

## 배추 Lipoxygenase의 특성

김동경\* · 한기영 · 노봉수

서울여자대학교 식품·미생물공학과, \*한국식품개발연구원

### Characteristics of Crude Lipoxygenase in Chinese Cabbages

Dong-Kyoung Kim\*, Kee-Young Han and Bong-Soo Noh

Department of Food and Microbial Technology, Seoul Women's University

\*Korea Food Research Institute

#### Abstract

Inactivation of lipoxygenase activity in Chinese cabbage was shown after salting and heat treatments. Crude lipoxygenase was obtained from treatment of  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Lipoxygenase activity in Chinese cabbage was about 50% after 20 hrs of salting in 13% (w/v) concentration. After heating at 90°C for 15 min, residual activity of lipoxygenase was about 50%. Inactivation of lipoxygenase was highly accelerated by increasing temperature and heating time. Decimal reduction time (D-value) were 42, 20 and 14 min at 70, 80 and 90°C, respectively. When cabbage was soaked in 0.05 M  $\text{CaCl}_2$  and heated at 55°C for 1.5 hr, higher activity of crude lipoxygenase was found compared with the heat treatment without  $\text{CaCl}_2$ .

Key words: lipoxygenase, thermal inactivation, Chinese cabbage, calcium chloride

#### 서 론

Lipoxygenase (EC 1.13.11.12)는 산소 존재시 *cis*, *cis*-1,4-pentadiene 구조를 가진 불포화지방산의 산화를 촉매하여 과산화물을 형성하는 산화 효소로서 여러 종류의 열매 및 채소류에 분포되어 있는데, 특히 대두, 밀 등에 풍부하게 존재하고 있다<sup>(1,3)</sup>. 콩의 경우 lipoxygenase는 이미 취와 콩비린 맛, 쓴 맛 및 짙은 맛 등의 불쾌한 맛을 내며<sup>(4,5)</sup>, green bean puree에서는 곰팡이 냄새, 날콩 냄새, 산패 냄새 및 풀 냄새 등의 이미 취를 발생시키고 지방을 산화시켜 맛과 향에 변화를 가져다준다<sup>(6)</sup>. Lipoxygenase에 의한 이미 취의 형성과정은 물에 침지시켜 조직을 연하게 하거나 세포 손상이 있지 않으면 일어나지 않는다<sup>(7)</sup>. 즉, 조리하지 않은 콩은 그 조직이 파괴되기 전까지는 콩비린 냄새를 내지 않는다.

Lipoxygenase는 많은 식물조직, 채소, 콩과류에 존재하는데<sup>(8-10)</sup>, 이러한 lipoxygenase 활성은 식물 종류에 따라 다르다. 배추의 경우 그 양은 많지 않지만 배추

에서 발생하는 풀 냄새도 콩의 경우와 마찬가지로 lipoxygenase의 작용에 의하여 생성되는 것으로 추측된다. 이러한 lipoxygenase의 작용을 억제하기 위한 방법으로 여러 종류의 처리방법이 있는데, 미리 침지시킨 대두를 가열처리 함으로써 lipoxygenase를 불활성화시킬 수 있다고 보고하였다<sup>(11,12)</sup>. 대두를 증류수에 침지 후 100°C에서 2분간 가열하면 불쾌한 풋냄새의 발생을 충분히 억제할 수 있었고, 건조한 대두의 경우는 100°C에서 3분간 가열하면 같은 효과를 나타낼 수 있었다<sup>(13)</sup>. 그리고, 대두를 40~60°C에서 에탄올에 2~4시간 침지하면 lipoxygenase의 파괴가 충분하다고 하여<sup>(14,15)</sup> 물보다 알코올 침지가 보다 효과적임을 보여주었다. 한편 116°C에서 1분간 증기 가열시 lipoxygenase-2 및 lipoxygenase-3 활성이 거의 나타나지 않고 기호성도 좋다고 하였으며<sup>(6)</sup>, pH 9.8의 완충용액에서 침지한 대두를 91°C 또는 그 이상으로 10초 동안 증기 가열하였을 때 99%가 불활성화되었다고 하였다<sup>(17)</sup>. Broad bean lipoxygenase의 경우 75°C에서 10초간 열처리할 때 100% 손실되고 대두 lipoxygenase 보다는 열에 불안정함을 보여주었는데<sup>(18)</sup> 효소원에 따라 열에 대한 안정성도 각각 차이를 보여주고 있다.

한편, 오이의 경우 소금물에서 3일 경과 후 lipox-

Corresponding author: Bong-Soo Noh, Department of Food and Microbial Technology, Seoul Women's University, 126 Kongnung 2-dong, Nowon-gu, Seoul 139-774, Korea

xygenase 효소활성이 나타나지 않는 반면, 염화칼슘을 첨가한 것은 lipoxygenase 활성이 감소하지 않는 것으로 알려져<sup>(19)</sup> 조직의 연화를 방지하면 효소의 실활을 억제할 수 있을 것으로 보인다. 김치조직의 연화현상은 열처리 이외에도 식물 세포벽 구성물질인 펙틴의 분해에 기인되는데 이에 관여하는 polygalacturonase (PG)의 작용을 억제하고 pectin esterase (PE)를 활성화시키도록 인위적으로 조절하여 펙틴이 칼슘 이온과 cross linkage를 형성하면 조직의 연화를 방지할 뿐만 아니라 더 단단한 조직을 가질 수 있는 것으로 알려져 있다<sup>(20)</sup>. 이와 같은 원리를 이용하여 육 등<sup>(21)</sup>은 무김치의 조직의 연화를 방지하기 위하여 예비열처리와 염화칼슘의 효과를 조사하였는데 PE는 활성화되고 PG는 불활성화되어 염화칼슘 처리구가 대조구보다 숙성 중 계속해서 높은 경도를 유지하였다고 한다. 이런 결과로 미루어 보면 절임시 칼슘 이온에 의해 배추 조직이 단단하여져 lipoxygenase의 활성 변화가 예상되나 이에 관하여 보고된 논문은 없는 실정이다.

본 연구에서는 배추의 풀 냄새와 관련이 될 것으로 생각되는 lipoxygenase의 효소활성을 측정하고, lipoxygenase의 열불활성화 정도를 관찰하며 이 때 염화칼슘의 첨가효과를 살펴보고자 한다.

**재료 및 방법**

**조효소액의 제조**

사용한 배추는 농수산직판장에서 구입한 후 4°C에서 저장하면서 실험에 사용하였으며 처리된 배추는 통째로 Food mixer (FM-707T, 한일전기주식회사)에 균질화시킨 후 여과지 (Whatman, No. 2)로 여과하였다. 40~50% (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>를 첨가하여 침전시킨 후 원심분리기 (Sorvall RC-5B)로 분리한 후 침전액을 투석 (MWCO 10,000 Sigma, USA)하여 얻은 것을 조효소액으로 사용하였다.

**효소활성의 측정**

Lipoxygenase의 효소활성 측정은 Jean-Louis 등<sup>(22)</sup>이 토마토 lipoxygenase를 측정시 사용한 것과 같이 10 μL의 linoleic acid (99%, Sigma Chem. Co.), 4 mL의 H<sub>2</sub>O, 1 mL의 0.1 N NaOH와 5 μL의 Tween 20 (Sigma Chem. Co.)을 넣고 vortex로 잘 혼합한 후 25 mL의 탈이온수로 희석하여 기질로 사용하였다. 2.7 mL의 인산 완충용액 (0.2 M, pH 7.0)과 0.3 mL의 기질에 조효소액 5~50 μL을 첨가한 후 37°C에서 10분간 방치한 후 234 nm에서 분광광도계 (HP 8452, Hwelett Packard,

USA)로 흡광도를 측정하여 조효소액 1 mL당 흡광도 0.01을 효소의 arbitrary unit 1로 나타내었다.

**pH의 영향**

pH 6.0, 6.5, 7.0, 7.5 및 8.0으로 조절된 0.1 M 인산 완충용액을 첨가하여 배추를 Food mixer로 균질화시킨 다음 2시간 동안 방치후 조효소액을 제조하였고 이 조효소액의 효소 활성을 측정하여 pH의 영향을 조사하였다.

**효소의 열불활성**

3구플라스틱 내에 미리 29 mL의 완충용액을 넣고 자석교반기로 계속 교반하여 가열온도를 일정하게 유지한 뒤 1 mL의 조효소액을 넣어 교반, 가열하면서 열불활성화 시켰다(Fig. 1). 수욕조의 온도를 70, 80, 90°C로 각각 달리하여 일정시간(3, 5, 10, 15분)을 가열처리한 후 효소액을 채취하여 곧 바로 ice bath에 넣어 냉각시켜 온도에 의한 효소의 파괴 정도와 가열시간과의 관계를 조사하였다.

**염화칼슘의 영향**

50°C에서 예비 열처리하거나 염화칼슘을 첨가하여 효소활성의 변화를 관찰하였다. A처리구는 예비열처리 없이 1시간 30분 동안 증류수에 침지한 것, B처리구는 예비열처리 없이 0.05 M 염화칼슘 용액에 침지한 것, C처리구는 증류수에서 1시간 30분 예비 열처리한 것, D처리구는 0.05 M 염화칼슘 용액에서 1시간 30분간 예비 열처리한 것인데 이렇게 처리한 배추로 조효소액을 제조한 다음 효소활성을 비교하였다.

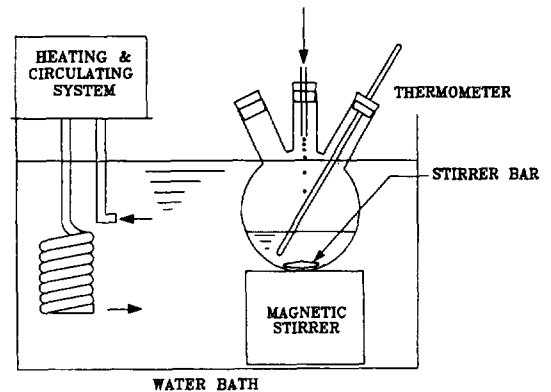


Fig. 1. Schematic diagram of thermal inactivation of enzyme.

## 결과 및 고찰

### 효소활성의 측정

배추 lipoxygenase의 존재 여부를 확인하기 위하여 일정량의 배추에 완충용액의 양을 달리하여 첨가한 후 얻은 조효소액의 효소활성을 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. 배추양/ 완충용액의 비율을 증가시키에 따라 조효소의 활성이 증가하는 것으로 나타나 일단 배추에 lipoxygenase의 존재를 확인할 수 있었다.

### pH의 영향

pH 6.0, 6.5, 7.0, 7.5 및 8.0으로 조절된 0.1 M 인산 완충용액을 사용하여 조효소액을 얻은 다음 효소활성을 측정된 결과 Fig. 3과 같이 pH 7.0에서 가장 크게 나타났다. 토마토<sup>(22)</sup>, 사과<sup>(23)</sup>, 가지<sup>(24)</sup>, 배<sup>(25)</sup> 등의 최적 pH와 유사함을 보여 주었다. 그러나 Diel 등<sup>(26)</sup>은 대두 lipoxygenase-1의 최적 pH는 pH 8.0~9.5라고 보고하여 isozyme에 따라 차이를 보여주기도 하였다. Boyes 등<sup>(27)</sup>은 키위 lipoxygenase의 경우 linoleic acid를 기질로 사용하였을 때 pH 6.2에서 linolenic acid의 경우 pH 5.75에서 가장 큰 활성을 보여주었으며 또한 sunflower lipoxygenase<sup>(28)</sup> 측정에서도 linoleic acid, linolenic acid, methyl linolate의 세 가지 종류의 기질을 사용하여 측정된 결과 linoleic acid를 사용하여 측정하였을 때는 pH 6.2 부근에서, linolenic acid와 methyl linolate를 기질로 사용하였을 때는 pH 5.0~6.5와 4.0~8.5 범위에서 최대 활성을 보여 기질에 따라 적정 pH가 달라질 수 있음을 보여 주었다.

### 효소의 불활성

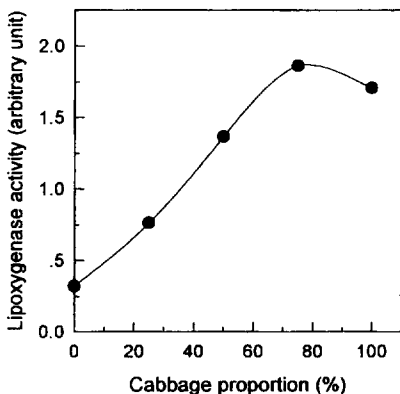


Fig. 2. Crude lipoxygenase activities at different ratio of amount of Chinese cabbage (g) to phosphate buffer solution (mL).

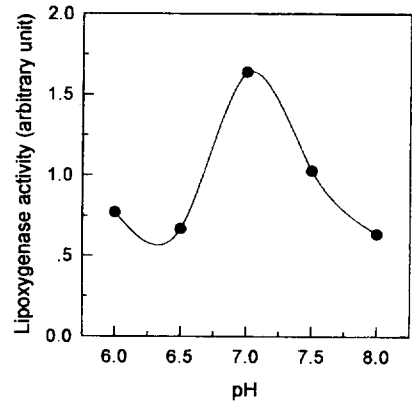


Fig. 3. Effect of pH on lipoxygenase activity from Chinese cabbage.

효소를 불활성화시키기 위하여 절임과 열처리를 한 결과 Table 1에서 보는 바와 같이 90°C에서 15분간 열처리한 경우 대조구(생배추)와 비교하여 보면 약 47.7%의 효소활성이 감소한 것을 볼 수 있다. 한편 배추를 13%의 소금물에서 20시간 절인 후 효소 활성의 변화를 조사한 결과는 열처리 효과와 유사한 결과를 나타내었다.

조효소액을 각각의 온도에서 시간별로 가열하여 불활성화시킨 결과는 Fig. 4에 나타내었다. 온도가 높아지고 열처리 시간이 길어질수록 효소의 불활성 속도가 증가하였는데, 70°C에서 3분 열처리하였을 때 10%, 80°C에서는 약 30%, 90°C에서는 약 40%가 불활성되었다. 또한 10분간 열처리하였을 때는 약 45, 50, 80%씩 각각 불활성화됨을 볼 수 있었다. Asparagus lipoxygenase<sup>(29)</sup>의 경우 50, 60, 70°C에서 10분간 열처리로 20, 25, 60% 불활성되었다고 하였으며, sweet corn germ<sup>(30)</sup>에서 분리한 lipoxygenase는 70°C, 3분의 열처리로 약 90%, 20분의 열처리로는 완전히 불활성시킬 수 있었다. 사과 lipoxygenase<sup>(19)</sup>는 50°C에서 2분간 열처리로, 오이의 경우<sup>(31)</sup>는 70°C에서 2분간 열처리로 100% 불활성화시킬 수 있었다고 하였다.

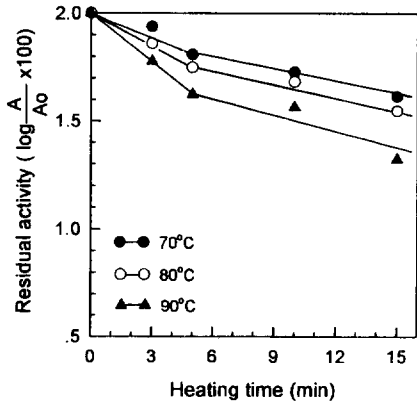
본 실험에서 효소의 활성이 90% 감소되는데 필요한

Table 1. Inactivation of lipoxygenase from Chinese cabbage

Treatment	Lipoxygenase activity (arbitrary unit)
Raw cabbage	1.960±0.014
Heated cabbage <sup>1)</sup>	1.025±0.007
Salted cabbage <sup>2)</sup>	0.920±0.005

<sup>1)</sup>thermal treatment at 90°C for 15 min.

<sup>2)</sup>soaking in 13% brine solution for 20 hr.

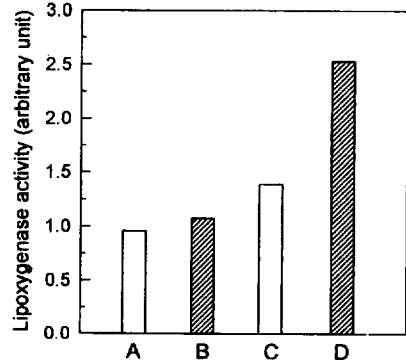


**Fig. 4. Residual lipoxygenase activity of crude enzyme extract from Chinese cabbage after heat treatment.** A: lipoxygenase activity after heating, Ao: lipoxygenase activity before heating (control).

시간, D-value와 온도의 관계를 구한 결과 70, 80, 90°C에서 각각 42, 20, 14분으로 나타났다. 이같은 감자 lipoxygenase의 경우 lipoxygenase-1 및 lipoxygenase-2의 D<sub>90</sub>값이 각각 13.3분 및 4.3분<sup>(32)</sup>, 대두의 경우 pH 7의 인산완충용액에서 60°C에서의 D값이 33, 64°C에서는 16.4, 70°C에서는 1.5분<sup>(33)</sup>, 대두 lipoxygenase의 D값 0.32분(pod를 포함한 경우, pH 7.0), 0.39분(pod를 제거시킨 경우, pH 7.0)<sup>(34)</sup>과 비교하여 보면 본 연구에서 얻어진 배추 lipoxygenase가 열에 비교적 안정한 것으로 나타났는데 본 연구에서는 순수 분리된 효소대신에 부분적으로 정제된 조효소액을 사용하였기 때문에 순수 정제된 효소에 비하여 효소 주변의 물질들에 의해 열로부터 보호를 받아 상대적으로 열에 안정한 것으로 생각된다.

**염화칼슘의 영향**

배추의 신선도를 높이는 방법의 하나로 PE를 활성화시키는 방법이 요구되었는데<sup>(21,35)</sup>, 이와 같은 조건에서 lipoxygenase의 활성화에 미치는 염화칼슘의 영향을 관찰하고자 하였다. 열처리하지 않은 처리구(A, B)는 열처리를 하여 PE를 활성화시킨 C와 D처리구에 비하여 lipoxygenase 활성이 낮게 나타났다. 예비열처리시 55°C에서 1시간 30분 가열하면 경도가 높아진다고 보고하였는데<sup>(21,35)</sup>, 염화칼슘만을 첨가하고 열처리하지 않은 B구는 염화칼슘을 첨가하지 않은 A구와 비교하여 커다란 변화가 나타나지 않았으나, 염화칼슘을 처리한 상태에서 열처리하여 PE가 활성화된 D구의 경우 염화칼슘을 첨가하지 않고 열처리를 행한 C구에 비하여 lipoxygenase 활성이 약 90%정도 높게 나타났



**Fig. 5. Effect of preheating and calcium chloride on crude lipoxygenase from Chinese cabbage.** A: No preheating. It was soaked in distilled water for 1.5 hr. B: No preheating. It was soaked in 0.05 M CaCl<sub>2</sub> for 1.5 hr. C: Preheating. It was soaked in distilled water for 1.5 hr. D: Preheating. It was soaked in 0.05 M CaCl<sub>2</sub> for 1.5 hr.

다(Fig. 5). 염화칼슘을 처리하면 PE의 작용에 의해 유리카르복실기가 칼슘 이온과 cross-linkage가 형성되기 때문에 배추조직이 더 단단하게 되어<sup>(21,35)</sup> 효소가 열변성되는 것을 방해하는 것으로 여겨진다. 따라서 염화칼슘을 첨가한 구가 첨가하지 않은 처리구에 비하여 열에 대한 효소활성이 높게 나타났다.

육 등<sup>(21)</sup>은 무 김치의 조직의 연화를 방지하기 위하여 예비열처리와 염화칼슘의 효과를 조사하였는데 0.05 M 염화칼슘용액에서 55°C로 2시간 동안 열처리하여 PE는 활성화시키고 PG의 활성은 억제시킬 수 있었으며 염화칼슘 처리구의 경우 비교구보다 숙성 중 계속해서 높은 경도를 유지하였다고 보고한 바 있다. 한편, 백 등<sup>(36)</sup>은 김치의 연화현상을 방지하기 위하여 배추에 존재하는 PE와 PG의 특성을 이용하여 경도를 살펴본 결과 PE의 최적 염화칼슘의 농도가 0.02 M이었고 줄기의 경우 염화칼슘의 농도가 증가할수록 경도가 증가하는 경향이였으며 잎사귀의 경우에는 0.03-0.05 M 범위에서 경도가 가장 높았다고 하여 본 실험에서는 0.05 M의 염화칼슘 농도에서 측정하였다. 배추의 경우 김치조직의 연화현상을 방지할 목적으로 염화칼슘을 첨가하는데 이런 경우 배추조직의 연화가 억제되어 신선도가 유지되지만 이와는 달리 본 연구에서 관찰한 바로는 오히려 lipoxygenase 효소활성이 높아져 이 효소에 의해 이취(off-flavor)가 생성되어질 수도 있을 것으로 보인다.

**요 약**

김치를 제조하기 위해 배추를 절이는 과정에서 배

추 중의 lipoxygenase를 측정하였다. 조효소액을 증가시킬수록 lipoxygenase의 활성이 증가하였고 최적 pH는 7.0이었다. Lipoxygenase를 억제하기 위하여 절임과 열처리를 사용하였다. 온도가 높아질수록 lipoxygenase는 억제되었고, 90°C에서 15분간 열처리를 한 경우 효소활성이 약 50%로 되었다. 13% 소금물에서 20시간 절임을 한 것과 열처리한 경우 효소의 저해효과는 유사한 결과를 나타내었다. 온도가 높을수록 열처리 시간이 길수록 효소의 불활성 속도가 빨라짐을 볼 수 있었다. D값은 70, 80 90°C에서 각각 42, 20, 14분이었다. 염화칼슘을 첨가한 상태에서 열처리한 경우 염화칼슘을 첨가하지 않은 경우에 비하여 lipoxygenase의 활성이 높게 나타났다.

### 감사의 글

본 연구의 일부는 과학기술처 G7 선도과제(전통발효식품의 과학화)의 지원을 받아 수행되었음을 감사드립니다.

### 문헌

1. Tappel, A.L.: Enzyme of lipid metabolism (lipoxidase). *Method in Enzymol.*, **5**, 539 (1961)
2. Axelrod, B., Cheesbrough, T.M. and Laakso, S.: Lipoxygenase from soybeans. *Method in Enzymol.*, **71**, 441 (1981)
3. Hildebrand, D.F. and Kito, M.: Role of lipoxygenases in soybean seed protein quality. *J. Agric. Food Chem.*, **32**, 815 (1984)
4. Wolf, W.J.: Lipoxygenase and flavor of soybean protein products. *J. Agric. Food Chem.*, **23**, 136 (1975)
5. Grosch, W. and Laskawy, G.: Differences in the amount and range of volatile carbonyl compound formed by lipoxygenase isozymes from soybean. *J. Agric. Food Chem.*, **23**, 791 (1975)
6. Matoba, T., Hidaka, H., Narita, H., Kitamura, K., Kazizuma, N. and Kito, M.: Lipoxygenase-2 isozyme is responsible for generation of *n*-hexanal in soybean homogenate. *J. Agric. Food Chem.*, **33**, 852 (1985)
7. Gardner, H.W.: How the lipoxygenase pathway affects the organoleptic properties of fresh fruits and vegetables. In *Flavor Chemistry of Lipid Food*, Min, D.B. & Smouse, T.H.(ed.), Am. Oil Chem. Soc., Champaign, IL, p.98 (1989)
8. Pinsky, A., Grossman, S. and Trop, M.: Lipoxygenase content and antioxidant activity of some fruit and vegetable. *J. Food Sci.*, **36**, 571 (1971)
9. Galliard, T. and Chan, H. W. -S.: A Comprehensive Treatise. In *The Biochemistry of Plants*, Vol. 4. Stumpf, P.K. (Ed.), Academic Press, New York, p.131 (1980)
10. Sekiya, J., Kajiwara, T., Munechika, K. and Hatanaka, A.: Distribution of lipoxygenase and hydroperoxide lyase in the leaves of various plant species. *Phytochem.*, **22**, 1867 (1983)
11. 오세준, 이규희, 이원용, 이가순, 오만진 : 대두의 alkali 처리가 두유의 품질에 미치는 영향. *한국영양식품과학회지*, **17**, 85 (1988)
12. Khaleque, A., Bannatyne, W. R. and Wallace, G.M.: Studies on the processing and properties of soymilk (Effect of preprocessing condition on the flavor and composition of soymilk). *J. Sci. Food Agric.*, **21**, 579 (1970)
13. Snyder, H.E.: A simple technique for inhibiting production of green, beany flavor in soybeans. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **5**, 33 (1973)
14. Borhan, M. and Snyder, H.E.: Lipoxygenase destruction in whole soybeans by combinations of heating and soaking in ethanol. *J. Food Sci.*, **44**, 586 (1979)
15. Ashraf, L.H.-R. and Snyder H.E.: Influence of ethanolic soaking of soybeans on flavor and lipoxygenase activity of soymilk. *J. Food Sci.*, **46**, 1201 (1981)
16. Engeseth, N.J., Klein, B.P. and Warner, K.: Lipoxygenase isozymes in soybeans. *J. Food Sci.*, **52**, 1016 (1987)
17. Brown, B.D., Wei, L.S., Steinberg, M.P. and Villota, R.: Minimizing protein insolubilization during thermal inactivation of lipoxygenase in soybean cotyledons. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **59**, 88 (1982)
18. Al-Obaidy, H.M. and Siddiqi, A.M.: Properties of broad bean lipoxygenase. *J. Food Sci.*, **46**, 622 (1981)
19. Buescher, R.W., McGuire, C. and Skulman, B.: Catalase, lipoxygenase, and peroxidase activity in cucumber pickles as affected by fermentation, processing and calcium chloride. *J. Food Sci.*, **52**, 228 (1987)
20. Buescher, R.W., Hudson, J.M. and Adams, J.R.: Utilization of calcium to pectinolytic softening of cucumber pickles in low salt conditions. *Lebensm.-Wiss.-u.-Technol.*, **14**, 65 (1981)
21. 육철, 장금, 박관화, 안승효 : 예비 열처리에 의한 무우 김치의 연화방지. *한국식품과학회지*, **17**, 447 (1985)
22. Jean-Louis, B. and Jean, C.: Lipoxygenase from tomato fruit: Partial purification and study of some properties. *J. Food Sci.*, **42**, 625 (1977)
23. Kim, I.S. and Werner, G.: Partial purification of a lipoxygenase from apples. *J. Agric. Food Chem.*, **27**, 243 (1979)
24. Grossman, S., Trop, M., Avtalion, R. and Pinsky, A.: Egg plant lipoxygenase : Isolation and partial characterization. *Lipids*, **7**, 467 (1972)
25. Chen, A.O. and Whitaker, J.R.: Purification and characterization of a lipoxygenase from immature English peas. *J. Agric. Food Chem.*, **34**, 203 (1986)
26. Diel, E. and Stan, H.J.: Purification and characterization of two isozyme of lipoxygenase from soybeans. *Plant.*, **142**, 321 (1978)
27. Boyes, S., Perera, C. and Young, H.: Kiwifruit lipoxygenase: Preparation and characteristics. *J. Food Sci.*, **57**, 1390 (1992)
28. Onofrio, L., Renato, I. and Sandro, P.: Purification and properties of lipoxygenase in germinating sunflower seeds. *J. Food Sci.*, **50**, 88 (1985)
29. Ganthavorn, C., Nagel, C.W. and Powers, J.R.: Thermal

- inactivation of asparagus lipoxygenase and peroxidase. *J. Food Sci.*, **56**, 47 (1991)
30. Theerakulkait, C. and Barrett, D.M.: Lipoxygenase in sweet corn germ: Isolation and physicochemical properties. *J. Food Sci.*, **60**, 1029 (1995)
  31. Wardale, D.A. and Lambert, E.A.: Lipoxygenase from cucumber fruit : Localization and properties. *Phytochem.*, **19**, 1013 (1980)
  32. Kim, Y.M., Lee, C.W. and Park, K.H.: Purification and thermal inactivation of two lipoxygenase isoenzymes from potato tubers. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **19**, 397 (1987)
  33. 박관화 : 식품공학에 중요한 몇 가지 효소들의 열불활성화. *한국식품과학회지*, **9**, 175 (1977)
  34. Sheu, S.C. and Chen, A.O.: Lipoxygenase as blanching index for frozen vegetable soybeans. *J. Food Sci.*, **56**, 448 (1991)
  35. 백형희, 이창희, 우덕현, 박관화, 백운화, 이규순, 남상봉 : 펙틴 분해효소를 이용한 김치 조직의 연화 방지. *한국식품과학회지*, **21**, 149 (1989)
- 
- (1997년 2월 19일 접수)