

## Ascorbic acid의 첨가가 탈지우유의 광산화에 미치는 영향

이경행

국립 청주과학대학 김치식품학과

### Effects of Ascorbic Acid in Skim Milk During Light Storage

Kyong-Heang Lee

Department of Kimchi & Food Science, Chongju National College of Science & Technology

#### Abstract

To investigate the effects of ascorbic acid, an effective activated-oxygen quencher, contents of retinyl palmitate isomers, riboflavin and color changes in skim milk were measured. Light illumination induced the reduction of *all-trans*-retinyl palmitate and 13-*cis* retinyl palmitate, but the contents of *all-trans*-retinyl palmitate and 13-*cis* retinyl palmitate in skim milk treated with ascorbic acid were considerably higher than the skim milk without ascorbic acid. Light illumination induced the of 9-*cis* retinyl palmitate production, and the addition of ascorbic acid greatly promoted the formation of 9-*cis* retinyl palmitate in skim milk during light storage. As the light illumination hr increased, the riboflavin content in skim milk greatly decreased, but the addition of ascorbic acid inhibited reduction of riboflavin. The color parameters of L(lightness), -a(greenness) and b(yellowness) in skim milk decreased after light illumination. However, ascorbic acid treatment protected effectively the changes in these color parameters in skim milk during the light illumination.

**Key words:** photooxidation, quenching, ascorbic acid, retinyl palmitate, riboflavin

## 서 론

식품은 광선이 조사되는 조건하에서는 그 저장성이 급격히 저하하게 된다. 근래에 들어와서 소비자의 기호를 충족시키기 위하여 투명한 포장재질을 사용한 식품들이 증가하고 있는데, 이러한 경우 유통, 저장 및 판매과정 중 태양광선이나 형광등 하에 노출로 인하여 식품의 광산화가 일어나게 된다. 광산화는 일반적인 자동산화보다 식품의 산화속도가 약 1,500-30,000배 가량 빠르게 진행되므로 (Gunstone, 1986), 식품의 저장 안정성을 급격하게 떨어뜨리는 직접적인 원인이 될 뿐만 아니라, 이때 생성된 radical들은 인체의 노화 및 각종 성인병을 촉진시키는 것으로 알려져 있으므로 식품의 안전성

에도 문제가 될 수 있다.

광산화에 의한 식품성분들의 변화로는 변패취 및 필수지방산의 손실, 과산화 콜레스테롤의 생성, 아미노산의 손실 및 황함유 아미노산의 산화로 인한 불쾌취의 생성, 단백질의 변성, 비타민의 파괴, 색소물질의 산화로 인한 변색 등을 들 수 있다. 특히 우유의 경우, 광선이 조사되는 조건하에서 그 저장성이 급격히 떨어지게 되어 성분 변화를 야기하게 된다. 예를 들면 탈지우유에 첨가되는 retinyl palmitate는 빛에 의해 photoisomerism 기작이 일어나 이성화가 일어나게 되는데 *all-trans*-retinyl palmitate가 9-*cis*-retinyl palmitate로 변화되고 (Gaylord *et al.*, 1986), retinyl palmitate isomer의 생체 이용률은 *all-trans*-retinyl palmitate 100%, 13-*cis* isomer 75%, 9-*cis* isomer 25%인 것으로 알려져 있어(Ames, 1966) 광조사에 의해 이성화가 일어나게 되면 비타민의 활성이 저하된다고 할 수 있다.

현재 우리 나라에서는 대부분의 우유 포장 용기가 종이팩이지만 경제적인 이유로 종이팩에서 반투

Corresponding author: Kyong-Heang Lee, Professor, Department of Kimchi & Food Science, Chongju National College of Science & Technology, Koesan-gun, Chungbuk, 367-701, Republic of Korea  
Phone: +82-43-820-5334, Fax: +82-43-820-5272  
E-mail: leekh@cjnc.ac.kr

명 플라스틱 재질로 교체하려는 시도가 있으며, 일부 제품은 반투명 플라스틱 포장재질로 현재 유통되고 있어 광산화가 어느 정도 일어난 상태로 판매되고 있는 실정이다. 미국의 경우, 거의 대부분 반투명 플라스틱 포장용기로 유통되고 있어 시판되는 우유의 약 85%가 광산화로 인한 이취가 생성된 상태로 판매되고 있으나 이것을 해결할 수 있는 방법들이 개발되지 못하고 광선을 차단하는 용기를 사용하는 소극적인 방법 외에는 특별히 다른 대안을 찾아내지 못하고 있으며(deMan, 1978; Hedrick과 Glass, 1975; Nelson과 Catheart, 1984), 기존에 알려진 일중항산소 억제제인 carotenoid 및 tocopherol을 첨가하여 우유의 광산화를 억제하려는 시도마저도 실패하였었다.

따라서 본 연구에서는 ascorbic acid를 우유에 첨가할 경우, ascorbic acid가 광선에 의한 탈지우유내에서 retinyl palmitate의 이성화 정도, riboflavin 및 색도의 변화 등을 얼마나 효과적으로 억제할 수 있는지를 정량 연구를 통하여 일중항산소 소거능을 연구하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용한 우유는 충남대학교 농과대학 부속목장에서 채유 후 75°C, 15초간 살균하고 20분 동안 3회 원심분리(6000 rpm, 4°C)하여 탈지시킨 후 Gerber법(A.O.A.C., 1995)에 의해 지방함량을 측정하여 0.1%이하의 탈지우유를 시료로 사용하였다.

### Light storage box

Light storage box는 Jung *et al.*(1991)의 방법에 따라 glass plate와 나무상자로 제작하여 형광등에서 glass plate까지의 거리는 20 cm로 하였으며, 시료를 저장한 serum bottle는 glass plate에 올려놓고 광조사 하였다. 이때의 광원은 5개의 lightning 15 watt cool white fluorescent lamp를 사용하였다.

### 광조사시 ascorbic acid에 의한 retinyl palmitate isomer의 변화

탈지우유에 retinyl palmitate를 강화시키기 위하여 Zahar *et al.*(1987)의 방법에 따라 *all-trans-retinyl palmitate*(Sigma, Co., USA)를 carrier oil인 옥수수유에 우선 첨가하고 이것을 다시 탈지우유에 첨가

하였다. 이때 옥수수유는 0.1%(w/v), retinyl palmitate는 639.8 µg/L가 되도록 첨가하였다. 첨가한 *all-trans-retinyl palmitate*의 순도를 HPLC로 측정된 결과, 13-*cis-retinyl palmitate*가 6.2%정도 함유되어 있었으며 9-*cis-retinyl palmitate*는 존재하지 않았다. 이 준비된 시료는 균질기(APV Gaulin homogenizer Lab 60-10 tbs, Germany)로 균질화하여 4°C의 냉장실에서 하루 방치한 후 ascorbic acid를 0, 0.025, 0.05, 0.1%(w/v)의 농도로 retinyl palmitate를 강화시킨 탈지우유에 첨가하였다. 조제된 시료는 35 mL의 투명한 glass serum bottle에 30 mL씩 정확하게 넣고 고무마개와 aluminum cap으로 밀폐시킨 후 Fakourelis *et al.*(1987)과 Jung *et al.*(1989)의 방법에 따라 3300 lux의 광도로 0, 6, 12, 18, 24, 30시간 light storage box에서 광조사 하였다.

광조사 시킨 탈지우유내 존재하는 retinyl palmitate isomer의 분석은 Thomson *et al.*(1980)에 의한 방법에 따라 ethanol과 n-hexane을 용매로 하여 추출하여 HPLC로 분석하였다. HPLC 조건은 Gaylord *et al.*(1986)의 방법에 따라 HPLC(Model 6000A, Waters, Milford, MA)로 분석하였다. 이때의 HPLC 분석조건은 Two-5 µm Spherical Silica column (Waters, Millipore Corp., Milford, MA), 이동상은 hexane:diethyl ether(99:1, v/v)로 하여 1.5 mL/min의 유속으로 254 nm에서 분석하였다.

### 광조사시 ascorbic acid에 의한 riboflavin 및 색도의 변화

탈지우유의 광조사시 ascorbic acid에 의한 riboflavin 및 색도변화를 측정하기 위하여 ascorbic acid의 함량은 0, 0.025, 0.05 및 0.1%(w/v)의 농도가 되도록 하여 시료로 사용하였다. 또한 ascorbic acid의 일중항산소 소거능을 확인하기 위하여 일중항산소 소거제로 알려진 sodium azide를 같은 조건하에서 5.68 mM이 되도록 첨가하여 시료로 사용하였다. 조제된 시료는 35 mL의 투명한 glass serum bottle에 30 mL씩 정확하게 넣고 고무마개와 aluminum cap으로 밀폐시킨 후 3300 lux의 광도에서 0, 1, 2, 3, 5, 10시간 동안 light storage box에서 광조사 시킨 다음 시료 중 riboflavin의 함량과 색도변화를 측정하였다. 탈지우유내 riboflavin의 함량은 시료 10 mL에 33.3% acetic acid-용액 0.3 mL와 33.3% sodium acetate-용액 0.3 mL를 서서히 넣으면서 5분간 천천히 교반한 후 3500 rpm에서 30분간

원심 분리하여 riboflavin이 함유된 상등액을 0.2  $\mu$ m membrane filter로 불순물을 제거하고 Ashoor *et al.* (1983)의 방법에 따라 HPLC(Spec-tra-Physics, Fremont, CA)로 측정하였다. 이때의 HPLC 분석조건은 Versapak C<sub>18</sub> column(10  $\mu$ m, 4.1 $\times$ 250 mm, Alltech Associates, Inc., Deerfield, IL), 이동상은 Water:methanol:acetic acid (68:32:0.1, v/v/v)로 하여 1.0 mL/min의 유속으로 270 nm에서 분석하였다.

광조사 시킨 탈지우유의 색도 변화는 색차 측정기(Minolta CR 300 colorimeter, Tokyo, Japan)를 이용하여 Hunter L(lightness), -a(greenness), b(yellowness)값을 구하였다.

### 통계분석

모든 실험의 통계분석은 Statistical Analysis System Version 5 edition, SAS Institute, Cary, NC(1985)을 사용하였다.

## 결과 및 고찰

### 광조사시 ascorbic acid에 의한 all-trans-retinyl palmitate의 변화

Retinyl palmitate를 강화시킨 탈지우유에 ascorbic acid를 첨가하여 광조사 했을 때 강화시킨 all-trans-retinyl palmitate의 함량 변화는 Fig. 1과 같다. 탈지

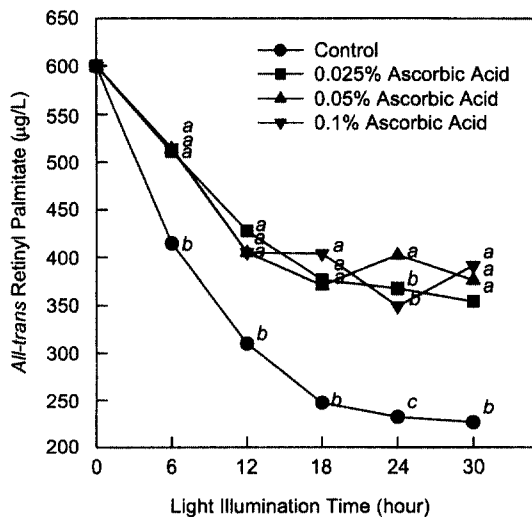


Fig. 1. Effects of ascorbic acid on the contents of all-trans-retinyl palmitate in skim milk during light storage 7 $\pm$ 2°C. Mean values within the same storage times with different italic letters were significantly different ( $p < 0.05$ ).

우유에 강화시킨 all-trans-retinyl palmitate는 광조사 시간이 증가함에 따라 크게 감소하였고 30시간 동안의 광조사로 62.3%가 감소하였다. 그러나 aluminum foil로 빛을 차단한 경우에는 30시간 광조사 후에도 전혀 그 함량이 감소하지 않았다(data not shown). 이 결과는 광조사로 인해 우유내의 all-trans-retinyl palmitate의 함량이 감소되는 것을 알 수 있었고 Gaylord *et al.*(1986)은 4°C에서 1614 lux의 조도로 48시간동안 광조사 했을 때 all-trans-retinyl palmitate의 함량이 1.31  $\mu$ g/mL에서 0.50  $\mu$ g/mL로 감소하였다고 보고하였다.

그러나 탈지우유에 ascorbic acid의 첨가로 우유중의 all-trans-retinyl palmitate의 함량 감소가 현저히 억제되었다. 즉 탈지우유에 ascorbic acid를 0, 0.025, 0.05 및 0.1% 첨가하여 30시간 동안 광조사한 경우 all-trans-retinyl palmitate의 함량은 각각 226.5, 354.5, 372.6, 392.1  $\mu$ g/L로 all-trans-retinyl palmitate 함량 감소를 각각 34.3, 39.1, 44.1% 억제하였다. Duncan's multiple range test의 결과, ascorbic acid 첨가구와 무첨가구간에 유의차가 인정되었고 ( $p < 0.05$ ), 0.025-0.1%의 ascorbic acid 첨가구간에는 서로 유의차가 인정되지 않았다( $p > 0.05$ ). 이러한 통계분석 결과 ascorbic acid의 첨가량이 0.025% 또는 그 이상일 때 all-trans-retinyl palmitate 함량감소를 효과적으로 억제시키는 것을 알 수 있었다. deMan (1978), Hedrick과 Glass(1975) 및 Nelson과 Cathart(1984)는 빛에 의한 우유의 vitamin A 감소를 억제하기 위해 여러 종류의 포장재를 사용함으로써 vitamin A의 감소를 억제할 수 있다고 하였다.

이와 같이 이제까지의 연구는 포장재를 이용한 소극적인 방법들 뿐, 화학적인 방법에 의한 광산화의 억제연구는 전혀 찾아볼 수 없었다.

### 광조사시 ascorbic acid에 의한 9-cis-retinyl palmitate의 변화

Retinyl palmitate를 강화시킨 탈지우유에 ascorbic acid를 첨가하여 광조사했을 때 all-trans-retinyl palmitate가 이성화되어 생성되는 9-cis-retinyl palmitate의 함량변화는 Fig. 2와 같다. 탈지우유에 강화시킨 retinyl palmitate 표준품에는 9-cis-retinyl palmitate가 존재하지 않았으며, 광조사에 의해 9-cis-retinyl palmitate가 18시간까지 증가하였다가 점차 감소하였다. 즉 탈지우유에서의 all-trans-retinyl palmitate가 광조사로 9-cis form으로 이성화됨을 알

수 있었다. 이 결과는 Gaylord *et al.*(1986)과 Zahar *et al.*(1987)의 형광등 조건하에서 탈지우유내 *all-trans-retinyl palmitate*가 *9-cis-retinyl palmitate*로 이성화된다는 보고와 일치하였다.

그러나 ascorbic acid를 첨가한 경우, 함량을 증가시킬수록 *9-cis-retinyl palmitate*의 형성은 증가하였다. 즉 ascorbic acid를 0.025~0.1% 첨가하여 30시간 광조사시 *9-cis-retinyl palmitate*의 함량은 각각 117.3, 102.5, 101.5  $\mu\text{g/L}$ 로 증가하였다. Ascorbic acid를 처리한 탈지우유에서는 *all-trans-retinyl palmitate*의 감소가 적어 *9-cis-retinyl palmitate*의 생성이 적을 것으로 예상하였으나, 반대의 경향이였다. 이것은 광조사시 탈지우유에서 *retinyl palmitate isomer*의 산화와 *all-trans form*에서 *9-cis form*으로의 이성화가 동시에 일어나기 때문일 것으로 추론된다.

Ascorbic acid는 superoxide anion과 일중항산소의 효과적인 소거제로 *9-cis-retinyl palmitate*의 산화를 감소시키지만 *9-cis-retinyl palmitate*로의 이성화는 방지하지는 못하기 때문에 그 결과 ascorbic acid를 첨가한 탈지우유에서 *9-cis-retinyl palmitate*의 함량이 많은 것으로 나타났다고 사료된다. Duncan's multiple range test의 결과, ascorbic acid 첨가구와 무첨가구의 *9-cis-retinyl palmitate*의 함량간에 유의차가 인정되었고( $p < 0.05$ ), *all-trans-retinyl palmitate*와 마찬가지로 첨가구간에는 유의차가 인정되지 않았다( $p > 0.05$ ).

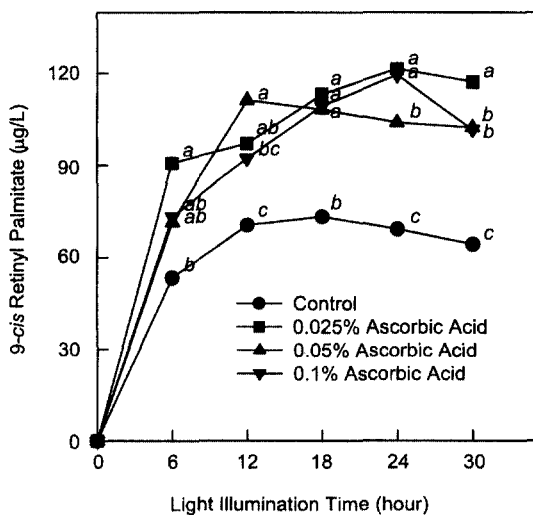


Fig. 2. Effects of ascorbic acid on the contents of *9-cis-retinyl palmitate* in skim milk during light storage  $7 \pm 2^\circ\text{C}$ . Mean values within the same storage times with different italic letters were significantly different ( $p < 0.05$ ).

### 광조사시 ascorbic acid에 의한 13-cis-retinyl palmitate의 변화

*Retinyl palmitate*를 강화시킨 탈지우유에 ascorbic acid를 첨가하여 광조사했을 때 *13-cis-retinyl palmitate*의 함량변화는 Fig. 3과 같다. Ascorbic acid 무첨가구는 광조사시간이 증가할수록 표준품에 포함된 39.7  $\mu\text{g/L}$ (*all-trans-retinyl palmitate*의 6.2%)에서 점차 감소하였다. 이 결과는 Gaylord *et al.*(1986)에 의한 *13-cis-retinyl palmitate*의 함량이 광조사시간의 증가로 서서히 감소하였다는 결과와 거의 일치하였다.

Ascorbic acid를 첨가할 경우 광조사시 탈지우유에서 *13-cis-retinyl palmitate*의 함량은 증가하여 ascorbic acid 첨가구와 무첨가구의 *13-cis-retinyl palmitate*의 함량간에 유의차가 인정되었다( $p < 0.05$ ).

이 결과는 광조사에 의해 탈지우유에서 *all-trans-retinyl palmitate*가 *9-cis*와 *13-cis*의 *isomer*로 이성화되지만 *13-cis-retinyl palmitate*의 형태로 이성화되는 양은 적은 것으로 나타났다. Ascorbic acid를 첨가하지 않은 탈지우유에서 *13-cis-retinyl palmitate*의 형태로 이성화되는 것과 *13-cis-retinyl palmitate*의 산화가 동시에 일어나고 *13-cis-retinyl palmitate*의 산화율이 이성화율보다 빠른 것으로 생각된다. 그러나 ascorbic acid 첨가시에는 *13-cis-retinyl palmitate*의 산화를 점차적으로 감소시켰으나 *all-trans-retinyl palmitate*가 *13-cis-retinyl palmitate*로 이성화되는 것

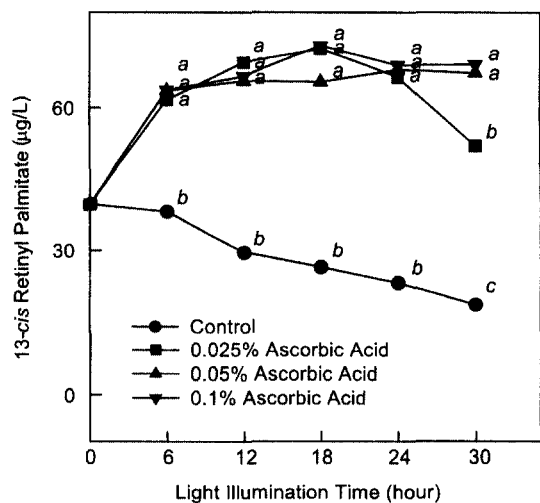


Fig. 3. Effects of ascorbic acid on the contents of *13-cis-retinyl palmitate* in skim milk during light storage  $7 \pm 2^\circ\text{C}$ . Mean values within the same storage times with different italic letters were significantly different ( $p < 0.05$ ).

을 감소시키지 않는 것으로 나타났다.

이러한 결과는 ascorbic acid가 superoxide anion과 일중항산소와 같은 활성산소를 효과적으로 소거함으로써 광조건하에서 탈지우유내 retinyl palmitate 이성체들의 산화를 효과적으로 억제하는 것으로 나타났다.

#### 광조사시 ascorbic acid에 의한 riboflavin의 변화

Ascorbic acid를 첨가한 탈지우유에 3300 lux로 광조사 시켰을 때 광조사 시간에 따른 riboflavin의 함량변화는 Fig. 4와 같다. 탈지우유내 riboflavin의 함량은 광조사시간이 증가함에 따라 서서히 감소하였다. 즉 10시간동안 광조사 후 탈지우유에서의 riboflavin 함량은 59.1%의 riboflavin이 감소하였다. 그러나 aluminum foil로 빛을 차단한 경우 10시간 광조사 후에도 전혀 감소하지 않았다(data not shown). Aurand *et al.*(1977) 및 Buettner와 Need (1985)는 광조건하에서 탈지우유에서의 riboflavin의 감소는 superoxide anion과 일중항산소와 같은 활성산소의 self-sensitized 생성에 기인한다는 것과 일치하였다.

그러나 탈지우유에 ascorbic acid를 0.025~0.1% 첨가하여 10시간 동안 광조사시 riboflavin의 함량은 무첨가구에 비하여 각각 5.5, 17.3, 25.5% 억제함을 보였다. 또 0.025%의 ascorbic acid 첨가구와 무첨

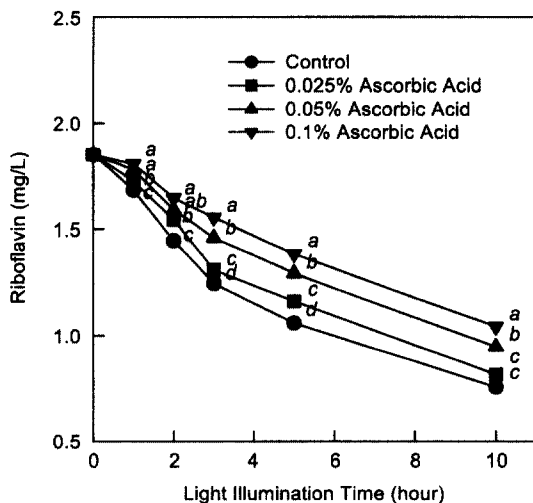


Fig. 4. Effects of ascorbic acid on the content of riboflavin in skim milk during fluorescent light illumination at  $7\pm 2^{\circ}\text{C}$ . Mean values within the same storage times with different italic letters were significantly different ( $p < 0.05$ ).

가구의 riboflavin 함량간 유의차는 인정되지 않았으나( $p > 0.05$ ), 0.05%이상의 ascorbic acid를 첨가한 경우에는 무첨가구에서의 riboflavin 함량간에 유의차가 인정되었다( $p < 0.05$ ). 이러한 통계분석결과, ascorbic acid의 첨가량이 0.05% 또는 그 이상일 때 riboflavin의 파괴를 감소시킴을 알 수 있었다.

Ascorbic acid가 과연 빛에 의해 생성되는 일중항산소를 소거하는지 확인하기 위해 일중항산소 소거제로 널리 알려진 sodium azide를 탈지우유에 5.68 mM 첨가하여 광조사시킬 때 riboflavin의 함량변화를 동량의 ascorbic acid 첨가구와 비교한 것은 Fig. 5와 같다. Ascorbic acid 무첨가구는 광조사 시간이 증가함에 따라 riboflavin의 함량은 서서히 감소하였으나 ascorbic acid 첨가구는 10시간 동안 광조사시켰을 때 riboflavin의 함량은 1.00 mg/L로 무첨가구보다 37.2% 억제하였고 sodium azide를 5.68 mM 첨가하여 10시간 동안 광조사시켰을 때 riboflavin의 함량은 1.01 mg/L로 ascorbic acid 첨가구보다 약간 억제능이 강하였으나 Duncan's multiple range test의 결과, ascorbic acid 첨가구와 sodium azide 첨가구간에 유의차는 인정되지 않았다( $p > 0.05$ ).

Bodannes와 Chan(1979)은 ascorbic acid의 일중항산소와의 반응속도는 sodium azide의 일중항산소 소거 속도와 거의 유사하다는 보고와 비교해 볼 때 ascorbic acid는 sodium azide와 함께 일중항산소 소

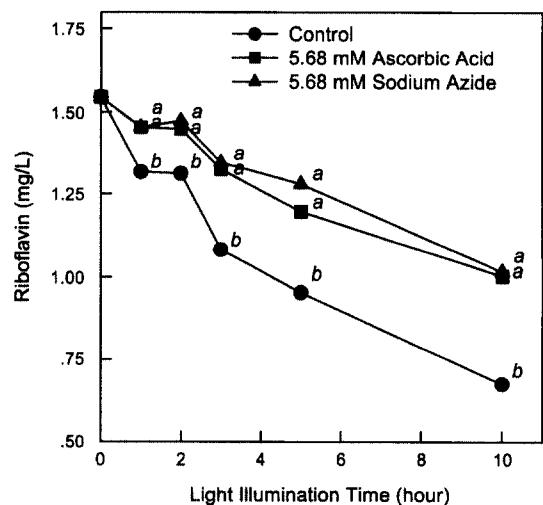


Fig. 5. Effects of 5.68 mM ascorbic acid and 5.68 mM sodium azide on the content of riboflavin in skim milk during fluorescent light illumination at  $7\pm 2^{\circ}\text{C}$ . Mean values within the same storage times with different italic letters were significantly different ( $p < 0.05$ ).

거능이 있음을 확신할 수 있었다.

#### 광조사시 ascorbic acid에 의한 색도의 변화

탈지우유를 광조사시켰을 때 ascorbic acid에 의한 색도 변화는 Table 1과 같다. 탈지우유에 광조사함에 따라 L(lightness)값은 10시간 광조사로 65.52에서 63.80으로 감소하여 우유가 광조사에 의해 약간 어둡게 변화되었다. Toba와 Adachi(1980)는 광조사에 의해 우유내 tryptophan과 tyrosine의 산화와 직접 연관되어 탈지우유에서 색의 변화가 일어난다는 결과와 비슷한 경향이었다. 또한 -a(greenness)와 b(yellowness)의 절대값도 광조사 시간의 증가에 따라 값이 감소하였다. 즉 10시간 광조사시 -a(greenness)는 -2.44에서 -1.06으로, b(yellowness)는 3.03에서 1.30으로 점차 감소하였다. 그러나 탈지우유에 ascorbic acid를 첨가하므로써 색도의 변화를 억제하였고 억제 효과는 ascorbic acid의 농도에 기

인하였으며, ascorbic acid 첨가구와 무첨가구간에 유의차가 인정되었다( $p<0.05$ )

Ascorbic acid의 일중항산소 소거능을 확인하기 위하여 일중항산소 소거제로 알려진 sodium azide를 탈지우유에 5.68 mM이 되도록 첨가하여 광조사시켰을 때 색도의 변화를 동량의 ascorbic acid 첨가구와 비교한 것은 Table 2와 같다. L(Lightness)값은 photo-antioxidant의 첨가 유무에 관계없이 10시간 동안 거의 변화가 없었고 -a(greenness)와 b(yellowness)의 절대값은 시간의 증가에 따라 값이 감소하였다. 그러나 ascorbic acid 첨가구의 경우 -a(greenness)는 -2.52에서 -1.72로, b(yellowness)는 3.32에서 1.71로 아주 서서히 감소하였다. 또한 sodium azide 첨가구의 경우에서도 -a(greenness)는 -2.55에서 -1.84로, b(yellowness)는 3.45에서 1.83으로 ascorbic acid 첨가구와 마찬가지로 서서히 감소하였다. Duncan's multiple range test의 결과,

**Table 1. Effects of ascorbic acid on the color parameters in skim milk during 10 hr fluorescent light illumination at 7±2°C**

Color Property	Ascorbic acid (%)	Light Storage Time (hour)			
		0	2	5	10
Lightness (L)	0	65.52 <sup>b</sup>	65.44 <sup>a</sup>	64.30 <sup>a</sup>	63.80 <sup>d</sup>
	0.025	65.47 <sup>b</sup>	65.07 <sup>b</sup>	64.89 <sup>b</sup>	65.17 <sup>b</sup>
	0.05	65.05 <sup>c</sup>	64.58 <sup>c</sup>	65.46 <sup>c</sup>	64.37 <sup>c</sup>
	0.1	66.01 <sup>a</sup>	64.96 <sup>c</sup>	65.35 <sup>a</sup>	65.39 <sup>a</sup>
Greenness (-a)	0	-2.44 <sup>a</sup>	-2.10 <sup>a</sup>	-1.53 <sup>d</sup>	-1.06 <sup>d</sup>
	0.025	-2.44 <sup>a</sup>	-2.11 <sup>a</sup>	-1.80 <sup>c</sup>	-1.46 <sup>c</sup>
	0.05	-2.30 <sup>c</sup>	-1.96 <sup>b</sup>	-1.84 <sup>b</sup>	-1.61 <sup>b</sup>
	0.1	-2.36 <sup>b</sup>	-2.12 <sup>a</sup>	-1.88 <sup>a</sup>	-1.68 <sup>a</sup>
Yellowness (+b)	0	3.03 <sup>b</sup>	2.44 <sup>c</sup>	1.76 <sup>c</sup>	1.30 <sup>d</sup>
	0.025	3.10 <sup>a</sup>	2.47 <sup>b</sup>	1.72 <sup>d</sup>	1.31 <sup>c</sup>
	0.05	2.95 <sup>c</sup>	2.36 <sup>d</sup>	1.99 <sup>b</sup>	1.43 <sup>b</sup>
	0.1	3.01 <sup>b</sup>	2.52 <sup>a</sup>	2.08 <sup>a</sup>	1.71 <sup>a</sup>

Mean values within each column with different italic letters were significantly different ( $p<0.05$ ).

**Table 2. Effects of 5.68 mM ascorbic acid and sodium azide on the color parameters in skim milk during 10 hr fluorescent light illumination at 7±2°C**

Color Property	Photo-antioxidant	Light Storage Time (hour)			
		0	2	5	10
Lightness (L)	Control	66.51 <sup>a</sup>	66.94 <sup>a</sup>	66.75 <sup>ab</sup>	66.26 <sup>b</sup>
	Ascorbic acid 5.68 mM	67.67 <sup>a</sup>	67.04 <sup>a</sup>	66.41 <sup>b</sup>	67.74 <sup>a</sup>
	Sodium azide 5.68 mM	67.24 <sup>a</sup>	67.41 <sup>a</sup>	67.58 <sup>a</sup>	67.56 <sup>ab</sup>
Greenness (-a)	Control	-2.47 <sup>a</sup>	-2.14 <sup>a</sup>	-1.61 <sup>c</sup>	-0.83 <sup>b</sup>
	Ascorbic acid 5.68 mM	-2.52 <sup>a</sup>	-2.24 <sup>a</sup>	-1.98 <sup>b</sup>	-1.72 <sup>a</sup>
	Sodium azide 5.68 mM	-2.55 <sup>a</sup>	-2.21 <sup>a</sup>	-2.13 <sup>a</sup>	-1.84 <sup>a</sup>
Yellowness (+b)	Control	3.34 <sup>a</sup>	2.73 <sup>c</sup>	2.12 <sup>c</sup>	1.40 <sup>c</sup>
	Ascorbic acid 5.68 mM	3.32 <sup>a</sup>	2.85 <sup>b</sup>	2.27 <sup>b</sup>	1.71 <sup>b</sup>
	Sodium azide 5.68 mM	3.45 <sup>a</sup>	2.95 <sup>a</sup>	2.53 <sup>a</sup>	1.83 <sup>a</sup>

Mean values within each column with different italic letters were significantly different ( $p<0.05$ ).

ascorbic acid와 sodium azide는 -a(greenness)는 서로 유의차가 인정되지 않았고( $p>0.05$ ), b(yellowness)는 sodium azide가 색도 방지 효과가 약간 강한 것으로 나타났으나( $p<0.05$ ) 탈지우유에서의 riboflavin 함량 변화 및 색도 등을 고려해 볼 때 ascorbic acid는 sodium azide와 비슷한 소거율로 일중항산소 소거 작용을 하는 것으로 사료된다.

## 결 론

Ascorbic acid를 탈지우유에 첨가하여 광조사하였을 때 광선에 의해 생성되는 일중항산소를 ascorbic acid가 소거하는지 확인하기 위하여 retinyl palmitate의 이성화 정도, riboflavin의 함량 변화 및 색도 변화 등을 측정하였다. 탈지우유에 retinyl palmitate를 강화시킨 ascorbic acid 무첨가구의 광조사시 all-trans-retinyl palmitate와 13-cis-retinyl palmitate의 함량은 광조사시간이 증가할수록 점차 감소하지만 9-cis-retinyl palmitate의 함량은 증가하는 경향이었고, ascorbic acid 첨가구는 all-trans-retinyl palmitate와 13-cis-retinyl palmitate의 산화를 크게 억제하여 함량변화가 적게 나타났다. 또한 ascorbic acid는 광조사시 탈지우유에서 9-cis-retinyl palmitate의 형성을 크게 증가시켰다. 탈지우유를 10시간동안 광조사시켰을 때 riboflavin함량과 색도(L, a, b)는 점차 감소하였으나 ascorbic acid의 첨가로 riboflavin의 함량 감소 및 색도변화를 억제하였다.

## 문 헌

A.O.A.C. 1995. "Official Methods of Analysis" 16th ed., Association of official Analytical Chemist, Washington, D.C.  
 Ames, S.R. 1966. Methods for evaluating vitamin A isomers. J.A.O.A.C. 49: 1071.  
 Ashoor, S. H., Seperich, G. J., Monte, W. C. and Welty, J. 1983. HPLC determination of riboflavin in eggs and dairy products. *J. Food Sci.* **48**: 92.  
 Aurand, L. W., Boone, N. H. and Gidding, G. G. 1977.

Superoxide and singlet oxygen in milk lipid peroxidation. *J. Dairy Sci.* **60**: 363.  
 Bodannes, R. S. and Chan, P. C. 1979. Ascorbic acid as a scavenger of singlet oxygen. *FEBS Lett.* **105**: 195.  
 Buettner, G. R. and Need, M. J. 1985. Hydrogen peroxide and hydroxyl radical production by hematoporphyrin derivatives, ascorbate and light. *Cancer Lett.* **25**: 297-304.  
 deMan, J. M. 1978. Possibility of prevention of light-induced quality loss of milk. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.* **11**: 152.  
 Fakourelis, N., Lee, E. C. and Min, D. B. 1987. Effects of chlorophyll and  $\beta$ -carotene on the oxidation stability of olive oil. *J. Food Sci.* **52**: 234.  
 Gaylor, A. M., Warthesen, J. J. and Smith, D. E. 1986. Effects of fluorescent light on the isomerization of retinyl palmitate in skim milk. *J. Food Sci.* **51**: 1456-1458.  
 Gunstone, F. D. 1986. In the lipid handbook, Gunstone, F. D., Harwood, J. L. and Padley, F. B. (Eds.). Chapter 10, Chapman and hall Ltd., New York, 449.  
 Hedrick, T. I. and Glass, L. 1975. Chemical changes in milk during exposure to fluorescent light. *J. Milk Food Technol.* **38**: 129-131.  
 Jung, M. Y., Choe, E. and Min, D. B. 1991.  $\alpha$ -,  $\gamma$ - and  $\delta$ -tocopherol effects on chlorophyll photosensitized oxidation of soybean oil. *J. Food Sci.* **56**: 807.  
 Jung, M. Y. 1989. Effects of carotenoids and tocopherols on the chlorophyll sensitized photooxidation of soybean oil. Ph.D. Dissertation. Ohio State University, Columbus, Ohio.  
 Nelson, K. H. and Catheart, W. M. 1984. Transmission of light through pigmented PE milk bottles. *J. Food Prot.* **47**: 346-348.  
 Statistical Analysis System. 1985. User's Guide: Statics, Version 5 edition, SAS Institute. Cary, NC.  
 Thompson, J. N., Hatina, G. and Maxwell, W. B. 1980. High performance liquid chromatographic determination of vitamin A in margarine, milk, partially skimmed milk and skimmed milk. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* **63**: 894.  
 Toba, T. and Adachi, S. 1980. Sunlight and sodium hypochlorite induced color changes in milk. *J. Dairy Sci.* **63**: 1796.  
 Zahar, M., Smith, D. E. and Warthesen, J. J. 1987. Factors related to the light stability of vitamin A in various carriers. **70**: 13.