

오적골(烏賊骨) 첨가가 김치의 이화학적 품질에 미치는 영향

이미정 · 김한수* · 이승철* · 박우포**†

부경대학교 식품공학과

*경남대학교 생명과학부

**마산대학 식품과학계열

Effects of Sepiae os Addition on the Quality of *Kimchi* during Fermentation

Mi-Jeong Lee, Han-Soo Kim*, Seung-Cheol Lee* and Woo-Po Park**†

Dept. of Food Science and Technology, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

*Division of Life Sciences, Kyungnam University, Masan 631-701, Korea

**Division of Food Science, Masan College, Masan 630-729, Korea

Abstract

This study was carried out to investigate the effect of sepiae os on the *kimchi* fermentation. Quality indices were pH, titratable acidity, reducing sugar content, microbial counts, and redness of *kimchi* juice. Sepiae os retarded the decreasing rate of pH and the increasing rate of titratable acidity in *kimchi* during fermentation at 10°C, and the effect was more conspicuous at 1.5% than at 0.5%. *Kimchi* added with 1.5% sepiae os maintained a similar pH and titratable acidity after 5 days. Microbial counts of total and lactic acid bacteria were higher in sepiae os added *kimchi* than control. Regardless of the addition of sepiae os, the redness of *kimchi* juice was gradually increased during storage.

Key words: *kimchi*, fermentation, sepiae os

서론

김치는 우리나라의 고유한 전통발효식품으로서 카로틴, 식이섬유소, 페놀성 화합물과 같은 생리활성물질은 항암, 고혈압 예방, 항산화 효과 등과 같은 기능성을 나타내는 것으로 보고되고 있으며, 건강을 유지하는데 중요한 역할을 할 수 있는 것으로 알려져 있다(1-4). 이러한 기능성을 가진 김치는 옛날부터 각 가정에서 만들어 소비해 왔으나 최근에는 사회적·경제적 발전에 따른 식생활의 변화로 기업에서 대량으로 생산되어 소비되는 추세이다(5). 그러나, 김치를 공장에서 대량으로 생산하면서 김치의 품질을 균일화하는 것과 저장성을 연장하는 것이 문제가 되고 있다(6).

김치는 발효·숙성 중에 유산균의 생육에 의한 유기산의 생성으로 인하여 숙성적기에는 상큼한 신맛과 감칠맛이 어우러져 조화를 이룬 맛을 내는 것이 특징이다. 그러나 이 시기가 지나면 식물조직 내에 존재하는 펙틴의 분해로 인하여 연화현상이 일어나고(7), 과도하게 생산된 산과 효모의 생육으로 연부 현상이 나타나므로 품질이 저하되어 폐기·처리되는 실정이나(8) 김치의 저장성을 연장

하기 위한 합성 보존제나 방부제의 사용이 허가되어 있지 않다(9). 따라서, 최근에는 김치의 가식기간을 연장시키기 위하여 천연물의 첨가에 대한 연구가 많이 이루어지고 있으며(10-14), 더 나아가 김치숙성 전 과정에 걸쳐 미생물의 생육을 억제하여 김치의 저장성을 높이는 동시에 본래의 김치 맛과 향미를 유지시키는 천연 첨가제에 대한 연구도 보고되어 있다(15-17).

우리나라의 식품공전에는 칼슘 함유 식품을 칼슘을 많이 함유한 동·식물을 원료로 하여 식용에 적합하도록 분리, 정제, 살균하여 분말로 한 것이거나 소성하여 분말로 한 것 또는 이를 주원료로 하여 섭취가 용이하도록 액상, 페이스트상, 분말, 과립, 정제, 캡셀 등으로 가공한 것이라 명시하고 있다. 이를 기준하여 소맥 분말, 난각 분말, 조개껍질 분말을 주된 소재로 이용하여 칼슘식품시장이 형성되고 있으며, 1998년에는 칼슘소비량이 207톤으로 추정되고 금액은 약 900억에 이른다(18).

수산폐기물로 발생하는 오적골(烏賊骨, 갑오징어의 뼈)은 칼슘이 풍부하여 칼슘강화제로 적합할 뿐만 아니라 예로부터 한방에서 지혈제로 이용되어 왔으며, 항 궤양 작용도 하는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 오적골을

†To whom all correspondence should be addressed

첨가하여 담근 김치를 숙성하면서 품질특성의 변화를 관찰함으로써 김치에 칼슘을 강화하고 저장기간을 연장할 수 있는 가능성을 시험하였다.

재료 및 방법

재료

배추, 파 및 생강은 1999년 10월 마산의 어시장에서 구입하였으며, 마늘, 고춧가루 및 소금(천일염, 순도 80% 이상)은 구입하여 보관하면서 실험에 사용하였다. 오적골은 1999년 5월 마산의 어시장에서 구입한 갑오징어의 뼈를 씻고 말린 다음 분쇄하여 60 mesh의 체를 통과한 것을 냉동실에 보관하면서 사용하였다.

김치 제조

배추를 다듬고 가로 방향으로 4등분하여 약 8%(w/w)의 소금물에 넣어서 약 15°C에서 12시간 정도 절인 다음 깨끗한 물에 2번씩 씻고, 1시간 동안 탈수하였다. 탈수가 끝난 배추의 소금 농도는 약 1.44%였고, 절인 배추를 약 4×4 cm 정도의 크기로 자른 다음 부재료와 오적골의 첨가량을 달리하여 김치를 만들었다. 이때 혼합한 부재료의 비율은 절임 배추 100 g에 대하여 고춧가루 3 g, 마늘 2 g, 파 1.5 g, 생강 0.5 g, 멸치 액젓 0.75 g이었으며, 오적골의 첨가량은 절임 배추에 대하여 0.5%, 1.0%, 1.5%로 하였다. 만든 김치의 최종 소금 농도는 약 2.5%가 되도록 하였으며, 직경이 9 cm이고, 높이가 8 cm인 원통형의 PET 용기에 300 g씩 담아서 10°C에서 숙성하면서 분석용 시료로 사용하였다.

총균수 및 유산균수의 측정

김치의 국물 일부를 취하여 멸균한 가제로 짜고, 0.1% peptone수로 필요한 만큼 희석하였다. 총균수의 측정을 위하여는 희석액 0.1 mL을 plate count agar(Difco Laboratories) 배지에 도말하여 30°C에서 72시간 배양하였고, 유산균수 측정시에는 0.02% sodium azide를 포함한 MRS(Difco Laboratories) 배지에 희석액 0.1 mL를 도말한 후 37°C에서 48시간 배양한 다음 형성된 colony의 수를 colony forming unit(CFU/mL)로 표시하였다(19,20).

성분분석 및 김치액의 색도 측정

김치를 녹즙기(GP-1619, Greenpower Ltd., Korea)에 넣어서 마쇄한 다음 가제로 여과하여 pH는 여과액의 일부를 취하여 pH meter(220, Corning Co., USA)로 측정하였고, 적정산도는 여과액 중에서 10 mL를 취하여 0.1N NaOH로 pH 8.3까지 적정한 다음 이때 소비된 값을 젖산으로 환산하여 표시하였으며, 환원당은 여과액 1 mL 취

하여 적당한 비율로 희석한 다음 D.N.S.법으로 측정하였다(21). 색도는 여과액의 일부를 취하여 색차계(CT-310, Minolta Chroma Ltd., Japan)를 사용하여 측정하였으며, Hunter의 a값으로 표시하였다.

결과 및 고찰

pH 및 적정산도의 변화

김치를 담근 직후 대조구의 pH는 5.83이었으며, 오적골을 0.5%, 1.0%, 1.5% 첨가한 경우에는 각각 6.21, 6.25, 6.37로 나타났다(Fig. 1). 즉 오적골을 첨가한 양이 많을수록 김치의 pH가 높은 것으로 나타나 오적골이 김치의 pH를 높이는 작용을 하는 것으로 판단되었다. 모든 시험구의 숙성 2일째 pH는 김치 담금시보다 조금 더 높아지는 것으로 나타났으나 그 이후에 5일까지는 급격하게 낮아졌다. 숙성 5일 이후에는 모든 시험구의 pH가 완만하게 낮아졌으며, 오적골을 1% 이상 첨가한 시험구들은 9일 이후에 오히려 pH가 증가하는 경향을 보였다. 대조구는 숙성 9일째에 pH 4 부근에 도달하였으나 오적골을 첨가한 시험구들은 이보다 높은 pH를 유지하였다. 숙성 20일 경에는 대조구와 오적골 1.5%를 첨가한 시험구간에는 pH가 1 이상 차이가 나는 것으로 나타났다. 이것은 김치가 숙성되어감에 따라 생성된 여러 가지 유기산에 의하여 오적골에 있는 칼슘 성분이 김치의 국물 중으로 용출되기 때문이라고 생각된다. 즉 김치 숙성에 따라 생성된 유기산이 김치 중에 있는 유리 아미노산 등의 완충작용이나 오적골 등에서 용출된 칼슘 등의 중화작용으로 인하여 pH 저하로 나타나지 않았기 때문이라고 생각된다. 이는 30~50%의 탄산칼슘을 함유한 계집질을 김치에 넣었을 때 pH의 저하가 늦어지고, 적정산도의 증가도 늦어진다는 Kim 등(22)의 결과와 비슷하였다.

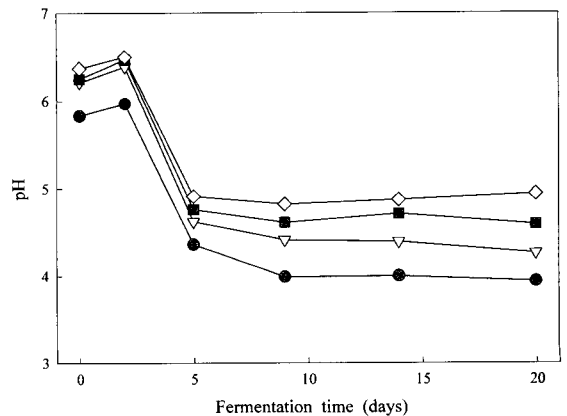


Fig. 1. Changes in pH of kimchi added with sepiae os during fermentation at 10°C.

●: control, ▽: sepiae os 0.5%, ■: sepiae os 1.0%, ◇: sepiae os 1.5%.

김치 담금 직후에는 오적골을 1.0% 첨가한 시험구의 적정 산도가 0.24%로 다른 시험구에 비하여 약간 높았다 (Fig. 2). 그러나, 숙성이 진행되는 동안 대조구의 적정산도가 가장 높았으며, 오적골의 첨가량이 많을수록 적정산도가 낮았다. 모든 시험구의 적정산도 증가가 가장 현저한 시기는 숙성 2일과 5일 사이였는데, 이것은 pH가 가장 현저하게 저하된 기간과 대체적으로 일치한다. 즉 김치가 숙성됨에 따라 생성된 유기산이 산도의 증가로 나타난 결과로 판단된다. 숙성 5일째의 대조구는 적정산도가 0.70%로 오적골을 0.5% 첨가한 시험구와 거의 비슷한 값을 나타내었다. 그러나 오적골을 1.0%와 1.5% 첨가한 김치의 적정산도는 각각 0.66%, 0.63%로 나타나 오적골의 첨가량이 많을수록 적정산도가 낮았다. 숙성 5일 이후로는 오적골의 첨가량에 따라 적정산도가 뚜렷한 차이를 보였는데, 오적골을 1.5% 첨가한 시험구는 숙성 5일 이후로는, 숙성 적기로 판단하는 적정산도 0.6~0.8%(18) 사이를 벗어나지 않았다. 이것으로 보아 오적골은 김치의 숙성중 적정산도의 증가를 억제하는 효과가 있는 것으로 나타났으며, 김치의 저장 기간을 연장하는 데 효과가 있는 것으로 판단된다. 숙성 10일 이후로는 대조구와 오적골을 0.5% 첨가한 처리구는 완만한 증가를 보여 숙성 중에 생성된 유기산이 적정산도의 증가로 나타난 것으로 생각된다. 오적골을 0.5% 첨가한 시험구는 20일까지 계속적으로 적정산도가 증가하여 20일에는 대조구와 거의 비슷해졌다. 이것은 오적골을 1.0%, 1.5% 첨가한 시험구와는 다른 결과로 오적골의 첨가량이 어느 정도 이상이어야 적정산도의 증가를 막을 수가 있으며, 김치의 저장 기간 연장에도 효과가 있을 것으로 판단된다.

김치의 숙성 정도를 판단하는 기준인 pH와 적정산도의 결과로 보면, 오적골을 첨가하여 담근 김치는 저장성 연장 효과가 있는 것으로 생각되었다. 즉, 김치의 숙성 적기로 판단하는 pH 4.2, 적정산도 0.6~0.8%를 기준(23)으

로 한다면 오적골을 0.5%이상 첨가하게 되면 대조구에 비하여 적어도 5일 내지 15일 이상 숙성 적기가 늦어지는 효과가 있는 것으로 판단된다.

환원당 함량의 변화

김치의 숙성이 진행됨에 따라 환원당의 함량은 모든 시험구에서 대체적으로 줄어드는 것으로 나타났다(Fig. 3). 김치를 담근 직후 대조구의 환원당 함량은 24.75 mg/mL로 시험구 중에서 가장 낮았으나 숙성 5일째는 13.72 mg/mL로 다른 시험구에 비하여 높았다. 즉 김치가 숙성되어감에 따라 오적골을 많이 첨가한 시험구의 환원당 함량이 낮았다. 이것은 오적골을 첨가한 김치에 있는 환원당이 유기산으로 많이 전환되며, 오적골의 첨가량이 많을수록 유기산으로의 전환되는 양도 많아지기 때문이라고 판단된다. 그러나 Fig. 2의 적정산도의 결과를 보면 오적골을 많이 첨가한 김치의 적정산도 값이 낮은 것으로 나타나 김치의 숙성 중에 만들어진 유기산의 일부는 오적골에 있는 칼슘 등의 무기질과 결합하여 염 등의 형태로 존재함으로써 적정산도에는 큰 영향을 주지 않는 것으로 판단된다. 숙성 9일 이후에는 대부분의 시험구에서 환원당의 함량이 약간 증가하거나 큰 변화가 없는 것으로 나타났다.

총균수 및 유산균수의 변화

김치를 담근 직후 대조구의 총균수는 $10^{6.23}$ 으로 오적골을 첨가한 처리구에 비해 낮게 나타났다(Table 1). 즉 오적골을 0.5%, 1.0%, 1.5% 첨가한 처리구들의 총균수는 각각 $10^{6.52}$, $10^{6.41}$, $10^{6.34}$ 로 나타났으며, 숙성기간 동안 오적골을 첨가한 시험구의 총균수 및 유산균수가 대조구보다 높게 유지되어 오적골이 김치의 발효에 관여하는 미생물의 생육을 다소 촉진하는 역할을 한 것으로 판단된다. 이것

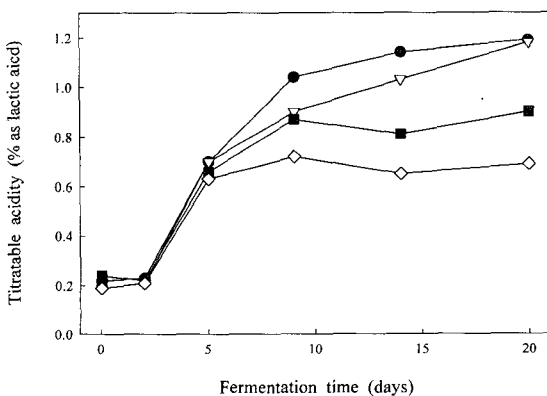


Fig. 2. Changes in titratable acidity of kimchi added with sepieae os during fermentation at 10°C. ●: control, ▽: sepieae os 0.5%, ■: sepieae os 1.0%, ◇: sepieae os 1.5%.

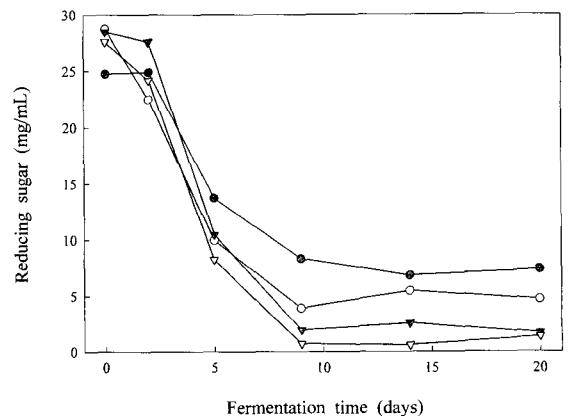


Fig. 3. Changes in reducing sugar of kimchi added with sepieae os during fermentation at 10°C. ●: control, ▽: sepieae os 0.5%, ■: sepieae os 1.0%, ◇: sepieae os 1.5%.

Table 1. Changes in microbial flora of *kimchi* treated with *sepiae os* during fermentation at 10°C

Treatment	Fermentation time (days)	Total microbial count [log (CFU/mL)]	Lactic acid bacteria [log (CFU/mL)]
Control	0	6.23±0.15 ¹⁾	3.88±0.17
	2	6.38±0.09	5.90±0.13
	5	9.54±0.03	8.99±0.16
	9	9.45±0.01	8.91±0.02
	14	8.96±0.01	8.65±0.17
	20	8.42±0.06	8.27±0.16
Sepiae os 0.5%	0	6.52±0.02	3.93±0.10
	2	6.98±0.03	6.02±0.03
	5	9.71±0.01	9.48±0.03
	9	9.84±0.01	9.70±0.01
	14	9.43±0.05	9.40±0.05
	20	9.21±0.03	9.17±0.01
Sepiae os 1.0%	0	6.41±0.03	3.93±0.10
	2	6.51±0.19	6.02±0.03
	5	9.80±0.01	9.68±0.01
	9	10.03±0.01	9.94±0.01
	14	9.62±0.01	9.60±0.01
	20	9.52±0.02	9.51±0.10
Sepiae os 1.5%	0	6.34±0.04	3.88±0.17
	2	6.65±0.07	5.48±0.01
	5	9.82±0.01	9.71±0.01
	9	10.06±0.01	9.93±0.01
	14	9.58±0.01	9.47±0.04
	20	9.50±0.08	9.49±0.01

¹⁾Values are mean±standard deviation (n=3).

은 계집질에 들어있는 탄산칼슘이 김치의 산을 중화시킴으로서 미생물의 생육을 촉진했다는 Kim 등(22)의 결과와 일치하였다. 오적골을 첨가한 김치는 숙성 9일에 총균수 및 유산균수가 최대값을 보였고, 그 이후로는 줄어드는 것으로 나타났지만, 대조구는 Park 등(17)의 결과와 마찬가지로 숙성 5일경에 최대값을 보여 오적골을 첨가한 김치와는 다른 발효 양상을 보였다.

색도의 변화

김치를 마쇄한 착즙액의 붉은 정도인 Hunter의 a값은 숙성 기간 동안 대체적으로 증가하는 것으로 나타났다 (Fig. 4). 김치를 담근 직후에는 오적골을 0.5% 첨가한 시험구의 값이 11.37로 가장 높았고, 대조구가 10.91로 나타났다. 오적골을 1.0% 및 1.5%를 첨가한 시험구는 대조구와 오적골을 0.5% 첨가한 시험구에 비하여 현저히 낮은 4.35와 3.00으로 나타났다. 오적골을 0.5%의 첨가한 시험구는 숙성 2일째에 8.36으로 급격히 떨어졌고, 숙성 5일에는 7.82까지 낮아졌다가 숙성이 진행됨에 따라 증가하여 숙성 10일부터는 대조구와 비슷하였다. 오적골을 1.0, 1.5% 첨가한 시험구는 숙성 기간 동안 지속적으로 a값이 증가하였으며, 1.5% 첨가구의 증가가 1.0%의 증가보다 현저하였다. 김치는 부재료로 사용하는 고춧가루의 붉은 색이 품질에 미치는 영향이 큰 식품이므로 a값이 지나치게 낮은 것은 바람직하지 않을 것으로 판단된다. 숙성 9일

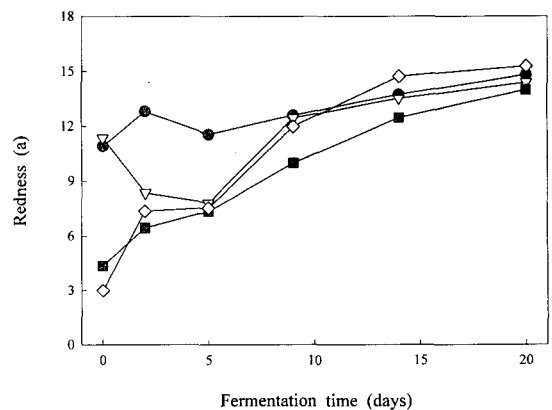


Fig. 4. Changes in redness of *kimchi* added with *sepiae os* during fermentation at 10°C.

●: control, ▽: *sepiae os* 0.5%, ■: *sepiae os* 1.0%, ◇: *sepiae os* 1.5%.

경에는 오적골을 1.0% 첨가한 시험구를 제외하면 대체적으로 비슷한 a값을 나타내어 김치의 가시 기간동안에는 오적골 첨가에 따른 붉은 색 정도가 김치의 품질에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 밝은 색을 나타내는 L값은 숙성이 진행됨에 따라 그 수치가 점점 높아지는 것으로 나타났다(데이터는 제시하지 않음).

이상의 결과로 보아 오적골을 첨가하여 담근 김치의 저장 기간은 연장할 수 있겠으나, 첨가량을 적절히 조절하는 연구가 더 이루어져야 할 것으로 생각된다. 또한 숙

성 15일 이후부터는 pH가 떨어지는 영향으로 첨가된 오적골이 용출되는 현상을 보이는 것으로 생각되며, 이미 및 이취를 나타내기 시작하여 이에 대한 연구가 더 필요한 것으로 판단된다.

요 약

오적골을 0.5%, 1.0%, 1.5% 첨가한 김치를 만들어 10°C에 보관하면서 숙성이 진행되는 동안의 품질 특성의 변화를 알아보기 위하여 pH, 적정산도, 환원당 함량, 총균수, 유산균수 및 색도의 변화를 조사하였다. 오적골을 첨가한 김치는 대조구에 비하여 pH의 저하가 늦어지고, 적정산도의 증가가 늦어지는 것으로 나타났다. 대조구에 비해 오적골을 첨가한 시험구의 환원당 함량이 낮은 것으로 보아 발효 기간 중 오적골 첨가 김치에서는 유기산의 생성이 활발하였던 것으로 보인다. 생성된 유기산은 김치 중에 있는 유리 아미노산 등의 완충작용이나 오적골 등에서 용출된 칼슘의 중화작용으로 인하여 pH 저하로 나타나지는 않았다. 일반적으로 김치의 숙성정도를 판단하는 기준인 pH 및 적정산도의 결과로 보아 오적골을 첨가한 김치는 대조구에 비하여 5일 내지 15일 이상 숙성 기간이 늘어나는 효과를 가지는 것으로 보인다. 오적골을 첨가한 김치의 총균수와 유산균수가 대조구에 비하여 높게 나타난 것은 오적골이 김치의 숙성에 관여하는 미생물이 생육하는 데 적당한 조건을 만들어 주기 때문이라고 생각된다. 숙성이 진행됨에 따라 김치 마쇄액의 붉은 정도는 점진적으로 높아지는 경향을 보였다.

감사의 글

본 연구는 교육부의 향토산업기반 거점 전문대학 육성 연구비의 일부로 수행되었으며, 지원에 감사드립니다.

문 헌

- Cheigh, H.S. and Park, K.Y. : Biochemical, microbiological, and nutritional aspects of *kimchi* (Korean fermented vegetable products). *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, **34**, 175-203 (1994)
- Park, K.Y. : The nutritional evaluation, and antimutagenic and anticancer effects of *kimchi*. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **24**, 169-182 (1995)
- Kim, S.H. : Comutagenic and antimutagenic effects of *kimchi* components. *Ph.D. Thesis*, Pusan National University, Pusan (1991)
- Ha, J.O. : Studies on the developments of functional and low sodium *kimchi* and physiological activity of salts. *Ph.D. Thesis*, Pusan National University, Pusan (1997)
- Jeon, Y.S., Kye, I.S. and Cheigh, H.S. : Changes of vitamin C and fermentation characteristics of *kimchi* on different cabbage variety and fermentation temperature. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **28**, 773-779 (1999)

- Kim, M.R., Mo, E.K., Kim, J.H., Lee, K.J. and Sung, C.K. : Effect of hot water extract of natural plants on the prolongation of optimal fermentation time of *kakdugi*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **28**, 365-370 (1999)
- Kim, H.J., Lee, J.J., Chung, K.S. and Choi, S.Y. : Pectin-degrading enzymes of *kimchi* ingredients. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **31**, 263-266 (1999)
- Oh, Y.A., Choi, K.H. and Kim, S.D. : Changes in enzyme activities and population of lactic acid bacteria during the *kimchi* fermentation supplemented with water extract of pine needle. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **27**, 244-251 (1998)
- Code of Food Additive. Association of Korean Food Industry (1999)
- Lee, S.H. and Choi, W.J. : Effect of medicinal herbs' extracts on the growth of lactic acid bacteria isolated from *kimchi*, and fermentation of *kimchi*. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **30**, 624-629 (1998)
- Lee, S.H. and Cho, O.K. : The mixed effect of *Lithospermum erythrorhizon*, *Glycyrrhiza uralensis* extracts and chitosan on shelf-life of *kimchi*. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **27**, 864-868 (1998)
- Oh, Y.A., Kim, S.D. and Kim, K.H. : Effect of addition of water extract of pine needle on tissue of *kimchi*. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **27**, 461-470 (1998)
- Park, W.P., Park, K.D. and Cho, S.H. : Effect of grapefruit seed extract on *kimchi* fermentation. *Foods and Biotech.*, **5**, 91-93 (1996)
- Mo, E.K., Kim, J.H., Lee, K.J., Sung, C.K. and Kim, M.R. : Extension of shelf-life of *kakdugi* by hot water extracts from medicinal plants. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **28**, 786-793 (1999)
- Kim, S.J. and Park, K.H. : Antimicrobial activities of the extracts of vegetable *kimchi*. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **27**, 216-220 (1995)
- Yoo, E.J., Lim, H.S., Kim, J.M., Song, S.H. and Choi, M.R. : The investigation of chitosan oligosaccharide for prolongating fermentation period of *kimchi*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **27**, 869-874 (1998)
- Park, W.P., Park, K.D., Kim, J.H., Cho, Y.B. and Lee, M.J. : Effect of washing conditions in salted Chinese cabbage on the quality of *kimchi*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **29**, 30-34 (2000)
- 강대일 : 건강보조식품시장. 식품저널, 한국컴퓨터인쇄, Vol. 3, p.94 (1999)
- Lee, I.S., Park, W.S., Koo, Y.J. and Kang, K.H. : Changes in some characteristics of brined Chinese cabbage of fall cultivars during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **26**, 239-245 (1994)
- Kim, M.K., Kim, S.Y., Woo, C.J. and Kim, S.D. : Effect of air controlled fermentation on *kimchi* quality (in Korean). *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **23**, 268-273 (1994)
- Miller, G.L. : Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.*, **31**, 426-428 (1959)
- Kim, S.D., Kim, M.H. and Kim, I.D. : Effect of crab shell on shelf-life enhancement of *kimchi*. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **25**, 907-914 (1996)
- Mheen, T.I. and Kwon, T.W. : Effect of temperature and salt concentration on *kimchi* fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **16**, 443-450 (1984)