

## 달걀 노른자에서 분리한 포스파티딜콜린과 포스파티딜에탄올아민이 카놀라유의 가열산화에 미치는 영향

김강현 · 최은옥\*  
인하대학교 식품영양학과

### Effects of Phosphatidylcholine and Phosphatidylethanolamine from Egg Yolk on Thermal Oxidation of Canola Oil

Kanghyun Kim and Eunok Choe\*  
Department of Food and Nutrition, Inha University

**Abstract** The principal objective of this study was to assess the effects of phosphatidylcholine (PC) and phosphatidylethanolamine (PE) extracted from egg yolk on the oxidation of tocopherol-stripped canola oil and its browning, as well as their content changes during 12 hr of heating at 180°C. PC and/ or PE contents in the oil were measured at 200, 500, 1,000, or 2,000 ppm. PL contents in the oil and oil browning were determined by high performance liquid chromatography (HPLC) and spectrophotometry, respectively. The oil oxidation was evaluated by the combination of fatty acid composition, conjugated dienoic acid content, and *p*-anisidine value. PC was degraded at a slower rate than PE during heating and the co-presence of PE reduced its rate of degradation. PE increased oil browning more profoundly than PC did. PC significantly reduced oil oxidation during heating; however, we noted a possible antagonism between PE and PC in reducing the oil oxidation. Egg yolk PC was a better antioxidant in oil oxidation during heating.

**Key words:** phosphatidylcholine, phosphatidylethanolamine, canola oil, oxidation, heating

## 서 론

공기 존재 하에 140-200°C의 높은 온도에서 가열되는 유지에서는 자동산화는 물론 분해반응, 중합반응 등이 가속화되어 유지 품질의 저하와 필수지방산의 손실을 초래한다(1). 가열유지의 산화에 영향을 미치는 인자로는 유지의 지방산 조성, 유리 지방산 함량, 산소의 농도 및 접촉 면적, 가열온도, 산화촉진제 및 산화방지제 등이 있다(1). 산화방지제는 유지의 산화 속도를 늦추거나 유도기간을 연장하는 물질로 천연유지에는 토크페놀, 세사몰, 폴리페놀 등이 존재한다(2).

비정제유에 함유되어 있는 인지질은 유지의 산화방지제 또는 산화촉진제로 보고되어 왔으나 그 효과는 현재까지도 뚜렷하게 알려져 있지 않다. 인지질은 유지산화를 촉진시키는 전이금속과 착화합물을 형성하거나(3-6), 유지 산화 중 생성된 알콕시 라디칼을 제거함으로써(7) 유지의 산화를 억제한다. 또한 인지질을 가열할 때 생성된 대부분의 갈색 화합물들도 유지의 산화 억제에 기여하는 것으로 보고되었다(8). 그러나 인지질에 결합된 아라키돈산, 도코사헥사엔산과 같은 다중불포화 지방산으로 인하여 유지의 자동산화를 촉진한다는 보고도 있다(9).

그러나 인지질과 유지의 산화에 대한 대부분의 연구가 비교적 낮은 온도의 자동산화에 국한되어 있으며, 유지를 가장 많이 이용하는 조리 방법인 튀김이 행해지는 150°C 이상 고온에서의 유지 산화에 대한 인지질의 영향 연구는 찾아보기 매우 어렵다. 뿐만 아니라 많은 연구들(10)이 유지산화에 대한 개별 인지질 효과 보다는 총 인지질 효과를 다루었으며 개별 효과 또는 원천이 다른 인지질이 유지 산화에 미치는 영향에 대한 연구는 매우 적었다. 선행 연구(11)에서 달걀 노른자 분말을 반죽에 첨가하여 180°C 해바라기유에서 25시간 튀겼을 때 튀김유와 튀김 제품 유지의 산화가 감소하였고 이러한 튀김유의 산화 감소는 달걀 노른자의 총 인지질 함량과 유의한 관련이 있는 것으로 보고되었다.

따라서 본 연구에서는 달걀 노른자 인지질의 대부분을 차지하는 phosphatidylcholine(PC)과 phosphatidylethanolamine(PE)을 분리하고 이들을 정제카놀라유에 첨가한 후 180°C에서 가열하면서 개별 인지질이 고온 가열유의 산화에 미치는 영향은 물론 이들의 혼용효과를 평가하고, 인지질의 변화를 함께 평가함으로써 튀김과 같은 고온 조리에서 사용되는 유지의 산화방지제 탐색에 대한 기본 정보를 제공하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료 및 시약

달걀은 CKF 늘푸른신선(Yangpyeong, Korea)에서 구입하였으며, 정제 카놀라유(refined, bleached, deodorized canola oil)는 동원 F&B(Seoul, Korea)에서 구입하였다. 아니시딘 시약, 14% BF<sub>3</sub>·메탄올, 인지질 표준품(PC, PE), 지방산 표준품, 알루미늄아(activity

\*Corresponding author: Eunok Choe, Department of Food and Nutrition, Inha University, Incheon 402-751, Korea  
Tel: 82-32-860-8125  
Fax: 82-32-862-8120  
E-mail: eochoe@inha.ac.kr  
Received August 7, 2008; revised October 17, 2008;  
accepted October 21, 2008

grade, neutral type WN-3)는 Sigma-Aldrich사(St. Louis, MO, USA)에서, TLC plate (precoated Kieselgel; 60 F<sup>254</sup>)와 silica gel 60(70-230 mesh ASTM)은 Merck사(Darmstadt, Germany)에서, high performance liquid chromatography(HPLC) 분석 용매인 아세토나이트릴, 메탄올과 아이소옥탄은 J. T. Baker 사(Philipsburg, NJ, USA)에서 구입하여 사용하였고, 그 외 시약은 일급 시약을 사용하였다.

### Tocopherol-stripped canola oil의 제조

Tocopherol-stripped canola oil(TSCO)은 정제 카놀라유로부터 알루미나 컬럼크로마토그래피법에 의해 얻었다(12). 즉, 카놀라유를 *n*-헥산에 녹인 후 알루미나가 충전된 유리 컬럼(30 mm i.d.×300 mm)에 주입하고, 헥산으로 용출시켰다. 회전진공증발기(N-N series, Eyela, Tokyo, Japan)를 사용하여 용매를 날려보내 TSCO를 얻은 후 고속액체크로마토그래피법(13)을 이용하여 토크페롤이 완전히 제거되었음을 확인하였다. 즉, TSCO를 *n*-헥산에 녹여 0.2 µm polytetrafluoroethylene syringe filter(0.2 µm×13 mm; National Scientific Co., Lawrenceville, GA, USA)로 여과한 후, 20 µL를 고속액체크로마토그래프(Younglin SP 930D, Younglin Instrument, Anyang Korea)에 주입하였다. µ-Porasil column(3.9×300 mm, 10 µm i.d. Waters, Milford, MA, USA)을 사용하였고, 헥산:아이소프로판올의 혼합용매(99.8:0.2, v/v)로 2.0 mL/min 속도로 용출시켰다. 이때 사용한 형광검출기의 파장은 excitation 294 nm, emission 330 nm이었다.

### 달걀 노른자로부터 인지질의 추출 및 분리

달걀 노른자에 존재하는 인지질은 에탄올과 헥산을 사용한 Palacios와 Wang의 방법(14)을 이용하여 조인지질을 추출한 후 (Fig. 1), Weining 등의 방법(15)을 변형하여 실리카겔 컬럼크로마토그래피법(silica gel column chromatography, SGCC)으로 분리하였다. 즉, 조인지질을 클로로포름과 메탄올(2:1, v/v) 혼합용매에 용해하여 실리카겔이 충전된 유리 컬럼(30 mm 지름 ×300 mm)에 주입하고 동일한 용매로 용출시켜 총 30개의 분획을 얻었다. 수집된 각 분획은 회전진공 증발기를 사용해 용매를 제거한 후 얇은막크로마토그래피법(thin layer chromatography; TLC)(16,17)으로 PC와 PE를 확인, 분리한 후 수집하였다. 즉, 각 분획을 클로로포름과 메탄올 혼합 용매(2:1, v/v)에 녹여 TLC 판에 점적하고 클로로포름, 아세톤, 메탄올, 아세트산, 물(65:20:10:10:3, v/v/v/v/v)의 혼합용매로 전개하여 말린 후, 5% 황산용액에 담갔다가 110°C 오븐에서 10분간 구워 발색시켜 PC와 PE 표준물질의 R<sub>f</sub> 값과 비교하여 Fr 13-Fr 30과 Fr 3-Fr 5이 각각 PC와 PE를 함유한 분획임을 확인하였다(Fig. 2). 이후 TLC 판에 Fr 13-Fr 30과 Fr 3-Fr 5을 클로로포름과 메탄올 혼합 용매(2:1, v/v)에 녹여 TLC판에 띠모양으로 로딩하고 전개시킨 후 PC와 PE부분을 긁어내어 용매에 녹이고 여과하여 용매를 완전히 날려보내 PC와 PE를 각각 수집하였다. 수집된 PC와 PE는 HPLC법(18)을 사용하여 PC와 PE 표준품의 retention time과 비교함으로써 진위 여부를 재차 확인하였다(Fig. 3). 기기는 Younglin SP 930D HPLC, 컬럼은 Cosmosil packed column 5SL-II(4.6×250 mm; i.d., 5 µm; Nacalai Tesque, Kyoto, Japan)을, 용출용매는 아세토나이트릴, 메탄올, 인산의 혼합용매(80:20:0.35, v/v/v)를 사용하였고, UV 검출기의 파장은 205 nm로 고정하였다.

### 시료유의 준비 및 가열산화

카놀라유의 가열산화에 대한 PC와 PE의 개별작용을 평가하기

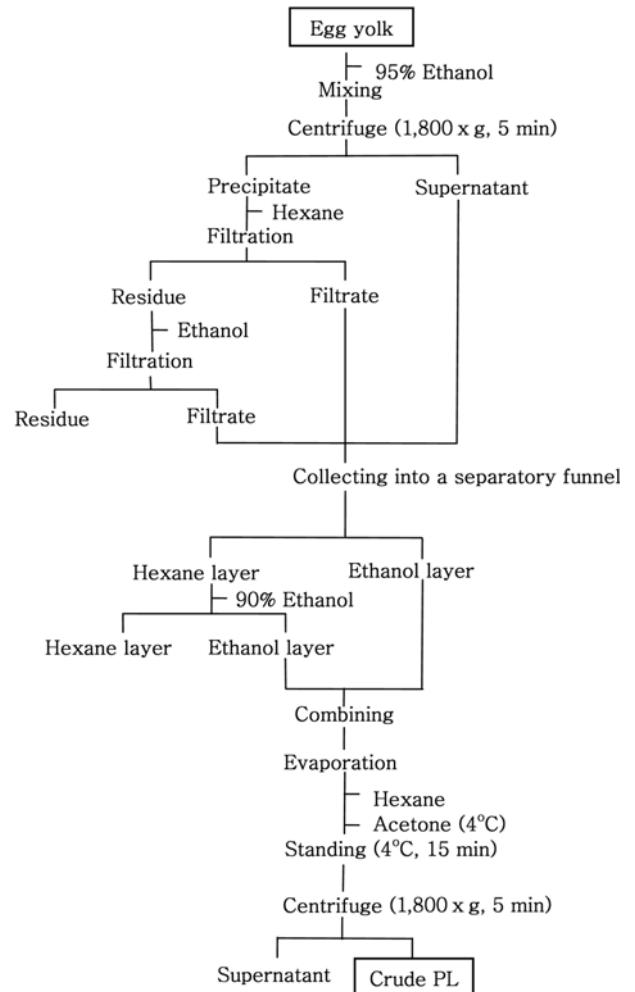


Fig. 1. Scheme for crude phospholipids extraction from egg yolk.

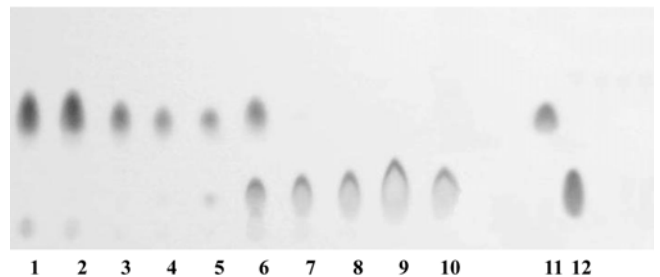


Fig. 2. Thin layer chromatogram of crude phospholipid fractions obtained by silica gel column chromatography (1-2, Fr 1-Fr 2; 3-4, Fr 3-Fr 5; 5-6, Fr 6-Fr 12; 7-10, Fr 13-Fr 30; 11, standard PE; 12: standard PC).

위하여 달걀 노른자에서 분리한 PC와 PE를 TSCO에 0, 200, 500, 2,000 ppm 농도로 각각 첨가하고 60°C에서 15분간 교반하였다. 이와 함께 달걀 노른자에서 분리한 PC와 PE를 TSCO에 1,000 ppm 농도로 각각, 또는 1,000 ppm씩 혼합 첨가하고 60°C에서 15분간 교반하여 가열 카놀라유의 산화에 대한 PC와 PE의 상호작용을 평가하는 시료유로 준비하였다. 시료유는 알루미늄 호일로 빛을 차단한 50 mL 시료병에 5 g씩 넣고 공기의 유입을 위해 한 지로 시료병의 입구를 막은 후 open-capped aluminum cap으로 덮었다. 각 시료병은 180°C oven에서 12시간 동안 가열하면서 4시

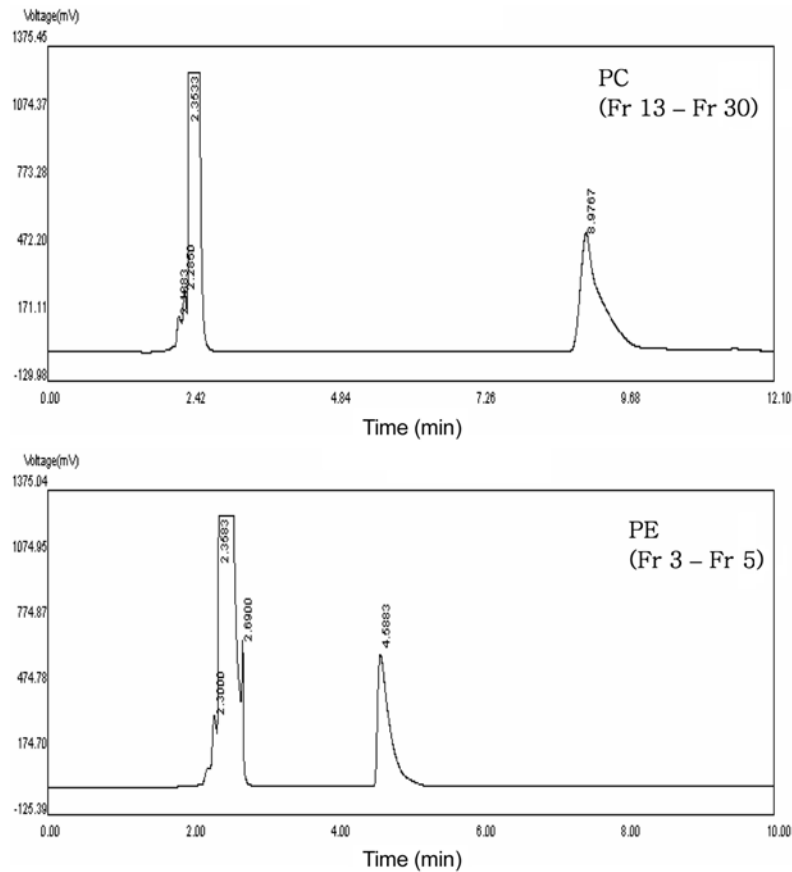


Fig. 3. HPLCs of PC and PE.

간 마다 꺼내어 시료유의 분석에 사용하였다. 모든 시료는 2회 반복 실험할 수 있도록 준비하였다.

#### 시료유 및 달걀 노른자 인지질의 지방산 조성 및 인지질 함량 분석

TSCO와 달걀 노른자에서 추출, 분리한 인지질의 지방산 조성은 gas chromatography법(GC)에 의해 분석하였다(11). 기기는 Supelcowax 10 capillary column(30 m×0.53 mm×10 μM thick; Bellefonte, PA, USA)과 불꽃이온화검출기가 장착된 Varian CP-3800 GC(Varian, Palo Alto, CA, USA)이었으며, 오븐, 주입기, 검출기의 온도는 각각 240, 280, 280°C이었다. 헬륨은 30 mL/min의 속도로 흘려주었고, split ratio는 50:1이었다. 지방산은 표준품의 retention time과 비교하여 동정하였으며, 각 지방산을 나타내는 peak area를 이용한 상대적인 값으로 표시하였다.

인지질 함량은 앞서 기술된 HPLC법(18)에 의해 분석하였으며, PC와 PE 표준품을 사용한 검량곡선을 이용하여 정량하였다.

#### 시료유의 가열 중 갈색화 정도 분석

시료유의 가열 중 갈색화 정도는 King 등의 방법(19)을 이용하여 시료유 0.1 g을 클로로포름 3 mL에 녹인 다음 UV-Visible spectrophotometer(HP 8453, Hewlett Packard, Wilmington, DE, USA)를 사용하여 430 nm에서 흡광도를 측정하여 평가하였다.

#### 시료유의 산화 분석

시료유의 가열 중 산화는 GC에 의한 지방산 조성변화(11)와 AOCS 방법(20)에 의한 공액이중산(conjugated dienoic acid, CDA)

값(Ti 1a-64)과 아니시딘값(*p*-anisidine value, PAV; Cd 18-90)으로 평가하였다.

#### 통계처리

자료는 SAS/PC(version 9.1, SAS Institute, USA, 2003)를 이용하여 다중 범의 검정(Duncan's multiple range test)과 회귀계수(regression coefficient) 검정에 의해 분석하였으며 이때의 유의수준은 5%이었다. 평균, 표준편차, 선형회귀분석은 Microsoft excel 2003(Microsoft Co., Redmond, WA, USA)으로 구하였다.

## 결과 및 고찰

#### TSCO와 달걀 노른자 인지질의 지방산 조성

TSCO는 올레산(43.9±0.07%), 리놀레산(38.1±0.03%), 팔미트산(8.5±0.01%), 리놀렌산(5.7±0.07%), 스테아르산(2.1±0.01%)으로 구성되었다.

달걀 노른자 PC의 지방산조성은 올레산(35.7±0.99%), 팔미트산(34.9±1.29%), 리놀레산(15.8±0.31%), 스테아르산(11.6±0.06%), 아라키돈산(1.6±1.55%)이었으며, PE는 스테아르산(31.1±0.58%), 올레산(22.8±0.45%), 팔미트산(18.0±0.24%), 아라키돈산(14.5±0.08%)과 리놀레산(13.4±0.13%)으로 구성되었다. PC는 PE에 비해 팔미트산과 올레산 함량이 높았으며 스테아르산과 아라키돈산의 함량은 낮아 PE는 특히 다중불포화지방산의 함량이 PC에 비해 매우 높음을 알 수 있었다. 이러한 PC와 PE의 지방산 조성은 다른 보고(14,21)와 유사하였다.

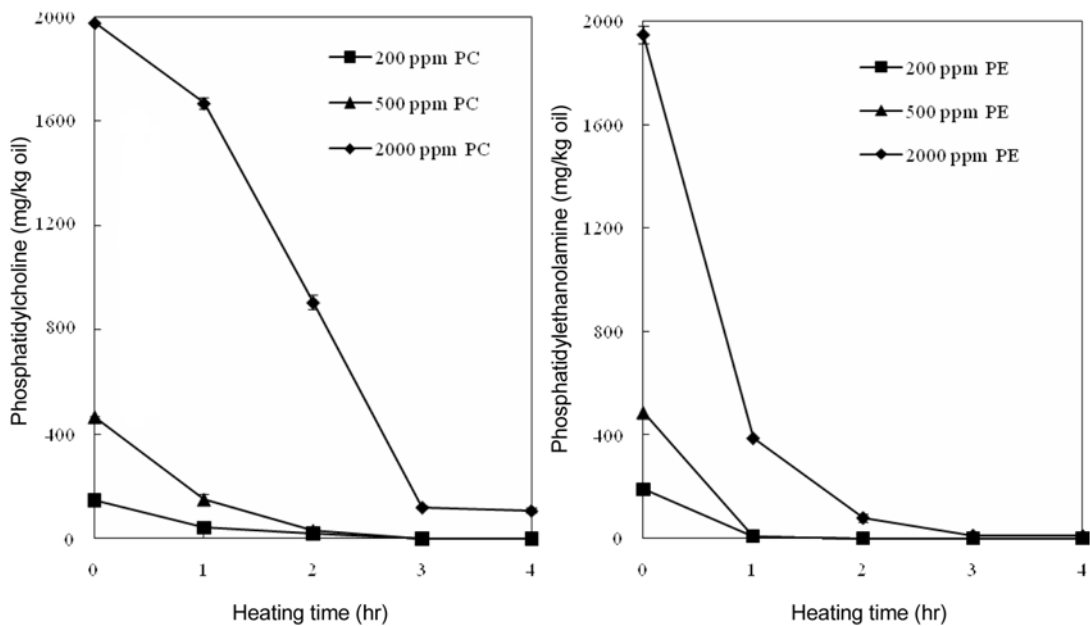


Fig. 4. Content changes of PC and PE added to tocopherol-stripped canola oil during heating at 180°C.

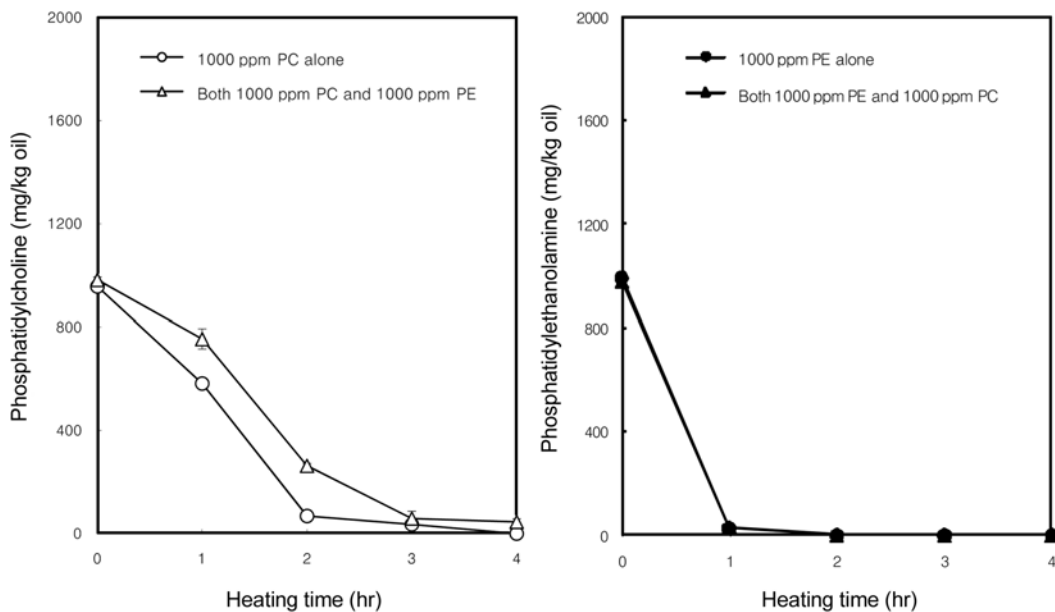


Fig. 5. Content changes of PC and PE co-added to tocopherol-stripped canola oil during heating at 180°C.

#### 달걀 노른자 인지질을 첨가한 TSCO의 가열 중 인지질 변화

달걀 노른자 PC 또는 PE를 200, 500, 2,000 ppm 농도로 첨가한 TSCO를 180°C에서 4시간 가열하는 동안 인지질의 함량 변화는 Fig. 4와 같았다. TSCO를 계속 가열함에 따라 PC와 PE의 함량이 줄어 가열 1.3시간 이후에는 거의 소실되었으며, 소실속도는 PE가 PC보다 높았다. 이것은 가열 중 달걀 노른자 인지질의 빠른 분해를 나타내며 이들의 낮은 열 안정성은 Zamora 등의 연구(22)에서도 보고된 바 있다.

Fig. 5는 PC와 PE가 1,000 ppm씩 함께 첨가된 TSCO의 가열 중 PC와 PE의 분해를 보여준다. TSCO에 첨가된 PC와 PE는 180°C에서 4시간 동안 가열했을 때 위와 마찬가지로 분해되었다. 그러나 PC의 분해는 PC와 PE 1,000 ppm을 각각 첨가한 TSCO에서보다 PC와 PE 1,000 ppm씩을 함께 첨가한 TSCO에서

유의하게 ( $p < 0.05$ ) 낮았다. 그러나 PE의 분해는 TSCO에 PC와 PE를 각각 첨가한 경우와 PC와 PE를 함께 첨가한 경우 사이에 차이가 없었다. 이것은 PC의 열안정성이 TSCO에 함께 첨가된 PE에 의해 개선되었으나, PC는 PE의 열안정성 개선에 영향을 주지 못하였음을 나타낸다.

#### 달걀 노른자 인지질을 첨가한 TSCO의 가열 중 갈색화

달걀 노른자 PC와 PE를 0, 200, 500, 2,000 ppm 농도로 첨가한 TSCO를 180°C에서 12시간 가열하면서 430 nm에서의 흡광도로 측정된 TSCO의 갈색화는 Fig. 6과 같다. TSCO의 갈색화는 가열 시간이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였다. TSCO의 가열 중 갈색화는 PC 첨가에 의해 증가한 경향을 보였으나, PC 첨가 농도에 따른 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. 그러나, 동일한 농

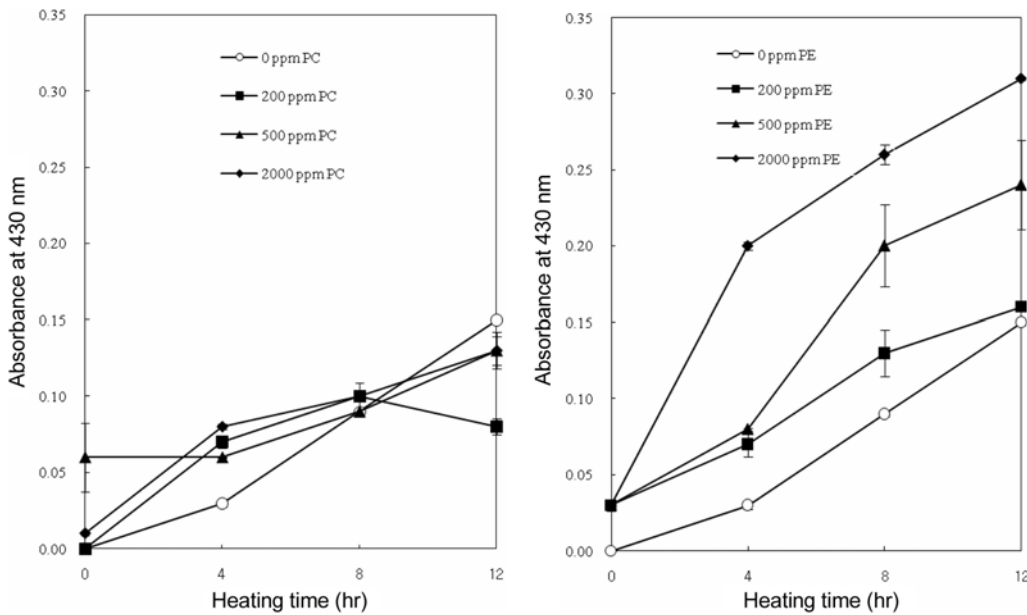


Fig. 6. Effects of PC and PE on browning of tocopherol-stripped canola oil during heating at 180°C.

도로 PE를 TSCO에 첨가한 뒤 180°C에서 가열했을 때 TSCO의 갈색화는 PE의 첨가 농도가 증가함에 따라 유의하게 증가하였다 ( $p < 0.05$ ). 이것은 콜린기를 가진 PC보다는 아미노기를 가진 PE가 TSCO의 산화생성물의 하나인 알데하이드 화합물과 반응하여 갈색물질 만들기 수월한 때문이라고 생각된다. 유지의 다중 불포화지방산은 분해되어 알데하이드를 생성하고 이들이 다시 아미노 화합물과 반응하여 갈색물질인 hydroxyalkylpyrrole 화합물을 만든다(23). Zamora는 PE를 가열할 때 pyrrolized phospholipids 등 갈색 화합물이 생성되는 것을 보고하였다(22). 그러나 PC 또는 PE를 첨가하지 않은 TSCO도 가열에 의해 갈색화를 나타내는 것으로 미루어 가열유의 갈색화는 TSCO에 첨가한 인지질에 의해서만이 아닌 다른 기전에 의해서도 발생했음을 암시하였다. 가열유의 갈색화는 가열유 자체의 분해에 의한 극성화합물 등에 의해 진행되기도 한다(24-26).

TSCO의 가열 중 갈색화가 인지질 외에 다른 기전이 관여했을 가능성은 1,000 ppm의 PC와 PE를 단독으로, 또는 함께 TSCO에 첨가하였을 때의 TSCO의 갈색화에서도 간접적으로 나타난다(Table 1). PC와 PE를 함께 첨가하여 가열한 TSCO는 PC 또는 PE의 개별 첨가에 의한 갈색화 정도의 합에 비해 오히려 낮은 갈색화를 나타냈다. 예를 들어, PC와 PE를 각각 1,000 ppm 첨가하여 12시간 동안 가열한 TSCO의 갈색화는 각각 0.003, 0.250으로 이 둘의 합은 0.253이었지만, PC와 PE를 1,000 ppm씩 함께 첨가하여 12시간 동안 가열한 TSCO의 갈색화는 0.227이었다. 즉, PC와 PE

를 각각 첨가한 경우 TSCO의 갈색화에 대한 합은(PC에 의한 갈색화+다른 기전에 의한 갈색화+PE에 의한 갈색화+다른 기전에 의한 갈색화)가 나타날 수 있는 반면, PC와 PE를 함께 첨가한 TSCO의 갈색화에는(PC 효과+PE 효과+다른 기전에 의한 갈색화)에 의한 결과이므로 PC와 PE를 함께 첨가하여 가열한 TSCO의 갈색화가 PC 또는 PE를 개별 첨가한 TSCO의 갈색화의 합보다 낮게 나타났을 것으로 생각된다.

#### 달걀 노른자 인지질의 개별 첨가가 TSCO의 가열 중 산화에 미치는 영향

달걀 노른자 인지질로부터 추출한 PC를 0, 200, 500, 2,000 ppm 농도로 각각 첨가하고 180°C에서 12시간 동안 가열한 TSCO의 지방산 조성은 Table 2와 같다. TSCO는 가열시간이 증가함에 따라 팔미트산, 스테아르산, 올레산의 상대함량은 증가하였고, 리놀레산과 리놀렌산의 상대함량은 감소하여, 그 결과 팔미트산과 리놀레산의 비인 P/L과 팔미트산과 리놀렌산의 비인 P/Ln이 증가하였다. P/L과 P/Ln을 유지의 가열산화 안정성을 측정하는데 좋은 지표로 이용되고 있는데(27), 이는 유지가 산화되면서 포화지방산인 팔미트산에 비해 불포화지방산인 리놀레산과 리놀렌산의 산화 속도가 더 빠른 것을 이용한 것으로 P/L, P/Ln의 값이 증가할수록 유지의 산화가 더욱 많이 진행되고 있음을 나타낸다. PC를 첨가한 TSCO는 PC를 첨가하지 않은 TSCO에 비해 지방산 조성 변화가 적었고, P/L과 P/Ln 모두 유의하게( $p < 0.05$ ) 낮은

Table 1. Effect of co-addition of PC and PE on the browning (as absorbance at 430 nm) of tocopherol-stripped canola oil during heating at 180°C

Heating time (hr)	Separate addition, 1,000 ppm			Co-addition of PC and PE, 1,000 ppm each
	PC	PE	Sum <sup>1)</sup>	
0	0.007	0.050	0.057	0.013
4	0.004	0.110	0.114	0.151
8	0.005	0.210	0.215	0.197
12	0.003	0.250	0.253	0.227

<sup>1)</sup>Values are calculated sum of browning in samples added with either PC or PE separately.

**Table 2. Effect of PC on fatty acid composition in tocopherol-stripped canola oil during heating at 180°C**

Concentration (ppm)	Heating time (hr)	Relative content (%)						
		16:0	18:0	18:1	18:2	18:3	P/L <sup>1)</sup>	P/Ln <sup>2)</sup>
0	0	8.6±0.10	2.1±0.03	44.7±0.82	38.6±0.65	5.2±0.50	0.22±0.001 <sup>b</sup>	1.67±0.18 <sup>a</sup>
	4	9.7±0.11	2.4±0.01	47.2±0.21	34.2±0.15	4.2±0.04	0.28±0.002 <sup>a</sup>	2.28±0.05 <sup>a</sup>
	8	11.5±0.09	2.8±0.04	51.5±0.55	29.2±0.31	2.5±0.48	0.39±0.001 <sup>a</sup>	4.74±0.95 <sup>a</sup>
	12	13.1±0.15	3.2±0.05	54.6±0.47	24.9±0.21	1.7±0.30	0.52±0.002 <sup>a</sup>	7.83±1.48 <sup>a</sup>
200	0	8.7±0.10	2.1±0.01	43.9±0.09	38.0±0.11	5.6±0.01	0.23±0.003 <sup>a</sup>	1.56±0.02 <sup>a</sup>
	4	9.7±0.08	2.3±0.01	47.0±0.06	34.7±0.02	4.4±0.00	0.28±0.003 <sup>a</sup>	2.18±0.02 <sup>b</sup>
	8	11.1±0.07	2.7±0.01	50.5±0.09	30.2±0.06	3.1±0.00	0.37±0.003 <sup>b</sup>	3.57±0.02 <sup>ab</sup>
	12	11.9±0.02	2.9±0.05	52.0±0.22	26.7±0.10	2.4±0.05	0.45±0.001 <sup>c</sup>	4.91±0.09 <sup>b</sup>
500	0	8.6±0.06	2.1±0.01	43.9±0.09	37.9±0.07	5.6±0.00	0.23±0.002 <sup>ab</sup>	1.53±0.01 <sup>a</sup>
	4	9.7±0.06	2.4±0.02	47.4±0.03	34.0±0.05	4.2±0.02	0.29±0.001 <sup>a</sup>	2.32±0.00 <sup>f</sup>
	8	11.2±0.15	2.8±0.00	50.9±0.09	29.2±0.02	2.9±0.03	0.38±0.005 <sup>a</sup>	3.89±0.09 <sup>ab</sup>
	12	12.7±0.07	3.1±0.04	53.5±0.27	24.8±0.10	2.0±0.05	0.51±0.001 <sup>b</sup>	6.39±0.21 <sup>ab</sup>
2,000	0	8.5±0.00	2.2±0.11	44.0±0.00	38.0±0.05	5.6±0.01	0.22±0.000 <sup>ab</sup>	1.51±0.00 <sup>g</sup>
	4	9.4±0.11	2.3±0.01	46.6±0.10	35.3±0.01	4.6±0.03	0.27±0.003 <sup>b</sup>	2.06±0.04 <sup>c</sup>
	8	10.8±0.12	2.7±0.00	50.3±0.09	31.1±0.01	3.3±0.03	0.35±0.004 <sup>c</sup>	3.30±0.07 <sup>b</sup>
	12	11.9±0.13	3.0±0.02	52.6±0.12	27.8±0.02	2.5±0.00	0.43±0.015 <sup>d</sup>	4.70±0.05 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>P/L=content ratio of palmitic acid to linoleic acid<sup>2)</sup>P/Ln=content ratio of palmitic acid to linolenic acid**Table 3. Effect of PE on fatty acid composition of tocopherol-stripped canola oil during heating at 180°C**

Concentration (ppm)	Heating time (hr)	Relative content (%)						
		16:0	18:0	18:1	18:2	18:3	P/L <sup>1)</sup>	P/Ln <sup>2)</sup>
0	0	8.6±0.10	2.1±0.03	44.7±0.82	38.6±0.65	5.2±0.50	0.22±0.001 <sup>ab</sup>	1.67±0.18 <sup>a</sup>
	4	9.7±0.11	2.4±0.01	47.2±0.21	34.2±0.15	4.2±0.04	0.28±0.002 <sup>b</sup>	2.28±0.05 <sup>a</sup>
	8	11.5±0.09	2.8±0.04	51.5±0.55	29.2±0.31	2.5±0.48	0.39±0.001 <sup>a</sup>	4.74±0.95 <sup>a</sup>
	12	13.1±0.15	3.2±0.05	54.6±0.47	24.9±0.21	1.7±0.30	0.52±0.002 <sup>a</sup>	7.83±1.48 <sup>a</sup>
200	0	8.6±0.00	2.1±0.05	43.9±0.03	37.9±0.08	5.7±0.06	0.23±0.000 <sup>a</sup>	1.51±0.02 <sup>a</sup>
	4	9.8±0.07	2.4±0.00	47.5±0.01	34.0±0.18	4.1±0.07	0.29±0.001 <sup>a</sup>	2.37±0.02 <sup>a</sup>
	8	11.5±0.01	2.8±0.00	51.5±0.03	29.3±0.00	2.7±0.09	0.39±0.000 <sup>ab</sup>	4.32±0.15 <sup>a</sup>
	12	12.8±0.04	3.1±0.03	53.9±0.50	25.3±0.42	2.1±0.51	0.51±0.010 <sup>b</sup>	6.17±1.44 <sup>a</sup>
500	0	8.5±0.10	2.1±0.01	44.0±0.08	38.1±0.01	5.6±0.25	0.22±0.003 <sup>b</sup>	1.52±0.09 <sup>a</sup>
	4	9.7±0.02	2.4±0.01	46.5±1.36	34.3±0.04	4.2±0.10	0.28±0.001 <sup>ab</sup>	2.30±0.05 <sup>a</sup>
	8	11.4±0.03	2.8±0.01	51.4±0.01	29.3±0.03	2.9±0.06	0.39±0.001 <sup>b</sup>	4.01±0.07 <sup>a</sup>
	12	12.9±0.05	3.2±0.01	54.6±0.18	25.0±0.13	1.8±0.42	0.52±0.001 <sup>ab</sup>	7.57±1.81 <sup>a</sup>
2,000	0	8.5±0.01	2.1±0.01	44.1±0.10	38.0±0.13	5.6±0.32	0.22±0.001 <sup>b</sup>	1.52±0.09 <sup>a</sup>
	4	9.8±0.07	2.5±0.01	47.7±0.08	34.0±0.05	4.1±0.05	0.29±0.003 <sup>a</sup>	2.38±0.01 <sup>a</sup>
	8	11.4±0.16	2.8±0.01	51.1±0.33	29.0±0.29	2.8±0.07	0.39±0.001 <sup>ab</sup>	4.03±0.05 <sup>a</sup>
	12	12.5±0.11	3.1±0.01	53.1±0.32	25.8±0.16	2.3±0.59	0.48±0.001 <sup>c</sup>	5.74±1.47 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>P/L=content ratio of palmitic acid to linoleic acid<sup>2)</sup>P/Ln=content ratio of palmitic acid to linolenic acid

값을 나타내었다. PE를 첨가하여 180°C에서 가열한 TSCO의 지방산 조성 변화는 PC를 첨가한 TSCO와 비슷한 양상을 보였다 (Table 3).

Table 4는 PC 또는 PE가 첨가된 TSCO의 가열 시간과 P/L 또는 P/Ln의 상관 관계를 보여준다. TSCO의 가열 시간과 P/L 또는 P/Ln의 상관관계는 매우 높게 관찰되어( $r^2 > 0.9$ ), 이들 지표가 가열 시간에 따라 유의하게 변화함을 확인할 수 있었다. PC 또는 PE를 첨가한 TSCO는 이들이 첨가되지 않은 TSCO에 비해 가열 시간에 따른 P/L과 P/Ln의 증가속도(a 값)를 감소시켜 PC와 PE가 TSCO의 가열 중 산화를 억제하였음을 의미한다. 또한 PC가

PE에 비해 P/L과 P/Ln의 증가속도를 많이 감소시켜 PC가 TSCO의 가열산화 억제에 더 효과적임을 보여주었다. PC와 PE의 첨가 농도에 따른 유의한 차이는 보이지 않았다( $p < 0.05$ ).

가열 중 TSCO의 CDA값은 Table 5와 같이 가열시간이 길어짐에 따라 증가하였다. 공액이중산의 생성은 비공액 다중불포화지방산을 가진 유지의 산화에서 관찰되는 일반적인 특성이며, 산화 초기 단계에서 산소 흡수와 과산화물 생성이 증가하여 좀더 안정한 2,4-hexadienes, *trans*, *trans*- 또는 *trans*, *cis*-공액이중산 등이 형성된다(28,29). TSCO는 비공액 이중결합을 갖고 있는 리놀렌산과 리놀렌산을 43.8% 함유하고 있어 이들이 산화되면서 공액

**Table 4. Regression analysis between heating time and P/L or P/Ln of tocopherol-stripped canola oil added with PC or PE during heating at 180°C**

Additives		Regression parameters <sup>1)</sup>			
Kinds	Concentration (ppm)	a	b	r <sup>2</sup>	
P/L ratio	None	0.0253	0.2045	0.9749	
	PC	200	0.0184	0.2202	0.9876
		500	0.0239	0.2094	0.9740
		2,000	0.0172	0.2133	0.9822
	PE	200	0.0236	0.2124	0.9820
		500	0.0247	0.2051	0.9770
2,000		0.0220	0.2141	0.9921	
P/Ln ratio	None	0.5232	0.9923	0.9313	
	PC	200	0.0184	0.2202	0.9876
		500	0.0239	0.2094	0.9740
		2,000	0.0172	0.2133	0.9822
	PE	200	0.3980	1.2054	0.9756
		500	0.4962	0.8732	0.9093
2,000		0.3574	1.2708	0.9802	

<sup>1)</sup>P/L or P/Ln=a×heating time+b, r=correlation coefficient

이중결합을 가진 화합물의 생성이 증가한 것으로 보인다.

달걀 노른자 PC를 200, 500, 2,000 ppm 각각 첨가한 TSCO는 가열 중 PC를 첨가하지 않은 TSCO보다 낮은 CDA값을 나타내었고, 첨가한 PC 농도가 증가함에 따라 CDA값이 감소하는 경향을 보였다. 이것은 PC가 TSCO의 가열산화를 억제하였음을 나타내며, 콩 PC에 의한 대두유의 자동산화 억제 보고(30)와 일치하였다. 이와는 대조적으로 PE가 첨가된 TSCO의 가열 중 CDA값은 PE를 첨가하지 않은 TSCO보다 약간 높은 경향을 보였다. 이것은 PE가 TSCO의 가열 중 공액이중산 생성을 오히려 증가시켰음을 의미하는데, 이는 PE에 이중결합을 4개 가지고 있는 아라키돈산의 함량이 높아 이의 산화로 인한 공액이중산의 증가에서 일부 기인된 것으로 생각된다. Husain 등(9)은 methyl linoleate에 PE를 0.1%, 1% 첨가하여 50°C에서 저장하였을 때 PE의 높은 다중불포화지방산함량으로 인해 가열 초기에 과산화물을 많이 생성하였음을 보고하였다.

TSCO의 가열 중 PAV의 변화는 Fig. 7과 같이 증가하였다. 이것은 유지가 가열 중 산화되어 1차 산화생성물을 생성한 후 분해되어 2-alkenal, 2,4-alkadienal 과 같은 알데하이드를 생성하는 데서 기인한다(2). 한편 가열 12시간에 몇몇 시료의 PAV가 감소

하였는데 이것은 알데하이드를 생성하는 리놀렌산과 리놀레산이 산화되어 잔존량이 적어 알데하이드의 생성이 감소한 때문으로 생각된다. 이러한 경향은 튀김유에서도 보고된 바 있다(31,32). PC의 첨가는 TSCO에서의 알데하이드 생성을 억제하였고 첨가량이 많아짐에 따라 알데하이드 생성 억제력은 유의하게 증가하였다( $p<0.05$ ). 그러나, PE의 첨가는 CDA값에서와 마찬가지로 TSCO에서의 PAV를 약간 증가시킨 경향을 보였으나 유의하지는 않았다. 따라서 달걀 노른자에서 추출한 PC는 카놀라유의 가열 중 산화를 억제하는 산화방지제 역할을 수행하였으나 PE의 뚜렷한 산화방지효과는 관찰되지 않았다.

#### 달걀 노른자 인지질의 혼합 첨가가 TSCO의 가열 중 산화에 미치는 영향

1,000 ppm PC와 PE를 각각, 또는 함께 첨가한 후 180°C에서 12시간 가열할 때 TSCO의 지방산 조성 변화는 Table 6과 같다. PC와 PE를 함께 첨가하여 가열한 TSCO의 팔미트산, 스테아르산, 올레산 비율은 PC 또는 PE를 각각 첨가한 TSCO에 비해 덜 증가하였고 리놀레산과 리놀렌산 비율은 덜 감소하여 P/Lhk P/Ln가 낮았다. 또한 TSCO의 가열 중 P/L 또는 P/Ln 증가 속도(a 값)는 PC 또는 PE를 단독으로 첨가한 TSCO보다 PC와 PE를 함께 첨가한 TSCO에서 낮았다(Table 7). 이것은 PC와 PE를 함께 첨가할 때 이들을 각각 첨가하는 것에 비해 가열유의 지방산 조성의 변화를 적게 한다는 것을 의미한다. 이것은 PC와 PE의 상호작용 또는 두 인지질이 함께 첨가됨으로써 나타나는 농도의 증가 등에 기인한 것으로 생각된다.

1,000 ppm PC와 PE를 각각, 또는 함께 첨가한 후 180°C에서 12시간 가열할 때 TSCO의 CDA값은 Table 8과 같이 가열 중 증가하였다. PC, PE 모두 TSCO의 가열 중 CDA값을 감소시켰으며, 1,000 ppm PC와 PE를 함께 첨가한 TSCO는 이들을 각각 1,000 ppm 첨가한 TSCO에 비해 낮은 CDA값을 보였다. 이것 또한 PC와 PE의 상호작용 또는 두 인지질이 함께 첨가됨으로써 나타나는 농도의 증가 등에 기인한 것으로 생각된다. Table 8은 또한 TSCO의 가열 중 공액이중산 생성 억제에 대한 PC와 PE의 혼합 첨가 효과가 PC와 PE의 개별 첨가 효과의 합보다 낮음을 보여주는데, 예를 들어 실제로 PC와 PE를 1,000 ppm씩 혼합 첨가한 TSCO에서의 CDA 감소값인 0.40은 PC와 PE가 각각 1,000 ppm 첨가에 의한 TSCO의 CDA 감소값인 0.13, 0.38로 이 두 값의 합인 0.51에 비해 낮았다. 이것은 TSCO의 가열 중 공액이중산 생성 억제에서 PC와 PE의 antagonism의 가능성을 암시하는 것이다. Hidalgo 등(30)은 PC와 PE 혼합물(1:1, w/w)을 400 ppm으로 60°C 올리브유에 첨가하였을 때 PC 또는 PE가 단독으로 200 ppm으로 사용되었을 때 보다는 유도기간을 연장시켰지만, 유

**Table 5. Effects of PC or PE on conjugated dienoic acid contents of tocopherol-stripped canola oil during heating at 180°C**

Additives		Heating time (hr)			
Kinds	Concentration (ppm)	0	4	8	12
	None	0.33±0.00 <sup>w1)</sup>	1.95±0.01 <sup>p</sup>	2.77±0.01 <sup>h</sup>	3.01±0.00 <sup>a</sup>
PC	200	0.33±0.01 <sup>w</sup>	1.86±0.01 <sup>r</sup>	2.64±0.05 <sup>k</sup>	2.88±0.04 <sup>e</sup>
	500	0.34±0.02 <sup>v</sup>	1.92±0.02 <sup>q</sup>	2.67±0.13 <sup>j</sup>	2.95±0.03 <sup>b</sup>
	2,000	0.34±0.01 <sup>v</sup>	1.72±0.08 <sup>s</sup>	2.44±0.04 <sup>l</sup>	2.92±0.10 <sup>c</sup>
PE	200	0.35±0.00 <sup>d</sup>	2.11±0.04 <sup>m</sup>	2.81±0.01 <sup>f</sup>	2.74±0.11 <sup>i</sup>
	500	0.36±0.00 <sup>l</sup>	2.08±0.01 <sup>n</sup>	2.81±0.03 <sup>f</sup>	2.79±0.04 <sup>g</sup>
	2,000	0.34±0.01 <sup>v</sup>	2.04±0.06 <sup>o</sup>	2.81±0.00 <sup>f</sup>	2.90±0.02 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup>Different superscript means significant differences among samples at  $\alpha=0.05$ .

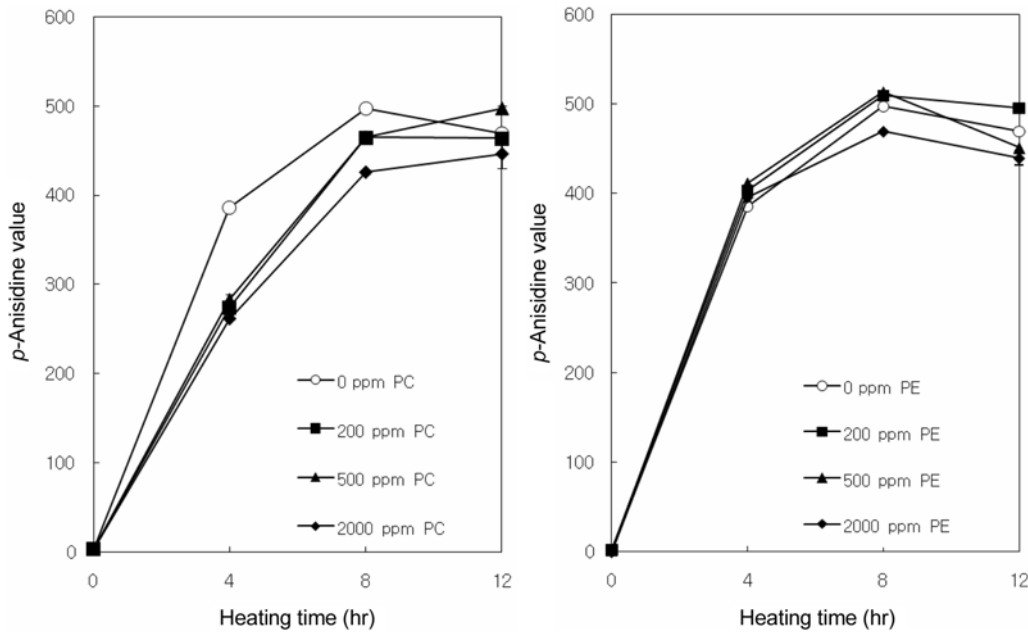


Fig. 7. Effects of PC or PE on *p*-anisidine value of tocopherol-stripped canola oil during heating at 180°C.

도기간 연장에 PC와 PE의 상승작용은 보이지 않았다고 보고하였다.

1,000 ppm PC와 PE를 각각, 또는 함께 첨가한 후 180°C에서 12시간 가열할 때 TSCO의 PAV는 Table 9와 같이 가열 중 증가하였다. 1,000 ppm PC와 PE를 함께 첨가한 TSCO와 이들 1,000 ppm을 각각 첨가한 TSCO의 PAV는 인지질을 첨가하지 않은 TSCO에 비해 낮았다. 공액이중산 생성 억제에서와 마찬가지로 PC와 PE의 혼합 첨가에 의한 PAV 감소 효과는 PC와 PE의 개별 첨가에 의한 TSCO의 가열 중 PAV 감소 효과의 합보다 낮았다. 이것은 PC와 PE가 TSCO의 가열 중 알데하이드 생성 억제에서도 역시 서로 antagonist로 작용하고 있음을 의미한다.

## 요 약

달걀 노른자에 함유된 인지질 중 PC와 PE를 추출, 분리하고 이를 토크페놀을 제거한 TSCO에 0, 200, 500, 2,000 ppm의 농도로 단독으로, 또는 1,000 ppm씩 혼합하여 첨가한 후 180°C에서 12시간 동안 가열하여 함유된 인지질의 함량변화와 TSCO의 갈색화 정도를 살펴보고, TSCO의 가열산화에 미치는 영향을 지방산 조성, 공액이중산값, 아니시딘값으로 평가하였다. TSCO에 첨가된 인지질은 가열 시작 후 2-3시간 내에 매우 빠르게 소실되었고, 가열 중 PE의 분해속도가 PC에 비해 높았다. PC와 PE가

Table 6. Effect of PC and PE mixture on fatty acid composition in tocopherol-stripped canola oil during heating at 180°C

Additive	Heating time (hr)	Relative content (%)						
		16:0	18:0	18:1	18:2	18:3	P/L <sup>1)</sup>	P/Ln <sup>2)</sup>
0	0	8.6±0.10	2.1±0.03	44.7±0.82	38.6±0.65	5.2±0.50	0.22±0.001 <sup>ab</sup>	1.67±0.18 <sup>a</sup>
	4	9.7±0.11	2.4±0.01	47.2±0.21	34.2±0.15	4.2±0.04	0.28±0.002 <sup>b</sup>	2.28±0.05 <sup>a</sup>
	8	11.5±0.09	2.8±0.04	51.5±0.55	29.2±0.31	2.5±0.48	0.39±0.001 <sup>a</sup>	4.74±0.95 <sup>a</sup>
	12	13.1±0.15	3.2±0.05	54.6±0.47	24.9±0.21	1.7±0.30	0.52±0.002 <sup>a</sup>	7.83±1.48 <sup>a</sup>
PC 1,000 ppm	0	8.6±0.03	2.1±0.01	44.2±0.12	38.1±0.10	5.7±0.03	0.23±0.001 <sup>a</sup>	1.51±0.01 <sup>a</sup>
	4	9.5±0.04	2.4±0.04	47.2±0.05	34.8±0.05	4.4±0.02	0.27±0.001 <sup>b</sup>	2.15±0.02 <sup>a</sup>
	8	11.0±0.00	2.7±0.00	50.7±0.11	30.4±0.01	3.1±0.08	0.36±0.000 <sup>b</sup>	3.58±0.09 <sup>b</sup>
	12	12.4±0.03	3.1±0.03	53.7±0.30	26.5±0.14	2.0±0.40	0.47±0.004 <sup>b</sup>	6.34±1.24 <sup>a</sup>
PE 1,000 ppm	0	8.4±0.05	2.1±0.03	44.0±0.09	38.1±0.06	5.6±0.34	0.23±0.000 <sup>b</sup>	1.49±0.10 <sup>a</sup>
	4	9.6±0.04	2.4±0.00	47.0±0.07	34.6±0.10	4.3±0.08	0.28±0.001 <sup>a</sup>	2.23±0.03 <sup>a</sup>
	8	11.3±0.02	2.8±0.01	50.9±0.37	29.6±0.20	2.8±0.00	0.38±0.000 <sup>a</sup>	4.00±0.01 <sup>a</sup>
	12	12.7±0.13	3.1±0.06	53.6±0.78	25.7±0.21	1.8±0.26	0.49±0.010 <sup>a</sup>	7.27±1.15 <sup>a</sup>
PE 1,000 ppm + PC 1,000 ppm	0	8.6±0.04	2.1±0.01	43.8±0.09	38.1±0.10	5.6±0.29	0.22±0.002 <sup>a</sup>	1.54±0.07 <sup>a</sup>
	4	9.7±0.07	2.3±0.01	46.3±0.06	34.7±0.02	4.5±0.00	0.28±0.002 <sup>a</sup>	2.18±0.01 <sup>a</sup>
	8	11.0±0.06	2.7±0.01	49.7±0.15	30.1±0.06	3.2±0.01	0.37±0.003 <sup>b</sup>	3.49±0.03 <sup>b</sup>
	12	12.1±0.03	2.9±0.01	51.7±0.07	27.0±0.21	2.5±0.02	0.45±0.002 <sup>c</sup>	4.94±0.02 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>P/L=content ratio of palmitic acid to linoleic acid

<sup>2)</sup>P/Ln=content ratio of palmitic acid to linolenic acid



**Table 7. Regression analysis between heating time and P/L or P/Ln of tocopherol-stripped canola oil containing PC and/or PE at 180°C**

	Additives	Regression parameters <sup>1)</sup>		
		a	b	r <sup>22)</sup>
P/L ratio	None	0.0253	0.2045	0.9749
	PC 1,000 ppm	0.0205	0.2091	0.9735
	PE 1,000 ppm	0.0232	0.2042	0.9815
	PC 1,000 ppm+PE 1,000 ppm	0.0191	0.2157	0.9908
	None	0.5232	0.9923	0.9313
P/Ln ratio	PC 1,000 ppm	0.3982	1.0071	0.9176
	PE 1,000 ppm	0.4774	0.8811	0.9186
	PC 1,000 ppm+PE 1,000 ppm	0.2869	1.3150	0.9735

<sup>1)</sup>P/L, P/Ln=a×heating time+b<sup>2)</sup>r=correlation coefficient**Table 8. Effects of co-addition of PC and PE on conjugated dienoic acid values of tocopherol-stripped canola oil during heating at 180°C**

Heating time (hr)	None	Separate addition, 1,000 ppm			Co-addition of PC and PE, 1,000 ppm each
		PC	PE	Calculated sum <sup>1)</sup>	
0	0.33±0.00	0.33±0.00 (0.00) <sup>2)</sup>	0.34±0.00 (-0.01)	(-0.01)	0.38±0.01 (-0.05)
4	1.95±0.00	1.82±0.01 (0.13)	1.95±0.06 (0.00)	(0.13)	1.92±0.10(0.03)
8	2.77±0.01	2.55±0.01 (0.22)	2.72±0.02 (0.05)	(0.27)	2.51±0.01 (0.26)
12	3.05±0.16	2.92±0.03 (0.13)	2.68±0.14 (0.38)	(0.51)	2.65±0.04 (0.40)

<sup>1)</sup>Values are calculated sum of difference between CDA values of samples added with either PC or PE and CDA values of samples without PC or PE<sup>2)</sup>CDA values of samples without PC nor PE-CDA values of samples added with PC and/ or PE**Table 9. Effect of coaddition of PC and PE in p-anisidine value (PAV) of tocopherol-stripped canola oil during heating at 180°C**

Heating time (hr)	None	Separate addition, 1,000 ppm			Co-addition of PC and PE, 1,000 ppm each
		PC	PE	Calculated sum <sup>1)</sup>	
0	2.8±0.1	-1.1±0.15 (3.9) <sup>2)</sup>	1.4±0.6 (1.4)	(5.3)	0.4±0.4 (2.4)
4	385.8±1.5	248.6±14.6 (137.2)	379.0±0.5 (6.8)	(144.0)	328.1±2.6(57.7)
8	497.4±1.8	457.3±27.4 (40.1)	478.5±0.5 (18.9)	(59.0)	455.9±1.0(41.5)
12	469.7±1.3	444.8±3.3 (24.9)	451.9±9.0 (17.8)	(42.7)	463.8±2.6(5.9)

<sup>1)</sup>Values are calculated sum of difference between PAV of samples added with either PC or PE and PAV of samples without PC nor PE<sup>2)</sup>PAV of samples without PC or PE-PAV of samples added with PC and/ or PE

함께 첨가된 TSCO를 가열할때 PE는 PC의 분해를 억제하였다. TSCO는 가열 시간이 증가함에 따라 갈색화가 증가하였고, PC와 PE는 갈색화를 촉진하였으며 PE가 PC보다 큰 영향을 주었다. 가열 중 TSCO의 P/L, P/Ln, 공액이중산값, 아니시딘값은 증가하였으며, PC의 첨가는 이들 값을 낮추어 가열 카놀라유의 산화방지제 역할을 하였으나 PE는 큰 영향을 나타내지 않았으며, PC와 PE는 TSCO의 가열산화 억제에 있어서 antagonism이 관찰되었다.

## 문 헌

- Choe E, Min DB. Chemistry of deep-fat frying oils. J. Food Sci. 72: R77-R86 (2007)
- Choe E, Min DB. Mechanisms and factors for edible oil oxidation. Compr. Rev. Food Sci. 5: 169-186 (2006)
- Sugino H, Ishikawa M, Nitoda T, Koketsu M, Juneja LR, Kim M, Yamamoto T. Antioxidative activity of egg yolk phospholipids. J. Agr. Food Chem. 45: 551-554 (1997)
- Pokorny J, Davidek J, Vierecklova M, Ranny M, Sedlacek J. Effect of phosphorylated acylglycerols on the oxidative stability of oils. Nahrung 34: 719-725 (1990)
- Zambiasi RC, Przybylski R. Effect of endogenous minor components on the oxidative stability of vegetable oils. Lipid Technol. 10: 58-62 (1998)
- Yoon SH, Min DB. Roles of phospholipids in the flavor stability of soybean oil. Korean J. Food Sci. Technol. 19: 23-28 (1987).
- Saito H, Ishihara K. Antioxidant activity and active sites of phospholipids as antioxidants. J. Am. Oil Chem. Soc. 74: 1531-1536 (1997)
- Zamora R, Hidalgo FJ. Coordinate contribution of lipid oxidation and maillard reaction to the nonenzymatic food browning. Crit. Rev. Food Sci. 45: 49-59 (2005)
- Husain SR, Terao J, Matsushita S. Effect of browning reaction products of phospholipids on autoxidation of methyl linoleate. J. Am. Oil Chem. Soc. 63: 1457-1460 (1986)
- Judde A, Villeneuve P, Rossignol-Castera A, Le Guillou A. Antioxidant effect of soy lecithins on vegetable oil stability and their synergism with tocopherols. J. Am. Oil Chem. Soc. 80: 1209-1215 (2003)
- Kim H, Choe E. Effects of egg yolk powder addition to the flour dough on the lipid oxidation development during frying. LWT-Food Sci. Technol. 41: 845-853 (2008)
- Lee J, Kim M, Choe E. Antioxidant activity of lignan compounds extracted from roasted sesame oil on the oxidation of sunflower oil. Food Sci. Biotechnol. 16: 981-987 (2007)

13. Lee J, Kim M, Choe E. Study on the changes of tocopherols and lignans and the oxidative properties of roasted sesame oil during manufacturing and storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 40: 15-20 (2008)
14. Palacios LE, Wang T. Egg yolk lipid fractionation and lecithin characterization. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 82: 571-578 (2005)
15. Weining Z, Haibo H, Yuqi F, Shilu D. Separation and purification of phosphatidylcholine and phosphatidylethanolamine from soybean degummed oil residues by using solvent extraction and column chromatography. *J. Chromatogr. B* 798: 323-331 (2003)
16. Shin HS, Rhee JY. Comparative studies on the lipid content and neutral lipid composition in nonglutinous and glutinous rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 18: 137-142 (1986)
17. Choe E, Lee J, Park K, Lee S. Effects of heat pretreatment on lipid and pigments of freeze-dried spinach. *J. Food Sci.* 66: 1074-1079 (2001)
18. Balazs PE, Schmit PL, Szuhaj BF. High-performance liquid chromatographic separations of soy phospholipids. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 73: 193-197 (1996)
19. King MF, Boyd LC, Sheldon BW. Antioxidant properties of individual phospholipids in a salmon oil model system. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 69: 545-551 (1992)
20. AOCS. Official Methods and Recommended Practices of American Oil Chemists' Society. 5<sup>th</sup> ed. AOCS Press, Champaign, IL, USA (1998)
21. Schneider M. Fractionation and purification of lecithin. pp. 109-130. In: *Egg Nutrition and Biotechnology*. Sim JS, Nakai S, Guenter W(eds). CABI Publishing, Oxon, UK (1994)
22. Zamora R, Olmo C, Navarro JL, Hidalgo FJ. Contribution of phospholipid pyrrolization to the color reversion produced during deodorization of poorly degummed vegetable oils. *J. Agr. Food Chem.* 52: 4166-4171 (2004)
23. Zamora R, Alaiz M, Hidalgo FJ. Modification of histidine residues by 4,5-epoxy-2-alkenals. *Chem. Res. Toxicol.* 12: 654-660 (1999)
24. Xu XQ. A chromametric method for the rapid assessment of deep frying oil quality. *J. Sci. Food Agr.* 83: 1293-1296 (2003)
25. Totani N, Kuzume T, Yamaguchi A, Takada M, Moriya M. Amino acids brown oil during frying. *J. Oleo. Sci.* 55: 441-447 (2006)
26. Totani N, Yamaguchi A, Takada M, Moriya M. Color deterioration of oil during frying. *J. Oleo. Sci.* 55: 51-57 (2006)
27. Kim I, Choe E. Effects of red ginseng extract added to dough on the lipid oxidation of frying oil and fried dough during frying and heating. *Food Sci. Biotechnol.* 12: 67-71 (2003)
28. Gray J. Measurement of lipid oxidation: A review. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 55: 539-546 (1978)
29. Lezerovich A. Derivative UV spectra of lipid conjugated dienes. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 63: 883-888 (1986)
30. Hidalgo FJ, Nogales F, Zamora R. Changes produced in the antioxidative activity of phospholipids as a consequence of their oxidation. *J. Agr. Food Chem.* 53: 659-662 (2005)
31. Lee J, Lee S, Lee H, Park K, Choe E. Spinach (*Spinacia oleracea*) powder as a natural food-grade antioxidant in deep-fat-fried products. *J. Agr. Food Chem.* 50: 5664-5669 (2002)
32. Lee J, Kim M, Park K, Choe E. Lipid oxidation and carotenoid content in frying oil and fried dough containing carrot powder. *J. Food Sci.* 6: 1248-1253 (2003)