

## DLPC Liposome에 미치는 도라지 추출성분의 비타민 C 첨가에 의한 항산화력 상승효과

강보영 · 김미향 · 배송자<sup>†</sup>  
신라대학교 식품영양학과

### Enhancement of Antioxidation Effect of *Platycodon grandiflorum* with Vitamin C on the DLPC Liposomes

Bo-Young Kang, Mihyang Kim and Song-Ja Bae<sup>†</sup>

Dept. of Food and Nutrition, Silla University, Busan 617-736, Korea

#### Abstract

The effect of antioxidant activity of *Platycodon grandiflorum* (PG) on the liposomal phospholipid membrane was investigated by spectrophotometry. Membrane oxidation causes damage to the membrane fluidity and permeability. It brings further destruction to the sustenance of biological homeostasis. In addition, it is related to several diseases, aging and carcinogenesis. The sample PG was extracted and fractionated to five different types; butanol (PGMB), ethylacetate (PGMEA), ethylether (PGMEE), hexane (PGMH) and methanol (PGMM). The oxidation indices of PGMEA and PGMEE fractions in oxidized dilinoleoylphosphatidylcholine (DLPC) liposomes had stronger antioxidant activities than that of  $\alpha$ -tocopherol and were similar to antioxidant activities compared with butylated hydroxy toluene (BHT), a well-known potent antioxidant, in oxidized DLPC liposomes. The oxidation indices of PGMM extract, PGMB and PGMH fractions exhibited weak antioxidant activity compared with  $\alpha$ -tocopherol in oxidized DLPC liposomes. The oxidation index of PGMEE fractions added with vitamin C showed even strong antioxidant activity in the oxidized DLPC liposomes. The oxidation activity of BHT with vitamin C also proved to be stronger than BHT without vitamin C. Therefore vitamin C evidently helps to improve the effect of antioxidant in DLPC liposomes. These results indicate that potentially bioactive substances in PGMEE fraction has a function as potent antioxidant against phospholipid membrane oxidation.

**Key words:** *Platycodon grandiflorum* (PG), antioxidant activity, liposomes, oxidation index,  $\alpha$ -tocopherol, butylated hydroxy toluene (BHT)

#### 서 론

일반적으로 생체막은 세포와 조직을 보호하고, 체내 이온 수송, 호르몬, 효소대사, 영양물 교환 등의 체내 중요 생리 기능을 다양하게 수행하고 있으며, 그 조성은 여러 종류의 인지질, 콜레스테롤, 당질 및 단백질로 구성되어있다(1-3). 생체막의 주 구성성분인 인지질의 불포화 지방산은 활성산소와 같은 free radical에 의해 과산화반응이 개시되며 이 반응은 연쇄적으로 진행된다(4-7). 그러므로 free radical에 의한 지질의 과산화반응은 세포막의 투과성을 항진시킬 뿐만 아니라 전반적으로 세포 또는 조직의 독성을 초래하여 노화 현상 및 이에 따른 여러 가지 병리 현상을 유도하는 것으로 알려져 있다(8,9).

도라지(*Platycodon grandiflorum* A. DC, PG)는 초롱꽃과(Campanulaceae)에 속하는 다년생 숙근초로서 알려져 있다(10). 약리효과가 있다는 도라지는 한방약용으로 널리 이용

되어 왔으며(11), 최근에는 사계절 채소로 그 소비량이 점점 증가하고 있는 추세이다. 한방에서는 배농, 거담, 편도선염, 진해약, 최유, 화농성 중기, 기침, 감기, 천식 및 폐결핵에 거담제로서 유용하게 쓰이고 있고 늑막염 등에도 효과가 있다고 알려져 있다(12-14). Lee(15)에 의하여 도라지의 사포닌 분획인 platycodin은 진정, 해열, 진통작용, 진해, 거담작용, 혈당강하작용, 콜레스테롤대사 개선작용, 항콜린작용, 항암작용 및 위산분배억제효과가 있음이 보고되었으며, 그 생리효과는 동물실험을 통해 확인되었다(16-19). 한편, 이와 같은 약리 성분 분석은 많은 연구가 되어 있으나 도라지의 항산화 작용에 대한 보고가 드물었으므로 본 연구는 세포막의 주요성분인 인지질막 중에서 불포화 결합을 가진 L- $\alpha$ -dilinoleoylphosphatidylcholine(DLPC) liposome을 만든 후 도라지의 용매별 분획물 일정량을 liposome에 첨가하여 산화시키므로, 도라지의 용매별 추출물이 인지질 liposome의 산화에 미치는 영향을 살펴보고자 하며, 또한 인지질 liposome에 도라지 추출물

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: sjbae@silla.ac.kr  
Phone: 82-51-309-5462, Fax: 82-51-309-5176

을 일정량 가하고 비타민 C를 도라지 각 분획층에 가하여 도라지 추출물에 대한 비타민 C의 항산화 상승 효과와 이들 상호 작용에 의한 인지질 liposome의 산화에 미치는 영향을 분광광도법으로 측정하여 비교 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

*Platycodon grandiflorum* A. DC(PG)는 2000년 5월 부산 염곡 농산물 시장에서 구입하였다. L- $\alpha$ -dilinoleoylphosphatidylcholine(DLPC),  $\alpha$ -tocopherol과 butylated hydroxy toluene(BHT), vitamin C는 Sigma사(St. Louis, Mo, USA) 제품을 구입하여 사용하였으며, benzoyl peroxide는 Polysciences Inc.(Warrington, PA)로부터 구입하여 사용하였다. 그 외 연구에 사용된 용매 및 시약은 특급 또는 일급을 사용하였다.

### 시료의 추출 및 분획

시료로 사용된 도라지(*Platycodon grandiflorum* A. DC)는 수세, 정선 및 탈수 과정을 거쳐서 잘게 썰은 후 건조시켜 분말화 하였다. 건조 시료를 70~80°C에서 methanol로 3회 반복하여 1회에 4시간씩 가열환류하여 추출한 후, 회전식 진공 농축기로 감압 농축하여 methanol을 제거한 후 동결 건조하여 methanol 추출물(PGM)로 실험에 사용하였다.

이 추출물을 다시 n-hexane(PGMH), methanol(PGMM), ethylacetate(PGMEA), ethylether(PGMEE) 및 n-butanol(PGMB)로 각 과정을 거쳐 분리하여 각각 분획 시료로 사용하였다.

### 인지질 liposome 제조

불포화 인지질 L- $\alpha$ -dilinoleoylphosphatidylcholine(DLPC)을 일정량 취한 후 methanol/chloroform(1:1) 혼합 용매를 사용하여 인지질을 용해시킨 후 일정량의 인지질(10  $\mu\text{g mL}^{-1}$ )에 도라지 용매별 추출물(PG fractions, 2  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ),  $\alpha$ -tocopherol(2  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ) 및 BHT(2  $\mu\text{g mL}^{-1}$ )를 각각 가한 후  $\text{N}_2$  gas하에서 시험관을 돌려가면서 용매를 날려보내고 얇은 인지질막 필름을 만든다. 이 얇은 인지질막 필름을 진공 오븐에 넣어 상전이 온도 이상에서 약 1시간 동안 잔류용매를 날려보낸다. 이렇게 만든 인지질 건조피막에 일정량의 완충용액(phosphate buffer, pH 7.4)을 가한 후 상전이 온도 이상에서 30초간 방치하고 vortex를 이용하여 다시 30초간 흔들어서 이 조작을 3회 반복 실시하여 다중층 liposome(multilamellar vesicles: MLVs)을 제조하였다. 이 liposome에 benzoyl peroxide(7  $\mu\text{g mL}^{-1}$ )를 각각 첨가하여 37°C 배양기에서 시간별 경시변화를 보며 4시간 동안 방치하여 사용하였다.

### 도라지추출물에 비타민 C 첨가 혼합물의 liposome 제조

불포화 인지질 L- $\alpha$ -dilinoleoylphosphatidylcholine(DLPC)을 일정량을 취한 후 methanol/chloroform(1:1) 혼합 용매를 사용하여 용해시킨 후 일정량의 인지질(10  $\mu\text{g mL}^{-1}$ )에 각

PG fraction(2  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ),  $\alpha$ -tocopherol(2  $\mu\text{g mL}^{-1}$ )과 및 BHT(2  $\mu\text{g mL}^{-1}$ )를 취하고 시료와 동량의 비타민 C 2  $\mu\text{g mL}^{-1}$ 를 가한 후  $\text{N}_2$  gas하에서 시험관을 돌려가면서 용매를 날려보내고 얇은 인지질막 필름을 만든다. 이 얇은 인지질막 필름을 진공 오븐에 넣어 인지질 DLPC의 상전이 온도 이상에서 약 1시간 동안 잔류용매를 날려보낸 후 만든 인지질 건조피막에 일정량의 완충용액(phosphate buffer, pH 7.4)을 가하고, DLPC의 상전이 온도 이상에서 30초간 방치하고 vortex를 이용하여 30초간 흔들어서 이 조작을 3회 반복 실시하여 실험에 사용할 다중 층 liposome(multilamellar vesicles: MLVs)을 제조하였다. 이 liposome에 산화제인 benzoyl peroxide 7  $\mu\text{g mL}^{-1}$ 를 각각 첨가하여 37°C 배양기에서 1시간부터 매 시간마다 4시간 동안 방치하면서 산화정도를 측정하였다.

### 항산화효과(산화지수)측정

불포화 인지질인 DLPC liposome에 산화제인 benzoyl peroxide를 인위적으로 가하여 과산화물을 생성시킨 후, 산화시키기 전 흡광도와 산화시킨 후 생성된 과산화물의 산화정도를 흡광도로서 측정하였다. 즉 산화 전 지질 고유 흡수대인 202 nm와 산화 후 과산화지질 흡수대인 234 nm에서의 흡광도를 각각 측정하고, 흡광도 비(234 nm/202 nm)를 산화지수(oxidation index)로 하여 비교 검토하였다. 산화 전후의 DLPC liposome의 산화지수는 약 4시간동안 방치하면서 매 시간마다 3회~5회씩 경시변화를 관찰하여 그 평균값을 취하였으며 흡광도값은 Spectrophotometer Uvikon 860(USA)을 사용하여 측정하였다.

## 결과 및 고찰

Fig. 1은 산화 전과 후의 인지질 liposome 고유의 흡광 곡선을 나타낸 것으로, 산화지수(oxidation index)는 산화 전 지질 고유 흡수대인 202 nm에서의 흡광도를 기준으로 하였다. Table 1은 불포화 인지질 L- $\alpha$ -dilinoleoylphosphatidylcholine(DLPC) liposome에 *Platycodon grandiflorum* A. DC(PG) 각 분획물을 가하고 산화시킨 후, DLPC liposome에 미치는 도라지 분획물의 항산화 정도를 경시변화로 비교한 결과로 산화제를 가한 후 생성된 과산화물의 흡수대인 234 nm에서의 흡광도와 비를 나타낸 것이다(20). 즉 DLPC liposome에 도라지의 각 분획물 일정량을 가하고 benzoyl peroxide로 산화시킨 후 도라지 분획물의 항산화 정도를 butylated hydroxy toluene(BHT)과  $\alpha$ -tocopherol을 가한 경우의 항산화 효과와 비교하여 1시간 후부터 4시간까지의 산화지수를 경시별로 비교 검토해 보았다. 일정 시간별 흡광도에서 각 산화지수는 시료를 가하지 않고 산화만 시킨 DLPC liposome에 비해 5종류의 도라지 용매별 분획물을 가했을 경우 모두 낮았으며, 이 결과에 의해 도라지 각 분획층이 DLPC liposome에 미치는 항산화 효과를 알 수 있었다. 또 다른 항산화제의 산화정도를 비교하기 위하여  $\alpha$ -tocopherol과 BHT를 가한

Table 1. The oxidation indices of *Platycodon grandiflorum* A. DC fractions,  $\alpha$ -tocopherol and BHT on the benzoyl peroxide-catalyzed DLPC liposomes

Liposomes <sup>1)</sup>	Oxidation index (234 nm/202 nm)			
	1 hr	2 hr	3 hr	4 hr
DLPC	0.658±0.03 <sup>2)</sup>	0.735±0.12	0.751±0.09	0.778±0.05
DLPC+PGMB	0.576±0.05	0.649±0.03	0.690±0.06	0.754±0.08
DLPC+PGMEA	0.493±0.05	0.502±0.08	0.517±0.04	0.528±0.09
DLPC+PGMEE	0.484±0.09	0.497±0.02	0.494±0.06	0.505±0.02
DLPC+PGMH	0.596±0.02	0.621±0.01	0.670±0.07	0.712±0.04
DLPC+PGMM	0.583±0.01	0.633±0.08	0.678±0.11	0.728±0.10
DLPC+BHT	0.470±0.02	0.483±0.02	0.489±0.07	0.497±0.06
DLPC+ $\alpha$ -tocopherol	0.528±0.04	0.540±0.05	0.587±0.08	0.655±0.05

<sup>1)</sup>DLPC: L- $\alpha$ -dilinoleoylphosphatidylcholine.

PG: *Platycodon grandiflorum* A. DC.

PGMB: *Platycodon grandiflorum* A. DC buthanol extract.

PGMEA: *Platycodon grandiflorum* A. DC ethylacetate extract.

PGMEE: *Platycodon grandiflorum* A. DC ethylether extract.

PGMH: *Platycodon grandiflorum* A. DC hexane extract.

PGMM: *Platycodon grandiflorum* A. DC methanol fractionate.

BHT: butylated hydroxy toluene.

<sup>2)</sup>All values are means±SD of at least three separate experiments.

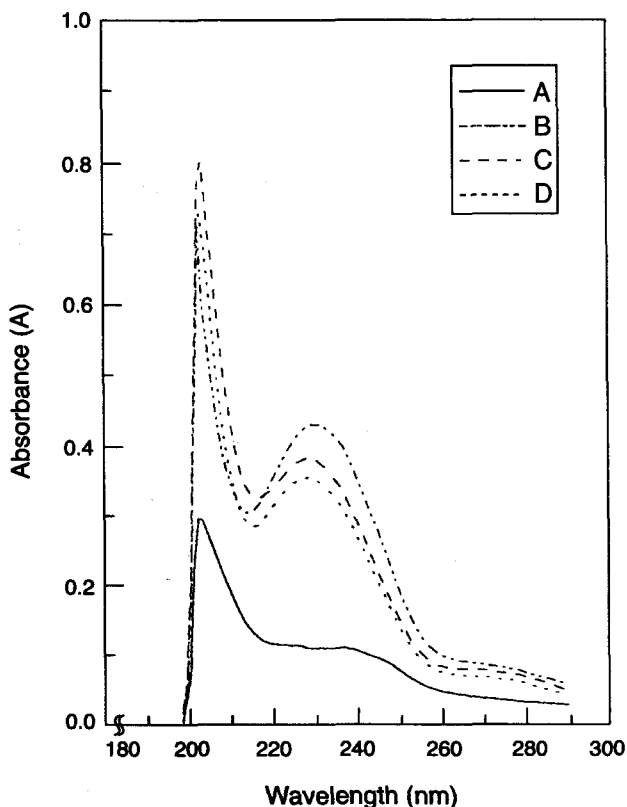


Fig. 1. The representative UV spectra of DLPC liposome (A), oxidized DLPC liposome (B), and oxidized liposomes incorporated with the ethyl ether fraction of *Platycodon grandiflorum* A. DC (C) and BHT (D).

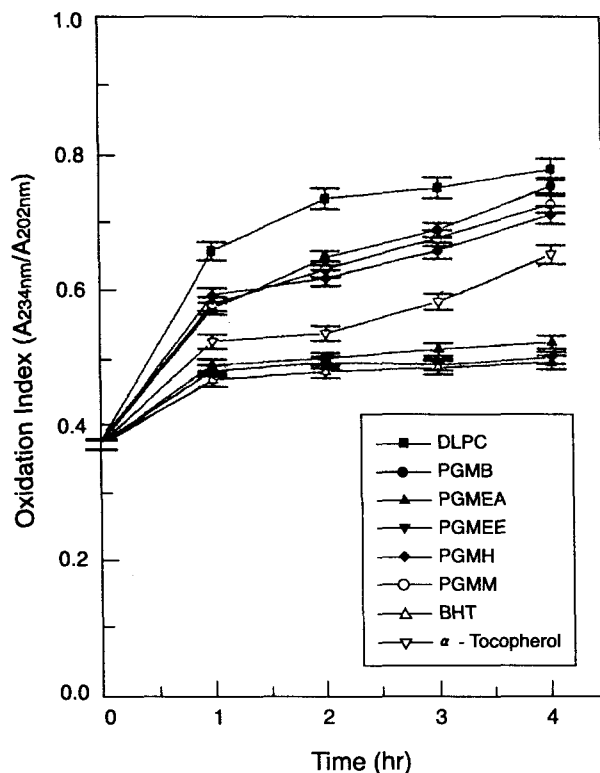
경우와 비교 검토한 결과 산화가 진행되는 초기 1시간 경과 시의 산화지수는 전반적으로 낮았으며, 시간이 지날수록 산화지수는 조금씩 변화하였다. 즉 DLPC liposome만의 산화지수는 1시간 경과 시 0.658이었으며, 도라지의 butanol 분획물을 가한 경우(PGMB) 산화지수는 0.576, ethylacetate 분획

물(PGMEA)은 0.493, ethylether 분획물(PGMEE)은 0.484, hexane 분획물(PGMH)의 경우는 0.596이었고 methanol 분획물(PGMM)을 가한 경우의 산화지수는 0.583이었다. BHT를 가하고 산화시킨 DLPC liposome의 경우 그 산화지수가 0.470이었고  $\alpha$ -tocopherol의 경우는 0.528이었다. 이 결과를 종합해 보면 PGMEE와 PGMEA 분획물을 가한 DLPC liposome의 경우 산화지수가 각각 0.484 및 0.493으로 제일 낮게 나타났고 이 결과는  $\alpha$ -tocopherol을 가한 경우의 0.528보다 훨씬 낮은 산화지수를 나타내었으며, 강한 항산화제인 BHT의 산화지수 0.470과 거의 비슷한 수준의 항산화 효과가 나타났다. 그러므로 도라지의 ethylether와 ethylacetate층 속에는 아주 강한 항산화 물질이 존재하고 있음을 본 연구를 통해 확인할 수 있었다. 한편 PGMB, PGMH와 PGMM분획물을 가한 경우에는 PGMEE와 PGMEA에 비해서는 미약한 항산화 효과가 나타났으나, 전반적으로 각 산화지수는 시간이 지날수록 조금씩 증가하였고 그 경향은 대체적으로 비슷하였다(Fig. 2).

Table 2는 도라지의 각 분획물 중 가장 강한 항산화력을 가진 PGMEE 분획층을 선택한 후 비타민 C를 일정량 농도별로 첨가하였을 때 비타민 C 첨가량에 따른 항산화력 상승효과를 비교 검토한 결과이다. 즉 PGMEE 2  $\mu\text{g mL}^{-1}$ 에 비타민 C 1  $\mu\text{g mL}^{-1}$ 를 가하여 1:0.5의 비율로 한 후, 비타민 C의 첨가 농도를 1:1, 1:2, 1:10, 1:30 및 1:50의 비율로 증가시켜 비타민 C의 항산화력 상승효과를 비교 검토하였다. 그 결과 시료와 비타민 C의 비가 1:0.5 및 1:2 비율로 첨가한 경우의 산화지수보다 1:1의 경우 그 산화지수가 낮았다. 반면 시료와 비타민 C 첨가의 비를 1:10, 1:30 및 1:50의 비율로 증가시켜 첨가한 경우, 비타민 C의 과잉 첨가로 인한 과산화수소 및 유리기의 생성과 흡광도 측정에 따른 현탁액의 탁도 증가로 오히려 산화지수가 증가하였으므로, 이 결과에 의해 시료

**Table 2.** The oxidation indices of ethyl ether fraction of *Platycodon grandiflorum* A. DC with various concentration of vitamin C on the benzoyl peroxide-catalyzed DLPC liposomes

Liposomes <sup>1)</sup>	Oxidation index (234 nm/202 nm)			
	1 hr	2 hr	3 hr	4 hr
DLPC+Vit C <sup>2)</sup> (1:0.5)	0.715±0.12 <sup>3)</sup>	0.738±0.07	0.765±0.03	0.779±0.09
DLPC+PGMEE+Vit C (1:0.5)	0.420±0.06	0.429±0.03	0.448±0.10	0.472±0.09
DLPC+Vit C (1:1)	0.718±0.09	0.742±0.07	0.758±0.08	0.781±0.02
DLPC+PGMEE+Vit C (1:1)	0.414±0.03	0.424±0.06	0.436±0.06	0.450±0.07
DLPC+Vit C (1:2)	0.723±0.08	0.738±0.05	0.760±0.07	0.768±0.09
DLPC+PGMEE+Vit C (1:2)	0.426±0.04	0.438±0.06	0.458±0.04	0.464±0.06
DLPC+Vit C (1:10)	0.780±0.02	0.789±0.02	0.836±0.06	0.851±0.08
DLPC+PGMEE+Vit C (1:10)	0.564±0.06	0.561±0.01	0.612±0.08	0.646±0.05
DLPC+Vit C (1:30)	0.801±0.11	0.857±0.08	0.863±0.11	0.904±0.02
DLPC+PGMEE+Vit C (1:30)	0.783±0.06	0.883±0.07	0.934±0.04	1.020±0.04
DLPC+Vit C (1:50)	0.899±0.09	0.924±0.06	1.021±0.08	1.208±0.11
DLPC+PGMEE+Vit C (1:50)	0.815±0.08	0.853±0.07	0.943±0.06	1.030±0.09

<sup>1)</sup>See the legend of Table 1.<sup>2)</sup>Vitamin C.<sup>3)</sup>All values are means±SD of at least three separate experiments.**Fig. 2.** The antioxidant effects of PG fractions, BHT and  $\alpha$ -tocopherol on the benzoyl peroxide catalyzed DLPC liposomes.

Reported values are means±SD (n=3).

와 동일 농도의 비타민 C를 첨가한 실험을 행하였다.

불포화 인지질인 DLPC liposome에 미치는 도라지 PGM-EE 분획물에 대한 비타민 C의 항산화력 상승효과, PGMEE 분획물에 동일 농도의 비타민 C를 첨가한 것과 BHT와  $\alpha$ -tocopherol에도 동량의 비타민 C를 첨가하여 항산화력 효과를 비교 검토한 결과는 Table 3과 같다. DLPC liposome에 비타민 C 동량을 가하고 1시간 경과 후 측정된 산화지수는

0.718로 산화지수가 아주 높았으나, PGMEE에 비타민 C를 첨가한 경우에는 0.414로 매우 낮았으며, 같은 조건의 BHT의 경우 산화지수가 0.406이었고,  $\alpha$ -tocopherol의 경우에는 0.507이었다. 본 실험의 결과로 비타민 C 첨가시의 산화지수와 비타민 C를 가하지 않았을 때의 산화지수(Table 1)를 비교했을 때 DLPC만의 경우를 제외하고는 모두 산화지수가 낮아져 비타민 C 첨가에 의한 항산화력 상승효과를 뚜렷이 볼 수 있었다. 그러나 DLPC liposome만의 경우에는 비타민 C 첨가가 산화지수에는 별로 영향을 주지 않았음을 알았다. 즉 DLPC만의 liposome에 pH 7.4인 인산완충용액을 가한 본 실험 조건은 오히려 비타민 C가 산화되므로써 조금씩 그 산화지수가 증가하였을 가능성이 있다고 보겠다. 한편, DLPC liposome에 PGMEE 분획물과 비타민 C를 동량 첨가하였을 때에는 서로 상호보강 효과에 의해 항산화력이 매우 증강되었음을 본 실험을 통해 확인할 수 있었다. 또 비타민 C를 첨가한 PGMEE의 경우, BHT의 산화지수와 비슷한 결과를 나타낸 것으로 보아 도라지의 ethylether 분획층에 아주 강한 항산화 효과 물질이 있음을 알 수 있었으며, 비타민 C의 첨가로 인한 항산화 상승 효과를 유추할 수 있었다. 경시변화에 의한 결과를 보면 DLPC liposome에 비타민 C 일정량을 가한 후 4시간 경과시의 산화지수는 0.781이었으며 PGMEE의 경우 0.450이었고, BHT의 경우 0.431 및  $\alpha$ -tocopherol의 경우 산화지수는 0.666으로 나타나 4시간 경과 후에도 도라지 추출물을 가하지 않은 대조군에 비해 전반적으로 산화지수가 낮아 비타민 C 첨가에 의한 항산화력 상승효과를 뚜렷이 알 수 있었다.

이상의 결과에 의하면 DLPC liposome에 도라지의 ethylether 분획층인 PGMEE 분획물을 가하고 산화시킨 경우, 일반적으로 널리 알려진 강한 항산화제인 BHT의 효과와 비슷한 항산화력을 가짐을 확인할 수 있었고, 동일한 방법으로 시료와 동량의 비타민 C를 첨가하였을 때 산화지수가 더욱 뚜렷이 낮아져, 비타민 C에 의한 항산화력 상승효과를 확인

**Table 3. The oxidation indices of the ethyl ether fraction of *Platycodon grandiflorum* A. DC, BHT and  $\alpha$ -tocopherol with vitamin C on the benzoyl peroxide-catalyzed DLPC liposomes**

Liposomes <sup>1)</sup>	Oxidation index (234 nm/202 nm)			
	1 hr	2 hr	3 hr	4 hr
DLPC + Vit C <sup>2)</sup>	0.718±0.09 <sup>3)</sup>	0.742±0.07	0.758±0.08	0.781±0.02
DLPC + PGMEE + Vit C	0.414±0.03	0.424±0.06	0.436±0.06	0.450±0.07
DLPC + BHT + Vit C	0.406±0.04	0.401±0.03	0.414±0.08	0.431±0.06
DLPC + $\alpha$ -tocopherol + Vit C	0.507±0.04	0.554±0.04	0.601±0.10	0.666±0.09

<sup>1)</sup>See the legend of Table 1.

<sup>2)</sup>Vitamin C.

<sup>3)</sup>All values are means±SD of at least three separate experiments.

할 수 있었으며 지속적인 연구를 통해 식품 속의 항산화 생리 활성 물질의 동정과 제재 개발 등이 요망되며 현재 계속 연구 중에 있다.

## 요 약

본 연구는 불포화 인지질인 DLPC liposome에 도라지 (*Platycodon grandiflorum* A. DC, PG)의 용매별 분획물 일정량을 가하고, 산화제 benzoyl peroxide를 가한 후 시료의 항산화 작용을 비교 분석하였다. 도라지 용매별 추출물 중 ethylether 분획물인 PGMEE와 ethylacetate 분획물인 PGMEA는  $\alpha$ -tocopherol의 경우 보다 훨씬 그 산화지수가 낮아 두 분획물에 의한 강한 항산화력을 측정할 수 있었으며, 잘 알려진 강력한 항산화제인 BHT(butylated hydroxytoluene)의 경우와 비슷한 항산화 효과를 나타내었다. 한편 PGMEE 분획층에 비타민 C를 일정량을 첨가함으로써 상호 보강 작용에 의한 항산화 상승효과를 본 결과, Vit C를 첨가하지 않았을 때보다 산화지수가 훨씬 낮아졌다. BHT 함유 DLPC liposome의 경우도 Vit C에 의한 비슷한 효과를 나타내었다. 이상의 결과에 의하여 도라지의 PGMEE 분획층에는 BHT와 비슷한 강한 항산화 효과를 가진 물질의 존재가 분명하다고 사료되며 비타민 C 첨가로 인한 항산화 상승 효과도 본 연구결과에 의해 뚜렷이 알 수 있었다. 이와 같은 연구에 의해 여러 질병들의 원인이 될 뿐만 아니라 세포막 손상을 일으키는 활성 산소 또는 유리기의 생성억제 등 균형된 식생활을 통한 식품 섭취의 중요성이 매우 크다고 인식되며 특히 식품으로서 애용되고 있는 도라지의 인지질 세포막에 미치는 항산화 효과가 식품으로서 약이 되는 기전 규명에 기초자료가 될 것을 바라는 바이다.

## 문 헌

- Houslay MD, Stanley KK. 1982. *Dynamics of Biological Membrance*. John Wiley and Son, New York.
- Noh OJ, Roh SB, Bae SJ. 2000. Effects of *Chrysanthemum coronarium* L. on the thermotropic behavior of DPPC liposomal Membrane. *Korean J Life Science* 10: 27-32.
- Aloia RC. 1983. *Membrane Fluidity in Biology*. Academic Press, New York.
- Gray JL. 1978. Measurement of lipid oxidation: a review. *J Am Oil Chem Soc* 55: 539-544.
- Yamamoto Y. 1994. Chemiluminescence-based high-performance liquid chromatography assay of lipid hydroperoxides. *Methods Enzymol* 233: 319-324.
- Johnson JE, Walford R, Harma D, Miquel, J. 1986. *Free radicals, aging and degenerative disease*. Alen R. Liss, New York, p 99.
- 최동성, 고가영(역). 2000. 식품기능화학. 지구출판사, 서울.
- Petra R, Irmgard E, Sabine R, Ibrahim E. 2000. Long-term oral  $\beta$ -carotene supplementation in patients with cystic fibrosis - Effects on antioxidative status and pulmonary function. *Annals of Nutrition & Metabolism* 44: 30-37.
- Shin MO, Bae SJ, Kim NH. 1992. Antioxidant effect of soyasaponin on the liposomal phospholipid membrane. *J Korean Soc Food Nutr* 21: 381-385.
- The Korean Nutrition Society. 2000. *Recommended Dietary Allowances for Koreans*. 7th revision. p 298.
- 허 준. 1981. 동의보감. 남산당, 서울.
- 이시진. 1978. 본초강목. 고문사, 서울. p 412.
- Yoo HS. 1987. Comparisons of chemical characteristics among *P. ginseng*, *P. grandiflorum* and *C. lanceolata*. *MS Thesis*. Sookmyung Women's University.
- Tada T, Kaneiwa Y, Shoji J, Shibata S. 1975. Saponins of the root of *P. grandiflorum*. Isolation and the structure of platycodin D. *Chem Pharm Bull* 23: 2965-2969.
- Lee EB. 1974. Pharmacological studies on "Platycodin Radix". *Kor J Pharmacog* 5: 49-60.
- Kubo M, Nagao T, Matsuda H, Namba K. 1986. Immune pharmacological studies on platycodi radix I: Effect on the phagocytosis in the mouse. *Shoyagaku Zasshi* 40: 367.
- Sung NY, Lee SJ, Shin JH, Lee IS, Chung YC. 1996. Effects of *Platycodon grandiflorum* extract on blood glucose and lipid composition in alloxan induced hyperglycemic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 25: 986-992.
- Kim YS, Lee BE, Kim KJ, Lee YT, Cho KB, Chung YC. 1998. Antitumor and immunomodulatory activities of the *P. grandiflorum* cultivated for more than 20 years. *Yakhak Hoeji* 42: 382-387.
- Kim KS, Ezaki O, Ikemoto S, Itakura H. 1995. Effects of *Platycodon grandiflorum* feeding on serum and liver lipid concentrations in rats with diet-induced hyperlipidemia. *J Nur Sci Vitamino* 41: 485-491.
- Gregory G. 1984. *Liposome technology*. CRC Press, Florida. Vol 1, p 139.

(2001년 12월 31일 접수; 2002년 4월 19일 채택)