Korean J. Food & Nutr. Vol. 14. No. 6. 512~520 (2001)

THE KOREAN JOURNAL OF
FOOD AND NUTRITION
한국식품영양학회지

과숙김치의 생물 · 화학적 특성

문영자*† · 백경아** · 성창근**

* 우송정보대학 식품영양과, **충남대학교 농과대학 식품공학과

Characterization of Biological Chemistry from Over Ripened Kimchi

Young-Ja Moon*†, Kyung-A Baek and Chang-Keun Sung****

** Dept. of Food and Nutrition, Woosong Information College, Taejon 300-715, Korea*

*** Dept. of Food Science and Technology, College of Agriculture, Chungnam National University*

Abstract

Kimchi is one of the traditional Korean food and a very popular side dish in Korea. To obtain fundamental data on how to prevent over ripening in kimchi after acidity of 0.4% was reached during the lactate fermentation, the physicochemical characteristics such as pH, acidity, organic acids, enzyme activity were measured and the time dependent ecology of microorganism were observed.

In the initial stages of fermentation, the pH of kimchi was markedly changed and slowly decreased in 0.5% acidity. The acidity was slowly increased and markedly increased in pH 4 by growth of microorganism. HPLC analysis showed oxalic acid, lactic acid, acetic acid, malic acid and succinic acid and this results reconfirmed by GC-MSD. Lactic acid was changed a lot during fermentation period as the time of storage went on, where as malic was decreased.

Kimchi A, having acidity of 0.75%, showed the highest acidic protease and lipase activity. Also, the amylase activity was high in kimchi C, having 0.95% acidity.

The total viable bacteria showed 8.1×10^5, 4.7×10^4, 1.2×10^3, 3.2×10^4, 4.9×10^5cfu/ml in the kimchi A, B, C, D and E, respectively. The numbers of lactic acid bacteria counted 1.0×10^5, 1.3×10^5, 1.2×10^3, 2.3×10^3, 2.1×10^4cfu/ml in the kimchi A, B, C, D and E, respectively. The numbers of acetobactor were counted 1.8×10^5, 9.3×10^4, 7.0×10^1, 4.5×10^4, 6.3×10^3cfu/ml in the kimchi A, B, C, D and E, respectively.

Key words : kimchi, physicochemical characteristics, ecology of microorganism.

서 론

우리의 전통발효식품인 김치는 독특한 맛뿐만 아니라 영양학적으로도 우수한 식품이다. 김치는 각종 채소와 양념류 등을 이용한 젖산발효식품이며 젖산을 포함한 여러 가지 유기산과 살아있는 젖산균이 풍부하고 지방과 당류가 적은 저열량의 식품이며 식이성 섬유의 좋은 공급원으로 장을 자극하여 소화, 흡수 및 배변을 돕고, 비타민 C, 비타민 B_{12}, 티아민, 리보플라빈과 나이아신 및 무기질 등의 공급원으로서의 의의도 있다.

김치는 발효과정 중 재료들의 조직에서 수분과 함께 염용성 또는 수용성 물질이 용출되고, 당의 감소, 유기산의 증가 그리고 pH의 저하 등이 일어나 관능적 특성에 직접, 간접으로 영향을 주게 된다[1]. 이러한 김치의 발효과정 중에 나타나는 물리, 화학적인 변화에 관한 연구로 유리 아미노산, 휘발성 및 비휘발성 유기산과 향미성분[2], 펙틴질, 당분[3] 등에 대한 연구가 있

† Corresponding author : Young-Ja Moon

다.

김치 발효 과정 중에 있어서의 동적변화에 대해서, 김 등[4]이 연구한 바 있는데, 그 결과에 의하면 발효 초기에는 호기성, 혐기성 세균이 모두 증가를 보였으나 발효가 진행됨에 따라 차츰 혐기성 세균의 생육이 활발해지고 호기성 세균은 감소되었다. 이로 미루어 보아 김치의 숙성에 관여하는 미생물은 주로 혐기성 세균이며, 그 중에서도 특히 젖산균의 역할이 중요함을 알 수 있다.

김치의 장기보존의 문제점을 해결하기 위한 연구로서 김치의 순간 살균방법 도입[5]과 살균장치의 개발이 이루어졌고, 또한 방사선을 조사하여 저장기간의 연장가능성[6]을 실험하였고, pH 조절제의 첨가[7], 떫은 감잎의 추출물에 의한 김치발효의 지연[8], chitosan에 의한 조직의 개선 및 산도 상승을 지연[9]시켰으며, 기타 천연 첨가물에 의한 김치 저장성 향상, 발효성 당을 조절하여 산패를 방지하는 방법 등이 선행되어 왔다. 김치는 사용하는 재료가 다양하고 숙성조건에 따른 변화도 다양하여 과숙기에 있는 김치의 특징을 낱낱이 살펴보기 어려울 뿐만 아니라 이에 관련된 자료가 더러는 보고되고 있으나, 여러 가지 보다 다양한 조건하에서의 성분변화에 대한 연구는 아직도 매우 미비한 실정이다.

본 연구에서는 과숙김치에 존재하는 각종 효소역가와 함께 미생물상의 종류와 변화, 산패의 주성분인 유기산을 좀더 세밀하게 분석하여 김치의 신선함을 오랫동안 유지시킬 수 있는 새로운 방법을 모색하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

1) 김치시료의 채취

본 실험에 사용한 김치는 배추김치로서 1997년 12월중에 담근 김장김치를 대전시내 5곳에서 수거하였고, 채취시기가 조금씩 달라서 실험의 공정성을 기하고자 5℃에서 35일간 저장 후 실험에 사용하였다. 수거 지역과 각 김치의 일반적 특성은 Table 1과 같다.

2) 김치즙액의 준비

김치를 분쇄기에서 5분간 갈아 거즈로 짜고 이것을 3,000rpm에서 10분간 원심분리 후 상층만을 취하여 Whatman No. 2로 여과하였다. 이렇게 해서 얻은 김치즙액을 냉장 보관하면서 실험에 사용하였다.

3) 배양배지

김치의 발효과정 중에 나타나는 각 균주들의 분리 및 증식, 보존에 사용한 배지는 일반세균의 경우에는 plate count agar (Difco, USA)배지를 사용하였고, 젖산균은 MRS (Difco, USA) 고체배지, 초산균은 YPGE (Difco, USA) 배지를 사용하였다.

2. 실험방법

Table 1. Characteristics of five different kimchi collected for the analysis from Taejon area

Sample	Location	pH	Acidity	Brix	Hunter value		
					L	a	b
A	Woo's home made kimchi, Domadong, Seogu, Taejon	3.92	0.75	8.8	31.99	14.09	47.06
B	Lee's home made kimchi, Beundong, Seogu, Taejon	3.96	0.80	8.5	21.96	14.01	38.23
C	Im's home made kimchi, Munwhadong, Junggu, Taejon	3.83	0.95	9.2	31.41	17.08	24.07
D	Nonghyup kimchi, Andong, Kyungbuk	3.79	0.83	8.6	29.77	15.41	36.79
E	Dongyang dep.store kimchi Sunwhadong, Junggu, Taejon	3.87	0.79	9.1	30.45	16.78	26.13

Composition of each kimchi A, B, C, D, E : salted chinese cabbage etc. 86.4%, 93.9%, 91.5%, 89.1%, 92.2% ; red pepper powder 2.5%, 2.2%, 2.6%, 2.4%, 2.0% ; garlic 0.8%, 0.6%, 0.5%, 1.2%, 1.0% ; ginger 0.5%, 0.3%, 0.4%, 0.6%, 0.7% ; welish onion 3%, 1%, 2%, 0.9%, 0.3% ; sugar 0.8%, 0.5%, 0.5%, 0.8%, 0.8% ; fermented anchovy and shrimp juice 6.0%; 1.5%, 2.5% 4.0%, 3.0%.

1) 이화학적 분석

(1) pH의 측정

거즈로 짜서 여과한 김치즙액을 비이커에 취하여 pH meter(Orion EA 940 pH/ISE)를 사용하여 측정하였다.

(2) 산도 측정

pH를 측정한 김치즙액을 1 ml를 취하여 10배 희석한 후 pH meter 전극을 김치 희석액에 담그고 0.1N NaOH로 pH가 7.0이 될 때까지 적정하여 소요된 0.1N NaOH의 양으로 부터 lactic acid(%)의 양을 환산하였다.

$$\text{Lactic acid (\%,W/V)} = \frac{a \times F \times 0.009}{b} \times 100$$

a: 0.1N NaOH 소비량(ml) F: 0.1N NaOH factor
b: 취한 sample의 량(ml)

(3) HPLC에 의한 유기산의 분석

김치의 유기산 분석을 위한 시료는 김치즙액을 3,000rpm에서 10분 동안 원심분리한 후 0.1ml를 취하여 이동상인 0.1% phosphoric acid로 10배 희석하고 0.2 μm pore size의 filter membrane을 통과시켜 분석에 이용하였다. HPLC는 Waters 501을 사용하였고, Column은 SUPELCO^{TM} C-610 column(30cm×7.8 mm ID), Mobile phase는 0.1% Phosphoric acid이며 Flow rate는 0.5ml/min , Detector는 201nm에서 측정하였다.

(4) GC-MSD에 의한 유기산의 확인

하 등[10]의 방법에 따라 김치 100g을 5분간 마쇄하여 거즈로 짜서 여과한 김치즙액 20ml를 125ml의 삼각 flask에 취하여 30ml의 80% methanol을 가하여 1시간동안 진탕(3,000rpm, 20℃)하였다. 균질화 된 액을 Whatman No. 2 여과지로 여과한 후, evaporator에서 완전 건고시킨 다음 100% methanol 5ml씩 3회 용해시키고 105℃의 dry oven에서 완전 건고시켰다. 건고시킨 시료를 methyl ester로 유도체화 하기 위하여 14% BF_3(Boron trifluoride)/methanol용액 2ml를 첨가하고 내부 표준물질로서 lauric acid가 함유되어 있는 chloroform 용액 2ml를 가하여 60℃에서 25분간 반응시켰다. 이것을 냉각시킨 후 Saturated ammonium sulfate solution 4ml를 가하여 chloroform층으로 유기산 methyl ester를 이행시키고 소량의 sodium sulfate를 가하여 탈수시킨 다음 여과하여 GC-MSD로 분석하였다. 이 때의 사용한 분석기는 Hewlett Packard 6890GC - 5972MSD이고, Column은 DB-FFAP(30m ×0.25mm×0.25 μm) Column온도는 70℃(1min holding) - 230℃(8min holding), Injector temp.는 250℃ Detector temp. 270℃, Detector type은 Flame ionization detector(FID), EM voltage 1612, Mass range 25-500amu(for scan mode), Split ratio 10:1이고 Carrier gas는 Helium이며 Flow rate 1.0ml/min이다.

(5) 효소 활성의 측정

효소력은 amylase와 protease[8], lipase[11]로 나누어 역가를 측정하였다.

가. Amylase Activity 측정

① α-Amylase Activity의 측정

α-amylase는 0.2% 전분 용액(0.2M sodium acetate buffer, pH 4.8) 1ml를 기질로 하여, 미리 원심분리하여 희석한 효소액 1ml와 100℃에서 10분간 끓여 불활성화시킨 불활성 효소액 1ml를 첨가하여 40℃ water bath에서 5분간 반응시켰다. 0.5M acetic acid 10ml를 가하여 반응을 정지시키고 1/300N 요오드화시액 1ml를 가하여 발색시킨 후 660nm에서 흡광도를 측정하여 효소액의 흡광도값에서 불활성 효소액의 흡광도값을 뺀 흡광도값이 시료에 들어있는 α-amylase의 흡광도이므로, 기질로 사용된 starch를 이용한 표준곡선으로부터 효소의 흡광도를 대입하여 효소역가를 계산하였고, 40℃에서 1분간 효소액 1ml에 의해 분해되는 전분 1mg을 효소 활성단위 1 unit로 하였다.

② β-Amylase Activity의 측정

β-amylase는 DNS(dinitrosalicylic acid)법으로 활성을 측정하였으며 0.1% 전분 용액(0.2M sodium acetate buffer, pH4.8) 1ml를 기질로 사용하여 미리 원심분리하여 희석한 효소액 1ml와 100℃에서 10분간 끓여 불활성화시킨 불활성효소액 1ml를 첨가하여 40℃ water bath에서 20분간 반응시켰다. 0.5M acetic acid 10ml를 가하여 반응을 정지시키고 DNS 시액 3ml를 가하여 100℃에서 10분간 발색시킨 후 실온까지 급냉한 후 570nm에서 흡광도를 측정하여, maltose를 이용한 표준곡선으로부터 효소역가를 계산하였고, 40℃에서 1분간 효소액 1ml에 의해 생성되는 maltose 1mg을 효소 활성단위 1 unit로 하였다.

③ Gluco-Amylase Activity의 측정

Gluco-amylase는 β-amylase와 동일한 방법으로 실시하고, 550nm에서 흡광도를 측정하였다. Glucose의 표준곡선으로부터 효소역가를 계산하였다. 40℃에서 1분간 효소액 1ml에 의해 생성되는 glucose 1mg을 효소 활성단위 1 unit로 하였다.

나. Acidic Protease Activity의 측정

김치의 발효가 진행된 시료에서의 Protease activity의 측정으로서 acidic protease activity를 측정하였다. 기질로는 0.1N NaOH에 용해시킨 0.6% milk casein을 사용하였으며 buffer는 0.1M sodium acetate buffer(pH 3.5)를 사용하였고, 0.6% milk casein 0.5ml와 buffer 4.5ml를 혼합하여 미리 30℃ water bath에서 10분간 예열한 후 효소액 1ml와 미리 100℃에서 10분간 끓여 불활성화 시킨 불활성효소액 1ml를 각각 넣어 30℃ water bath에서 정확히 10분간 반응시켰다. 반응정지를 위해 TCA mixture(trichloroacetic acid 17.97g + sodium acetate 22.94g + acetic acid 19.06ml + distilled water = 1L) 5ml를 넣고, 30분간 정치시킨후 여과하였다. 여액 중 1ml를 다른 시험관으로 옮긴 후 0.55M Na_2CO_3 5ml를 넣고 3배 희석한 folin reagent 1ml를 가하여 다시 30℃ water bath에서 30분간 발색시켜 660nm에서 흡광도를 측정하여 milk casein을 이용한 표준곡선으로부터 효소역가를 계산하였다. pH 3.5, 30℃에서 조효소액 1ml에 의해 1분간, 1 μg의 tyrosin에 해당하는 folin 발색성의 단백질분해 생성물을 1 unit로 하였다.

다. Lipase Activity의 측정

Olive oil emulsion(2% polyvinyl alcohol 수용액 225 ml에 Olive oil 68.7g을 가한 후 5~10℃에서 10분간 11,000rpm으로 균질화한다) 5ml와 0.1M phosphate buffer(pH 7.0) 4ml를 넣고 37℃ water bath에서 10분간 배양시킨 후 효소액 1ml를 넣었다. 정확히 20분 후에 acetone-ethanol mixture(1:1) 20ml를 천천히 가하고 지시약(phenolphtalein) 0.1ml 가량을 가하여 0.05N NaOH로 적정하였다. 적정액의 값이 1.0~2.0ml가 되도록 효소액의 값을 조정하였다. Lipase의 1 unit는 37℃, pH 7에서 1분간 fatty acid 1 μmol을 유리시킬 수 있는 enzyme의 양으로 하였다.

Lipase activity(u/g) =
(효소액의 적정치 - blank의 적정치) × 2.5

2) 미생물학적 분석

(1) 총균수의 계수

김치즙액 1ml를 취하여 10진법에 따라 멸균 증류수로 희석하고 plate count agar(PCA) 배지에 0.1ml를 spreading culture method로 접종한 다음 30℃에서 2~5일 동안 배양하고 형성된 집락을 계수하였다.

(2) 젖산균의 계수

Lactobacilli MRS broth에 agar를 1.5% 첨가하여 만든 배지에 총균수 시험과 같게 희석한 시료 0.1 ml를 접종한 후 30℃에서 2~5일 동안 배양하고 계수하였다.

(3) 초산균의 계수

$CaCO_3$를 첨가한 YPGE 배지에 총균수 시험과 같게 희석한 시료 0.1ml를 접종하고 37℃에서 4~7일 동안 배양한 후 $CaCO_3$의 용해로 인해 투명환을 보이는 집락을 계수하였다.

결과 및 고찰

1. 이화학적 분석

1) pH와 총산도

김치의 숙성은 미생물의 활성을 저해하는 다른 요인이 없는 한 저장온도에 크게 영향을 받으며 그 숙성정도는 pH와 총산도로서 가장 쉽게 평가할 수 있다.

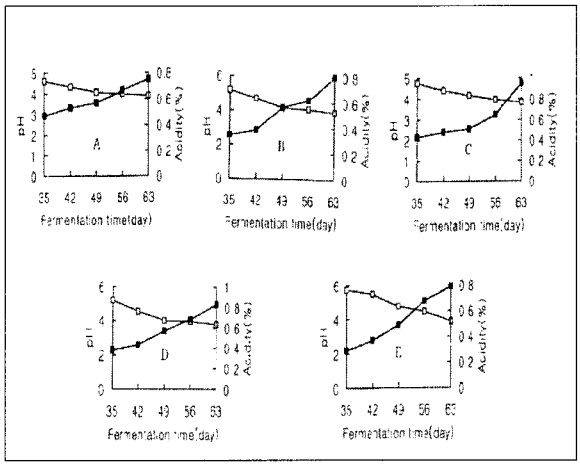

Fig. 1. Changes in pH and acidity of kimchi A, B, C, D, E during fermentation at 15℃. A : Kimchi A, B : Kimchi B, C : Kimchi C, D : Kimchi D, E : Kimchi E.

5가지 분리원의 pH 및 산도변화는 Fig. 1과 같다. 각 분리원마다 식염농도와 양념의 종류, 사용하는 재료의 양 등이 다르기 때문에 정량적으로 비교하기란 어렵다. 본 실험에서의 결과로 볼 때 pH는 급격하게 감소하다가 산도가 0.5% 부근 때부터는 완만한 감소를 보였다. 반면에 산도는 어느 정도의 단계가 지나면 급격히 증가하는데 이것은 발효 미생물, 즉 젖산균의 동태와 밀접한 연관이 있는 것으로 보인다.

이처럼 산도의 계속적인 증가에도 불구하고 pH의 변화가 거의 없는 것은 김치 발효 중에 생성되는 유기산이 주로 lactic acid로서 그 해리 상수가 작은 것과 이상 발효과정에서 유리된 아미노산과 인산같은 무기질에 의해 완충작용 역할 때문에 pH값이 어느 선 이하로 저하되지 않았다고 사료된다[7].

2) 유기산의 분석

김치의 숙성중에 비휘발성 유기산을 분석하기 위하여 유기산 표준품과 숙성과정 중 김치에서 생성된 유기산의 변화를 HPLC로 분석하였다. 김치의 유기산은 채소 중에 함유된 효소와 숙성에 관여하는 각종 미생물들이 분비하는 효소들이 채소 및 기타 첨가물의 여러 성분을 기질로 하여 생성되므로 배합원료의 종류, 숙성온도, 시간 및 식염농도에 따라 생성되는 유기산의 종류에 상당한 변화를 나타낸다. 김치의 숙성과정에서 생성되는 유기산은 oxalic acid, lactic acid, acetic acid, malic acid, succinic acid등이며, HPLC로 분석한 각 kimchi의 유기산 분포를 Fig. 2, 3, 4, 5, 6에 나타내었다.

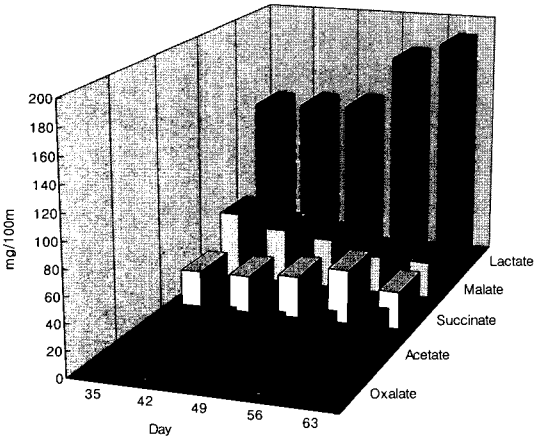

Fig. 2. Organic acid profiles in over ripened kimchi A during fermentation.

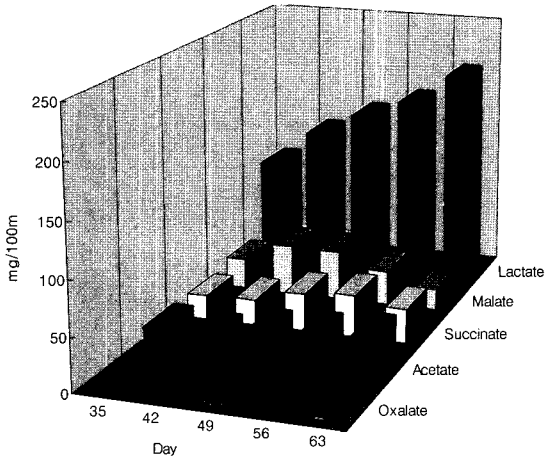

Fig. 3. Organic acid profiles in over ripened kimchi B during fermentation.

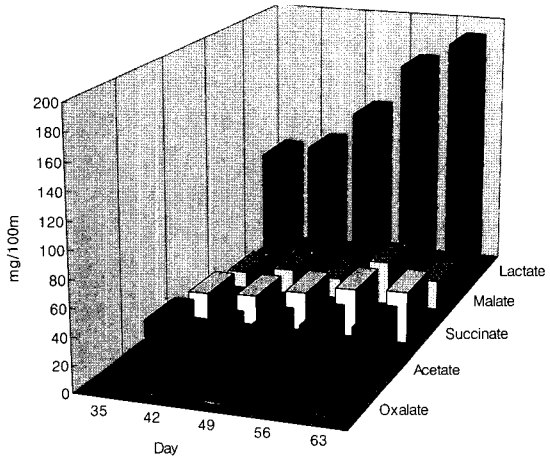

Fig. 4. Organic acid profiles in over ripened kimchi C during fermentation.

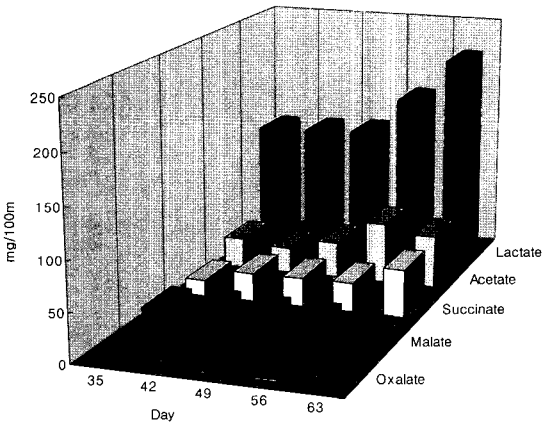

Fig. 5. Organic acid profiles in over ripened kimchi D during fermentation.

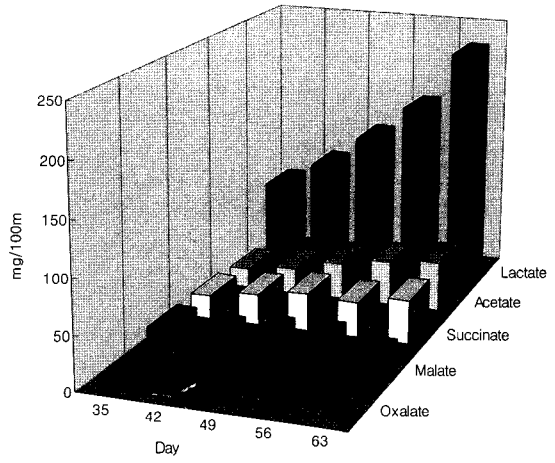

Fig. 6. Organic acid profiles in over ripened kimchi E during fermentation.

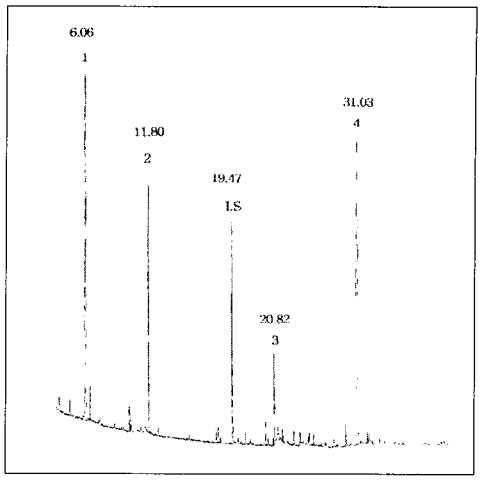

Fig. 7. GC chromatogram of organic acid in over ripened kimchi B. Lauryl sulfate was used as internal standard GC chromatograph.
1. Lactic acd-Methyl ester
2. Succinic acid-Dimethyl ester
3. Malic acid-Dimethyl ester
4. Pyroglutamic acid-Methyl ester

유기산 중 lactic acid가 가장 큰 변화를 보였는데, kimchi A의 경우 숙성 63일째에는 187.07mg/100ml으로 발효초기에 비해 ~1.5배 가량 증가되었고, kimchi B, C, D, E의 경우 숙성 63일째에는 모두 발효초기에 비해 ~2배 가량 lactic acid가 증가되었다.

Malic acid는 저장기간이 경과함에 따라 점차 감소하였다. 이러한 감소 현상은 김치중의 lactic acid bacteria에 의해 malic acid가 lactic acid와 acetic acid로 전환되기 때문으로 보여진다.

또한 acetic acid는 숙성 1개월째에는 생성되지 않다가 차츰 증가하는 현상을 보였다. 이것은 김치의 발효기간이 길어짐에 따라 이상 젖산발효군에 의한 glucose의 분해작용에 의한 것과 위에서 언급한 김치내의 미생물에 의한 malic acid의 전환에 기인한 것으로 보인다.

Oxalic acid는 숙성초기에서 부터 약간의 증가를 보이다가 발효중기때에는 서서히 자취를 감추는 형태를 보였고, succinic acid는 발효 초기에 서서히 증가하다가 적숙기를 지나면서 부터 급격히 감소하였다. 이러한 결과로 볼 때 lactic acid는 김치를 발효시키는 과정에서 생성되는 반면, 다른 유기산들은 충분히 발효가 일어나기 전에 이미 상당량 존재하고 있는 것으로 생각된다.

HPLC로 분석한 유기산을 GC-MSD를 통하여 확인하는 과정을 거쳤다. GC chromatogram은 Fig. 7, 8과 같다.

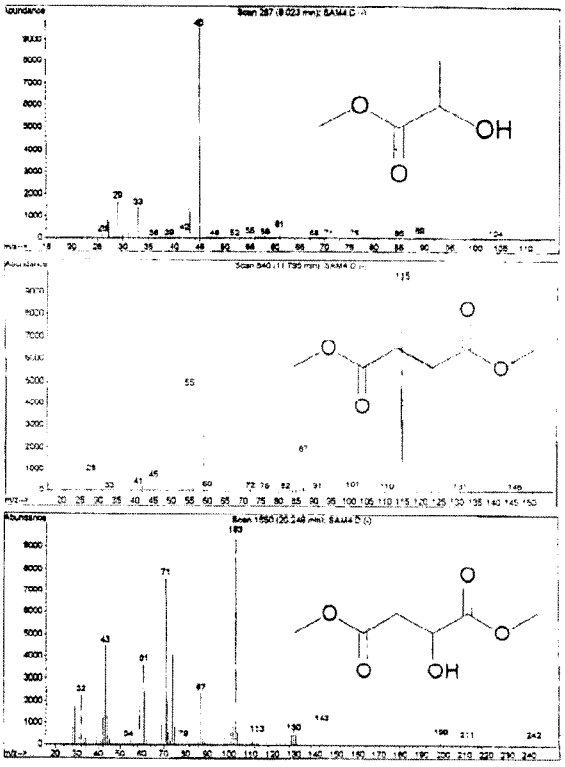

Fig. 8. Mass spectrum and molecular structure of latic acid-methyl ester, succinic acid-dimethyl ester and malic acid-methyl ester in over ripened kimchi B.

3) 효소 활성의 측정

과숙기에 있는 김치의 효소 활성에 대해서 관심을

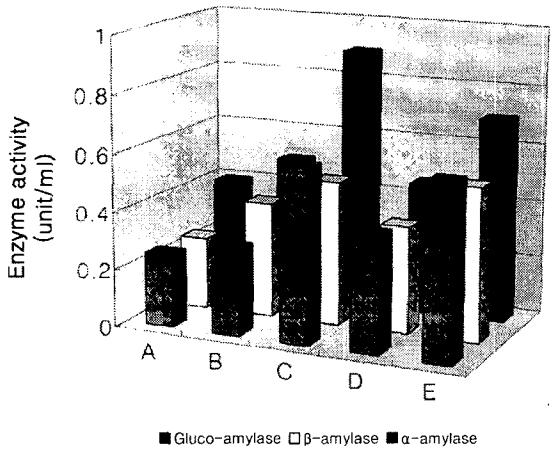

Fig. 9. Various amylase activity of over ripened kimchi. Acidity of each over ripened kimchi are 0.75% for A, 0.8% for B, 0.95% for C, 0.83 % for D and 0.79% for E, respectively.

둔 보고가 흔치 않아서 본 연구에서는 산도 0.7~0.9% 사이의 kimchi에 대하여 amylase activity, lipase activity, protease activity 등의 몇가지 효소 활성에 대해서 알아보았다. 분리원 각각을 미리 적절한 농도로 희석한 뒤 실험에 임하였다.

(1) Amylase Activity의 측정

각 kimchi의 amylase acivity는 Fig. 9와 같다.

전분질의 액화효소인 α-amylase activity와 β-amylase activity 그리고 gluco-amylase activity의 역가를 나타내었다. 그림의 결과로 미루어 볼 때 산도 0.75%의 kimchi A와 산도 0.8%의 kimchi B의 amylase activity가 다른 분리원에 비해 상당히 낮은 것으로 보아 숙성이 지나쳐 과숙기에 들어선 kimchi A, B가 미생물의 성장과 맞물려 최대 활성을 지나쳐 급격히 감소한 것으로 사료된다.

(2) Protease activity의 측정

pH가 4.0 근처의 숙성김치를 시료로 하여 실험에 임하였기 때문에 acidic protease activity만을 측정하여 Fig. 10에 나타내었다. kimchi A의 경우 acidic protease activity는 633.811unit/ml이었고, kimchi B는 237.907 unit/ml, kimchi C는 256.604unit/ml, kimchi D는 311.126unit/ml, kimchi E는 277.341unit/ml이었다. Protease activity는 젓갈류의 종류와 첨가량과 관계되어 분리원마다 커다란 차이점을 보인 것으로 생각된다.

(3) Lipase Activity의 측정

Fig.10에서 kimchi의 lipase activity를 또한 나타내었다. 0.05N NaOH로 적정한 양을 이용하여 lipase activity를 측정하였다. Kimchi A의 경우 37℃, pH 7에서 1분간 fatty acid 1 μmol을 유리시킬 수 있는 enzyme의 양은 16.5unit/g이었고, kimchi B는 13 unit/g, kimchi C는 12.5unit/g을 나타내었다. 또한 kimchi D는 14.3unit/g, kimchi E는 13.9unit/g의 enzyme 양을 보였다.

2. 미생물학적 분석

1) 총균수

PCA배지에서 spreading culture method에 의해 자라난 kimchi A의 경우 산도 0.75%일 때 총균수를 계수한 결과 8.1×10^5CFU/ml를 나타내었고, kimchi B의 경우 산도 0.80%일 때 총균수는 4.7×10^4CFU/ml, kimchi C의 경우 산도 0.95%일 때 1.2×10^3CFU/ml, kimchi D의 경우 산도 0.83%일때 3.2×10^4CFU/ml, kimchi E의 경우에는 산도 0.79%일때 4.9×10^5CFU/ml를 보여주었다.

총균수는 발효초기에는 급격히 증가하고 그 이후 산도가 증가함에 따라 서서히 감소하고 신[12]등의 보

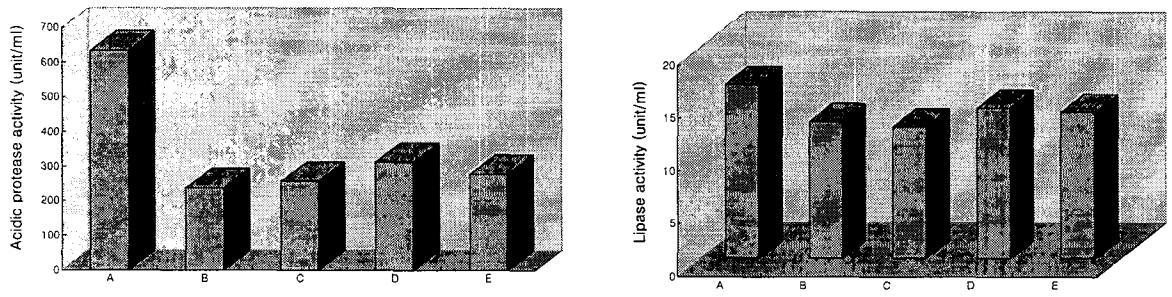

Fig. 10. Acidic protease activity and lipase activity of over ripened kimchi. Acidity of each over ripened kimchi are 0.75% for A, 0.8% for B, 0.95% for C, 0.83% for D and 0.79% for E, respectively.

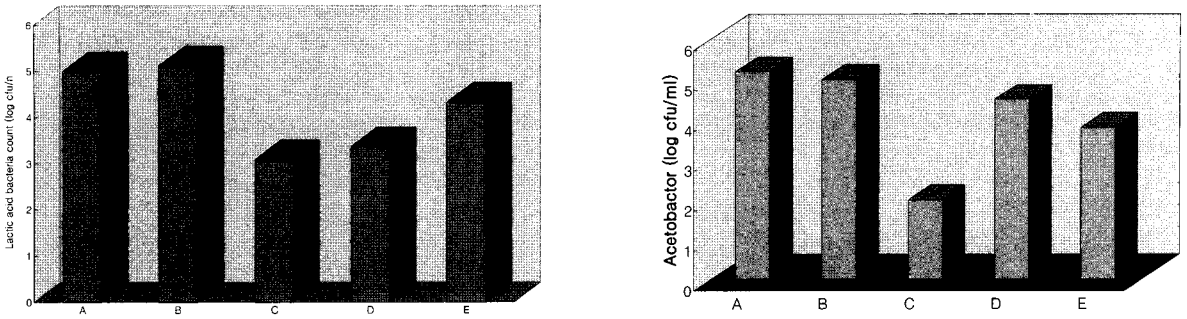

Fig. 11. Bacterial count of over ripened kimchi. Acidity of each over ripened kimchi are 0.75% for A, 0.8% for B, 0.95% for C, 0.83% for D and 0.79% for E, respectively.

고에 따르면 총균수는 모든 발효 온도에서 최고에 이른 후 급격히 감소하는데 이는 생성된 산에 의한 저해로 판단되며, 여러 복합균총들 사이의 소장이 관계하고, 또한 김치의 사용 원료와 제조 여건에 따라 다르다고 언급하고 있다. 이 실험의 재료인 김치는 알맞은 숙성을 지나쳐 과숙단계로 근접하고 있어 보통 최고 총균수는 10^8~10^{10}CFU/ml사이에서 급격히 감소한 것으로 사료된다.

2) 젖산균수

MRS배지에 도말하고 30℃에서 5일간 배양후 계수한 젖산균수는 kimchi A가 1.0×10^5CFU/ml이었고, kimchi B가 1.3×10^5CFU/ml, kimchi C가 1.2×10^3CFU/ml, kimchi D가 2.3×10^3CFU/ml, kimchi E가 2.1×10^4CFU/ml이었다. 각각의 kimchi의 젖산균수의 계수는 Fig. 11에 나타내었다.

3) 초산균수

$CaCO_3$를 첨가한 YPGE 배지에서 자라난 초산균수는 kimchi A가 1.8×10^5CFU/ml으로 계수되었고, kimchi B가 9.3×10^4CFU/ml, kimchi C가 7.0×10^1CFU/ml, kimchi D가 4.5×10^4CFU/ml, kimchi E가 6.3×10^3CFU/ml으로 계수되었다. 각각의 kimchi의 초산균수의 계수는 또한 Fig. 11에 표시하였다.

요 약

한국의 대표적인 전통식품 중 하나인 김치의 발효시 문제가 되고 있는 저장성과 미생물의 과도 성장으로 인한 부패를 지연시키기 위한 방법을 모색하고자 과숙김치의 pH와 산도, 유기산, 효소활성 등의 이화학적 특성과 미생물학적 특성을 살펴 본 결과는 다음과 같다.

1. 김치의 발효초기단계에 pH는 급격히 감소하다가 산도가 0.5% 부근일 때부터 완만한 감소를 보였고 반면에 산도는 초기에는 완만히 증가하다가 pH가 4 부근일 때부터 발효미생물의 영향으로 급격한 증가를 보였다.
2. 김치의 숙성과정시 생성되는 유기산은 oxalic acid, lactic acid, acetic acid, malic acid, succinic acid 등이며, GC-MSD로 확인 작업을 하였다. 유기산들 중 lactic acid가 발효기간 중 가장 큰 변화를 보였으며, malic acid는 저장기간이 경과함에 따라 감소하였다.
3. 과숙김치에서 산도가 0.75%인 kimchi A의 acidic protease activity, lipase activity가 가장 높았고, Amylase activity는 산도 0.95%인 kimchi C가 가장 높았다.
4. 5가지 과숙김치 각각(A, B, C, D, E순으로)의 총균수에서는 8.1×10^5, 4.7×10^4, 1.2×10^3, 3.2×10^4, 4.9×10^5(CFU/ml)를 나타내었다. 유산균수는 1.0×10^5, 1.3×10^5, 1.2×10^3, 2.3×10^3, 2.1×10^4(CFU/ml)이었다. 또한, 초산균수는 1.8×10^5, 9.3×10^4, 7.0×10^1, 4.5×10^4, 6.3×10^3(CFU/ml)으로 계수되었다.

참고문헌

1. 조은주, 박건영, 이숙희 : 배추김치의 재료배합비 표준화. *한국식품과학회지*, 29(6), 1228~1233 (1997).
2. 유재연, 이혜성, 이혜수 : 재료의 종류에 따른 김치의 유기산 및 휘발성 향미성분의 변화. *한국식품과학회지*, 16(2), 169~174 (1984).
3. 하재호, 허우덕, 김영진, 남영중 : 김치 숙성중 유리당의 변화. *한국식품과학회지*, 21(5), 633~640 (1989).

4. 김호식, 전재근 : 김치발효중의 세균의 동적변화에 관한 연구. *원자력논문집*, 6, 112~219 (1966).
5. 이남진, 전재근 : 김치의 순간 살균방법. 제1보. 배추김치의 순간살균방법과 살균효과. *한국농화학회지*, 24, 213~219 (1981).
6. 이희성, 이근배 : 방사선을 이용한 김치저장에 관한 연구. *원자력논문집*, 5, 64~69 (1965).
7. 박경자, 우순자 : Na-acetate 및 Na-malate와 K-sorbate가 김치발효중 pH, 산도 및 산 미에 미치는 효과. *한국식품과학회지*, 20(1), 40~45 (1988).
8. 박상규, 강성국, 정희종 : 떫은 감잎의 정유성분이 김치발효에 미치는 영향. *산업미생물학회지*, 22(2), 217~221 (1994).
9. 김광옥, 강현진 : 제조조건이 다른 새우껍질 chitosan의 물리, 화학적 성질 및 깍두기의 보존성에 미치는 영향. *한국식문화학회지*, 9, 71~75 (1994).
10. 하재호, 하우덕, 박용곤, 남영중 : Capillary gas chromatography를 이용한 비휘발성 유기산의 분석. *한국분석과학회지*, 2(2), 131~135 (1998).
11. 이희섭, 이귀주 : 무의 염장 과정중 조직감의 변화에 대한 예열처리 및 chitosan 첨가 효과. *한국식문화학회지*, 9, 53~58 (1994).
12. 신동화, 김문숙, 한지숙, 임대관, 박완수 : 시판 김치의 발효 온도별 성분과 미생물 변화. *한국식품과학회지*, 28(1), 141~147 (1996).

(2001년 10월 11일 접수)