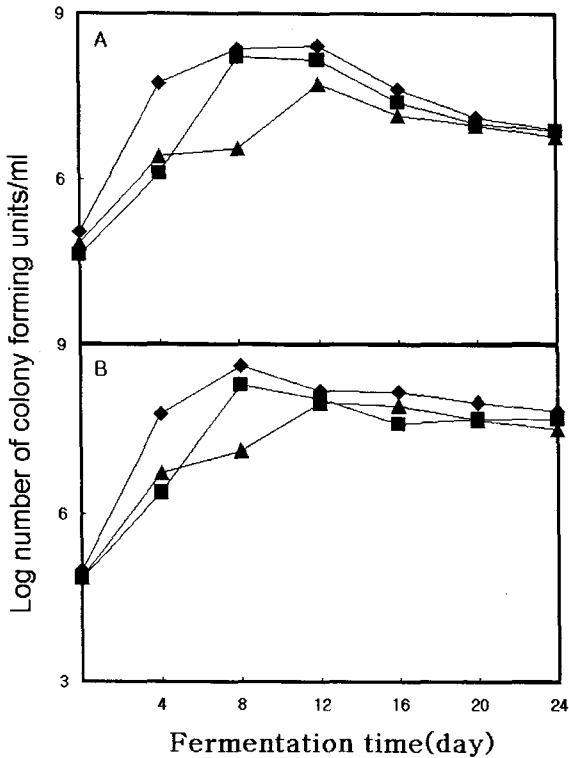


Fig. 5. Changes in the numbers of *Leuconostoc* (A) and *Lactobacillus* (B) of control and treated Kimchi during fermentation at 12°C of storage temperatures. ◆—◆, Control; ■—■, *n*-Capric acid (CA); ▲—▲, *n*-Capric acid methyl ester (CE).

4.3×10^4 및 6.9×10^4 이었으며 최고균수는 대조구(2.34×10^6)와 CE(3.55×10^6)는 저장 12일째 보였으며 CA(1.66×10^6)는 저장 8일째 나타났다. 이때, CE는 대조구의 약 1.5% 수준의 균수를 보였으며 전반적으로 CE가 CA보다 *Leuconostoc* 증식억제에 효과적이었다. *Leuconostoc*은 CO₂를 다량 생산하여 혐기성 상태를 제공하고 동시에 상쾌한 맛을 부여하는 등이 주된 역할이고 발효를 주도하지 못하는 것으로 알려져 있으며 젖산에 대하여 민감한 균주이지만 pH 4.2에서도 증식하는 것으로 알려져 있다.^{15,17)} *Lactobacillus*속 균주의 저장초기 수는(Fig. 5B) 대조구, CA 및 CE의 경우 각각 9.6×10^4 , 6.8×10^4 및 7.2×10^4 이었으며 대조구(4.37×10^6)와 CA(1.95×10^6)는 저장 8일째 최고치를 나타낸 반면 CE(9.55×10^7)는 저장 12일째 최고치를 보였으며 그 이후 감소 속도는 *Leuconostoc*에 비하여 작았다.

저장온도(20, 12, 4°C)에 따른 대조구 김치의 *Lactobacillus* 균수의 변화는 Fig. 6과 같다. 발효초기 *Lactobacillus* 수는 9.5×10^4 이었으며 20°C는 저장 3일째(1.15×10^8), 12°C는 저장 8일째(4.37×10^8), 4°C는 저장 21일째(4.37×10^7) 최고치를 나타내었으며 그 이후 저장 온도가 높을수록 급속한 감소를 보였다. 주요 감소요인은 세포분열을 하지 않으므로 autolysin이 분비되더라도 새로운 세포막을 합성할 수 없게 되고 자발적 분해(spontaneous lysis)가 일어남으로써 기인된다.¹²⁾

첨가물과 저장온도에 따른 yeast 균수 변화
CA와 CE의 첨가에 따른 20°C (Fig. 7A)와 4°C (Fig. 7B)

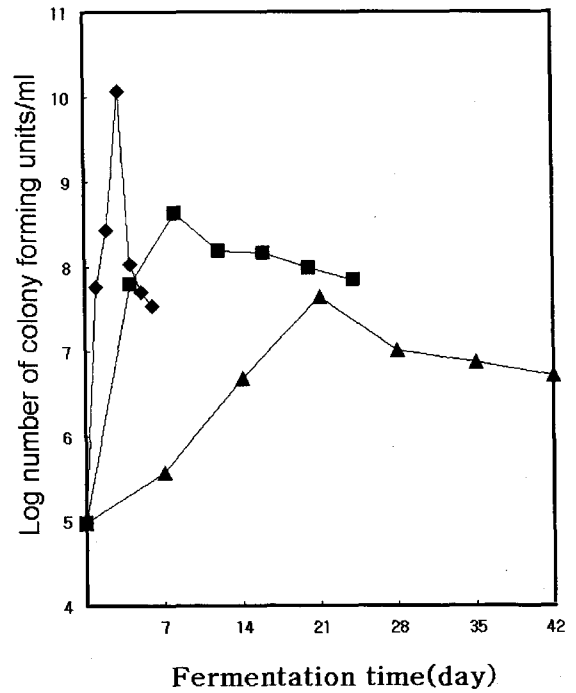


Fig. 6. Changes in the numbers of *Lactobacillus* of control Kimchi during fermentation at various temperatures. ◆—◆, 20°C; ■—■, 12°C; ▲—▲, 4°C.

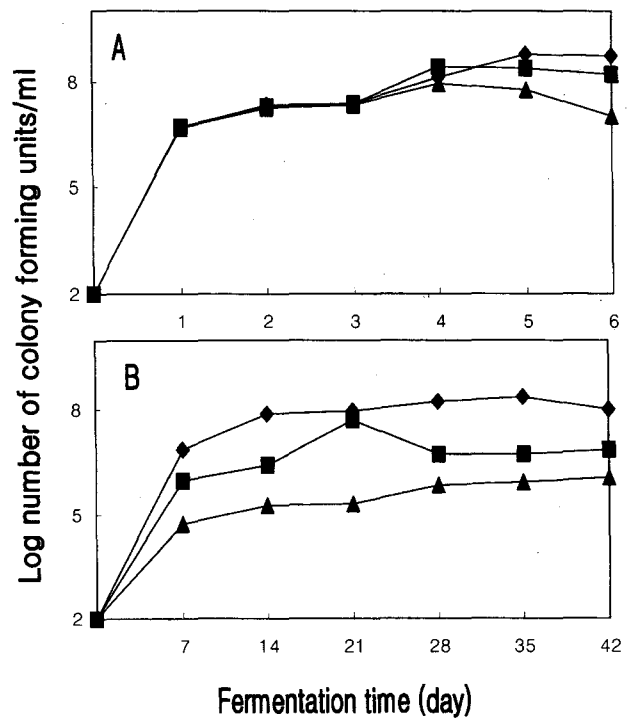


Fig. 7. Changes in the numbers of yeast of control and treated Kimchi at 20°C (A) and 4°C (B) of storage temperatures. ◆—◆, Control; ■—■, *n*-Capric acid (CA); ▲—▲, *n*-Capric acid methyl ester (CE).

의 저장중 yeast 변화는 20°C 저장에서 저장 3일째까지는 대조구와 처리구간에 거의 차이가 보이지 않았으나 저장 5일 이후 뚜렷한 차이를 나타냈다. 대조구는 저장시간이 길어짐에 따라서 지속적인 증가를 보인 반면 CA와 CE는 저

장 4일째 최대치를 나타내었으며 CE가 CA보다 yeast의 증식 억제에 효과적이었다. Yeast는 주로 발효말기에 펙틴분해효소의 분비로 김치의 조직연화와 부패 여건조성에 깊이 관여하는 것으로 알려져 있으며 일반 상품 김치의 경우 25°C에서 저장 12일째 최고수준에 도달한다고 하였다.¹⁸⁾ 4°C의 저장에서는 대조구의 경우 저장 35일째 최대치를 보였으며 이는 저온저장에서 yeast의 증식이 pH 4.0 부근에서 최대치를 보인다는 결과와¹⁹⁾ 일치하였다. 한편, 20°C보다는 4°C의 저온저장에서 처리구의 yeast 증식억제 효과가 컸으며 4°C에서도 CE가 CA보다 효과적이었다.

감사의 글

본 연구는 1998년도 한국과학재단 핵심전문연구(KOSEF 981-0608-034-1) 지원에 의한 연구결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Moon, G. S., Song, Y. S. and Jeon, Y. S. (1996) A study of famous traditional Kimchi in Pusan and near Pusan area. *Res. Bull. of Kimchi Sci. and Technol.* **2**, 1-8.
2. Choi, S. Y., Lee, M. H., Choi, K. S., Koo, Y. J. and Park, W. S. (1998) Changes of fermentation characteristics and sensory evaluation of Kimchi on different storage temperature. *Korean J. Food Sci. Technol.* **30**, 644-649.
3. Kang, K. O., Ku, K. H., Lee, H. J. and Kim, W. J. (1991) Effect of enzyme and inorganic salts addition and heat treatment on Kimchi fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.* **23**, 183-187.
4. Kim, M. H. and Chang, M. J. (1995) Influence of organic acid or ester addition on Kimchi fermentation. *Foods Biotechnol.* **4**, 146-149.
5. Moon, K. D., Byun, J. A., Kim, S. J. and Han, D. S. (1995) Screening of natural preservatives to inhibit Kimchi fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.* **27**, 257-263.
6. Kim, S. D. and Lee, S. H. (1988) Effect of sodium malate buffer as pH adjuster on the fermentation of Kimchi. *J. Korean Soc. Food Nutr.* **17**, 358-364.
7. Hong, W. S. and Yoon, S. (1989) The effect of low temperature heating and mustard oil on the Kimchi fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.* **21**, 331-337.
8. Park, W. P. and Kim, Z. U. (1991) The effect of species on the Kimchi fermentation. *J. Korean Agric. Chem. Soc.* **34**, 235-241.
9. Lee, S. H. and Choi, W. J. (1998) Effect of medicine herbs' extracts on the growth of lactic acid bacteria isolated from Kimchi and fermentation of Kimchi. *Korean J. Food Sci. Technol.* **30**, 624-629.
10. Kim, M. H., Oh, S. W., Hong, S. P. and Yoon, S. K. (1998) Antimicrobial characteristics of chitosan and chitosan oligosaccharides the microorganism related to Kimchi. *Korean J. Food Sci. Technol.* **30**, 1439-1447.
11. Yoo, E. J., Lim, H. S., Kim, H. M., Song, S. H. and Choi, M. R. (1998) The investigation of chitosanoligosaccharide for prolongating fermentation period of Kimchi. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **27**, 869-874.
12. Kabara, J. J. (1983) Medium chain fatty acids and esters. In 'Antimicrobials in Foods' Eds. Davison, P. M. and Branen, A. L. Marcel Dekker Inc. pp.307-342.
13. Beuchat, L. R. and Golden, D. A. (1989) Antimicrobials occurring naturally in foods. *Food Technol.* **43**, 134-142.
14. Giese, J. (1994) Antimicrobials : Assuring food safety. *Food Technol.* **48**, 102-110.
15. Shin, D. H., Kim, M. S., Han, J. S. and Lim, D. K. (1996) Changes of chemical composition and microflora in bottled vacuum packed Kimchi during storage at different temperature. *Korean J. Food Sci. Technol.* **28**, 127-136.
16. Lee, K. H., Cho, H. Y. and Pyun, Y. R. (1991) Kinetic modelling for the prediction of shelf-life of Kimchi based on total acidity as a quality index. *Korean J. Food Sci. Technol.* **23**, 306-310.
17. So, M. H. and Kim, Y. B. (1995) Cultural characteristics of psychrotropic lactic acid bacteria isolated from Kimchi. *Korean J. Food Sci. Technol.* **27**, 506-515.
18. Shin, D. H. (1994) Physicochemical and microbial properties of market Kimchi during fermentation in different containers. In 'The Science of Kimchi' Ed. *Korean J. food Sci. Technol.* pp.82-136.

Change of Fermentation Characteristic of Kimchi by n-Capric Acid or n-Capric Acid Methyl Ester Addition and Storage Temperature

Myung-Hwan Kim*, Byung-Yong Kim¹ and Tae-Young Ahn²(*Department of Food Engineering, Dankook University, Cheonan 330-714, Korea; ¹Department of Food Science and Technology, Kyung Hee University, Yongin 449-701, Korea; ²Department of Microbiology, Dankook University, Cheonan 330-714, Korea*)

Abstract : This study was conducted to investigate the effects of n-capric acid(CA) or n-capric acid methyl ester (CE) addition during salting process, and fermentation temperature on chemical and microbial changes of Kimchi. The pHs of control, CA and CE were 3.78, 4.28 and 4.35 after 6 days of storage at 20°C and were 3.85, 5.14 and 5.10 after 42 days of storage at 4°C, respectively. The effects of CA or CE addition at 4°C were higher than those at 20°C. The maximum edible acidity, 0.75%, was reached within 3 days at 20°C, 15 days at 12°C, and the acidity of 42 days at 4°C was 0.62% which was still lower value than the maximum edible acidity. Total bacteria, *Leuconostoc*, *Lactobacillus* and yeast counts of the control were higher value than those of the treatments through the whole fermentation period. The addition of CE at 4°C had much affected the reduction of yeast count. As microbial counts and reduction rates of control and treated Kimchi increased with increasing the storage temperature.

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

*Corresponding author