

감마선 조사에 의한 돈지의 산패에 산화방지제의 첨가효과

이경행 · 육홍선 · 이주운 · 이현자* · 변명우[†]

한국원자력연구소 방사선식품공학연구소

*국립안성산업대학교 가정학과

Effects of Antioxidants on Oxidation of Lard Induced by Gamma Irradiation

Kyong-Haeng Lee, Hong-Sun Yook, Ju-Woon Lee, Hyun-Ja Lee* and Myung-Woo Byun[†]

Dept. of Food Irradiation, Korea Atomic Energy Research Institute, Taejon 350-600, Korea

*Dept. of Home Economics, National Anseong University, Anseong 450-749, Korea

Abstract

The effects of antioxidants such as ascorbyl palmitate(AP), α -tocopherol(α -Toc), BHA and ascorbyl palmitate + α -tocopherol(AP + α -Toc) on lipid peroxide formations in lard have been investigated during storage at 50°C after gamma irradiation with the dose of 1~10kGy. Immediately gamma irradiation greatly increased the initiative oxidation of lard as expected. But antioxidants were found to be greatly effective in minimizing the radiation-induced peroxidation of lard. The decreasing order of effects on their antioxidative activities was AP > AP + α -Toc > BHA > α -Toc. Oxidation of lard during storage at 50°C after irradiation induced the acceleration of autooxidation. But the additions of antioxidants inhibited the formation of peroxides. Their antioxidative activities during storage were BHA > AP + α -Toc > α -Toc > AP. Especially AP + α -Toc mixture was not significantly different from BHA ($p > 0.05$).

Key words: lard, gamma irradiation, oxidation, antioxidants

서 론

우리나라의 경제성장과 더불어 변천하여 온 우리의 식생활 패턴은 더욱 많은 식용유지의 소비를 초래하게 되어 1986년 말 386,000톤이었던 식용유지의 총 소비량이 1989년 말에는 480,000톤으로 늘어났으며 1990년 말에는 식물성 유지 507,000톤과 동물성 유지 105,000톤 등, 총 612,000톤에 이르게 되었고(1), 국민 한 사람이 하루 섭취하는 유지의 양은 1986년 25.6g, 1989년 29.3g에서 1990년에는 39.2g으로 대폭 늘어나고 있다(2). 이러한 수치는 그 기간동안의 인구증가를 감안하더라도 매우 빠른 증가를 보이고 있는데, 유지소비의 원인은 유탕면 및 유탕스낵, 튀김식품의 소비와 가공유자인 margarine, shortening 등의 소비가 크게 증가했기 때문이다.

식용유지를 비롯한 식품 중의 지방질 성분은 다른 식품성분들과는 달리 정제, 가공, 저장과정 중 미생물의 작용은 거의 받지 않는데 반하여 공기 중의 산소에 의

해 매우 쉽게 산화되며 또한 그 산화 과정도 다양하다. 지방질의 산소에 의한 산화를 촉진시키는 요인으로는 저장온도 또는 가열온도, 일사광선, 금속과의 접촉 및 이온화 방사선 조사 등을 들 수 있으며(3), 이들에 의해 악취를 내고 필수지방산과 지용성 비타민의 손실을 일으켜 식품의 품질을 저하시킬 뿐만 아니라(4), 산화에 의해 생성되는 여러 종류의 산화생성물들이 생체내에서 DNA를 손상시키거나 암을 유발하기도 하며, 세포의 노화에도 관련이 있는 것으로 알려지고 있다(5,6). 특히 1960년대부터 시도되어 온 식품의 살균 또는 효소 작용 억제를 위해 사용된 이온화 방사선 조사는 지방질 식품의 급속한 품질저하를 가져온다는 사실이 밝혀짐에 따라 지방질 식품에의 사용이나 응용 연구들이 거의 중단 또는 포기상태에 이르게 되었다.

한편 이와같은 지방질 식품의 저장안정성을 증가시키기 위해 산소제거(7), 자외선 차단(8)과 같은 물리적인 방법과 산화방지제를 첨가(9,10)하는 화학적인 방법이 있으며 이중 널리 이용되고 있는 방법은 산화방지

[†]To whom all correspondence should be addressed

제를 유지에 직접 첨가하는 방법이다. 지질의 자동산화 및 광산화를 억제하는 산화방지제로서는 천연항산화제와 합성항산화제가 있으며, 합성항산화제로서 널리 사용되고 있는 것은 대부분 phenol계 물질로써 이들은 일정한 허용기준에 따라 각종 유지식품에 사용되고 있다. 그러나 이들은 탁월한 산화 안정성과 경제성에도 불구하고 이들의 인체에 대한 안전성(11)에 문제가 있기 때문에 사용을 기피하고 있는 실정이다. 따라서 근래에는 자동산화(12) 및 광산화(13)에 보다 안전하고 산화방지효과가 뛰어난 천연 산화방지제의 탐색연구가 주를 이루고 있으나 이온화 방사선에 의해 야기되는 과산화물의 억제에 대한 천연 산화방지제 연구는 거의 찾아볼 수 없고, 단지 하나의 산화방지제 또는 하나의 조사선량에 대한 연구(14)만이 있을 뿐이다.

따라서 본 연구에서는 감마선 조사에 의한 식용유지 및 고지방질 가공식품의 산패를 억제하기 위한 기초자료를 얻기 위해, 돈지에 산화방지제로써 ascorbyl palmitate, α -tocopherol, BHA 및 ascorbyl palmitate와 α -tocopherol 혼합물을 첨가하여 여러 선량으로 감마선을 조사시켰을 때 조사 직후와 저장기간에 따른 과산화물의 형성에 대한 억제능을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 돈지는 산화방지제가 첨가되지 않은 제품으로 서울 하인츠(주)로부터 공급받아 사용하였다.

산화방지제의 첨가

돈지에 0.02%(w/v) ascorbyl palmitate(AP), 0.02%(w/v) α -tocopherol(α -Toc), 0.02%(w/v) BHA 및 0.01%(w/v) ascorbyl palmitate와 0.01%(w/v) α -tocopherol 혼합처리군(AP+ α -Toc)으로 하여 첨가하고 methanol을 넣어 질소기류하에서 2분 동안 혼합한 후, 40°C rotary evaporator로 용매를 제거하여 시료로 사용하였다.

조제시료의 감마선 조사

조제된 시료는 Lee 등(15)과 Jung(16)의 방법에 따라 35ml의 투명한 glass serum bottle에 30ml씩 정확하게 넣고 고무마개와 aluminum cap으로 밀폐시킨 후 Co-60 감마선 조사시설을 이용하여 시간당 2kGy의 선량률로 0, 1, 3, 5 및 10kGy의 흡수선량을 얻도록 하였으

며, 흡수선량의 확인은 ceric cerous dosimeter(USA)를 사용하였고 흡수선량 오차는 ± 0.1 kGy였다. 각각의 감마선 조사된 시료는 $50 \pm 0.2^\circ\text{C}$ 의 항온기에 30일 동안 보관하면서 시료로 사용하였다.

과산화물가의 측정

돈지의 과산화물가(peroxide value, POV)는 AOCS 법(17)에 따라 5일 간격으로 측정하였다. 즉 감마선 조사시킨 돈지에 35ml의 chloroform : acetic acid(2 : 3, v/v)용액으로 용해시키고 KI 포화수용액 0.5ml를 가하여 1분간 충분히 진탕하고 5분간 암소에 보관한 후에 증류수 75ml와 전분지시약 1ml를 가하고 0.01N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 로 적정하여 다음 식에 의해 과산화물가를 측정하였다.

$$\frac{(A-B) \times f \times N}{S} \times 1000$$

A : 시료의 적정값(ml, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)

B : Control의 적정값(ml, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)

f : Factor

N : $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 의 규정 농도

S : 시료의 채취량(g)

통계분석

실험의 통계분석은 Statistical Analysis System (Version 5th edition)(18)과 Duncan's multiple range test를 사용하였다.

결과 및 고찰

감마선 조사에 의한 돈지의 초기산화

조제된 돈지를 0, 1, 3, 5 및 10kGy로 감마선 조사시켰을 때 산화방지제 첨가에 따른 돈지의 초기 과산화물가는 Fig. 1과 같다. 감마선 조사가 돈지의 산화를 촉진시켰으며 조사선량을 0, 1, 3, 5 및 10kGy로 증가시키에 따라 과산화물가는 각각 0, 4.12, 5.34, 9.26 및 14.74meq/kg으로 증가하였다. 그러나 돈지에 AP, α -Toc, BHA 및 AP+ α -Toc를 첨가하여 감마선 조사시켰을 때 감마선 조사에 의한 과산화물의 형성을 억제하였고, 억제활성은 AP > AP+ α -Toc > BHA > α -Toc의 순으로 나타났으며, 이들은 10kGy로 감마선 조사시켰을 때 초기 산화를 각각 61.1, 54.1, 43.4 및 29.3% 억제하였다. Duncan's multiple range test의 결과, 산화방지제 첨가군과 무첨가군의 과산화물가는 모든 선량에서 유의차가 인정되었다($p < 0.05$). 특히 AP는 다른 산화방지

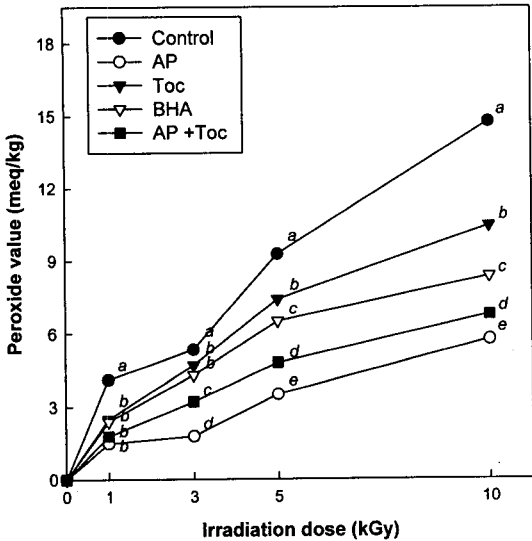


Fig. 1. Effects of antioxidants on lipid oxidation of lard immediately after irradiated with 1~10kGy of gamma-ray. Peroxide mean values within the same storage periods with different italic letters were significantly different ($p < 0.05$).

제보다 돈지의 감마선 조사에 의한 초기 산화 억제효과가 현저함을 알 수 있었다. 즉, 10kGy의 선량을 조사시켰을 때 α -Toc, BHA, AP+ α -Toc 첨가군의 과산화물가는 각각 10.42, 8.34 및 6.76meq/kg인데 비하여 AP 첨가군은 5.74meq/kg으로 다른 산화방지제보다 활성이 현저히 높음을 알 수 있었다($p < 0.05$). AP는 ascorbic acid의 ester화합물로 어느 정도 유지용해성을 갖고 자동산화(12) 및 광산화(13)에 효과적이며 미국의 GRAS (Generally recognized as safty) 품목으로 되어있어 사용의 양에 제한이 없는 천연 산화방지제로 체내 대사시 ascorbic acid와 palmitic acid로 분해되기 때문에 안전성에도 문제가 없을 것으로 생각된다.

Wills(14)는 청어유: 전분(1:9) 혼합물에 산화방지제를 첨가하여 감마선 조사선량에 의한 과산화물의 형성을 thiobarbituric acid법으로 측정된 결과, 조사선량을 0.5~2.0kGy로 증가시키에 따라 malonaldehyde의 함량이 증가하였고 산화방지제의 농도가 증가함에 따라 malonaldehyde 함량이 감소하여 본 결과와 비슷한 경향이였다. 이 등(19)은 우지에 산화방지제를 첨가하여 0~10kGy의 선량으로 감마선 조사시켜 우지의 초기 산화를 조사한 결과 조사선량의 증가에 따라 과산화물의 형성이 많아졌고 산화방지제의 억제활성은 AP>BHA>AP+ α -Toc> α -Toc의 순으로 나타났으며 AP가 감마선 조사에 의한 초기 산화를 강력하게 억제하였

다고 하였다. Lee 등(20)은 대두유와 linoleic acid(98%)를 3,300 lux에서 광조사시켰을 때 AP를 첨가함으로써 과산화물 형성을 억제하였고 AP의 농도를 증가시키에 따라 과산화물 형성 억제능도 증가한다고 하였다. 또한 이때의 일중항산소 소광속도는 $1.0 \times 10^8 \text{ M}^{-1} \text{ sec}^{-1}$ 로 α -Toc보다 산화억제 효과가 10배 이상 더 효과적인 강력한 일중항산소 소광체라고 하였는데, 본 결과에서도 AP가 α -Toc보다 감마선 조사에 의한 초기산화를 강력하게 억제하는 것으로 나타나 일치하는 경향이였다.

감마선 조사선량 및 저장기간에 따른 돈지의 산화

산화방지제를 첨가한 돈지를 감마선 조사하지 않고 30일 동안 $50 \pm 0.2^\circ\text{C}$ 에서 저장하면서 측정된 과산화물가는 Fig. 2와 같다. 무첨가군의 경우, 저장기간의 경과에 따라 서서히 증가하다 15일 이후에는 급격히 증가하여 30일 저장시 과산화물가는 392.43meq/kg으로 나타났다. 그러나 산화방지제 첨가군에서는 30일 저장하는 동안 과산화물의 형성을 억제하였다. 또한 산화방지제 간에 과산화물 형성 억제는 저장 10일까지는 유의차가 인정되지 않았고($p > 0.05$), 15일 이후 과산화물 형성 억제능은 BHA>AP+ α -Toc>Toc>AP의 순으로 나타났으며 30일 저장시 이들은 각각 89.9, 86.9, 72.8 및 62.1%의 과산화물 형성 억제율을 나타내었다. 이와 같은 결과는 유지의 자동산화 결과로서 자동산화 억제능이 우

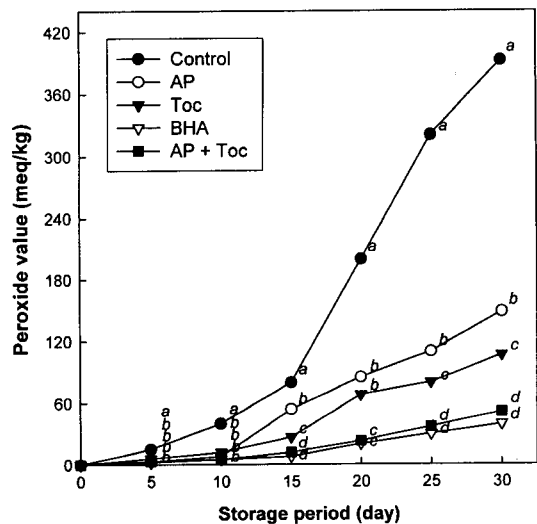


Fig. 2. Effects of antioxidants on lipid oxidation of lard during storage at 50°C . Peroxide mean values within the same storage periods with different italic letters were significantly different ($p < 0.05$).

수하다고 알려진 합성 항산화제인 BHA가 가장 효과가 우수함을 알 수 있었다. 또한 AP+ α -Toc 혼합 첨가군의 경우에도 BHA의 억제능과 비교해 볼 때 유의차가 인정되지 않을 정도로($p>0.05$) 효과적이었다. 그러나 감마선 조사직후 돈지의 초기 산화 억제능이 강한 AP의 자동산화 억제능은 저장 10일까지는 효과적이었으나 15일 이후는 다른 산화방지제에 비해 비교적 약한 것으로 나타났다. 이 등(19)은 우지에 산화방지제를 첨가하여 저장기간에 따른 과산화물질을 측정 한 결과 BHA가 가장 효과적이었고 AP는 저장 20일까지 효과적이라 하였는데, 이와같은 이유는 기질의 차이로 본 실험에 사용한 돈지는 불포화지방산의 함량이 우지보다 높아 자동산화 속도가 빠른 것으로 생각된다. Park 등(21)은 라면의 산화안정성 실험에서 AP의 산화방지 효과가 저장 초기에 있다고 하여 본 결과와 일치하는 경향이였다. Cort(22)에 의하면 대두유에 AP를 0.02% 첨가하여 산화시켰을 때 그 산화 억제작용은 BHA나 BHT보다 더 효과적이었다고 보고하였다. 또한 강 등(23)은 산화방지제를 첨가하여 라면의 산화안정성을 측정하기 위하여 AP와 citric acid를 혼합하여 첨가한 경우 과산화물가는 대조군의 경우보다 월등히 낮았으나 50일 후 급격히 증가하였다고 보고하여 대체적으로 여러 연구 결과와 본 연구결과는 일치하였다.

Fig. 3~6은 산화방지제를 첨가한 돈지를 1~10kGy의 선량으로 감마선 조사시켰을 때 저장기간에 따른

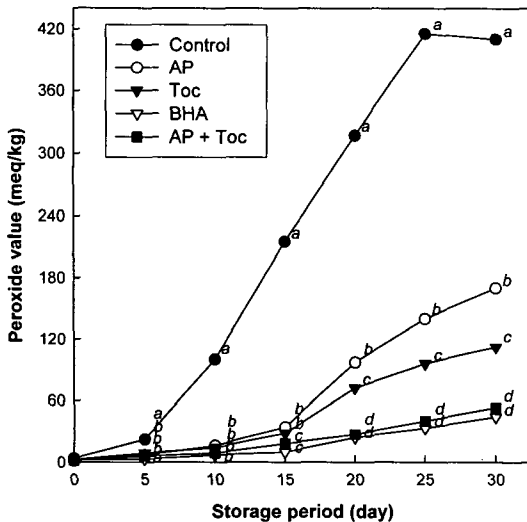


Fig. 3. Effects of antioxidants on lipid oxidation of lard during storage at 50°C after irradiated with 1kGy of gamma-ray. Peroxide mean values within the same storage periods with different italic letters were significantly different ($p<0.05$).

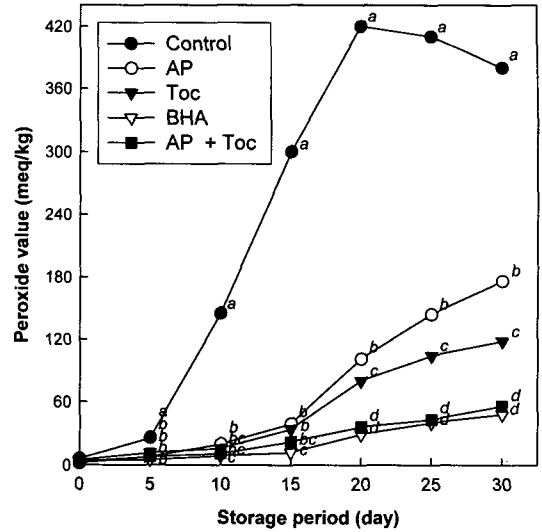


Fig. 4. Effects of antioxidants on lipid oxidation of lard during storage at 50°C after irradiated with 3kGy of gamma-ray. Peroxide mean values within the same storage periods with different italic letters were significantly different ($p<0.05$).

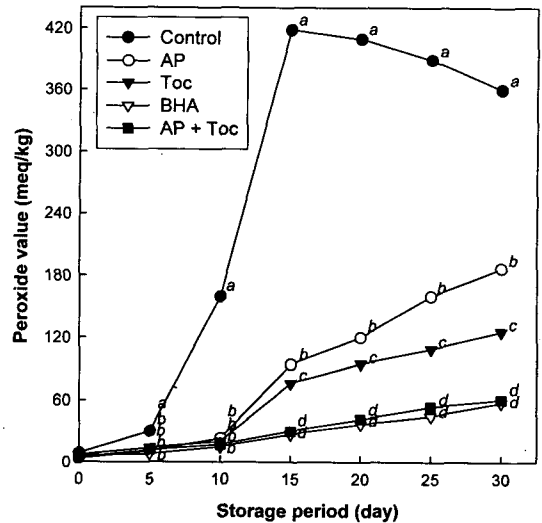


Fig. 5. Effects of antioxidants on lipid oxidation of lard during storage at 50°C after irradiated with 5kGy of gamma-ray. Peroxide mean values within the same storage periods with different italic letters were significantly different ($p<0.05$).

과산화물가를 나타낸 것이다. 1~10kGy의 선량으로 감마선 조사시켰을 때 과산화물가는 무첨가군의 경우 저장 5일까지는 서서히 증가하였으나 그후 급격히 증가하였으며 조사선량을 증가시키에 따라 최대 과산화물

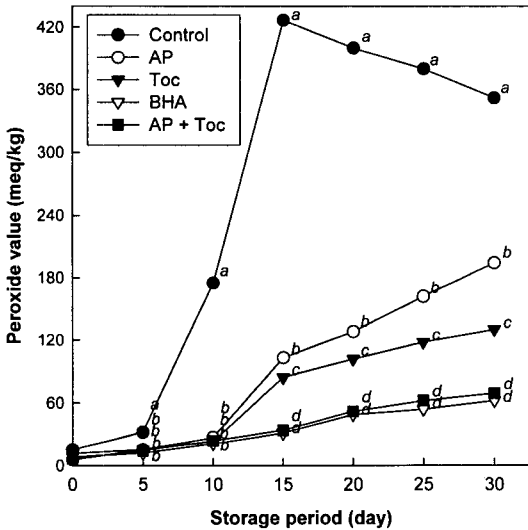


Fig. 6. Effects of antioxidants on lipid oxidation of lard during storage at 50°C after irradiated with 10kGy of gamma-ray. Peroxide mean values within the same storage periods with different italic letters were significantly different ($p < 0.05$).

가에 도달하는데 소요되는 시간은 점차로 단축되었다. 즉 조사선량 증가에 따라 최대 과산화물가가 도달시간은 25일, 20일, 15일 및 15일로 나타났다. 또한 최대 과산화물가는 415.43~426.57meq/kg으로 거의 비슷하여 과산화물 형성은 조사선량이 크게 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 또한 감마선을 조사하지 않았을 때의 과산화물가(Fig. 2)와 비교해 보면 감마선 조사에 의한 자동산화가 상당히 촉진됨을 알 수 있었다.

그러나 산화방지제를 첨가한 경우에는 감마선 조사에 의한 과산화물 형성을 억제하였으며 조사선량이 증가함에 따라 산화방지제의 효과도 약간씩 감소하였으나 Duncan's multiple range test의 결과 모든 산화방지제 첨가군과 무첨가군의 과산화물가는 유의차가 인정되었다($p < 0.05$). 돈지에 첨가한 산화방지제의 과산화물 형성 억제능은 BHA>AP+ α -Toc> α -Toc>AP의 순으로 나타났다. 즉, 10kGy로 조사시켰을 때 무첨가군의 최대 과산화물가를 나타내는 시기의 값(426.57meq/kg)과 비교해보면 31.26, 33.88, 84.59 및 103.27meq/kg으로 92.7, 92.1, 80.2 및 75.8%의 억제율을 나타내었다. 산화방지제 중 AP는 초기 산화 억제능을 갖기 때문에 저장 10일까지는 산화방지 효과가 뛰어났지만 저장기간이 증가할수록 산화방지효과가 감소하고 α -Toc은 초기 산화 억제효과가 약하여 생성된 과산화물에 의해 서서히 산화가 일어난다고 생각된다. 특히 AP와 α -Toc 혼합 첨가군의 경우에는 합성 항산화제인 BHA와 유의

적인 차가 인정되지 않았다($p > 0.05$). 이와 같은 결과는 AP가 초기 산화 억제능을 갖고 α -Toc은 자동산화 억제능을 가지므로 서로 보충효과가 있기 때문에 천연 항산화제인 AP+ α -Toc 혼합체를 첨가할 경우 감마선 조사에 의한 지방질 식품의 산화를 효과적으로 억제할 것으로 생각된다.

양 등(24)은 팜유와 우지에 0.02% α -tocopherol 또는 0.01% δ -tocopherol에 AP의 농도를 증가시킨 결과 유통기간이 연장되었다고 하였다. 또 Cort(22)에 의하면 α -tocopherol 또는 δ -tocopherol과 AP간에는 돈지 및 우지에서 상승효과가 있었으며 Tappel 등(25)에 의하면 linoleic acid emulsion에서 tocopherol과 구연산은 거의 상승효과를 나타내지 않았으나 ascorbic acid와는 대단히 큰 상승효과를 나타내는 것으로 보고하여 본 결과와 일치하는 경향이였다.

요 약

돈지에 산화방지제로 ascorbyl palmitate(AP), α -tocopherol(α -Toc), BHA 및 ascorbyl palmitate + α -tocopherol(AP+ α -Toc)을 첨가하여 1~10kGy의 선량으로 감마선을 조사하였고, 감마선 조사된 시료는 조사 직후와 50°C에서 저장하면서 저장기간에 따른 과산화물 형성 억제능을 측정하였다. 감마선 조사 직후의 과산화물가는 감마선 조사 선량의 높아짐에 따라 증가하였다. 그러나 돈지에 산화방지제를 첨가한 경우에는 감마선 조사에 의한 과산화물 형성을 억제하였고, 억제활성은 AP>AP+ α -Toc>BHA> α -Toc로 AP가 초기 산화 억제능을 가진 천연 항산화제로 나타났다. 저장기간에 따른 과산화물가는 감마선 조사에 의해 자동산화를 상당히 촉진시키지만 산화방지제를 첨가한 경우에는 과산화물 형성을 유의적으로 억제하였으며, 이때의 산화억제능은 BHA>AP+ α -Toc> α -Toc>AP의 순으로 나타났다. 특히 저장 말기까지도 효과가 높았던 천연 항산화제 혼합물인 AP+ α -Toc은 BHA와 유의차가 인정되지 않았다($p > 0.05$).

감사의 글

본 연구는 과학기술부의 원자력 연구개발사업의 일환으로 수행되었으며 그 지원에 감사드립니다.

문 헌

1. 한국농촌경제연구원 : 1990년도 식품수급표(1991)
2. 윤석후 : 유지식품. 한국식품연구분원총람(5), 한국식품

- 과학회지, p. 94(1992)
3. 김동훈 : 식용유지의 산패. 고려대학교 출판부, 서울, p. 20(1994)
 4. Frankel, E. N. : Lipid oxidation. Mechanism, products and biological significance. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **61**, 1908(1984)
 5. Shamberger, R. J., Andreone, T. L. and Wills, C. E. : Antioxidants and cancer. IV. Initiating activity of malonaldehyde as a carcinogen. *J. Nat'l. Cancer Inst.*, **53**, 1771(1974)
 6. Shamberger, R. J., Shamberger, B. A. and Wills, C. E. : Malonaldehyde content of food. *J. Nutr.*, **107**, 1404(1977)
 7. Scott, G. : Enzymatic oxygen removal from packaged foods. *Food Technol.*, **12**, 7(1958)
 8. Hedrick, T. I. and Glass, L. : Chemical changes in milk during exposure to fluorescent light. *J. Milk Food Technol.*, **38**, 129(1975)
 9. Nawar, W. W. : Lipids. In "Food chemistry" Revised and Enlarged., Fennema, O. R.(ed.), 2nd ed., Marcel Dekker, Inc., New York, USA, p.140(1985)
 10. Sherwin, E. R. : Antioxidants for vegetable oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **53**, 430(1976)
 11. Barnen, A. L. : Toxicological and biochemistry of BHA, BHT. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **52**, 59(1975)
 12. Peers, K. E., Coxon, D. T. and Chan, H. W. S. : Auto-oxidation of methyl linoleate : The effect of antioxidants on product distribution. *J. Sci. Food Agric.*, **35**, 813(1984)
 13. Lee, K. H. : Effects of ascorbic acid and ascorbyl palmitate on the photooxidation. *Ph.D. Dissertation*, Chungnam National University, Taejon, Korea(1998)
 14. Wills, E. D. : Effects of antioxidants on lipid peroxide formation in irradiated synthetic diets. *Int. J. Radiat. Biol.*, **37**, 403(1980)
 15. Lee, K. H., Jung, M. Y. and Kim, S. Y. : Effects of ascorbic acid on the light-induced riboflavin degradation and color changes in skim milk. *J. Agric. Food Chem.*, **46**, 407(1998)
 16. Jung, M. Y. : Effects of carotenoids and tocopherols on the chlorophyll sensitized photooxidation of soybean oil. *Ph.D. Dissertation*. Ohio State University, Columbus, Ohio, USA(1989)
 17. AOCS : *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society*. 4th ed., American Oil Chemists' Society, Champaign, IL., Cd 8-53, (1990)
 18. Statistical Analysis System. User's Guide : Statistics. Version 5 edition, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA (1985)
 19. 이경행, 육홍선, 이주운, 김성, 변명우 : 감마선 조사시 우지 산패억제를 위한 항산화제의 첨가효과. 한국식품과학회지, **31**, 인쇄중(1999)
 20. Lee, K. H., Jung, M. Y. and Kim, S. Y. : Quenching mechanism and kinetics of ascorbyl palmitate for the reduction of the photosensitized oxidation of oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **74**, 1053(1997)
 21. Park, Y. B., Park, H. K. and Kim, D. H. : Oxidative stability of deep-fried instant noodle prepared with rapeseed oil fortified by adding antioxidants or by blending with palm oil(in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **21**, 468(1989)
 22. Cort, W. M. : Antioxidant activity of tocopherols, ascorbyl palmitate and ascorbic acid. Their mode of action. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **51**, 321(1974)
 23. 강동훈, 박혜경, 김동훈 : 항산화제 또는 팜유로 보강된 미강유를 이용한 라면의 산화안정성. 한국식품과학회지, **21**, 409(1989)
 24. 양주홍, 장영상, 신효선 : AOM 시험에 의한 팜유와 우지에 대한 몇가지 산화방지제 효과의 비교. 한국식품과학회지, **20**, 563(1988)
 25. Tappel, A. L., Brown, W. D., Zalkin, H. and Maier, V. P. : Unsaturated lipid peroxidation catalyzed by hematin compounds and its inhibition by vitamin E. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **38**, 5(1961)

(1998년 8월 7일 접수)