

Adipic Acid 첨가에 의한 김치의 저온 저장 중 저장 기간 증가에 관한 연구

안 덕 준[†]

선문 대학교 식량자원학부

Effect of Adipic Acid on Extending Shelf Life of Kimchi During Cooling Storage

Duek-Jun An[†]

Division of Food Resources and Manufacturing, SunMoon University

Abstract To delay the fermentation of Kimchi during storage and handling, adipic acid, was selected due to its low acid dissociation constant. Sensory evaluation was conducted to find maximum dosage of adipic acid which does not influence the raw taste of Kimchi and 0.12%(wt. of adipic acid/wt. of Kimchi) was selected. At 10°C, the optimum and maximum shelf life was respectively 3.2 and 2.3 times longer than that of control. At 15 and 20°C, extension of shelf life was as follows: maximum shelf life with adipic acid was extended about 2.3-2.7 times and optimum shelf life was 1.3-1.5 times.

Key words Shelf life, Kimchi, Adipic acid

서 론

우리식탁에서 가장 중요한 부식 중 하나인 김치는 배추나 무 등의 채소를 주재료로 하여 고추, 마늘, 생강 등의 향신료와 젓갈을 첨가한 복합발효식품이며 발효과정 중 생성되는 각종 유기산 및 섬유질, 비타민, 무기질 등이 다량 함유되어 있어서 건강식품으로서의 가치를 세계적으로 인정받고 있다.

김치는 얼마 전까지 자가제조 형태로 충당되어 왔으나 70년대 이후 급속한 경제성장에 의한 국민소득의 증가, 산업구조의 변화에 따른 도시인구의 집중, 주거환경의 변화, 주부의 사회활동 참여, 가공식품산업의 발달, 단체급식 수요의 증가 등에 의해 한국인의 식생활 및 문화생활이 급격히 변하고 있어 김치의 기업적 생산에 대한 필요성이 강조되고 있다. 따라서 최근 김치의 산업화와 함께 김치의 적숙기간 및 유통기한을 연장시키는 일이 상당히 중요하고도 기술적으로 어려운 과제로 대두되고 있다.

발효식품을 산업화시킬 때 중요한 것은 맛과 향, 또는

물성이 항상 일정하고, 소비자가 요구하는 제품을 제조하여야 한다는 점이다. 이러한 문제는 원료 자체에 부착되어 있는 잡균을 제거한 후 목적하는 미생물만을 순수 배양하여 발효시킴으로써 해결할 수 있다. 이러한 예는 탁주, 양주, 장류 등에서 볼 수 있으나 (유주현, 1989), 이러한 방법은 식품의 물성, 맛 등을 변화시킬 가능성이 크기 때문에 사용에 있어서 유의하여야 한다.

김치발효 시, 미생물의 구조변화를 보면 (한홍의, 1991; 민태익과 권태완, 1994) 김치를 제조한 직후부터 그람음성균과 양성균이 혼합되어 증식한 후 감소하는 초기단계 (Initial stage), 유산균으로 구성되어 있는 그람양성균 군집만이 증식하는 발달단계 (Developmental stage), 그리고 연부현상에 관계하는 효모의 증식이 시작되는 후기단계 (Terminal stage)로 편의상 구분할 수 있다. 초기단계에는 그람음성균인 *Aeromonas* spp., *Erwinia* spp., *Plesiomonas* spp., *Xenohabdu* spp., 그람양성균인 *Bacillus* spp. 등이 검출되고, 발달단계에는 *Leuconostoc* spp., *Streptococcus* spp., *Pediococcus* spp., *Lactobacillus* spp., 등이 검출되며, 후기단계에는 *Hansenula* spp., *Brettanomyces* spp., *Torulopsis* spp., *Rhodotorula* spp., *Pichia* spp. 등의 효모와 *Klebsiella* spp. 등의 그람음성균이 검출된다.

지금까지 시도되어온 김치의 산패방지 및 과숙지연을 위

[†]Corresponding Author : Duek-Jun An
Dept. of Food Science, SunMoon University, Tangjeong-town,
Asan-city, ChungNam, Korea 336-840
E-mail : <djan@sunmoon.ac.kr>

한 이론적 방법에는 내산성 균주를 포함한 starter의 첨가(강상모 등, 1994), 항균성 물질의 이용(하덕모, 1994), 원료의 전처리를 통한 초기 당분의 제거, 발효온도의 조절, 방사선 조사(한홍희, 1991), 김치 미생물 중 특이적 균의 세포벽에 대한 용균활성을 가진 물질의 응용(유기철 등, 1996) 등이 있다. 그러나 발효온도의 조절방법을 제외하고는, 효과의 미비, 비용 부분을 포함한 산업화에 있어서의 문제점 등으로 인하여 실제로 적용이 어려운 상태이다.

본 연구에서는 김치가 낮은 pH와 높은 염도를 갖는 점에 착안하여 adipic acid와 이들에 의한 상승효과가 있을 것으로 생각되어, 김치 맛에 영향을 주지 않는 범위 내에서 adipic acid를 첨가함으로써 김치발효를 지연시키고자 하였다.

실험 방법

1. 김치양념 및 김치의 제조

김치원부재료는 (주)한화유통으로부터 구입하여 사용하였다. 제조 formula %(W/W)는 배추 79.1%, 무 8.3%, 고춧가루(제일제당(주), 본가청결고춧가루) 2.9%, 양파 2.8%, 멸치액젓(제일제당(주), 본가멸치액젓) 2.6%, 파 2.1%, 설탕 0.9%, 다진 마늘 0.8%, 다진 생강 0.4%, 조미료(제일제당(주), 2.5) 0.1%를 사용하였다. 구입한 배추는 떡잎을 제거하고, 세로방향으로 4등분한 후, 이것을 길이가 3~4 cm가 되도록 가로방향으로 절단하였다. 절단한 배추는 배추질량 2배의 20%(W/V) 천일염 용액에 2시간 침지하고, 흐르는 물에 세척한 후, 채반에 건져 1시간 동안 자연 탈수시켰다. 무는 채 썰고, 마늘과 생강은 다지고, 양파와 파는 3~4 cm가 되도록 절단하여 양념을 제조하였다. 탈수한 배추와 양념을 버무려서 김치를 제조하였다.

2. 일반분석

김치의 pH는 시료를 blender로 마쇄한 후 국물을 취하여 pH meter(HM-35V, ToA Co.)를 이용하여 측정하였다. 총산은 A.O.A.C.의 방법(11)을 사용하였다. 시료김치를 blender로 마쇄하여 국물을 취하고, 적당히 희석한 후, 0.5%(W/V) phenolphthalein-50%(V/V) EtOH를 가하고, 0.1N NaOH 용액으로 시료가 분홍빛으로 변할 때까지 중화 적정하여 lactic acid로 환산하였다.

3. 미생물분석

김치 및 양념을 blender로 마쇄한 후, 국물을 취하여 미생물 분석을 위한 시료로 사용하였다. *Leuconostoc* spp.의 분리를 위하여 PES(Phenyl Ethyl alcohol Sucrose)

배지를 사용하였다. 조성은 trypticase peptone 5.0 g, yeast extract 0.5 g, sucrose 20.0 g, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 2.0 g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.5 g, KH_2PO_4 1.0 g, phenyl ethyl alcohol 2.5 g, agar 15.0 g, pH 6.8, final volume 1,000 ml와 같다. 0.1% (W/V) peptone soln.을 사용하여 시료를 단계적으로 희석하고 PES 배지에 100 μl 를 도말한 후, 30°C에서 3~4일간 배양하면서, dextran 형성으로 인한, 큰 colony를 계수하였다. *Lactobacillus* spp.의 분리 계수는 LBS(*Lactobacillus* Selection medium, BBL Co.) 배지를 개량한 m-LBS(modified LBS) 배지를 사용하였으며, 그 조성은 trypticase peptone 10.0 g, yeast extract 5.0 g, glucose 20.0 g, KH_2PO_4 6.0 g, ammonium citrate 2.0 g, tween 80 1.0 g, sodium acetate hydrate 35.0 g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.575 g, MnSO_4 0.12 g, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.034 g, filtered tomato juice 200 ml, acetic acid 2.5 ml, agar 15.0 g, final volume 1,000 ml와 같다. LBS (BBL Co.)배지를 이용하는 경우, *Pediococcus* spp.도 증식하기 때문에 이 균의 생육억제를 위하여 배지 1 L에 대하여 acetic acid 2.5 ml, sodium acetate 35.0 g을 첨가한 m-LBS 배지를 이용하였다. 시료를 적당히 희석하여 m-LBS 배지에 접종한 후, 30°C에서 5~6일간 배양하여 균수를 계수하였다. 총균수의 측정은 PCA (Plate Count Agar, Difco.) 배지를 사용하였다. 30°C에서 2~3일간 배양한 후, 균수를 계수하였다.

4. 김치발효의 분석

김치를 상기의 방법으로 제조하여 adipic acid(旭化成工業株式會社, Japan)를 0.12%(W adipic acid/W 김치)가 되도록 첨가한 후, 10°C, 15°C, 20°C에서 발효시키면서 pH, 총산, 미생물을 분석하였다. 또한 대조구로서 adipic acid를 첨가하지 않은 김치를 제조하여 상기의 온도에서 발효시키면서 분석하였다.

결과 및 고찰

김치에 대한 adipic acid의 첨가량을 결정하기 위하여, adipic acid를 여러 가지 농도로 김치에 첨가한 후, 발효시키면서 미숙기, 적숙기, 과숙기에 전문 panel을 이용하여 무침가균과 유의차 검증을 실시한 결과, 김치 맛에 영향을 주지 않는 최대 dosage는 0.12%(W adipic acid/W 김치)로 밝혀졌다. 따라서 본 연구에서는 김치발효 억제를 위한 adipic acid의 첨가량을 0.12%(W adipic acid/W 김치)로 결정하고, 연구를 수행하였다. 김치의 적숙기를 pH 4.2~pH 4.6인 기간으로, 유통기한을 pH 3.8 이상인 기간으로 가정하였다.

1. 10°C 저장 조건

대조구 김치와 0.12%(W/W) adipic acid를 첨가한 김치

의 10°C 저장 조건에서 발효 pattern을 측정하였다. 대조구의 적숙기는 약 1.7일, 유통기한은 약 11.1일이었다. pH는 초기 5.4에서 시작하여 발효개시 6일차에 4.1에 도달한 후, 조금씩 감소하는 경향을 나타내었으며, 총산은 초기 0.45%로 시작하여 9일차에 1.25%에 도달한 후, 조금씩 증가하는 경향을 나타내었다. *Leuconostoc* spp.는 초기 10^5 CFU/ml 수준으로 시작하여 3일차에 10^8 CFU/ml 수준으로 증가한 후, 조금씩 감소하는 경향을 나타내었다. *Lactobacillus* spp.는 초기에 10^4 CFU/ml 수준으로 시작하여 3일차에 10^7 CFU/ml 수준으로 증가한 후, 조금씩 증가하는 경향을 나타내었다. 약 8일차까지는 *Leuconostoc* spp.가, 이후는 *Lactobacillus* spp.가 총균수의 대부분을 차지하였다. Adipic acid의 첨가군을 살펴보면, pH가 초기에 4.7로 시작하여 5일차까지 유지된 후, 15일차에 4.0으로 감소하고 이후 조금씩 감소하는 경향을 나타내었으며, 총산은 초기에 0.5%로 시작하여 20일차에 1.25%로 증가한 후, 조금씩 증가하는 경향을 나타내었다. 대조구 김치에 비하여 초기에 pH가 낮고, 산도가 높은 이유는 adipic acid의 첨가에 따른 효과로 생각된다. 첨가군의 적숙기가 약 5.4일, 유통기한이 약 25일로서 대조구 김치에 비하여 각각 약 3.2 배, 약 2.3 배 증가된 결과를 나타내었다. *Leuconostoc* spp.는 초기에 10^5 CFU/ml 수준으로 시작하여 10일차에 10^8 CFU/ml 수준에 이른 후, 감소하는 경향을 나타내었으며, *Lactobacillus* spp.는 초기에 10^4 CFU/ml 수준으로 시작하여 15일차에 10^8 CFU/ml 수준으로 증가하고 이후 유지되거나 감소하는 경향을 나타내었다. 발효개시 약 12일차부터 *Lactobacillus* spp.가 *Leuconostoc* spp.보다 많은 수를 나타내면서 총균수의 대부분을 차지하였다. *Leuconostoc* spp., *Lactobacillus* spp., 총균수만을 볼 때, 첨가군에서 이상발효로 생각되는 부분은 관찰되지 않았다. 총균수가 최고치를 나타내는 시점을 10일차로 할 때, 약 5일차를 나타내는 대조구 김치에 비하여 약 2 배 연장되는 결과를 나타내었다.

2. 15°C 저장 조건

대조구 김치와 0.12%(W/W) adipic acid를 첨가한 김치의 15°C 발효 pattern을 측정하였다. 대조구의 경우, pH는 초기에 5.4에서 시작하여 4일차에 4.3까지 급격히 떨어진 후, 서서히 감소하는 것으로 나타났으며, 산도는 0.45%로 시작하여, 6일차까지 1.2%로 급격히 상승한 다음 1.45%까지 서서히 증가하는 pattern을 나타내었다. 적숙기는 약 1.1일, 유통기한은 약 9.7일이었다. 미생물을 보면 *Leuconostoc* spp.는 초기에 10^5 CFU/ml 수준으로 시작하여 2일차에 10^8 CFU/ml 수준으로 증가한 후 4일차까지 유지되고, 이후 감소하는 경향을 나타내었다. *Lactobacillus* spp.는 6일차까지 10^8 CFU/ml 수준으로 상승한 후, 서서히 증가하는 경향을 나타내었다. 발효개시 약 5일차까지는 *Leuconostoc* spp.

가, 이후부터는 *Lactobacillus* spp.가 총균수의 대부분을 차지하였다. Adipic acid 첨가군을 살펴보면, 발효 3일차까지 pH 4.8을 유지하고 이후 9일차까지 pH 3.9로 급격히 떨어진 후, 서서히 감소하는 것으로 나타났으며, 산도는 12일차까지 1.2%로 급격히 증가하고, 이후 조금씩 상승하였다. 적숙기는 약 3.0일, 유통기한은 약 14.5일이었다. 이는 대조구에 비하여 적숙기는 약 2.7배, 유통기한은 약 1.5배 연장된 결과였다. *Leuconostoc* spp.는 발효개시 6일차에 10^8 CFU/ml 수준으로 증가한 후 감소하였으며, *Lactobacillus* spp.는 초기에 10^4 CFU/ml 수준으로 시작하여 12일차에 10^8 CFU/ml 수준으로 증가한 후 유지되는 경향을 나타내었다. 약 8일차까지는 *Leuconostoc* spp.가, 이후는 *Lactobacillus* spp.가 총균수의 대부분을 차지하였다. *Leuconostoc* spp., *Lactobacillus* spp., 총균수만을 볼 때, 첨가군에서 이상발효로 생각되는 현상은 관찰되지 않았다. 10°C 발효와 비교하여 보면, 발효연장의 효과가 다소 감소하는 것으로 나타났다. 결국, 0.12%(W/W) adipic acid가 첨가된 김치에서는 5°C의 온도차이가 미생물생육에 큰 영향을 미치는 것으로 생각되며, 이로 인하여 10°C의 적숙기, 유통기한 연장효과가 15°C보다 좋은 것으로 생각된다.

3. 20°C 저장 조건

대조구 김치와 0.12%(W/W) adipic acid를 첨가한 김치의 20°C 발효 pattern을 측정하였다. 대조구를 살펴보면, pH는 초기 5.4에서 지속적으로 감소하여 발효개시 5일차에 3.7 수준에 이르렀으며, 산도는 초기 0.45%에서 시작한 후, 5일차에 1.4% 수준으로 증가하였다. 적숙기는 약 0.7일, 유통기한은 약 4.2일이었다. *Leuconostoc* spp.는 초기에 10^5 CFU/ml 수준으로 시작하여 1~2일차에 10^8 CFU/ml 수준으로 증가한 후, 감소하는 경향을 나타내었으며, 발효개시 후 약 3일까지 총균수의 대부분을 차지하였다. *Lactobacillus* spp.는 3일차까지 10^8 CFU/ml 수준으로 급격히 증가한 후, 유지되는 경향을 나타내었다. 발효개시 3일째부터는 *Lactobacillus* spp.가 총균수의 대부분을 차지하였다. Adipic acid 첨가군을 살펴보면, pH는 초기에 4.7로 시작하여 1일차까지 유지된 후, 감소하는 경향을 나타내었고, 산도는 초기 약 0.5%로 시작하여 6일차의 약 1.4%에 이르기까지 지속적으로 증가하였다. 적숙기와 유통기한은 각각 1.6일, 5.3일이었다. 이는 대조구에 비하여 적숙기는 약 2.3 배, 유통기한은 약 1.3 배 증가된 결과이다. 10°C, 15°C 발효에 비하여 효과가 떨어지는 이유는, 앞에서 설명한 바와 같이 온도라는 변수가 미생물생육에 있어서 큰 영향을 미치기 때문인 것으로 생각된다. 미생물을 보면, *Leuconostoc* spp.는 발효개시 2~3일차에 10^8 CFU/ml 수준으로 최고치를 나타낸 후, 감소하는 경향을 나타내었고, *Lactobacillus* spp.는 1일차까지 10^4 CFU/ml 수준을 유지한 후, 4일차에

10^8 CFU/ml 수준으로 증가하고, 이후 유지되는 현상을 나타내었다. 약 3일차까지는 *Leuconostoc* spp.가 이후는 *Lactobacillus* spp.가 총균수의 대부분을 차지하였다. 10°C , 15°C 발효와 마찬가지로 *Leuconostoc* spp., *Lactobacillus* spp., 총균수만을 볼 때, 첨가균에서 이상발효로 생각되는 부분은 관찰되지 않았다.

결 론

지금까지 시도되어온 김치의 발효지연을 위한 방법은, 여러 가지 문제점으로 인하여 발효온도의 조절방법을 제외하고는 실제적인 적용이 되고 있지 않는 상태이다. 이에 본 연구에서는 비용, 적용방법의 수월성, 실질적인 효과 등을 고려하여 김치발효 지연방법을 시도하였다.

김치의 발효를 억제시키기 위하여 김치에 유기산의 일종인 adipic acid를 0.12%(W adipic acid/W 김치) 첨가한 결과;

1. 10°C 발효에서는, 무첨가균과 첨가균의 적숙기가 각각 1.7일, 5.4일로서 약 3.2 배 연장되었으며, 유통기한은 각각 11.1일, 25일로서 약 2.3 배 연장되었다.
2. 15°C 발효에서는, 무첨가균과 첨가균의 적숙기가 각각 1.1일, 3일로서 약 2.7 배 연장되었으며, 유통기한은 각각 9.7일, 14.5일로서 약 1.5 배 연장되었다.
3. 20°C 발효에서는, 무첨가균과 첨가균의 적숙기가 각

각 0.7일, 1.6일로서, 약 2.3배 연장되었고, 유통기한은 각각 4.2일, 5.3일로서 약 1.3배 연장되었다. 모든 경우에 있어서 이상발효로 생각되는 현상은 관찰되지 않았다.

상기의 결과로 보아 adipic acid의 첨가를 통하여 김치의 발효를 지연시키는 것이 가능할 것으로 생각되며, 본 방법과 기존에 시도 되어온 여러 가지 방법을 접목시킨다면 발효지연 효과를 더욱 상승시킬 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

1. 유주현. 1989. 발효공학. 개문사. 서울, 대한민국.
2. 한홍희. 1991. 김치의 유산균 생태. 미생물과 산업. Vol. 17, No. 3, pp68-75.
3. 민태익, 권태완. 1984. Effect of Temperature and Salt Concentration on Kimchi Fermentation. 한국식품과학회지. Vol. 16, No. 4, pp443-450.
4. 강상모, 김혜자, 이철수, 양차범. 1994. 김치의 내산성 균주를 이용한 산패지연 및 관능 향상에 관한 연구. 김치의 과학, 한국식품과학회 심포지엄 발표 논문집. pp137-159.
5. 하덕모. 1994. 김치의 발효경과 및 산패억제. 김치의 과학, 한국식품과학회 심포지움 발표 논문집. pp43-61.
6. 유기철, 함병권, 백운화, 유주현, 배동훈. 1996. *Metarizium anisopliae* (Metschn.) Sorok이 생산하는 *Lactobacillus plantarum* 용균효소의 분리, 정제 및 특성. Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol. Vol. 24, No. 6, pp678-686.