

## 녹차 폐놀류가 corn oil-in-water emulsion의 산화 중 hydroperoxide 생성에 미치는 영향

조영제\* · 김병규 · 천성숙<sup>1</sup>

상주대학교 식품생물공학부, <sup>1</sup>영남대학교 식품가공학과

### Effect of Polyphenolic Compounds from Green Tea Leaves on Production of Hydroperoxide for Lipid Oxidation in Corn Oil-in-Water Emulsion

Young-Je Cho\*, Byung-gyu Kim, and Sung-Sook Chun<sup>1</sup>

Department of Food Engineering, Sangju National University

<sup>1</sup>Department of Food Science & Technology, Yeungnam University

Effect of polyphenolic compounds from green tea leaves and surfactant micelles on lipid oxidation in corn oil-in-water emulsion (O/W) was determined. Concentrations of polyphenolic compound and surfactant in continuous phase of O/W were measured. Particle size of O/W with 17 mM Brij 700 and 5% corn oil increased with increasing concentration of polyphenolic compound (100-200 ppm). Concentration of surfactant in the continuous phase was lower than that of control. Lipid oxidation rates, as determined by the formation of lipid hydroperoxides and headspace hexanal, in O/W emulsions containing polyphenolic compounds decreased with increasing concentration of polyphenolic compounds (100-200 ppm). Inhibition of hydroperoxide and headspace hexanal produced via lipid oxidation by polyphenolic compounds in O/W was BHT>procyanidin B3-3-O-gallate>(+)allocatechin>(+)catechin.

**Key words:** polyphenolic compounds, hydroperoxide, emulsion

### 서 론

유기 식품에서 산폐 경로는 의기성분의 흡수 또는 오염, 가수분해에 의한 지방산의 방출로 불쾌취의 생성, 유기의 산화에 의한 산화생성물의 발생으로 불쾌취와 나쁜 맛을 내는 것으로 알려지고 있으며, 이들 산화 생성물은 식품에 풍미 변화 뿐 아니라 인체 내에서 독성작용을 하는 것으로 알려져 있어(1), 식품의 보존뿐만 아니라 식품의 안전성 면에서도 중요하다. 식품의 산화기작에 대해서는 많은 연구(2-4)가 이루어졌으며, 이러한 산화를 방지하기 위하여 턱월한 항산화 효과와 경제성 때문에 인공합성항산화제가 많이 이용되었으나, 안전성에 논란이 있어(5,6), 근래에는 인간이 안전하게 오랫동안 먹어 왔던 식물로부터 항산화 효과가 있는 물질을 분리, 이용하려는 시도가 활발히 이루어지고 있다(7-9). 특히 폐놀성 화합물은 여러 가지 식물류에 널리 분포되어 있는 것으로 알려져 있으며 일

반적으로 수용성이고 flavonoid류가 주를 이루며 단순한 phenol류, phenolic acid류, phenyl propanoid, phenol성 quinone류 등이 포함된다(10). 최근에 이런 폐놀성 화합물 등이 항산화(11), 항암(12,13), 항세균(14), 알레르기(15), 충치(16), 심장질환 예방(17-19), 당뇨병 예방(20) 등에 효과가 있는 것으로 보고되고 있으며, 천연 항산화제 개발도 시도되고 있다(21,22).

대부분의 가공 식품에서, 지방은 surfactant로 안정하게 분산되어 유화된 형태로 존재하며, 수증유적형 유화액에서 유화된 지방구를 구성하지 않는 잉여의 계면활성제는 continuous phase에서 surfactant micelle을 구성하고 있고, 이들 surfactant micelle들은 수증유적형 유화액의 지방구의 구성성분들을 지방구 바깥쪽의 continuous phase로 놓여낼 수 있는 것으로 보고되어지고 있다(23-25). 또한 그런 역할은 계면활성제의 형태와 농도에 좌우되며(26), 만일 식물체에서 분리한 phenol성 물질이 지방구로부터 continuous phase로 hydroperoxide를 전이시키는 역할을 수행한다면 이것은 지방산화를 줄일 수 있는 또 다른 기작으로 활용될 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 tannin 유래의 phenol성 물질이 corn oil-in-water emulsion의 산화 중 continuous phase로의 hydroperoxide의 전이에 관여하여 emulsion의 산화를 억제할 수 있는지 여부를 확인해 보고 지방 산화의 변화를 살펴보았다.

\*Corresponding author : Young-Je Cho, Sangju National University, 386 Gajangdong, Sangju, Gyeongbuk 742-711, Korea  
Tel: 82-054-530-5265  
Fax: 82-054-530-5269  
E-mail: yjcho@sangju.ac.kr

## 재료 및 방법

### 시약 및 재료

Brij 700(polyoxyethylene 100 stearylether), Folin-ciocalteu, imidazole, barium chloride, ammonium thiosulfate와 sodium acetate 등은 Sigma Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입해서 사용하였고, methanol, butanol, isoctane 및 isopropanol 등은 Fisher Scientific(Fair Lawn, NJ, USA)에서, Sephadax LH-20은 Pharmacia, Co.(Sweden)에서 MCI gel CHP 20(75-150 μm)은 Mitsubishi Chemical Ind. Co. Ltd.(Japan)에서 구입하여 사용하였으며, 기타 시약은 특급 시약을 사용하였다. Corn oil은 시중에서 구입하여 사용하였으며, 산화 정도를 측정하기 위한 초자 기구는 사용하기 전에 진한 황산으로 씻은 뒤 2차 중류수로 헹군 후 건조시켜 사용하였다.

### 기기

유화액 실험에는 spectrophotometer, Braun-Sonic 2000 U ultrasonic generator(Braun Biotech, Allentown, PA, USA), Horiba LA-900 laser scattering particle size analyzer(Horiba Instruments, Irvine, CA, USA), 고속원심분리기(Serv-all Model RC2-B, Newtown, CT, USA) 및 gas chromatography(Shimadzu GC-17, Braintree, MA, USA)가 사용되었다.

### 페놀화합물의 첨가

전보(27)의 보고와 같이 분리하여 상주대학교 식품공학과에 보관 중인 탄닌 유래의 페놀화합물 중 (+)-catechin, (+)-gallo-echin, procyanidin B3-3-O-gallate와 비교구로 BHT를 사용하여 emulsion에 100-200 ppm의 농도로 첨가하였다.

### Surfactant micelle의 제조

Surfactant micelle은 Brij 700을 사용하여 10 mM citrate buffer(pH 3.0), 10 mM acetate-imidazole buffer(pH 7.0) 등에 분산시켜 최종 농도가 17 mM이 되게 제조하였다. Surfactant micelle은 자석교반기 위에서 micelle을 형성시키기 위해 10분간 교반 시키고 pH를 정확하게 조절하였다.

### 유화액의 제조

유화액은 corn oil과 17 mM Brij 700 micelle을 혼합하여 유화액의 최종 지방 함량이 5%가 되게 제조하였다. 혼합액은 5T 표준 probe를 장착한 Braun-Sonic 2000 U ultrasonic generator(Braun Biotech, Allentown, PA, USA)를 이용하여 초음파 처리하여 제조하였으며, 이때 ultrasonicator의 작동 조건은 power setting +250, repeating duty cycle 0.3초, operation time 90초 이었다.

### 유화액 지방구의 크기 측정

유화액 지방구의 크기는 Horiba LA-900 laser scattering particle size analyzer(Horiba Instruments, Irvine, CA, USA)를 사용하여 측정하였다. 지방구의 직경은 1.2-1.4 μm 정도였고, 이 값은 실험이 진행되는 동안 변하지 않았다.

### Continuous phase의 분리

Continuous phase의 분리를 위하여, 유화액을 원심분리기(Serv-all Model RC2-B, Newtown, CT, USA)를 이용하여 14,600×g로 10°C에서 30분간 원심 분리시킨 후, 상징액을 18

gauge needle을 가진 5 mL disposable syringe를 사용하여 continuous phase를 분취하였다.

### Phenol 함량 측정

Total phenol 함량은 Dural과 Shetty(28)의 방법에 준하여 측정하였다. 즉, 시료 용액 1 mL에 95% ethanol 1 mL와 중류수 5 mL를 가하여 잘 흔들어 준 후, 1 N-Folinicocalteu 시약 0.5 mL를 가하여 발색시키고, 5분간 방치한 다음, 5% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1 mL를 가하여 60분 동안 실온에서 방치시켰다. 방치 후 725 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 95% ethanol에 녹인 gallic acid를 사용한 표준 곡선에서 양을 환산하였다.

### Hydroperoxide의 측정

Hydroperoxide는 Shanta와 Decker의 방법(29)으로 측정 하였다. 유화액 0.3 mL에 isoctane/isopropanol(3:1, v:v) 용액 1.5 mL를 가한 뒤 10초간 vortex mixer로 잘 혼합하는 과정을 3회 반복하고 1,460×g로 2분간 원심분리 시켰다. 원심분리 된 상징액을 0.2 mL 분취 한 후 methanol/butanol(2:1, v:v) 용액 2.8 mL를 가하여 잘 섞어 주었다. 혼합액에 3.94 M ammonium thiocyanate 15 μL와 72 mM ferrous용액 15 μL를 넣어 발색시키고, 실온에서 20분간 방치한 뒤 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. Hydroperoxide의 농도는 표준 곡선으로 환산하였다.

### Headspace aldehyde의 측정

Headspace aldehyde는 Mancuso 등의 방법(30)으로 headspace autosampler(Hewlett-Packard 19395A)를 장착한 gas chromatography(Shimadzu GC-17, Braintree, MA, USA)로 측정하였다. 이때 auto sampler의 조건은 sample loop와 transfer line 온도는 110°C, bath 온도는 55°C, pressurization 10초, venting 10초, 그리고 injection 시간이 1분이었다. Headspace aldehyde의 분리는 65°C에서 HP methyl silicone(DB-1) fused silica capillary column(Hewlett-Packard)으로 분리되었다. 이때 injector 온도는 180°C이었고 flame ionization detector 온도는 250°C이었다.

### 통계 처리

모든 실험은 3반복 시행하였고, 통계분석은 5% 유의 수준에서 Student's t-test(31)를 행하였다.

## 결과 및 고찰

### Corn oil-in-water emulsion으로부터 continuous phase로 전이되는 surfactant micelle 및 phenol 함량 측정

5% corn oil과 17 mM Brij 700으로 제조한 oil-in-water emulsion의 지방구 크기를 측정한 결과 Table 1과 같이 phenol을 첨가하지 않은 지방구의 크기는 1.355±0.364 μm로 측정되었고, 첨가되는 phenol의 양이 많아질수록 지방구가 다소 커지는 경향을 보였으나, 지방구의 크기가 1.278-1.421 μm로 큰 차이는 나지 않았다. 5% corn oil과 17 mM Brij 700을 함유하는 emulsion에서 무 첨가 군의 continuous phase의 surfactant 양은 Table 2와 같이 0.87±0.12%로 나타났고, phenol성 화합물과 BHT가 첨가된 첨가군은 0.78-0.87%로 다소 낮아지는 것을 관찰할 수 있었다. 이것은 phenol성 화합물의 첨가에 의해 corn oil의 극성에 변화가 발생하고, 이러한 변화에 의해 emulsion droplet interface의 구성에 Brij 700이 더 많이 소요되었거나 continuous phase에 참여하는 극성지질의 함량이 더 낮아졌기

**Table 1. Particle size of oil droplet in emulsion with polyphenols**

Phenol	Concentration (ppm)	Particle size ( $\mu\text{m}$ )
Control	0	1.355 $\pm$ 0.364
(+)-Catechin	100	1.329 $\pm$ 0.370
	200	1.345 $\pm$ 0.373
(+)-Gallocatechin	100	1.322 $\pm$ 0.354
	200	1.336 $\pm$ 0.367
Procyanidine B3-3-O-gallate	100	1.299 $\pm$ 0.374
	200	1.278 $\pm$ 0.352
BHT	100	1.407 $\pm$ 0.367
	200	1.421 $\pm$ 0.388

때문인 것으로 추측되었으며, 시료간 continuous phase의 phenol 함량과 emulsion에서 phenol 성분들의 함량 차이가 나는 것은 surfactant micelle에 의한 용해도 차이에 의한 것이라 판단되어 진다. Coupland 등(32)은 corn oil과 Tween 20을 이용한 emulsion에서 phenol성 물질이 저장 14일 동안 서서히 용해되었으며 그러한 용해도는 polarity, size, geometry 등의 차이에 의해 다르게 나타났다고 보고하였다.

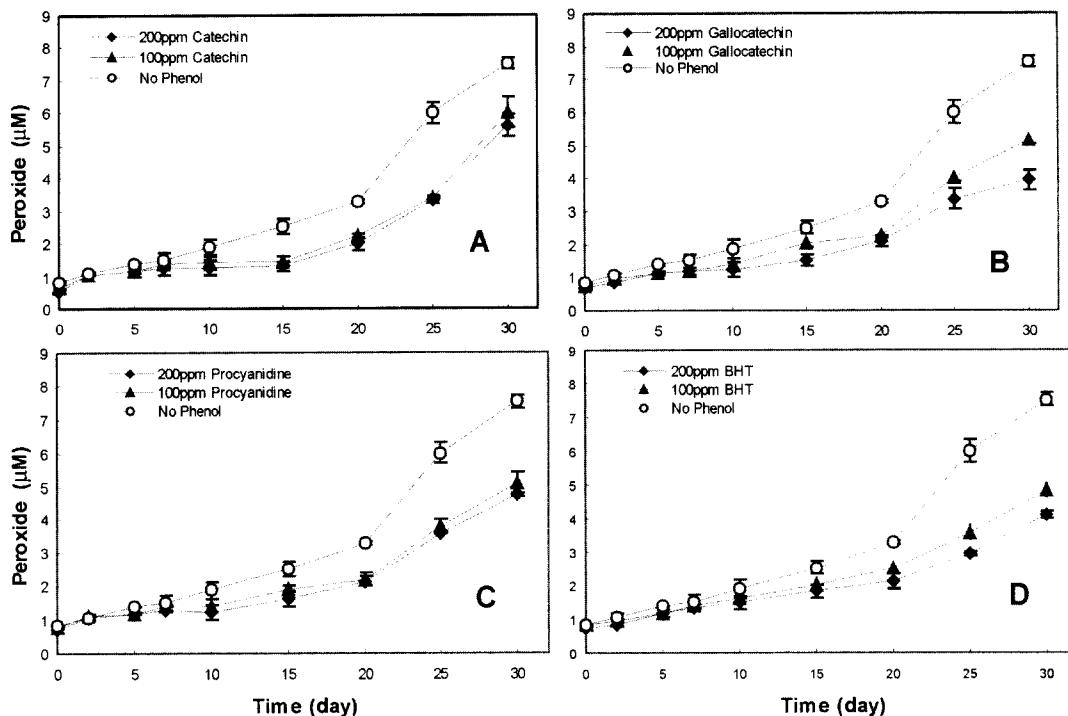
#### 저장 기간 중 corn oil-in-water emulsion의 hydroperoxide 생성에 미치는 phenol성 물질의 영향

Corn oil-in-water emulsion에 녹차로부터 분리한 (+)-catechin 을 100-200 ppm의 농도로 첨가하고 30일간 저장 기간별 hydroperoxide의 생성량을 측정한 결과 Fig. 1-A와 같이 대조구는 저장 10일경부터 hydroperoxide 함량이 증가하기 시작하였으나 저장 20일까지 비교한 낮은 hydroperoxide 함량을 보였으며, 저장 20일 이후 급격한 hydroperoxide 함량의 상승을 나타내어 유도 기간이 20일까지 인 것으로 판단되었다. 100-200 ppm의 (+)-catechin을 첨가한 실험구는 15일까지도 대조구와 비교하여 현저히 낮은 hydroperoxide 함량을 나타내었고, 대조구와 마찬가지로 저장 20일경부터 서서히 증가하기 시작하였다. 저장 20일 째 대조구의 hydroperoxide 함량은  $3.295 \pm 0.0573 \mu\text{M}$ 인데 비해 100 ppm (+)-catechin 첨가 시  $2.248 \pm 0.215 \mu\text{M}$ , 200 ppm (+)-catechin 첨가 시에는  $1.987 \pm 0.065 \mu\text{M}$ 로 비교적 낮은 hydroperoxide 함량을 나타내었으나, 저장 25일이 지나면서 급격한 hydroperoxide의 상승이 관찰되었으며, 대조구의  $6.005 \pm 0.323 \mu\text{M}$ 에 비해 100 ppm 첨가 시  $3.382 \pm 0.043 \mu\text{M}$ , 200 ppm 첨가 시  $3.345 \pm 0.022 \mu\text{M}$ 로 측정되었다. (+)-gallocatechin을 100-200 ppm의 농도로 emulsion에 첨가하고 30일간 저장 기간별 hydro-

peroxide의 생성량을 측정한 결과 Fig. 1-B와 같이 대조구의 유도 기간이 20일까지 인 것에 비해 100-200 ppm의 (+)-gallocatechin을 첨가한 실험구는 저장 기간이 길어질수록 대조구에 비해 hydroperoxide 생성량의 격차가 벌어졌으며, 저장 30일째 대조구의 hydroperoxide 함량은  $7.522 \pm 0.176 \mu\text{M}$ 인데 비해 100 ppm (+)-gallocatechin 첨가 시  $5.172 \pm 0.086 \mu\text{M}$ , 200 ppm (+)-gallocatechin 첨가 시에는  $3.941 \pm 0.327 \mu\text{M}$ 로 (+)-catechin 첨가 시 보다 더 낮은 hydroperoxide 함량을 나타내었다. Emulsion에 procyanidine B3-3-O-gallate을 100-200 ppm의 농도로 첨가하고 30일간 저장 기간별 hydroperoxide의 생성량을 측정한 결과 Fig. 1-C와 같이 대조구는 저장 기간이 길어질수록 hydroperoxide 함량이 증가하기 시작하였으나 증가폭이 매우 낮았으며, 저장 30일째 대조구의 hydroperoxide 함량은  $7.522 \pm 0.176 \mu\text{M}$ 인데 비해 100 ppm procyanidin B3-3-O-gallate 첨가 시  $5.060 \pm 0.374 \mu\text{M}$ , 200 ppm procyanidin B3-3-O-gallate 첨가 시에는  $4.725 \pm 0.057 \mu\text{M}$ 로 첨가된 함량간 차이는 그다지 크지 않았다. 비교구로서 BHT를 100-200 ppm의 농도로 첨가하고 30일간 저장 기간별 hydroperoxide의 생성량을 측정한 결과 Fig. 1-D와 같이 대조구는 저장 20일부터 hydroperoxide 함량이 급격히 증가하기 시작하였으나, 100-200 ppm의 BHT를 첨가한 실험구는 저장 30일 경과 시까지도 상당히 완만한 증가 경향을 나타내어 emulsion의 산화 억제 효과가 뛰어남을 알 수 있었다. 저장 30일째 대조구의 hydroperoxide 함량은  $7.522 \pm 0.176 \mu\text{M}$ 인데 비해 100 ppm BHT 첨가 시  $4.842 \pm 0.213 \mu\text{M}$ , 200 ppm BHT 첨가 시에는  $4.106 \pm 0.092 \mu\text{M}$  정도로 상당히 낮은 peroxide 함량을 나타내었다. BHT에 의한 hydroperoxide 생성 억제는 (+)-catechin, (+)-gallocatechin 및 procyanidin B3-3-O-gallate와 비교하여 더 우수하였으며, 본 실험에 사용된 녹차 탄닌 중 catechin 계열의 3가지 화합물도 hydroperoxide 생성 억제에 상당히 효과가 있는 것으로 판단되었다. 조 등(24)은 emulsion에 첨가된 surfactant micelle에 의해 emulsion으로부터 continuous phase로 prooxidant의 전이가 활발히 일어나고, 이로 인해 대두유의 수중유적형 유화액에서 hydroperoxide의 농도가 낮아진다고 보고하였고, Nuichi 등(25)은 유화액에 첨가된 surfactant micell에 의해 continuous phase로 hydroperoxide의 전이가 일어나고 이로 인해 유화액의 산화가 지연된다고 보고하였다. 본 실험결과로 보아 emulsion에 첨가된 phenol성 화합물도 emulsion의 저장 기간 중 생성된 hydroperoxide가 continuous phase로의 전이가 일어나고 이로 인해 emulsion의 산화가 지연될 것으로 추측하였다. 이는 항산화 능력이 있다고 알려진 phenol성 물질의 산화 억제 기작에 추가시킬 수 있을 것으로 생각된다.

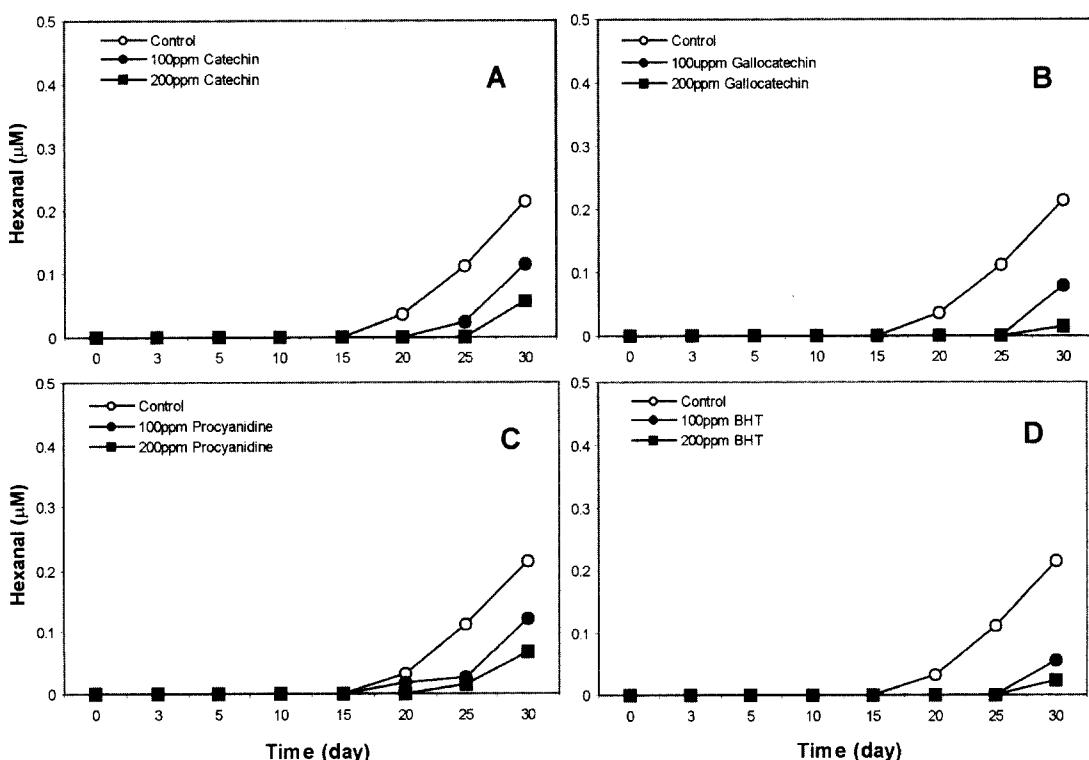
**Table 2. Concentration of phenol and surfactant in emulsion with polyphenols**

Phenol	Concentration (ppm)	Concentration of phenol in continuous phase (ppm)	Concentration of surfactant in continuous phase (%)
Control	0	0	$0.87 \pm 0.12$
(+)-Catechin	100	$13.730 \pm 0.162$	$0.78 \pm 0.05$
	200	$30.183 \pm 0.635$	$0.86 \pm 0.09$
(+)-Gallocatechin	100	$13.411 \pm 1.034$	$0.79 \pm 0.09$
	200	$26.909 \pm 1.467$	$0.81 \pm 0.10$
Procyanidine B3-3-O-gallate	100	$7.250 \pm 0.558$	$0.81 \pm 0.06$
	200	$14.540 \pm 0.238$	$0.87 \pm 0.14$
BHT	100	$3.112 \pm 0.351$	$0.82 \pm 0.08$
	200	$6.164 \pm 0.156$	$0.87 \pm 0.15$



**Fig. 1. Formation of lipid hydroperoxides in corn-oil-in-water emulsions containing polyphenols.**

Data points represent means ( $n=3$ )  $\pm$  standard deviation (some error bars may lie within the data point) A: (+)-Catechin, B: (+)-Gallocatechin, C: Procyanidin B3-3-O-gallate, D: BHT.



**Fig. 2. Formation of headspace aldehyde in corn-oil-in-water emulsions containing polyphenols.**

A: (+)-Catechin, B: (+)-Gallocatechin, C: Procyanidin B3-3-O-gallate, D: BHT.

저장 기간 중 headspace hexanal의 생성에 미치는 phenol 성 물질의 영향

지방 산화의 결과 발생하는 aldehyde의 함량을 측정함으로서

산화 정도를 측정하기 위하여 headspace hexanal 양을 측정한 결과 Fig. 2-A와 같이 대조구는 15일까지 hexanal이 검출되지 않았으며 20일 저장시  $0.034 \mu\text{M}$ 의 hexanal이 검출되었고 저장

기간이 25일, 30일로 진행될수록  $0.113 \mu\text{M}$ ,  $0.215 \mu\text{M}$ 로 급격히 증가하였다. 100 ppm (+)-catechin 첨가의 경우 20일까지 hexanal이 검출되지 않았다가 25일경부터 생성되기 시작하였고, 200 ppm (+)-catechin 첨가의 경우 25일까지 hexanal이 검출되지 않았으며 30일 저장 시에도 검출된 hexanal양도  $0.05 \mu\text{M}$ 로 낮은 수준이었다. 100-200 ppm의 (+)-gallocatechin 첨가시에는 Fig. 2-B와 같이 대조구가 20일 경과 시 hexanal이 검출되었으나 100 또는 200 ppm (+)-gallocatechin 첨가의 경우 20일까지 hexanal이 검출되지 않았다가 25일경부터 생성되기 시작하였고, 첨가된 (+)-gallocatechin의 함량이 높을수록 headspace hexanal의 양은 낮게 나타났다. Procyanidine B3-3-O-gallate의 첨가에 의해서도 Fig. 2-C와 같이 대조구의 15일에 비해 100 또는 200 ppm procyanidin B3-3-O-gallate 첨가의 경우 20일까지 hexanal이 검출되지 않았다가 25일경부터 생성되기 시작하였고 첨가된 함량이 높을수록 headspace hexanal의 양은 낮게 나타났다. 비교구로서 BHT 첨가에 의한 영향을 측정한 결과 Fig. 2-D와 같이 대조구는 20일 저장 시  $0.02 \mu\text{M}$ 의 hexanal이 검출되었으나, 100 또는 200 ppm BHT 첨가의 경우 저장 25일까지 hexanal이 검출되지 않았으며, 30일 저장 시에 각각  $0.056 \mu\text{M}$ ,  $0.024 \mu\text{M}$ 의 낮은 hexanal양이 검출되었다. BHT에 의한 headspace aldehyde 생성억제는 첨가된 탄닌유래의 다른 phenol성 화합물보다 우수하였으며, 앞의 hydroperoxide 생성 억제에 따른 결과와도 일치하는 결과를 나타내었다. 조 등(24)과 Nuichi 등(25)에 의해 과량의 surfactant micelle이 첨가된 emulsion에서 hydroperoxide의 농도가 낮아지며, 이로 인해 산화 결과 발생하는 headspace aldehyde의 농도도 낮게 측정된다고 보고한 결과와 유사하였다.

## 요 약

5% corn oil과 17 mM Brij 700으로 제조한 corn oil-in-water emulsion(O/W)의 droplet의 크기는 첨가되는 phenol의 양이 많아질수록 지방구가 다소 커지는 경향을 보였으며, continuous phase의 surfactant 양은 대조구에 비해 다소 낮아졌다. O/W에 녹차로부터 분리한 phenol류를 100-200 ppm의 농도로 첨가하고 30일간 저장하며 hydroperoxide의 생성량을 측정한 결과 대조구에 비해 낮은 hydroperoxide 함량을 보여 유도기간이 길어지는 것으로 나타났으며, phenol 종류별 hydroperoxide 생성억제 효과는 BHT > procyanidin B3-3-O-gallate > (+)-gallocatechin > (+)-catechin의 순서로 나타났다. 지방 산화의 결과 발생하는 aldehyde의 함량을 측정함으로서 산화정도를 측정하기 위하여 headspace hexanal 양을 측정한 결과, 대조구는 15일까지 hexanal이 검출되지 않았으나 phenol 첨가구는 20-30일로 headspace aldehyde의 불검출기간이 길어졌으며, 농도가 증가할수록 낮은 함량을 나타내었다. Phenol 종류별 headspacealdehyde 생성억제 효과는 BHT > procyanidin B3-3-O-gallate > (+)-gallocatechin > (+)-catechin의 순서로 나타났다.

## 문 헌

- Yagi K. Lipid peroxides and human diseases. *Chem. Phys. Lipids* 45: 337-341 (1987)
- Buettner GR. The pecking order of free radicals and antioxidants: lipid peroxidation,  $\alpha$ -tocopherol and ascorbate. *Arch. Biochem. Biophys.* 300: 535-543 (1993)
- McClements DJ, Decker EA. Lipid oxidation in oil-in-water

- emulsions: Impact of molecular environment on chemical reactions in heterogeneous food systems. *J. Food Sci.* 65: 1270-1282 (2000)
- Wong DWS, Pavlath AE. Oxidation, pp. 1965-1970. In: *Encyclopedia of Food Science and Technology*. John Wiley & Sons, Inc. New York, NY, USA (1992)
- Ito N, Fukushima S, Hasegawa A, Shibata M, Ogiso T. Carcinogenicity of butylated hydroxy anisole in F 344 rats. *J. Natl. Cancer Inst.* 70: 343-348 (1983)
- Branen AL. Toxicological and anisole and butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene. *J. AOAC* 52: 59-62 (1975)
- Pratt DE, Hudsoa BJF. Natural antioxidant, pp 171-176. In: *Food Antioxidants*. Elsevier, USA (1996)
- Larson RA. The antioxidants of higher plants. *Phytochemistry* 27: 969-973 (1988)
- Choi U, Shin DH, Chang YS, Shin JI. Screening of natural antioxidant from plant and their antioxidative effect. *Korean J. Food Sci. Technol.* 24: 142-148 (1992)
- Ho CT, Lee CY, Huang MT. Phenolic compounds in food, pp. 2-7. In: *Phenolic Compounds in Food and Their Effects on Health II. Antioxidants and Cancer Prevention*. Am. Chem. Soc., Washington, DC, USA (1992)
- Serafini M, Ghiselli A, Ferro-Luzzi A. *In vivo* antioxidant effect of green and black tea in man. *Eur. J. Clin. Nutr.* 50: 28-32 (1996)
- Sadzuka Y, Sugiyama T, Miyagishima A, Nozawa Y, Hirota S. The effects of theanine as novel biochemical modulator on the antitumor activity of adriamycin. *Cancer Lett.* 105: 203-209 (1996)
- Stoner GD, Mykhtar H. Polyphenols as cancer chemopreventive agents. *J. Cell. Biol.* 22: 169-180 (1995)
- Vijaya K, Ananthan S, Nalini R. Antibacterial effect of theaflavin, Polyphenol 60 (*Camellia sinensis*) and Euphorbia hirta on *Shigella* sp. *J. Ethnopharmacol.* 49: 115-118 (1995)
- Ohmori Y, Ito M, Kishi M, Mizutani H, Katada T, Konishi H. Antiallergic constituents from oolong tea stem. *Biol. Pharm. Bull.* 18: 683-686 (1995)
- Hattori M, Namba T, Hara Y. Effect of tea polyphenols on glucosyltansfe rase from *Streptococcus mutans*. *Chem. Pharm. Bull.* 38: 717-720 (1990)
- Yokogoshi H, Kato Y, Sagesaka YM, Takihara MT, Kaguda T, Takeuchi N. Reduction effects of theanine on blood pressure and brain 5-hydroxy indoles in spontaneously hypertensive rats. *Biosci. Biotech. Biochem.* 59: 615-618 (1995)
- Hertog MG, Feskens EJ, Hollman PC, Katan MB, Kromhout D. Dietary antioxidant flavonoids and of coronary heart disease. *Lancet* 342: 1007-1011 (1993)
- Inai K, Nacacji K. Cross sectional study of effect of drinking green tea on cardiovascular and liver diseases. *Br. Med. J.* 310: 693-696 (1995)
- Gomes A, Vedasiromoni JR, Das M, Sharma RM, Ganguly DK. Antihyperglycemic effect of black tea (*Camellia sinensis*) in rat. *J. Ethnopharmacol.* 45: 223-226 (1995)
- Fukuda Y, Nagata M. Chemical aspects of the antioxidative activity of roasted sesame seed oil and the effect of using the oil for frying. *Agric. Biol. Chem.* 50: 857-861 (1986)
- Hudson B, Lewis J. Polyhydroxy flavonoid antioxidants for edible oil phospholipid as synergist. *J. Food Chem.* 19: 537-541 (1987)
- Silvestre MPC, Wilailuk C, Brannan RG, McClements DJ, Decker EA. Ability of surfactant head group size to alter lipid and antioxidant oxidation in oil-in-water emulsions. *J. Agric. Food Chem.* 48: 2057-2061 (2000)
- Cho YJ, McClements DJ, Decker EA. Ability of surfactant micelles to alter the Physical location and reactivity of iron in oil-in-water emulsion. *J. Agric. Food Chem.* 50: 5704-5710 (2002)
- Nuchi CD, Hernandez P, McClements DJ, Decker EA. Ability of lipid hydroperoxides to partition into surfactant micelles and alter lipid oxidation rates in emulsions. *J. Agric. Food Chem.* 50: 5716-5721 (2002)
- Weiss J, Coupland JN, McClements DJ. Solubilization of hydrocarbon droplets suspended in an nonionic surfactant solution. *J.*

- Phys. Chem. 100: 1066-1071 (1996)
27. Cho YJ. Isolation of 3-galloylprocyanidin B<sub>3</sub>, a glucosyltransferase inhibitor from the korean green tea leaves, Agric. Chem. Biotechnol. 43: 273-276 (2000)
28. Dural B, Shetty K. The stimulation of phenolics and antioxidant activity in pea (*Pisum sativum*) elicited by genetically transformed anise root extract. J. Food Biochem. 25: 361-377 (2001)
29. Shanta NC, Decker EA. Rapid, sensitive, iron-based spectrophotometric methods for determination of peroxides values of food lipids. J. AOAC 77: 421-424 (1994)
30. Mancuso JR, McClements DJ, Decker EA. Ability of iron to promote surfactant peroxide decomposition and oxidize alpha-tocopherol. J. Agric. Food Chem. 47: 4146-4149 (1999)
31. Snedecor GW, Cochran GW. Student's t-test, pp. 224-231. In: Statistical Methods. Iowa State University Press, Ames, IA, USA (1989)
32. Coupland JN, Weiss J, Lovy A, McClements DJ. Comparison of the solubilization kinetics of triacylglycerol and hydrocarbon emulsion droplets in a micellar solution. J. Food Sci. 61: 1114-1117 (1996)

---

(2003년 10월 31일 접수; 2003년 12월 17일 채택)