

## 달맞이꽃 종자유를 첨가한 혈중 HDL-cholesterol 향상 우유에 관한 연구

황지현 · 이수정 · 유상훈 ·곽해수

세종대학교 식품공학과

### 서 론

우유 및 유제품의 소비가 늘어남에 따라 내재하는 콜레스테롤 함량의 문제가 대두되고 있다. 또한 고콜레스테롤로 인한 고혈압, 동맥경화, 관상동맥 경화증과 같은 심순환계 질환들이 증가함에 따라 우유의 소비도 기능성에 맞추어 저콜레스테롤 우유뿐만 아니라 혈중 콜레스테롤 저하 우유를 선호하게 되었다<sup>(1)</sup>. 유제품의 cholesterol 제거는 여러 연구 결과  $\beta$ -cyclodextrin( $\beta$ -CD)의 이용이 매우 효과적인 것으로 보고되었다<sup>(2)</sup>.

불포화지방산을 80% 이상 포함한 달맞이꽃 종자유(evening primrose oil : EPO)는 65~70%가 리놀레산(linoleic acid : LA)이고 7~14%가 감마리놀렌산(gamma-linolenic acid : GLA)으로 이러한 고도불포화지방산은 혈중 콜레스테롤 수준을 저하시키고 동시에 콜레스테롤을 간으로 이동시키는 HDL-cholesterol의 양을 증가시켜 심순환계 질환의 발생을 낮추는 것으로 알려져 있다. 특히 GLA는 콜레스테롤 농도 저하, 혈압강하, 혈소판 응집 억제, 당뇨 예방 및 치료 등의 생리적인 효과가 보고되었다<sup>(3)</sup>.

따라서 본 연구에서는 우유를  $\beta$ -CD로 콜레스테롤을 제거시킨 후 달맞이꽃 종자유를 첨가하여 저장 기간동안 우유의 이화학적, 관능적 특성을 관찰하고, 우유의 혈중 콜레스테롤 저하 기능을 관찰하기 위해 동물실험을 수행하는데 연구목적을 두었다.

### 재료 및 방법

본 실험에서 사용된 EPO는 (주)일동계약에서 제공받았고, 우유는 유지방 함량이 평균 3.6%인 원유를 (주)빙그레에서 공급받았으며 우유 중의 콜레스테롤 저하를 위해 흡착제인  $\beta$ -CD(Nihon Shokuhin Kaku Co.Ltd. Japan)을 사용하였다. 시료제조를 위해 살균한 우유에 1%  $\beta$ -CD를 첨가한 후 교반속도 800rpm, 교반온도 20℃, 교반시간 10분 동안 stirring하여 콜레스테롤을 제거 후 72×g의 속도로 원심분리하였다. 콜레스테롤이 제거된 우유에 EPO를 50℃온도에서 2, 4, 6, 8, 10%의 비율로 첨가하여 1000psi압력으로 균질였다. 이를 4℃에서 24시간 저장한 것을 0일로 하여 15일간 저장하면서 3일 간격으로 시료를 채취하여 thiobarbituric acid(TBA), 관능검사, 동물실험을 하였고, 관능검사는 7점법으로 하여 우

유의 산패취, 쓴맛, 이미, 기호도를 평가하여 SAS program를 사용하여 분산분석(ANOVA) 및 Duncan의 다범위 검정과 최소 유의차 검정으로 통계처리 하였다. 동물실험은 60~75g된(4주령) Sprague-Dawley(SD)종 수컷 랫트(12마리)를 중앙동물실험연구소로부터 제공 받았으며 모든 랫트에게 콜레스테롤 수치가 증가하는 8주 동안은 high-cholesterol, high-fat diet를 급여하였다. 그 후 8주 동안 모든 랫트에게 rodent purified diet을 급여하면서 두 개의 group으로 나누어 대조군 랫트는 일반적인 우유 2ml/day을 혼합하여 급여하였고 실험군 랫트는 콜레스테롤 제거 후 EPO 10% 첨가한 우유 2ml/day을 혼합하여 급여하였다. 음수는 상수도수를 자유섭취시켰으며 총콜레스테롤, HDL-cholesterol, triacylglycerol(TG)를 한국동물임상연구소에서 생화학 자동 분석기(Olympus Au400, Japan)로 측정하였다.

## 결과 및 고찰

### 지방산화도 측정

일반적인 우유인 cont.1의 경우 저장 0일에는 0.051에서 저장 15일에는 0.095로 변화하였고,  $\beta$ -CD를 이용해 우유의 cholesterol을 제거한 우유인 cont.2는 저장 0일에는 0.057에서 저장 15일에는 0.093으로 저장 기간이 경과할수록 지방산화도가 높아지는 결과를 얻었다.  $\beta$ -CD를 처리하여 EPO를 첨가한 우유에서는 2% 첨가시 저장 0일에는 0.06에서 저장 15일에는 0.109로 증가하였으며 4% 첨가시 0.072에서 0.127로 6% 첨가시 0.077에서 0.134로 8% 첨가시 0.081에서 0.145로 10% 첨가시 0.085에서 0.15로 저장기간이 경과함에 따라 TBA값이 증가하였다. 본 실험에서 우유에 첨가한 EPO에는 80% 이상의 LA나 GLA 같은 불포화지방산이 포함되어 있기 때문에 EPO의 첨가 비율이 높을수록 지방산화도가 높게 측정된 것으로 사료된다.(Fig. 1)

### 관능검사

관능검사는 7점법으로 측정하였고, 1(대단히 약함), 4(보통), 7(대단히 강함)으로 평가하였다. 저장 0일에는 콜레스테롤만 제거한 우유인 대조군은 평가가 4정도로 매우 좋게 나타났고 EPO의 첨가량이 증가될수록 좋지 않게 평가되었다. 전체 실험군의 특성과 기호도는 양호하였으며, 쓴맛의 경우 4~4.3으로 실험군간의 유의적 차이가 없게 평가되었다. 저장 3일에는 저장 0일과 비슷하게 산패취, 이미가 4~5.8사이로 평가되었으며, 쓴맛은 4~4.8의 수치로 평가되었다. 저장 6, 9, 12일에는 대조군은 변화가 없지만 EPO를 10% 첨가한 실험군에서는 산패취, 이미의 수치가 높아져 거의 6으로 평가되었다. 기호도는 낮은 수치로 평가되었고, 쓴맛은 변화가 적었다. 저장 15일에는 전체 실험군의 산패취, 이미가 4.2~6.3으로 강하게 평가되었고 쓴맛은 그보다 약하게 4~5.4로 12일과 유사하게 평가되었으며 기호도는 낮게 평가되었다. 결과적으로 콜레스테롤만 제거한 우유에서는 저장기간이 경과하여도 산패취, 이미, 쓴맛, 기호도가 양호하게 평가되었고 EPO의 첨가량이 증가될수록 전체적인 특성이 좋지 않게 평가되었다.

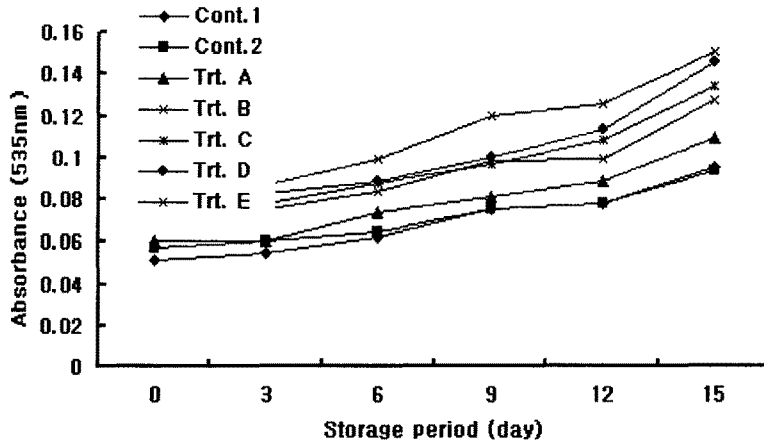


Fig. 1. Changes of thiobarbituric acid values(TBA) for evening primrose oil added and cholesterol-reduced milk stored at 4°C for 15 days<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Milk used was treated with 1%  $\beta$ -cyclodextrin for Trts

Cont.1 : no added.

Cont.2 : milk was treated with 1%  $\beta$ -CD.

Trt.A, Trt.B, Trt.C, Trt.D, Trt.E : 2, 4, 6, 8, 10% EPO added cholesterol-reduced milk, respectively.

#### 동물실험

10%의 EPO를 콜레스테롤이 제거된 우유에 첨가하여 섭취시킨 랫트의 체중 증가량, 사료의 섭취량, 총 콜레스테롤의 함량과 중성지질, HDL-cholesterol의 함량을 측정된 결과를 Tables 1, 2에 나타내었다. 실험 랫트가 콜레스테롤이 제거된 우유에 EPO가 첨가된 실험식을 8주 동안 하루 평균 22.72g/day 섭취했으며, 대조군은 일반적인 우유와 함께 실험식을 평균 22.88g/day 섭취했다. 랫트의 무게는 8주 동안 EPO를 섭취한 그룹과 대조군에서 각각 76.63, 100.24g으로 나타났다.

Table 1. Effects of experimental diets on food intake and body weight gain<sup>1</sup>

| Treatment                   | Food intake (g/day) | Body weight gain (g/ 8week) |
|-----------------------------|---------------------|-----------------------------|
| Control <sup>2</sup>        | 22.88 <sup>a</sup>  | 100.24 <sup>a</sup>         |
| EPO added milk <sup>3</sup> | 22.72 <sup>a</sup>  | 76.63 <sup>b</sup>          |

<sup>1</sup> Rats were fed for 16 weeks. Means within column by the same letter are not significantly different ( $P < 0.05$ ).

<sup>2</sup> Milk with no EPO addition no cholesterol removal.

<sup>3</sup> 10% EPO-added cholesterol-reduced milk. (2ml/day)

HDL-cholesterol의 농도는 EPO를 섭취한 그룹이 섭취하기 전보다 36.2mg/dl에서 63.8mg/dl로 27.6mg/dl가 증가하였고, 같은 식이를 섭취하고 EPO를 섭취하지 않은 대조군은 41.8mg/dl에서 53.3mg/dl로 11.5mg/dl 증가하였다. 따라서 EPO를 섭취한 랫트 그룹의 HDL-cholesterol이 두배 이상 증가한 것으로 보아 EPO의 섭취로 혈중 HDL-cholesterol을 높일 수 있음이 증명되었다. 총콜레스테롤 농도는 EPO를 섭취한 그룹은 122.4mg/dl에서 197.0mg/dl로 74.6mg/dl이 증가하였고 대조군은 120.8mg/dl에서 166.0mg/dl로 45.2mg/dl이 증가

Table 2. Effects of experimental diets on the change of blood triacylglycerol, total cholesterol and high-density lipoprotein in rats fed for 16weeks<sup>1</sup>

| Treatment            | Total CH           |                    | TG                |                   | HDL               |                   |
|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                      | Initial            | Final              | Initial           | Final             | Initial           | Final             |
|                      | (mg/dL)            |                    |                   |                   |                   |                   |
| Control <sup>2</sup> | 120.8 <sup>a</sup> | 166.0 <sup>b</sup> | 50.8 <sup>b</sup> | 51.0 <sup>b</sup> | 41.8 <sup>b</sup> | 53.3 <sup>b</sup> |
| EPO <sup>3</sup>     | 122.4 <sup>a</sup> | 197.0 <sup>a</sup> | 59.3 <sup>a</sup> | 66.2 <sup>a</sup> | 36.2 <sup>a</sup> | 63.8 <sup>a</sup> |

<sup>1</sup> Means within column by the same letter are not significantly different (P<0.05).

<sup>2</sup> Milk with no EPO addition no cholesterol removal.

<sup>3</sup> 10% EPO- added cholesterol- reduced milk. (2 ml/day)

하였다. TG의 농도는 EPO를 섭취한 그룹은 59.3mg/dl에서 66.2mg/dl로 6.9mg/dl이 증가하였고 대조군은 50.8mg/dl에서 51.0mg/dl로 0.2mg/dl이 증가하였다. 총 콜레스테롤이 증가하고 중성지질에서는 대조군과 변화가 없는 결과를 나타내었는데 이는 GLA의 섭취량이 적은 것이 문제점으로 기인할 수 있다고 사료된다. 이러한 문제점에도 불구하고 혈중 콜레스테롤 저하 기능을 갖는 HDL-cholesterol이 증가하는 결과로 보아 EPO를 첨가한 우유는 혈중 콜레스테롤 저하 기능이 있다고 사료된다.

## 요 약

본 연구에서는  $\beta$ -CD를 이용하여 우유에서 콜레스테롤을 제거한 후 혈중 콜레스테롤 저하를 위해 EPO를 첨가하였다. EPO의 첨가량에 따른 우유의 저장 중 이화학적 변화와 관능적 특성들을 살펴보았으며 동물실험을 통해 랫트 사료의 섭취량에 따른 체중 증가량, 총 콜레스테롤의 함량과 중성지질, HDL-cholesterol의 함량 변화로 혈중 콜레스테롤 저하효과를 증명하였다. 우유의 지방산화도는 EPO의 첨가량이 증가되고 저장기간이 경과할수록 높아지는 결과가 나타났다. 관능평가에서는 저장 기간동안 EPO를 첨가한 우유는 소량 첨가시 매우 양호하였으나 첨가량이 많을수록, 저장기간이 경과할수록 바람직하지 않은 결과를 나타내었다. 동물실험에서 EPO를 첨가한 우유를 매일 섭취시킨 랫트에서 HDL-cholesterol의 증가를 나타냈다. 결과적으로  $\beta$ -CD로 콜레스테롤을 제거한 후 EPO를 첨가시킨 우유는 저장기간이 경과함에 따라 이화학적, 관능적 특성에 적은 변화가 있었고 관능평가에서도 적은 영향을 주었

으며 동물실험에서는 혈중 콜레스테롤 저하기능이 있는 HDL-cholesterol의 수치가 대폭 증가하는 결과가 나타났으므로 EPO를 첨가한 우유는 혈중 콜레스테롤 저하 기능성 우유로서의 개발이 가능할 것이라고 사료된다.

### 참 고 문 헌

1. Xiansheng, W. et al. (1990) *Australian J. Tech.*, 20, 694-699.
2. Lee, D. K. et al. (1999) *J. Dairy Sci.*, 82, 2327-2330.
3. Merike, B. et al. (1986) *Acta. Med. Scand.*, 220, 153-160.