

돌산 갓김치의 저온 발효과정 중 미생물 및 품질 특성의 변화

김두운, 서윤주, 정복미*
전남대학교 식품·수산생명의학부

Changes in Microbial Growth and Quality Characteristics during Fermentation of Dolsan Leaf Mustard (*Brassica juncea*) Kimchi

Duwoon Kim, Yoon-Joo Seo, Bok-Mi Jung*

Division of Food Science and Aquatic medicine, Chonnam National University

Abstract

The quality of Dolsan leaf mustard (*Brassica juncea*) kimchi was evaluated by measuring microbial growth and changes in texture, color and minerals as sensitive indicators in order to determine the best storage conditions during a 7 week storage time at $2\pm 1^\circ\text{C}$. After storing at $2\pm 1^\circ\text{C}$ for 2 weeks, the samples had total viable counts of $8.8 \log \text{cfu/g}$ from their initial control load of $3.7 \log \text{cfu/g}$, while the number of lactic acid bacteria was $4.9 \log \text{cfu/g}$ from the initial number of $3.4 \log \text{cfu/g}$. The samples stored at $2\pm 1^\circ\text{C}$ for 3 weeks showed a 2.5-fold ($3.3\times 10^7 \text{ dyne/cm}^2$) and 3.3-fold ($2.6\times 10^7 \text{ dyne/cm}^2$) reduction ($p<0.05$) in the hardness of stem and leaf compared to the initial hardness. The stem parts stored at $2\pm 1^\circ\text{C}$ for 3 weeks had higher 'L' and 'a' values than the initial samples ($p<0.05$), while the leaf parts stored at $2\pm 1^\circ\text{C}$ for 5 weeks had lower 'a' values than the initial samples ($p<0.05$). There was an increase in the concentration of Mg, Na, Fe and Zn after storing at $2\pm 1^\circ\text{C}$ for 7 weeks, while the concentration of Ca and Cu decreased during the same fermentation period.

Key words: Dolsan leaf mustard, microbial growth, quality characteristics, sensory evaluation

서 론

우리나라의 대표적인 전통발효식품이자 긴 역사를 지닌 김치는 주로 가정 단위에서 자가 제조하여 가정 내에서 소비되었다. 그러나 90년대에 들어와 경제성장에 따른 국민 소득 수준의 향상으로 식생활에 큰 변화가 있었지만 이러한 시대의 변화에도 불구하고 국내 일반 소비자들을 위한 본격적인 김치 상품이 시장에 출하되기 시작하면서 김치의 산업화가 시작되었다(Cho et al., 1998; Choi et al., 1998). 갓(mustard leaf)은 십자화과에 속하는 엽경 채소류중의 하나로 겨자(*Brassica juncea*, Brown mustard)의 잎을 말하며 특 쓰는 독특한 매운맛을 갖고 있어서 그 자체로서 김치를 담그거나 다른 김치의 부 재료로서 널리 이용되고 있다.

갓은 배당체인 sinigrin이 myrosinase의 작용으로 allylisothiocyanate가 생성되어 매운맛을 내며, 이 성분은 김치로 제조 시 숙성 중에 여러 가지 함황성분과 그 관련

물질을 생성한다(Isshiki et al., 1992; Tsuruo & Hata, 1968). 이러한 함황 물질들은 갓김치 발효 시 항균작용을 나타내어 발효를 지연시키고 일반김치에 비해 저장성을 증가시켜준다(Kang, 1995; Pyo et al., 2000). 그러나 예전에 1년에 두 번 재배되는 갓이 최근에는 세 번으로 횟수가 증가하면서 매운맛이 적고 맛이 부드럽다는 지적이 업계에서 나오고 있어 수년전에 비해 돌산 갓의 재배가 달라지고 있음을 알 수 있다. 또한 김치를 유통하는 과정에서 품질을 유지하는 것이 중요한데 김치의 품질을 유지하는 방법에는 저온저장, 낮은 온도에서의 가열처리, 방부제의 첨가, 방사선 처리, 완충제의 첨가, 향신료 및 인산염 등 염의 첨가 방법 등이 이용되고 있다(Choi et al., 1998).

일반적으로 김치상품이 지니는 최고의 품질을 유지하는 기간 즉 최적 가식기간은 다른 식품상품에 비하여 대단히 짧다. 이는 숙성기간 중 젖산균에 의하여 주도되는 발효과정과 효소반응 및 화학반응이 관여하기 때문이다(Choi et al., 1998; Pyo et al., 2000). 그러나 갓 김치는 다른 김치에 비하여 쉽게 산패되거나 연화되지 않으므로 비교적 오랫동안 저온저장이 가능하다(Park et al., 1993a; Chun et al., 1995; Park et al., 1995b). 그러나 갓김치의 저장기간에 따른 미생물 및 품질 특성에 대한 자료가 미미하며, 김치

Corresponding author: Bok-Mi Jung, Professor, Division of Food Science and Aquatic medicine, Chonnam National University, Yeosu, Chonnam 550-749, Republic of Korea
Tel: +82-61-659-3414; Fax: +82-61-659-3419
E-mail:jbm@chonnam.ac.kr

를 생산하는 산업체의 경우 김치의 유통기한 설정이나 수출에 대비한 최적의 가식기간에 대한 자료가 절실히 필요한 실정이므로 본 연구는 저장기간별 갓김치 발효특성의 변화를 측정하여 소비자들에게 품질이 좋은 갓김치 제공을 위한 기초 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

갓김치 제조 및 저장

주 재료인 갓(*Brassica juncea*)은 2007년에 전라남도 여수시 돌산읍에서 재배한 것으로 길이 30~40 cm 정도 성장한 청갓을 사용하였으며, 부재료인 마늘, 양파, 생강은 실험 당일 여수시 농협에서 구입하였고 고춧가루는 냉동저장하며 사용하였다. 갓 절임용 소금은 전남 무안 해제 천일염을 사용하였다. 갓김치 제조 방법 및 부재료의 배합비는 다음과 같다. 갓 25 kg에 소금 1 kg을 골고루 뿌려서 실온에서 절인 다음 수돗물로 6회 수세하고 물을 뺀 후 양파 1.5 kg, 마늘, 생강 각각 25 g, 고춧가루 1 kg, 통고추 90 g을 믹서로 갈아 참쌀풀 1.5 L에 섞어 여기에 각종 어패류(생새우, 생조기) 같은 것 250 g과 잡젓(새우젓, 조기젓, 갈치젓 혼합한 것) 250 mL, 통깨 15 g을 잘 혼합시켰다. 이와 같이 제조한 갓김치는 업체용 플라스틱 용기(가로 25 cm, 세로 20 cm, 높이 8 cm)에 2 kg씩 되게 넣고 밀봉 후 냉장고(2±1°C)에서 49일간 저장하면서 1주에 1 개씩 꺼내어 실험하였다.

미생물 측정

갓김치를 저온 (2±1°C) 저장 중 미생물 (총세균, 효모 및 젖산균)의 증식을 측정하였다. 시료의 미생물 분석을 위해서 저장시기별로 2 kg씩 각각 포장된 플라스틱 용기에서 10 g을 무균적으로 취하여 Phosphate buffered saline (PBS, pH 7.4) 용액 90 mL를 이용하여 10배 희석하고 균질화 된 시험용액을 단계별로 희석하였다. 총균수 측정을 위해 각 단계 희석액 0.1 mL씩을 PCA (plate count agar) 배지에 접종하여 30±1°C의 배양기에서 48시간 동안 배양한 후 생성된 집락수를 측정하였고, 효모는 각 단계 희석액 1 mL씩을 Petrifilm Yeast and Mold (3M Center, St. Paul, USA)에 접종하여 30±1°C의 배양기에서 48시간 동안 배양한 후 생성된 파란색 집락수를 측정하였고, 젖산균은 Rogosa (Difco Laboratories, Detroit, USA) 고체배지에 각 단계 희석액 0.1 mL씩을 분주하고 도말 한 후 30±1°C의 배양기에서 48시간 동안 배양한 후 생성된 집락수를 측정하였다.

경도측정

절임 및 발효과정에서 두께 감소로 인하여 김치 윗부위와 줄기부위의 균일한 시료를 얻는 단점(Lee et al., 1988)

을 최소화 하고 균일한 두께의 갓김치 시료의 경도 측정을 위해서 갓김치의 줄기는 제일 위에서부터, 잎은 중앙 제일 아래에서부터 평균 두께가 2.0 mm이며, 시료의 너비는 1 cm로 절단하였고 texture analyzer (Model TX XT2i, Stable Micro Systems, Godalming, England)의 칼날형 탐침속도를 1.0 mm/s로 하여 10회 반복한 다음 SPSS 통계 패키지를 이용하여 평균과 표준편차를 구하고, ANOVA test 후 5% 수준에서 Turkey test를 실시하였다(Kim et al., 1998a).

색도측정

갓김치의 색도는 색차계 (Model CR-300, Minolta Co., Osaka, Japan)를 사용하여 명도 (lightness, *L*), 적색도 (redness, *a*), 황색도 (yellowness, *b*)를 한 시료 당 10회 측정하였고 이때 사용한 표준 백색판 (standard plate)의 *L*값은 98.48, *a*값은 0.14, 그리고 *b*값은 -0.41이었다. 색의 변색도 측정은 ΔE값을 다음과 같이 계산하여 분석하였다.

$$\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$$

갓김치의 무기질함량 측정

갓김치의 무기질 함량 측정은 갓김치 중 항상 일정한 부분 즉 줄기와 잎이 겹쳐진 부분을 채취하여 습식 분해법을 이용하여 다음과 같이 측정하였다. 세척된 wet ashing-tube에 시료 0.5 g을 취해 넣고, 여기에 20% HNO₃ 10 mL, 60% HClO₄ 3 mL를 취한 후 투명해질 때까지 가열시킨다. 투명해진 시료를 냉각시킨 후 0.5 M Nitric acid로 50 mL 정용 하였다. 이 시료용액을 측정용 시험관에 채취하고, 분석항목별 표준용액을 혼합하여 다른 tube에 8 mL를 채취하여 표준용액으로 하였다. Blank test용에는 0.5 M Nitric acid 용액 8 mL를 취해 원자흡수 분광 광도계 (AA-6501GS, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 분석하였다.

관능평가

관능평가는 예비실험을 통하여 훈련된 전남대학교 영양 식품학 전공 학생 10명을 대상으로 실시하고 갓김치를 제조 후 냉장고 (2±1°C)에 보관하면서 0, 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56일간 7일 간격으로 평가항목인 매운맛, 신맛, 맛, 색, 냄새, 전반적 좋아함 등 Hedonic scale (9점법 test)로 관능평가를 실시한 후 얻어진 결과는 SPSS 통계 패키지를 이용하여 평균과 표준편차를 구하고, ANOVA test 후 5% 수준에서 Turkey test를 실시하였다.

결과 및 고찰

저장기간 중 갓김치의 미생물 수의 변화

저온 발효과정 중 미생물 성장 변화는 Fig. 1과 같다. 저

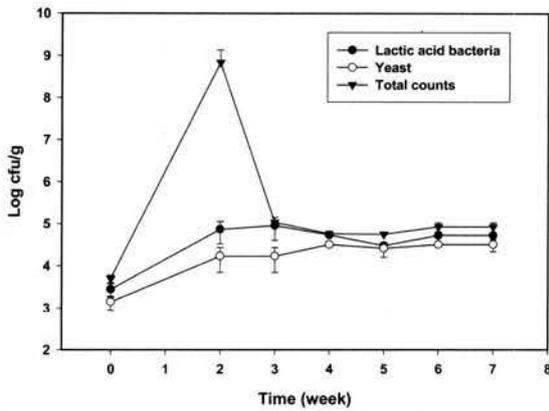


Fig. 1. Changes in microbial growth of Dolsan mustard leaf kimchi during a 7 week storage time at 2±1°C.

온저장 초기에 총균수는 3.7 log cfu/g의 수준에서 시작하여 2주 저장기간까지 지속적인 성장을 보여 8.8 log cfu/g 수준으로 성장한 후 3주째에 급격한 감소를 보이면서 7주째까지 4.9 log cfu/g 수준으로 감소하는 경향을 보였다. 이는 김치 발효초기에는 김치내의 소금농도(일반적으로 2.0~3.0%) 때문에 혐기성이면서 소금에 잘 견디는 미생물(anaerobic and haloduric microorganisms)이 주로 생육하며 발효가 진행되면서 젖산을 비롯한 각종 유기산이 생성됨에 따라 pH가 낮아지고 *Leuconostoc mesenteroides*와 같은 젖산균이 자라며, 호기성균들이 사멸되기 때문이다(Kim, 1998b). 반면 효모 및 젖산균은 3주까지 각각 4.2와 4.9 log cfu/g까지 증식한 후 7주까지 개체수의 증가는 없었으나 전체 미생물의 주요 균락을 형성하였다. Park et al.(1995b)의 갓김치 발효과정 중 미생물 총균수의 변화에 관한 연구에서도 총균수는 3주째부터 지속적으로 감소하였고 젖산균 및 효모의 증식도 갓김치 숙성일수 24일에서 32일 사이에 최대 생육을 보였다고 보고하였는데 이는 본 연구에서도 비슷한 경향을 나타냈다.

저장기간 중 갓김치의 경도 변화

돌산 갓김치의 저장기간에 따라 줄기와 잎의 경도를 측정한 결과는 Table 1과 같다. 갓김치 줄기와 잎의 저온 저장 (2±1°C) 전 초기 경도는 8.2×10⁷ dyne/cm² 이었고 2주 저장 시에는 줄기의 경도는 7.3×10⁷ dyne/cm², 그리고 잎의 경도는 6.2×10⁷ dyne/cm² 이었는데 초기 경도와 p<0.05 수준에서 비교 시 유의적 차이가 없었다. 그러나 3주 동안 저온저장을 할 경우에는 초기 경도에 비해 줄기의 경도는 p<0.05 유의수준에서 2.5배 (3.3×10⁷ dyne/cm²) 감소, 그리고 잎의 경도는 3.3배 (2.6×10⁷ dyne/cm²) 감소하였고, 3주에서 7주 사이의 저온 저장 시에는 줄기와 잎의 경도는 p<0.05 수준에서 유의적 차이가 없었다.

Park et al.(1995b)의 연구에서도 갓김치의 경도가 숙성과정 24일째부터 감소하는 경향을 보인다고 보고하였는데 이

Table 1. Changes in hardness of Dolsan mustard leaf kimchi during a 7 week storage time at 2±1°C

| Week | Stem (dyne/cm ²) | Leaf (dyne/cm ²) |
|------|------------------------------|------------------------------|
| 0 | 82992582 ^{a1)} | 82820839 ^a |
| 1 | 74079226 ^a | 83749342 ^a |
| 2 | 73491640 ^a | 61999026 ^a |
| 3 | 32719289 ^b | 25868979 ^b |
| 4 | 32087366 ^b | 21334742 ^b |
| 5 | 19534061 ^b | 13773029 ^b |
| 6 | 15046468 ^b | 13260047 ^b |
| 7 | 13517634 ^b | 12616133 ^b |

¹⁾Values with different superscript within products are significantly different at p<0.05

는 본 연구와 유사하였다.

저장기간 중 갓김치의 색도 변화

갓김치 줄기는 저온 저장 (2±1°C) 초기부터 시간이 경과함에 따라 7주의 저장기간까지 색의 변색이 진행되었으며, 특히 3주까지 저온저장 시, 명도와 적색도가 p<0.05 수준에서 저장 초기보다 11% 증가하는 경향을 보였다 (data not shown). 갓김치 잎의 경우에는 저온 저장 (2±1°C)으로 5주가 경과한 후 전체적인 색의 차이가 진행되었으며, 특히 p<0.05 수준에서 적색도가 감소하는 경향을 보였다 (data not shown). Park et al.(9)의 연구에서는 5±2°C에서 갓김치를 24일까지 저장 시 33%정도의 carotenoid 함량이 발효 초기에 비해 감소하였다고 보고하였는데 이는 본 실험에서 사용된 저온 저장 조건 (2±1°C)과 부재료 구성의 차이가 발효과정 중 갓김치 줄기 및 잎의 색도 변화를 지연시키는데 관련이 있다고 사료된다.

저장기간 중 갓김치의 무기질 함량 변화

저장기간에 따른 갓김치의 무기질 함량을 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. 칼슘의 경우 김치를 담근 후 바로 측정 시

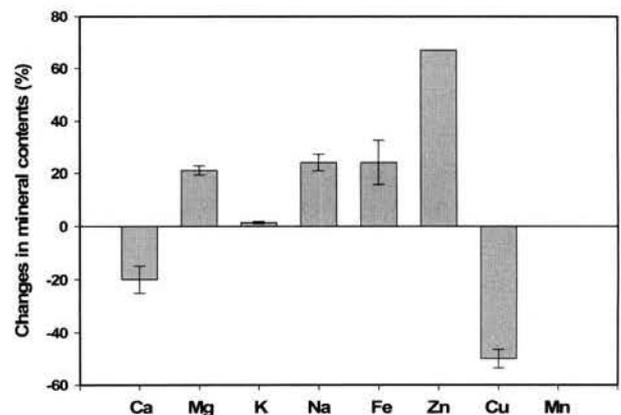


Fig. 2. Changes in mineral contents of Dolsan mustard leaf kimchi after a 7 week storage time at 2±1°C.

Table 2. Sensory evaluation in Dolsan mustard leaf kimchi during a 7 week storage time at 2±1°C

| Week | Hotness | Sourness | Taste | Texture | Flavor | Color | Overall Palatability |
|-------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 0 | 3.18±1.16 ^{a1)} | 1.09±0.30 ^a | 5.36±1.03 ^{NS} | 5.80±1.13 ^{NS} | 5.54±1.36 ^{NS} | 6.09±1.22 ^{NS} | 5.18±1.40 ^{NS} |
| 1 | 4.50±1.26 ^{ab} | 1.20±0.42 ^a | 5.50±1.51 | 5.63±1.19 | 5.50±0.97 | 5.10±1.59 | 5.60±0.97 |
| 2 | 3.70±0.82 ^a | 3.10±1.45 ^b | 5.80±1.14 | 5.60±1.07 | 5.80±0.92 | 5.90±0.74 | 5.50±1.51 |
| 3 | 3.60±1.43 ^a | 3.20±1.62 ^b | 6.30±1.06 | 5.60±0.97 | 5.70±0.65 | 6.00±1.05 | 6.40±0.97 |
| 4 | 4.60±1.17 ^{ab} | 4.20±0.92 ^{bc} | 6.50±1.18 | 5.60±1.35 | 6.30±1.25 | 6.40±1.07 | 5.90±1.73 |
| 5 | 6.00±1.49 ^b | 4.00±1.07 ^{bc} | 6.40±1.64 | 5.36±0.82 | 5.70±0.67 | 5.40±0.97 | 5.20±0.92 |
| 6 | 3.75±0.88 ^a | 4.80±1.62 ^{bc} | 5.88±1.25 | 5.30±1.15 | 5.25±0.71 | 6.13±1.12 | 5.25±0.89 |
| 7 | 3.80±1.03 ^a | 5.30±2.06 ^c | 5.20±1.14 | 5.00±0.95 | 5.90±0.74 | 5.70±1.06 | 5.70±1.34 |
| Total | 4.14±1.41 | 3.32±1.94 | 5.63±1.36 | 5.34±1.27 | 5.47±1.12 | 5.84±1.15 | 5.59±1.26 |

¹⁾Values (Mean ± S.D.) with different superscript within products are significantly different at $p < 0.05$.
^{NS}, Non-significant.

100 g 당 155.6 mg이었으나 저장기간이 경과함에 따라 7 주 후에는 124.8 mg/100 g으로 20% 감소하였고 구리함량은 저장 초기에 0.2 mg/100 g에서 7 주 후에는 0.1 mg/100 g으로 감소한데 반해, 철분, 마그네슘, 그리고 나트륨함량은 저장 초기에 각각 1.7, 48.6, 575.6 mg/100 g에서 7 주 후에는 21~24% 증가하는 경향을 나타냈다. 아연함량은 저장 전에는 0.3 mg/100 g에서 7 주 후에는 0.5 mg/100 g으로 67% 증가하였다. 망간의 경우 0.2 mg/100 g으로 저장기간 동안 일정한 경향을 보였다. Park et al.(1995c)의 연구에서는 5±2°C에서 갓김치를 32일까지 저장 시 칼슘은 44%, 칼륨은 25%, 철분 55%로 감소하였으며, 구리와 마그네슘 함량은 변화가 없다고 보고하여 무기질의 함량이 저장기간이 증가할수록 감소하는 경향을 나타냈는데 본 연구에서는 칼슘, 구리 그리고 망간을 제외한 무기질은 저온저장 기간 중에 증가하는 경향을 보였는데 이는 갓김치의 제조조건과 저장온도의 영향으로 무기질 함량에 변화가 있는 것으로 사료된다.

저온 저장 중 갓김치의 관능평가

7주간 저온 저장 중 갓김치의 관능평가의 결과는 Table 2와 같다. 매운맛의 경우 저장 초기에는 낮게 나타났으나 저장 5주에는 다른 저장 기간보다 유의하게 높게 나타났고 ($p < 0.05$), 그 후 다시 매운맛이 감소된 것으로 나타났다. 신맛의 경우 1주까지는 차이가 없었으나 2주부터 유의적인 차이가 나타나기 시작하여 7주까지 신맛이 꾸준히 증가하는 경향을 나타냈다. 맛의 경우 저장초기에 비해 3주~5주 사이에 가장 높게 나타났으나 전 기간에 걸쳐 유의적 차이는 없었다. 질감은 저장 초기에 비해 중기, 후기로 갈수록 약간 감소되는 경향이었으나 유의적인 차이는 없었다. 향 역시 저장 초기에 비해 4주에 가장 높게 나타났으나 유의적인 차이는 없었으며, 색의 경우, 전 기간에 걸쳐 유의적 차이가 없었으며, 전반적 좋아함은 저장 3주에 가장 높게

나타났으나 유의성은 없었다. 본 연구결과로 볼 때 대체로 저장 후 3~6주에서 다른 기간에 비해 비교적 관능평가 점수가 약간 높게 나타났지만 매운맛을 제외하고는 유의적인 차이가 없었으므로 본 실험기간인 7주까지는 관능평가에 영향이 없는 것으로 나타났다.

요 약

본 연구는 여수지역에서 재배되는 청갓을 재료로 갓김치를 담근 후 저온 발효과정 중 미생물 생장의 변화 및 품질의 변화를 조사하였다. 저장 중 미생물 성장 변화에 대한 결과 총균수는 저장 2주에 8.8 log cfu/g 까지 성장한 후 7주째에는 4.9 log cfu/g까지 감소하는 경향을 보였다. 반면 효모 및 젖산균은 3주까지 4.2 또는 4.9 log cfu/g까지 성장한 후 7주까지 전체 미생물의 주요 군락을 형성하였다. 관능평가는 매운맛을 제외하고는 저장 전에 비해 저장 7주 동안 맛, 질감, 향, 색, 전반적 좋아함에서 유의적인 차이가 없었다. 갓김치 줄기는 저온 저장 (2±1°C)이 경과됨에 따라 저장초기부터 색의 변색이 7주까지 진행되었으며 특히 명도와 적색도가 $p < 0.05$ 수준에서 저장 초기보다 11% 증가하는 경향을 보였다. 갓김치 잎의 경우에는 저온 저장 (2±1°C)으로 5주가 경과한 후 전체적인 색의 차이가 진행되었으며, 특히 $p < 0.05$ 수준에서 적색도가 감소하는 경향을 보였다. 무기질 함량에서 칼슘, 구리 그리고 망간을 제외한 무기질은 저온저장 기간 중에 증가하는 경향을 보였다.

참고문헌

Cho EJ, Rhee SH, Park KY. 1998. Standardization of kinds of ingredient in Chinese cabbage kimchi. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 1456-1463.

- Choi SY, Lee MK, Choi KS, Koo YJ, Park WS. 1988. Changes of fermentation characteristics and sensory evaluation of kimchi on different storage temperature.. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 644-649.
- Chun SS, Choi OJ, Cho YS, Park SK, Park JR. 1995. Changes in pungent components of Dolsan leaf mustard Kimchi during fermentation. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 24: 54-59.
- Isshiki K, Tokuoka K, Mori R, Chiba S. 1992. Priliminary examination of allyl. isothiocyanate vapor for food preservation. Biosci. Biotech. Biochem. 56: 1476-1477.
- Kim DW, Jung HO, Rhee, CO. 1998a. Effect of washing on the texture of cooked rice and the loss of soluble solids. Food Eng. Prog. 2: 75-78.
- Kim MH. 1998b. Effect of fatty acid or ester addition on the kimchi fermentation property. Food Eng. Prog. 2: 192-196.
- Kang SK. 1995. Isolation and antimicrobial activity of antimicrobial substance obtained from leaf mustard (*Brassica Juncea*). J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 24: 695-701.
- Lee CH, Hwang IJ, Kim JK. 1988. Macro and Microstructure of Chinese cabbage leaves and their texture measurements. Korean J. Food Sci. Technol. 20: 742-748.
- Park SK, Cho YS, Park JR, Chun SS, Moon JS. 1993a. Non-volatile organic acids, mineral, fatty acids and fiber compositions in Dolsan leaf mustard (*Brassica juncea*). J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 22: 53-57.
- Park SK, Chun SS, Cho YS, Moon JS, Choi JS, Lee SW. 1995b. Changes in mineral, pigment, texture, sensory score and microflora during fermentation of Gat(Leaf Mustard)-Kimchi. Korean J. Post-Harvest Sci. Technol. Agr. Products 2: 131- 138
- Park SS, Jang MS, Lee KH. 1995c. Effect of fermentation temperature on the physicochemical properties of mustard leaf (*Baras-sica juncea*) Kimchi during various storage days. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 24: 752-757.
- Pyo YH, Kim JS, Hahn YS. 2000. Volatile compounds of mustard leaf kimchi and their changes during fermentation. Korean J. Food Sci. Technol. 32: 56-61.
- Tsuruo I, Hata T. 1968. Studies on myrosinase in mustard seeds. Agr. Biol. Chem. 32: 1420-1424.

(접수 2008년 9월 8일, 수정 2008년 10월 17일, 채택 2008년 10월 27일)