

젖산균과 온도가 김치발효에 미치는 영향(I)

조 영* · 이 혜 수**

*한국방송통신대학 가정학과 **서울대학교 가정대학 식품영양학과

Effect of Lactic Acid Bacteria and Temperature on Kimchi Fermentation (I)

Young Cho and Hei Soo Rhee

*Dept. of Home Economics, Korea Air and Correspondence University

**Dept. of Food and Nutrition, Seoul National University

Abstract

The effects of lactic acid bacteria on the chemical and microbial changes of fermented kimchi at various temperatures were studied. Kimchi was homogenized and was sterilized by ultra violet, then *Lactobacillus plantarum*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus brevis* and the mixture of these bacteria inoculated on sterilized kimchi, respectively.

The measurement of pH and total acidity, quantitative analysis of volatile organic acids and nonvolatile organic acids by gas chromatography were investigated while inoculated kimchi were fermented at 30°C, 21°C, 14°C and 7°C.

Sample I (original kimchi homogenate), Sample III (inoculated with *Leuconostoc mesenteroides*) and Sample VI (inoculated with mixed lactic acid bacteria) were alike in that changes of pH and total acidity and especially, these phenomena were prominent at 14°C.

Formic, acetic and heptenoic acid as volatile organic acid were detected by GC, and these acids formed mainly by *Leuconostoc mesenteroides* and *Lactobacillus brevis*. Sample III was more higher content than other samples at 14°C. As nonvolatile organic acid, lactic acid in all samples, citric acid in sample III at 21°C and 14°C, succinic acid in sample I at 30°C, 21°C, 14°C and sample V at 30°C were detected by GC.

서 론

최근들어 국제적인 식품으로서 인기가 높아지고 있는 김치류에 대한 단편적인 연구는 많으나 조직적이고 체계적인 연구는 미비한 실정인데 특히 김치의 향미성분에 관한 지금까지의 연구는 발효속성 중 개개의 성분 변화에 대한 연구이고 김치의 맛과 향에 관여하는 여러가지 성분의 변화에 대한 종합적인 연구는 미비하다¹⁻⁵⁾.

김치는 숙성되는 과정에서 젖산균 등의 여러가지 미생물들에 의해 단순한 젖산발효만이 아닌 복잡한 발효과정을 통하여 재료 중의 탄수화물, 아미노산 등으로부터 酸味, 旨味, 芳香을 내는 저분자 물질들을 생성함으로써 김치 특유의 맛을 갖게 된다.

젖산균 중에서 김치 발효 중에 주로 나타나는 것은 이상발효 젖산균인 *Lac. brevis*, *Leu. mesenteroides*, 정상발효 젖산균인 *Lac. plantarum*, *Ped. cerevisiae*, *Strep. faecalis* 등이라고⁶⁾ 한다. *Leu. mesenteroides*는 초기에 많이 번식하는데 이것은 번식과 동시에 이상젖산발효로 젖산과 CO₂를 생성하여 김치 내용을 산성화 및 혐기상태로 해주어서 호기성균의 생육을 억제하여 주는 중요한 역할을 한다⁷⁾고 한다. *Streptococcus*는 발효 초기에, *Pediococcus*는 중기에 활발한 번식을 보이며, *Lac. plantarum*과 *Lac. brevis*는 중기 이후에 관여한다^{7,8)}고 한다.

김치에서 분리된 이와같은 젖산균들이 실제로 김치 발효에 미치는 영향, 그리고 김치의 독특한 맛성분에 미치는 영향에 대해서 아직까지 구체적으로 밝혀진 바가 없다. 따라서 본 연구에서는 김치를 무균상태로 만든 후 이 젖산균들을 각각 접종하여 발효온도에 따라 이 젖산균들이 pH 및 산도, 휘발성산과 비휘발성산 등의 함량에 어떤 변화를 주는지에 대해서 알아보려고 하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료 및 시료 준비

1988년 10월 서울시 종로구 혜화동 농심 슈퍼마켓에서 중량 2.0~2.5 kg인 배추와 파, 생강을 구입하여 사용하였으며 고추와 마늘은 전북 순창에서 재배한 1988년産을, 소금은 제염염을 사용하였다.

배추를 2×3 cm 크기로 절단후 다음 배추 100 g당

15% 소금물 100 ml에 2시간 절인 후 물에 행구어 배추 100 g당 파 4 g, 마늘 2 g, 생강 1 g, 고추 2 g, 설탕 1 g의 비율로 혼합하여 10% 소금물을 가하여 2분간 마쇄한 후 8겹의 gauze에 여과하여 얻은 김치액으로 Table 1과 같은 6가지 시료를 준비하였다. 시료 I은 control group으로서 김치액을 그대로 사용한 것이며 나머지 시료 II~VI는 우선 김치액을 18시간 자외선 살균등(80 w, GL-15, Japan)으로 조사하여 살균한 다음 각각의 젖산균을 접종한 것이다. 실험에 사용한 젖산균들은 한국과학기술연구원 부설 유전공학센터의 유전자 은행(Korean Collection for Type Culture, KCTC)에서 분양 받은 것으로 *Lac. plantarum*은 KCTC 3099, *Leu. mesenteroides*는 KCTC 3100, *Ped. acidilactici*는 KCTC 3101, *Lac. brevis*는 KCTC 3102를 사용하였는데 이들 균을 각각 MRS 배지에 평판주거법에 의해 접종한 후 *Lac. plantarum*, *Ped. acidilactici*, *Lac. brevis*는 37°C의, 그리고 *Leu. mesenteroides*는 30°C의 항온기에서 48시간 배양하여 살균한 후 생리식염수로 1000배 희석한 다음 1ml씩 취하여 살균된 김치액 100 g에 접종한 후 완전 밀봉하여 30°C, 21°C, 14°C, 7°C의 항온기에서 발효시켰다.

Table 1. Preparation of sample for the experiment

Sample	Condition
I	Raw unsterilized kimchi juice
II	Sterilized kimchi juice + <i>Lac. plantarum</i>
III	Sterilized kimchi juice + <i>Leu. mesenteroides</i>
IV	Sterilized kimchi juice + <i>Ped. acidilactici</i>
V	Sterilized kimchi juice + <i>Lac. brevis</i>
VI	Sterilized kimchi juice + mixed lactic acid bacteria

2. 염도, pH 및 산도 측정

염도는 Mohr 법⁹⁾으로 식염양을 측정하여 백분율로 나타내었고 pH는 pH meter (Orion Research INC, U.S.A)로 측정하였다.

총산도는 시료 중 2 ml를 취하여 증류수로 50 ml로 정용한 후 0.1 N NaOH로 적정, lactic acid 양으로 환산하였다. 시료 100 g을 수증기 증류하여 얻은 증류액 중 20 ml를 취하여 0.1 N NaOH로 적정, acetic acid를

기준으로 하여 휘발성산의 산도를 구하였고 수증기 증류하고 남은 용액을 증류수로 100 ml로 정용한 후 이 중 20 ml를 취하여 0.1 N NaOH로 적정, lactic acid를 기준으로 하여 비휘발성산의 산도를 구하였다.

3. 휘발성 유기산의 분석

柳 등¹⁰⁾의 방법에 따라 시료 100 g을 40°C 이하에서 감압증류하여 ice bath 안에서 수집한 증류액을 Na 염으로 안정화시킨 다음 rotary evaporator로 감압 농축한 후 여기에 n-butanol 3 ml, Conc-H₂SO₄ 0.3 ml, 무수 Na₂SO₄ 2 g을 넣어 비등시켜 butyl ester로 만들었다. 이것을 n-hexane 10 ml로 추출한 다음 1 μl를 취하여 10% carbowax 200 M WHP 80/100 mesh로 충전된 GC (Hewlett packard 5890A gas chromatograph, 3390A integrator)로 분석하였는데, 표준 유기산으로는 formic acid, acetic acid를 사용하였다.

2 ml를 원침관에 취하여 80% ethanol 3 ml, lead acetate 포화용액(16 g/100 ml) 0.5 ml, 85% ethanol 15 ml를 넣어 잘 흔든 후에 실온에서 45분간 방치하였다. 이것을 5000 rpm으로 7분간 원심분리하여 상층액을 따라내고 다시 85% ethanol 15 ml를 넣고 원심분리하는 과정을 반복한 후 ethyl ether 5 ml를 잘 섞어 원심분리한 다음 ether 층을 따라내고 100°C oven에서 건조시킨 다음 silyating reagent (anhydrous pyridine : hexamethyl disilazane : trimethyl chlorosilane=9 : 3 : 1) 1.5 ml를 가하고 vortex mixer로 2~3분간 잘 섞은 후에 45°C의 항온수조에서 반응시켜 trimethylsilyl 유도체를 만들었다. 이 상층액 중 2 μl를 취하여 3% OV-1으로 충전된 column을 사용하여 GC로 분석하였는데 표준 유기산으로는 lactic, succinic, malic, citric acid를 사용하였다.

4. 비휘발성 유기산의 분석

Flores 등¹¹⁾의 방법을 수정하여 사용하였다. 시료 중

III. 결과 및 고찰

1. 염도, pH 및 총산도

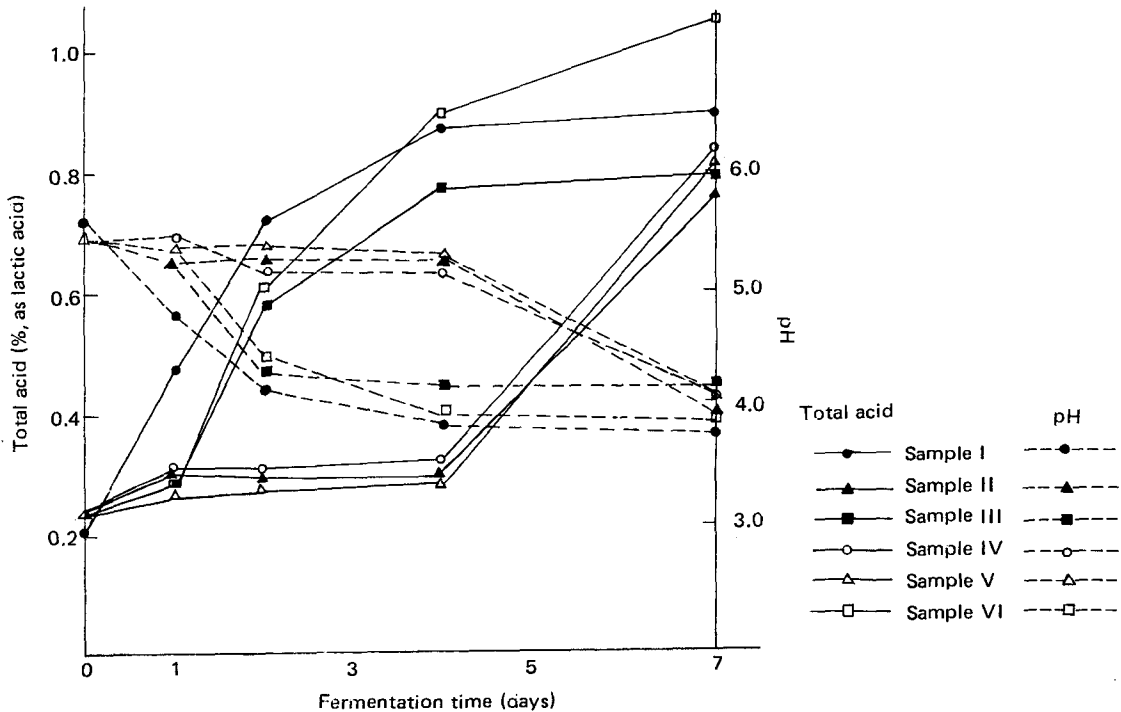


Fig. 1. Changes of total acid and pH during kimchi fermentation at 30°C.

실험에 사용한 김치액의 염도는 2.31%로, 여러 결과들^{12~17}과 비교했을 때 또는 관능검사 결과 적당한 정도의 짠맛이라고 판단되었다.

발효온도에 따라 pH와 총산도의 변화를 측정한 결과를 Fig. 1, 2, 3에 비교하여 제시하였다. 모든 온도에서 pH는 발효가 진행됨에 따라 점진적으로 저하되다가 4.0 이하에서부터 그 변화가 비교적 완만해졌으며 이는 李와 梁¹⁸, 鄭등¹⁹, 閔과 權¹²의 실험 결과와 일치하는 경향이었으며 sauerkraut이기는 하나 Pederson²⁰의 결과와도 일치하였다.

30°C에서 시료를 발효시킨 경우(Fig. 1), control group(sample I)에서의 pH 및 총산도 변화가 가장 컸으며, *Leu. mesenteroides*를 접종한 시료(sample III)와 4종의 젖산균을 혼합접종한 시료(sample VI)에서의 pH 및 총산도 변화양상은 control group의 경우와 매우 유사하였다. 그러나 *Lac. plantarum*을 접종한 시료(sample II)나 *Ped. acidilactici*를 접종한 시료(sample IV), 그리고 *Lac. brevis*를 접종한 시료(sample V)는 4일째까지도 pH 및 총산도의 현저한 변화를 보

이지 않았고 7일이 지나서야 pH 및 총산도가 감소하였는데 이와같은 결과는 *Leu. mesenteroides*가 김치 발효 초기에, *Lac. plantarum*, *Ped. acidilactici*, *Lac. brevis* 등은 발효 중, 후반에 활발한 번식을 보인다²¹)는 사실과 잘 일치하였다. Sample III의 경우 pH의 감소가 가장 빨리 나타나는 점에서는 Stamer 등²²의 연구 결과와 본 실험의 결과가 일치하나 30°C에서 2~4일내에 pH의 급격한 감소를 보인 상기의 연구 결과와 본 실험의 결과에 차이가 있는 것은 실험재료가 다르고 살균 방법도 다르기 때문이라고 생각되며 이에 대해서는 추후에 더 연구되어야 하리라고 본다.

21°C에서 시료를 발효시킨 경우(Fig. 2), 역시 sample I의 pH 및 총산도 변화가 가장 컸으며 sample III와 sample VI의 pH 및 총산도 변화 양상은 sample I과 매우 유사하였다. 또한 sample IV와 sample V의 pH 및 총산도가 발효 20일째에 급격히 떨어졌으나 sample II는 20일째까지도 현저한 변화가 없었다. 이런 사실로 미루어 좀 더 발효기간을 연장한 실험이 계속되어야 할 것으로 생각된다.

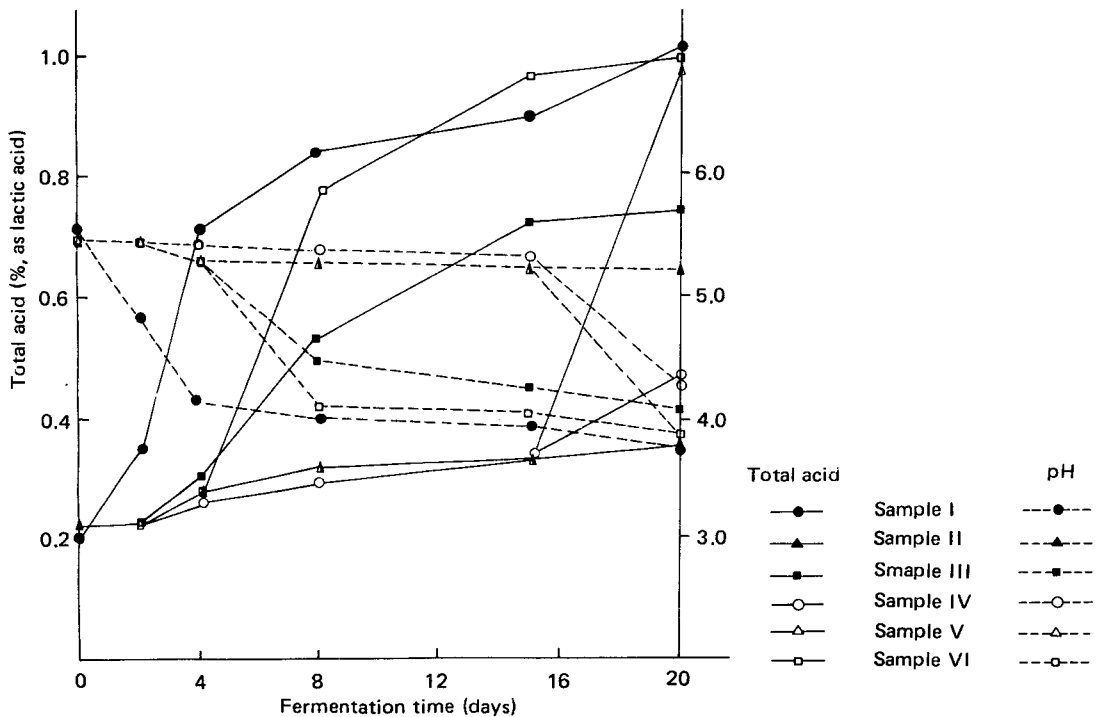


Fig. 2. Changes of total acid and pH during kimchi fermentation.

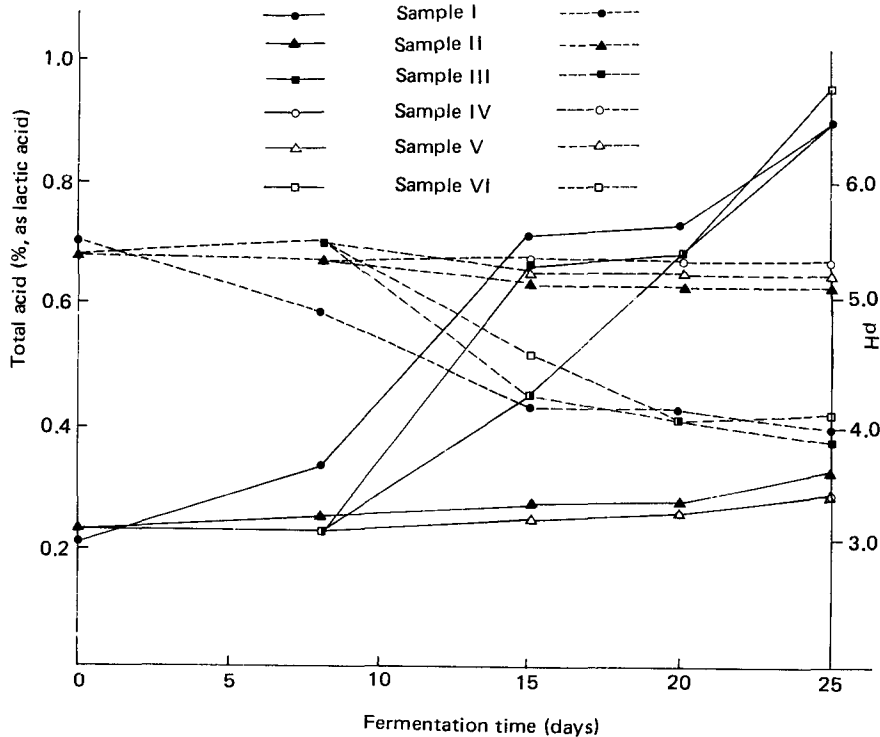


Fig. 3. Changes of total acid and pH during kimchi fermentation at 14°C.

14°C에서 시료들을 발효시킨 경우 (Fig. 3), 역시 sample I 과 sample III, 그리고 sample VI에서만 pH 및 총산도의 변화양상이 뚜렷하게 나타났다. 특히 sample III가 다른 시료들과는 달리 14°C에서 sample I 이나 sample VI와 비슷한 변화양상을 나타낸 것은 주목할만하다.

관능검사 결과 30°C에서 sample I 은 1~2일째에, sample III와 sample VI는 2일째에 알맞게 익었다고 여겨지며 21°C에서는 sample I 이 2~4일째에, sample III가 8일째에, 14°C에서는 sample I, sample II가 15일째에 알맞게 익었다고 여겨졌는데, 이는 다른 연구결과들^{12,24,25}과도 일치하였다.

시료를 7°C에서 발효시킨 경우에는 pH 및 총산도의 변화가 상당히 작았으며, 특히 sample II와 sample IV에 있어서 거의 pH 및 총산도의 변화가 나타나지 않았는데 이것은 거의 발효가 진행되지 못했음을 시사해준다. *Lac. plantarum*의 생육 최적온도는 30~35°C, *Ped. acidilactici*는 20~30°C²⁶로, *Lac. plantarum*, *Ped. acidilactici*, *Lac. brevis* 등의 젖산균들은 *Leu.*

*mesenteroides*보다 생육 최적온도가 높고 저온에서는 잘 자라지 못하므로 sample II, IV, V는 저온에서 발효를 진행하지 못한 것으로 보인다. 이와같은 결과는 권과 권¹²의 연구 결과와 일치된다.

발효온도에 따른 시료별 pH 및 총산도의 변화는 Fig. 4와 같다. 모든 시료에 있어서 발효온도가 높을수록 pH 및 총산도의 변화는 크게 나타났는데 이는 많은 보고^{10,12-15}와 일치하는 경향이였다. Sample I 은 30°C에서 발효 1~2일째에 pH 및 총산도의 현저한 변화를 보였고 7°C에서는 아주 완만한 변화를 보였다. Sample II 는 30°C에서 발효 7일째에 pH 및 총산도의 현저한 변화를 보였고 21°C에서는 pH 및 총산도의 변화가 완만하였으며 14°C와 7°C에서는 거의 변화를 보이지 않았다. Sample III에 있어서 30°C에서 2일째에, 21°C에서는 8일째에, 14°C에서는 15일째에 pH 및 총산도의 변화가 현저하였으며 역시 7°C에서는 완만한 변화를 보였다. Sample IV와 sample V의 pH 및 총산도의 변화양상은 비슷하나 21°C에서 발효 20일째에 sample V의 pH 및 총산도의 변화가 더 뚜렷하였다. 이러한 결과는 *Lac.*

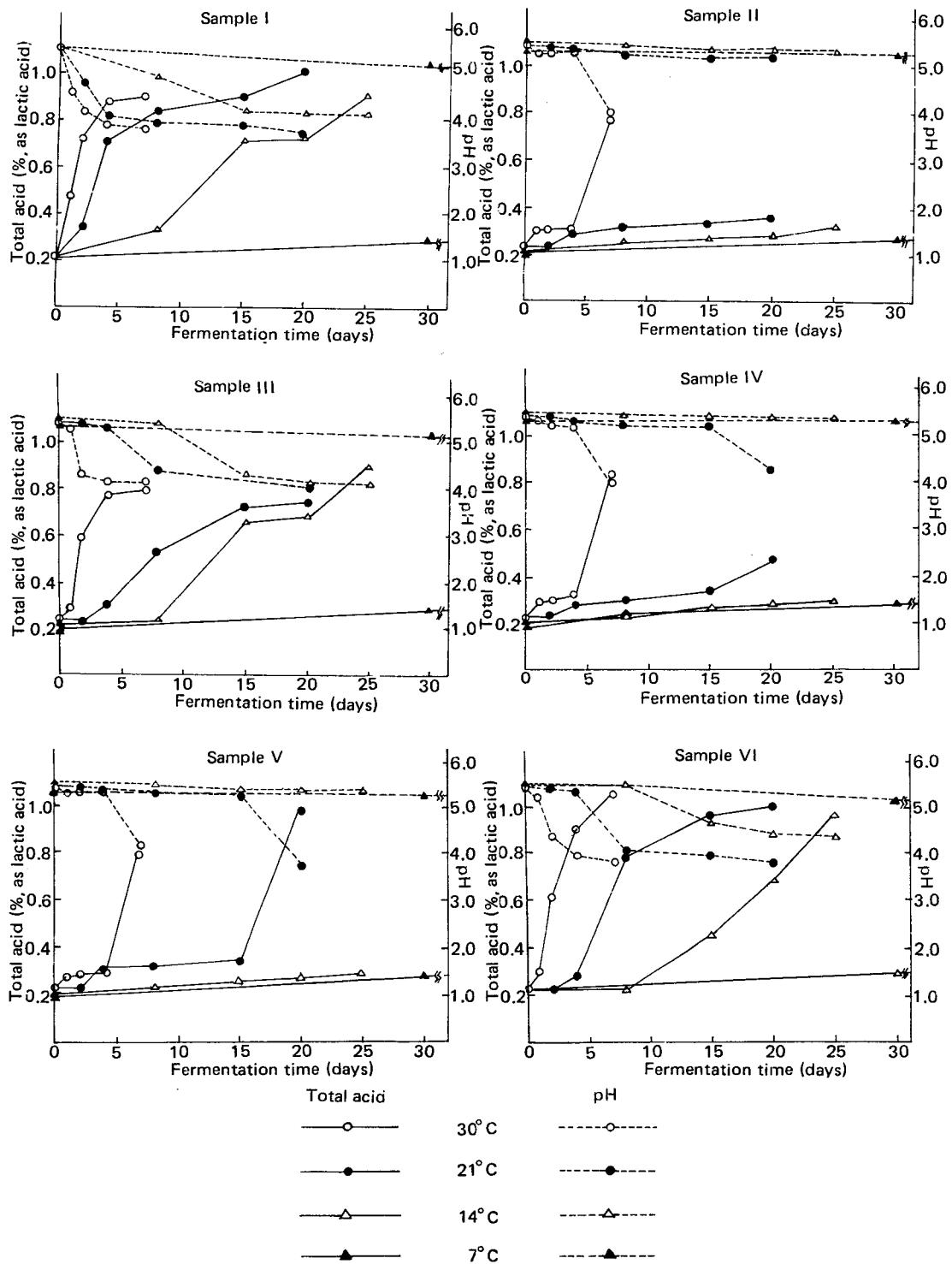


Fig. 4. Changes of total acid and pH during kimchi fermentation at different temperatures.

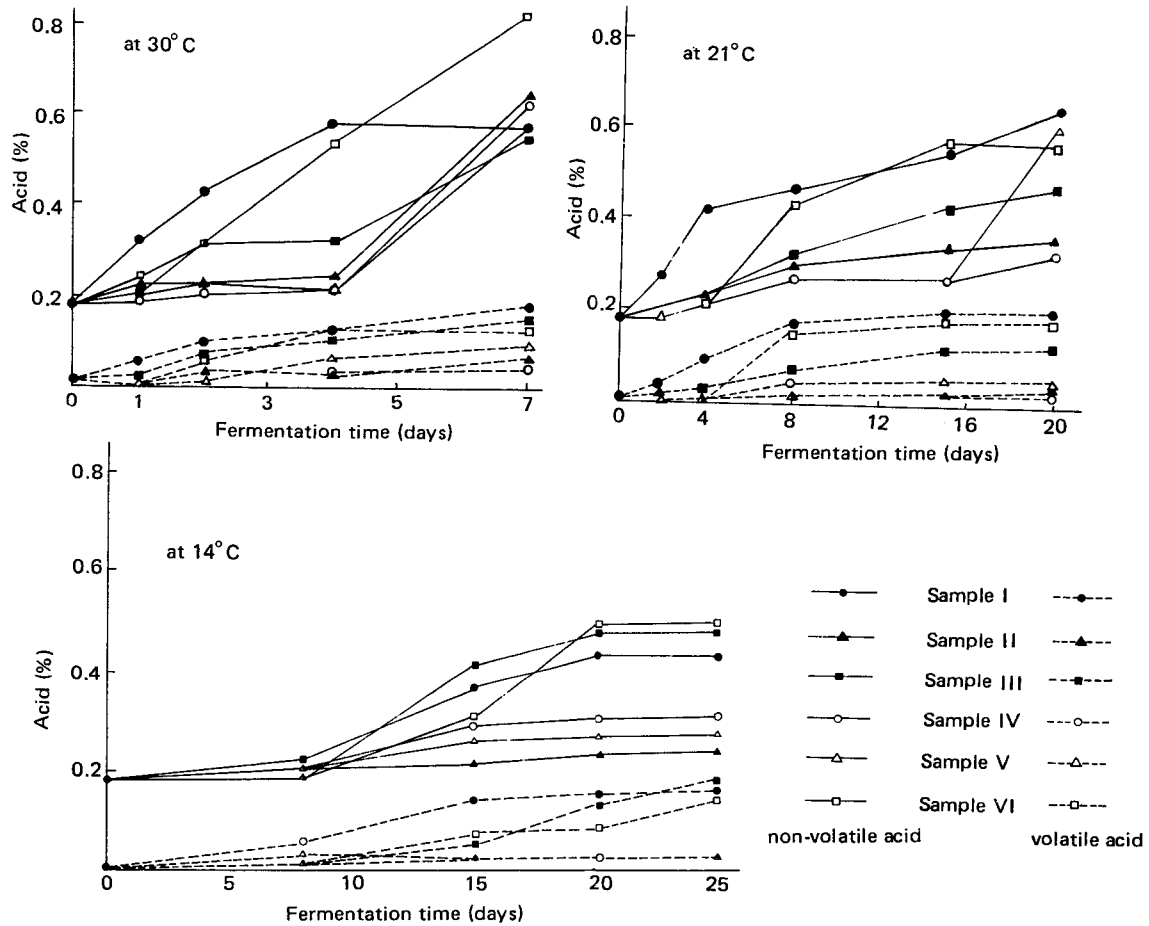


Fig. 5. Changes of volatile and nonvolatile acid during kimchi fermentation at different temperatures.

*brevis*의 생육 최적온도(30°C)가 *Ped. acidilactici*의 생육 최적온도(40°C)보다 더 낮은 때문²⁶⁾으로 보인다. Sample VI는 30°C에서 2일째에, 21°C에서 8일째에, 14°C에서는 15일째에 pH 및 총산도의 변화가 현저하였으며 7°C에서는 완만한 변화를 나타내었다.

모든 온도에서 sample III는 sample I이나 VI와 유사한 변화양상을 나타낸 것은 특기할만하다. 즉 pH와 총산도의 변화로 보아 control group에 *Leu. mesenteroides*가 많이 생육되고 있었다고 말할 수 있고 또 sample VI의 pH와 총산도의 변화 정도는 주로 *Leu. mesenteroides*의 영향을 받은 것이 아닌가 생각된다.

2. 휘발성산과 비휘발성산의 함량 변화

발효온도에 따른 휘발성산과 비휘발성산의 함량 변화를 Fig.5에 비교하여 제시하였다. 대체로 발효온도가 높을수록 휘발성산과 비휘발성산의 함량이 높음을 알 수 있는데, 이러한 경향은 젖산균을 한가지씩 각각 접종한 시료들 (sample II, III, IV, V)에 있어서 더욱 뚜렷하게 나타났다. 대체로 휘발성산의 생성은 모든 온도에서 sample I, III, VI, V의 순서로 많았으며 sample II와 IV는 아주 적은 양의 휘발성산이 생성되었다. 또한 비휘발성산의 생성은 sample VI에서 발효 7일째에 현저하게 많았으나, 대체적으로 sample I, VI, III, II의 순서로 많았으며 sample IV와 V는 아주 적은 양의 비휘발성산

이 생성되었다.

Stamer 등²²⁾의 연구 결과에 의하면 *Leu. mesenteroides*나 *Lac. brevis*를 접종한 sauerkraut juice에서는 *Lac. plantarum*이나 *Ped. cerevisiae*를 접종한 경우보다 30°C에서 휘발성산의 함량은 더 높고 비휘발성산의 함량은 더 낮았다. 본 실험 결과에서도 휘발성산의 산도에 있어서 Stamer 등²²⁾의 연구 결과와 마찬가지로 경향을 보였으며, sample II, IV, V의 발효가 느리게 진행되었으나 발효 7일째부터는 sample III나 sample V보다 비휘발성산의 산도가 더 높게 나타나기 시작한 것으로 미루어 보아 실험을 더 계속한다면 역시 Stamer 등²²⁾의 연구 결과와 일치하리라고 본다.

pH 및 총산도의 변화에서와 마찬가지로 특히 14°C에서 sample III의 비휘발성산의 함량 변화가 sample I이나 sample VI의 경우와 유사하게 나타난 것은 주목할 만 하다.

3. 휘발성 유기산

모든 시료에서 acetic acid가 검출되었고, formic

acid는 sample I을 7°C에서 발효시킨 30일, 45일, 60일째에 소량 나타났으며, 또한 sample III를 14°C에서 25일 발효시킨 경우에도 소량 검출되었다.

발효온도 및 발효시간에 따라 GC로 검출한 acetic acid의 함량 변화는 Table 2와 같다. Acetic acid는 sample I을 제외하고는 발효초기에 거의 존재하지 않다가 sample III나 V, 그리고 sample VI에서 발효시간이 길어짐에 따라 점차 증가하는 경향이였다. 정상발효 젖산균을 접종한 sample II와 IV에서는 acetic acid의 함량이 다른 시료에 비해 훨씬 낮았다.

Sample I과 VI는 21°C에서 발효시킬 때 acetic acid의 함량이 많았으며 이와같은 결과는 Fig. 5의 내용과 잘 일치한다. Sample III에서 다른 발효온도에서보다 14°C에서 acetic acid의 함량이 높은 것으로 나타났다. 또한 7°C에서 발효시킬 경우 sample I을 제외하고 다른 시료들에서는 acetic acid가 검출되지 않거나 trace로 검출되었다. Sample I과 VI에서의 acetic acid 함량 변화가 매우 유사한 양상을 나타내었는데 이러한 결과는 Fig. 5의 휘발성산의 변화양상과 비교해보면 대체

Table 2. Changes of acetic acid during kimchi fermentation at various temperatures (mg/100g of kimchi)

Temp.	Sample Day	I	II	III	IV	V	VI
	0	0.012	n.d.*	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
30°C	1	0.021	n.d.	n.d.	n.d.	trace	0.027
	2	0.589	trace	0.502	n.d.	trace	0.378
	4	0.717	trace	0.666	trace	trace	0.689
	7	0.833	trace	0.774	trace	0.721	0.686
21°C	2	0.189	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	4	0.807	trace	0.231	trace	n.d.	0.747
	8	1.511	trace	0.453	trace	trace	1.396
	15	1.180	trace	0.470	trace	trace	1.388
	20	1.789	trace	0.483	trace	0.669	1.393
14°C	8	0.062	n.d.	0.016	n.d.	n.d.	0.011
	15	1.444	trace	0.424	n.d.	n.d.	0.324
	20	1.610	trace	1.414	trace	n.d.	0.688
	25	1.796	trace	1.284**	trace	0.140	1.692
7°C	30	0.039**	n.d.	trace	n.d.	trace	trace
	45	0.038**	n.d.	trace	n.d.	trace	trace
	60	0.040**	n.d.	trace	n.d.	trace	trace

* n.d. : not detectable

** : contained formic acid

로 유사하나 sample III의 경우에 있어서 21°C에서의 acetic acid 함량이 상당히 낮게 나타났는데, 이는 시료들을 오래 보관하면서 GC 분석을 행한 것으로 인한 차이라고 생각된다.

Table 2에 의하면 정상발효 젖산균을 접종한 sample II나 IV의 acetic acid 함량은 trace이거나 검출되지 않았으며 이상발효 젖산균을 접종한 sample III나 V에서 acetic acid의 함량이 훨씬 많음으로 미루어보다, 김치의 발효시 생성되는 acetic acid, formic acid 등의 휘발성 유기산은 *Leu. mesenteroides*나 *Lac. brevis* 등과 같은 이상발효 젖산균에 의해 주로 생성되는 것이 분명하다¹²⁾고 할 수 있다.

과과 李¹⁵⁾는 김치 숙성과정 중 acetic acid와 formic acid를 휘발성 유기산으로서 확인, 보고하였으며, 재료의 종류에 관찰한 柳¹⁰⁾의 연구에서는 formic, acetic, propionic, butyric, valeric, caproic, heptanoic acid 등이 검출되었다. 그런데 과과 李¹⁵⁾의 연구에서는 50g의 시료를 柳¹⁰⁾의 연구에서는 300g의 시료를 사용한 것에 반하여, 본 실험에서는 100g의 시료를 사용하였으므로 이와같은 시료 양의 차이로 인하여 전술한 연구들

의 결과와 본 실험의 결과에 차이가 있는 것으로 생각된다.

4. 비휘발성 유기산

모든 시료에서 lactic acid가 검출되었으며, 정상발효 젖산균을 접종한 sample II나 IV에서는 lactic acid만이 검출되었으나 이상발효 젖산균을 접종한 sample III와 V, 그리고 sample I과 IV등에서는 lactic acid 이외에도 malic acid나 succinic acid, citric acid 등이 검출되었다. 즉 sample III에 있어서 21°C에서 발효 8일째(16.97 mg/100 g of kimchi)에 14°C에서 발효 15일째(1.67 mg/100 g), 20일째(1.41 mg/100 g), 25일째(11.31 mg/100 g)에 citric acid가 검출되었다.

김치에 상쾌한 신맛을 부여해준다고 알려진 succinic acid는 sample I을 30°C(51.91~239.71 mg/100 g)에서 발효시킬 때 검출되었는데 그 함량은 숙성 적기까지 증가하다가 다시 감소하는 경향이었고, sample V를 30°C에서 발효시켰을 때 4일째(58.66 mg/100 g), 7일째(206.65 mg)에 succinic acid가 검출되었을 뿐 그외의 시료에서는 검출되지 않았다. 이러한 사실로 미루어

Table 3. Changes of lactic acid during kimchi fermentation at various temperatures (mg/100g of Kimchi)

Sample Temp.	Day	I	II	III	IV	V	VI
	0	57.52	83.29	83.29	83.29	83.29	83.29
30°C	1	133.97	91.18	110.06	125.86	106.01	129.80
	2	144.49	123.29	202.76	125.24	207.69	207.63
	4	369.55	187.00	296.97	216.66	209.56	306.21
	7	382.20	204.58	314.74	231.33	416.72	323.01
	2	82.73	50.28	85.87	35.51	68.49	73.31
21°C	4	144.74	89.01	119.09	40.88	83.48	96.37
	8	132.91	112.30	141.00	66.97	92.41	125.51
	15	177.45	130.83	228.10	174.24	116.20	150.86
	20	258.72	152.88	219.54	179.35	143.83	179.52
	8	54.46	29.94	62.96	53.74		69.73
14°C	15	92.67	50.23	85.33	69.77	55.23	83.88
	20	99.78	51.75	111.28	74.46	61.56	100.38
	25	141.59	68.52	113.80	83.88	77.26	108.44
	30	37.99	27.89	47.14	31.78	27.12	19.32
7°C	45	45.49	40.60	50.14	40.76	41.55	44.80
	60	47.06	47.68	55.33	41.31	44.44	48.33

김치 중의 succinic acid는 *Lac. plantarum*, *Leu. mesenteroides* 또는 *Ped. acidilactici*가 아닌 어떤 다른 미생물이나 *Lac. brevis*에 의해 생성되는 것으로 보인다.

Malic acid는 sample I, III, V, VI에서 발효 초기에 많았으며(42.23~301.50 mg/100 g), 특히 sample V의 경우 30°C에서 발효초기에 현저하게 많았다가 시간이 경과함에 따라 없어지는 것으로 나타났는데, 이와같은 경향은 柳 등¹⁰⁾의 연구 결과와 일치한다. 7°C에서 발효시킨 경우 malic acid는 검출되지 않거나 소량(1.52~23.16 mg/100 g) 검출되었다.

발효온도 및 시간에 따라 검출한 lactic acid의 변화는 Table 3과 같다. 모든 시료에서 lactic acid의 양은 발효기간 중 점차로 증가하였으며 특히 발효 온도가 높을수록 많은 양의 lactic acid가 생성되는 것으로 나타났다. Lactic acid의 함량은 대체로 sample I에서 가장 높았고 그 다음 sample VI, III, IV, II, V의 순서로 나타났다. 7°C에서는 거의 모든 시료에서 lactic acid의 함량이 낮았으며 특히 sample IV, V에서는 더욱 낮은 함량을 보였다.

Table 3과 Fig. 1~5를 비교해 볼 때 lactic acid의 함량 변화와 산도 변화의 경향이 유사한 것으로 미루어 김치의 산도는 주로 lactic acid의 생성과 상관이 깊다고 생각된다.

IV. 요 약

김치 발효 중에 주로 나타나는 *Lac. plantarum*, *Leu. mesenteroides*, *Ped. acidilactici*, *Lac. brevis* 등의 젖산균들이 김치 발효에 미치는 영향을 규명하고자, 이 젖산균들을 순수배양하여 염도 2.31%의 김치즙에 접종한 후 30°C, 21°C, 14°C, 7°C에서 발효시키면서 pH 및 총산도의 변화, 휘발성 유기산과 비휘발성 유기산의 변화를 관찰하였다.

Control group과 *Leu. mesenteroides*를 접종한 시료, 4종의 젖산균을 혼합 접종한 시료들의 발효온도에 따른 pH 및 산도 변화 경향은 서로 매우 유사하며, 특히 14°C에서 이러한 경향은 더 뚜렷하게 나타났다. *Lac. plantarum*이나 *Ped. acidilactici* 그리고 *Lac. brevis*를 접종한 시료들은 control group이나 *Leu. mesenteroides*, 4종의 젖산균을 혼합접종한 시료보다 더 느리게

pH 및 총산도가 변화하였으며 특히 14°C에서는 control group과 *Leu. mesenteroides* 그리고 4종의 젖산균을 혼합 접종한 시료에서만 발효가 진행되었다.

휘발성산과 비휘발성산의 변화 양상도 control group, *Leu. mesenteroides*를 접종한 시료, 4종의 젖산균을 혼합 접종한 시료에 있어서 서로 매우 유사하였다.

검출한 휘발성 유기산으로는 formic, acetic acid뿐이었으며, 이들은 *Leu. mesenteroides*나 *Lac. brevis* 등에 의해 주로 생성됨을 알 수 있다. *Leu. mesenteroides*를 접종한 시료에서 다른 발효온도에서보다 14°C에서 acetic acid의 함량이 높았다.

비휘발성 유기산은 모든 시료에서 lactic acid가 검출되었고, *Leu. mesenteroides*를 접종한 시료에서 21°C와 14°C에 citric acid가 검출되었으며 succinic acid는 control group과 *Lac. brevis*를 접종한 시료에서 검출되었다.

참 고 문 헌

- 1) 허우덕 외 : 김치의 저장 중 향미성분의 변화, 한국식품과학회지 20(4):511, 1988.
- 2) 이승교, 전승규 : 김치의 숙성에 미치는 온도의 영향, 한국영양식량학회지 11(3):63, 1982.
- 3) 유태종, 정동효, 김치의 공업적 생산을 위한 공업 표준화에 관한 연구(제1보 공업적 생산을 위한 조사), 한국식품과학회지 6(2):116, 1974.
- 4) 이상우 : 중·한·일에서의 김치류의 변천과 교류에 관한 연구, 한국영양식량학회지 4(1):71, 1975.
- 5) 이상금 외 : 마늘 첨가량을 달리한 김치의 숙성에 따른 변화, 한국식품과학회지 21(1):68, 1989.
- 6) 김호식, 황규찬 : 김치의 미생물학적 연구(1) 혐기성 세균의 분리와 동정, 과연회보 4(1):56, 1959.
- 7) 김호식, 전재근 : 김치 발효 중의 세균의 동적변화에 관한 연구. 원자력 논문집 6:112, 1966.
- 8) Banwart, JG: Basic food microbiology, AVI Publishing Company, INC, 290.
- 9) A.O.A.C: Official Methods of Analysis 11th, 875, 1970.
- 10) 류재연 외 : 재료의 종류에 따른 김치의 유기산 및 휘발성 향미성분의 변화, 한국식품과학회지 6(2):169, 1984.
- 11) Flores, E.F. 외: GLC Determination of Organic acids in Fruits as their Trimethylsilyl DErivatives, J.A.O. A.C. 53:17, 1970.
- 12) 민태익, 권태완 : 김치발효에 미치는 온도 및 식염 농

- 도의 영향, 한국식품과학회지 **16(4):443**, 1984.
- 13) 우경자, 고경희 : 절임정도에 따른 김치의 질감과 맛에 관한 연구. 한국조기과학회지 **511:31**, 1989.
 - 14) 김현옥, 이혜수 : 숙성온도에 따른 김치의 비휘발성 유기산에 관한 연구. 한국식품과학회지 **7:74**, 1975.
 - 15) 천중희, 이혜수 : 김치의 휘발성 유기산과 이산화탄소에 관한 연구. 한국식품과학회지 **8(2):90**, 1976.
 - 16) 윤진숙, 이혜수 : 김치의 휘발성 향미성분에 관한 연구. 한국식품과학회지 **9(2):16**, 1977.
 - 17) 조영, 이혜수 : 김치의 맛성분에 관한 연구. 한국식품과학회지 **111(1):26**, 1979.
 - 18) 이향희, 양익환 : 우리나라 김치의 포장과 저장법에 관한 연구. 한국농화학회지 **13(3):207**, 1970.
 - 19) 정하숙 外 : 당류가 김치의 발효와 ascorbic acid의 안정도에 미치는 영향, 한국영양학회지 **18(1):36**, 1985.
 - 20) Pederson, C, S and Albury, M.N: The effect of sate upon the bacteriological and chemical changes in fermenting cucumbers, N.Y. State Aglic. Exp. Stn. Bull, 288, 1949.
 - 21) Pederson, C.S. and Albury M.N., The Influence of salt and temperatune on microflora of sauerkraut fermentation. *Food Technology* **8(1):1**, 1954.
 - 22) Stamer, J.R. 外: Growth rates and bacteria associated with the sauerkraut fermentation, *J. Milk Food Technol* **34(11):521**, 1971.
 - 23) Song, S.H. 外: Report Army Res. Test. Lab. 5, 5, 1966.
 - 24) 구경형 외 : 김치의 발효과정 중 품질변화, 한국시규품과학회지 **20(4):476**, 1988.
 - 25) Pederson, C.S. and Bagg, J.V. The cause of varisitions in the felationship between titrahle acidity and [H] among lactic acid bacteria. *J. Bacteriology*, **48:559**, 1944.
 - 26) Buchanan, R.E and G: Bbons, N.E., *Bergey's manual of determinative bacterialoby*. Williams and Williams Co. 510, 1974.