

# Stability and antioxidant effect of rapeseed extract in oil-in-water emulsion

Hua Zhang<sup>1</sup>, Jung-Ah Shin<sup>2</sup>, Soon Taek Hong<sup>2</sup>, Ki-Teak Lee<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Science and Technology, Yanbian University, Yanji 133002, China

<sup>2</sup>Department of Food Science and Technology, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

\*Corresponding author: [ktlee@cnu.ac.kr](mailto:ktlee@cnu.ac.kr)

## Abstract

In this study, rapeseed extracts were obtained by supercritical carbon dioxide fluid extraction of defatted rapeseed to evaluate the stability and antioxidant activity of an oil-in-water (O/W) emulsion system. The oil-in-water emulsions were prepared from stripped soybean oil with different concentrations (0.3, 0.4, 0.5, and 0.6%) of rapeseed extract as an emulsifier. Their emulsion stability was compared to that of emulsions prepared with the commercial emulsifier, Tween 20 (Polysorbate 20, 0.2%). After stripping the soybean oil, the total tocopherol content was reduced from 51.4 g/100 g to 1.1 g/100 g. Emulsion stability and oxidative stability of emulsions prepared with Tween 20 and rapeseed extract as emulsifiers were evaluated. For 30 days droplet sizes of emulsions containing rapeseed extract (0.4, 0.5, and 0.6%) were not significantly different ( $p > 0.05$ ). Similar results were obtained for emulsion stability (ES) and Turbiscan analysis, suggesting that the addition of rapeseed extract increased emulsion stability. The addition of rapeseed extract at more than 0.4% resulted in an emulsion stability comparable to the addition of 0.2% Tween 20. The antioxidative ability of rapeseed extract increased with the amount added in the emulsion. Moreover, the addition of 0.6% rapeseed extract resulted in the lowest emulsion peroxide values (10.3 mEq/L) among all treatments. Therefore, according to the stability of its antioxidative and physical stability properties, rapeseed extract from super critical extraction could be successfully applied to the food and cosmetic industries.

**Keywords:** emulsion stability, oil-in-water, oxidation, rapeseed

## Introduction

유채박에는 단백질, 폴리페놀(polyphenol), phytic acid, 다당류 등의 유용성분 뿐만 아니라 인 지질 함량이 대두와 유사하여 레시틴 생산에 활용이 가능하다(Fattori et al., 1987). 그러나 현재 유채박의 이용은 사료 제조 또는 사료 첨가물로서 제한되고 있는데 이는 자극성이 있는 glucosinolate와 같은 화합물이 존재하는 것이 주요 원인이었다. 한편, 유채박 페놀성분 연구에 따르면 주된 유리 페놀산은 sinapic acid 이었고, 이외 소량의 vanillic, syringic, p-coumaric, ferulic, 그리고 caffeic acid 등이 존재하였다(Krygiel et al., 1992). 이들 페놀성분들은 항산화 물질로 알려져 있다. 한편, Kim et al. (2013)은 유채박을 시료로 표면활성물질을 획득 후 유채박 추출물의 유



## OPEN ACCESS

**Citation:** Zhang H, Shin JA, Hong ST, Lee KT. 2016. Stability and antioxidant effect of rapeseed extract in oil-in-water emulsion. Korean Journal of Agricultural Science 43:249-257.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.7744/kjoas.20160028>

**Editor:** Taek-Keun Oh, Chungnam National University, Korea

**Received:** March 3, 2016

**Revised:** June 9, 2016

**Accepted:** June 13, 2016

**Copyright:** ©2016 Korean Journal of Agricultural Science.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

화성질을 보고하였다. 따라서 산화 안정성에 기여할 수 있는 물질과 인지질 등의 유화 안정성을 가지는 물질들을 같이 함유한 유채박 추출물을 이용한다면 식품 및 화장품 제조 시에 유용할 것으로 생각한다.

유화액(emulsion)의 물리적 안정성과 산화안정성은 식품 및 화장품산업에 중요하다. 유화안정성 측정방법 중 emulsion stability (ES)는 시간에 따른 emulsion 중간층의 탁도 변화를 나타내고(Lima et al., 2009), 터비스칸(turbiscan)은 light scattering 현상을 이용하여 emulsion의 시간 경과와 더불어 불균일화 현상을 transmission (%) 혹은 backscattering (%)으로 측정한다. 한편, 산화 측정법은 1차 산화생성물인 peroxide values (POV) 측정법, 공액이중결합 측정법(conjugated dienoic acid)과 2차 산화생성물인 alkenal 등을 측정하는 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) 및 *p*-anisidine values (*p*-AV) 측정법 등이 있다(Alamed et al., 2009; Di Mattia et al., 2009).

본 연구에서는 유채박 초임계 추출물로 제조된 emulsion의 유화안정성과 산화안정성을 측정하고자 유채박 추출물 함량을 달리하여 emulsion을 제조하고, 향산화 비교실험을 진행하였으며 turbiscan 등을 이용하여 emulsion의 유화안정성을 연구하였다.

## Materials and Methods

### 실험재료

Stripped oil 제조를 위한 activated charcoal (Daejung Chemicals, Seoul, Korea)과 emulsion에서 항균제로 aluminum oxide (Wako Chemical, Osaka, Japan)가 사용되었다. Tween 20, silicic acid, ammonium thiocyanate, barium chloride dihydrate, iron (II) sulfate heptahydrate, trichloroacetic acid 등 표준 시약은 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)의 제품을 사용하였으며, 2,6-di-tert-butyl-4-methyl phenol은 Junsei Chemical (Tokyo, Japan)로부터 구입하였다. Methanol, butanol, hexane 등은 normal-grade를 사용하였다. 유채박은 농촌진흥청 바이오에너지센터(Moan, Korea)에서 제공받았다. Soybean oil은 지역마켓에서 구입하였고 catechin은 일신웰스(Cheongju, Korea)에서 제공하였다.

### 유채박 초임계 추출

Lee et al. (2011)의 방법에 의하여 추출압력(350 bar), 온도(65°C), 보조용매로 에탄올(250 g), CO<sub>2</sub>의 flow rate (L/min) 6으로 하고 추출시간은 2 hr로 하여 표면활성물질을 추출하였다. 이후 Rotary vacuum evaporator (EYELA, N-1000, Tokyo, Japan)와 질소 가스로 용매를 제거하였다.

### Stripped oil 제조 및 지방산과 토코페롤 함량

Soybean oil (20 g)을 80 mL hexane에 희석하여 3.5 g charcoal activated, 20 g aluminum oxide, 20 g silicic acid로 구성된 칼럼에 통과시켜 tocopherol을 제거하였다.

Gas chromatograph (Hewlett-Packard 6890 series, Avondale, PA, USA)를 이용하여 지방산 조성을 분석하였으며 (KFDA, 2009), tocopherol 함량은 high performance liquid chromatograph (HPLC)를 이용하여 확인하였다(KFDA, 2009).

### Emulsion 제조

유상으로는 stripped soybean oil을 사용하였고, 수상으로는 20 mM bis-tris buffer (pH 7)을 사용하였다. 대조군으로써 Tween 20을 유화제로, catechin을 향산화제로 사용하였다. 유채박 초임계 추출물을 끓는 물에 5 min 동안 중탕하였으며 고압균질기(M-110Y, Microfluidics, Newton, MA, USA)를 사용하여 emulsion을 제조하였다(Hong, 2008).

각각의 제조 조건은 다음과 같다. 예비 실험을 통하여 초기 지방구의 droplet size가 비슷한 emulsion을 Table 1과 같은 조건으로 제조하였다. Stripped oil 7 g, buffer 62.86 g, 그리고 0.14 g의 Tween 20을 첨가하고 2000 psi에서 emulsion을 제조 후, 다시 500 psi의 압력을 가하여 응집(flocculation)을 억제한 emulsion을 A로 표시하였고, stripped oil 7 g, buffer 62.86 g, Tween 20 0.14 g을 첨가하고 2000 psi와 500 psi 압력에서 emulsion을 제조한 후 catechin 200 ppm을 첨가한 emulsion을 B로 표시하였다. 한편, stripped oil 7 g, buffer 62.79 g, 유채박 추출물을 0.21 g 첨가하고 3000 psi에서 2 pass와 500 psi에서 제조한 emulsion을 C로 표시하였다. 또한 emulsion D, E, F도 위에 설명한 방법과 같이 Table 1에 제시된 조건에 따라 제조하였다.

**Table 1.** The experimental formulations and conditions of the oil-in-water emulsion.

Samples	Oil (g)	Buffer (g)	Emulsifier (g)	Antioxidant (ppm)	Emulsion preparation conditions
A	7	62.86	0.14 (Tween 20)	0	2000 psi → 500 psi
B	7	62.86	0.14 (Tween 20)	200 (Catechin)	2000 psi → 500 psi
C	7	62.79	0.21 (Extract)	0	3000 psi, 2 pass → 500 psi
D	7	62.72	0.28 (Extract)	0	5000 psi, 2 pass → 500 psi
E	7	62.65	0.35 (Extract)	0	5000 psi, 2 pass → 500 psi
F	7	62.52	0.48 (Extract)	0	5000 psi, 2 pass → 500 psi

### 지방구 크기 측정

Emulsion의 지방구 평균 입자 크기는 입도분석기(Mastersizer, Malvern Instrument, Worcestershire, UK)를 이용하여 emulsion의 volume-surface mean diameter ( $d_{32}$ )를 측정하였다(McClements, 2004).

### Emulsion stability (ES) 측정

Emulsion stability는 Lima et al. (2009)이 제시한 방법을 개선하여 측정하였다. Emulsion stability는 원심분리기(HA1000-3 Hanil Science Industrial Co., Ltd.)를 이용하여 3000 rpm에서 1 hr 회전하면서 15분 간격으로 emulsion 20  $\mu$ L를 취하여 5 mL bis-tris buffer (pH 7)로 희석하고 540 nm에서 UV-spectrophotometer (UV-1700 Shimadzu, Japan)로 측정한 값을 계산하여 표시하였다.

### 터비스칸(turbiscan)을 이용한 emulsion 유화안정성 측정

Turbiscan<sup>®</sup>LAB (Formulacion Co., France)을 이용하여 측정하였다. Emulsion은 실제 농도에서 측정용기(50 mm)에 시료를 기포가 없이 15 mL 담은 후 실험온도는 45°C에서 일정하게 유지 하면서 3일간 multi scans 하였다. 분산안정성에 나타내는 transmission과 backscattering을 동시에 측정하였다.

### Emulsion 산화안정성 측정

Hydroperoxide의 농도는 Mei et al. (1999)의 방법으로 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>표준곡선으로 정량하였다. 20  $\mu$ L emulsion에 3 mL methanol/butanol (2:1, v/v) 혼합용액을 첨가하여 섞은 후 15  $\mu$ L ammonium thiocyanate (3.9 M)와 15  $\mu$ L BaCl<sub>2</sub>(0.1 M)와 FeSO<sub>4</sub>(0.1 M)를 1:1 (v/v)로 혼합하여 얻은 투명한 상등액을 넣어 발색시키고, 실온에서 20 min동안 방치한 뒤 510 nm에서 UV- spectrophotometer를 이용하여 흡광도를 측정하였다. Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS value)의 값은 1,1,3,3-tetraethoxypropane (TEP) 표준물질을 이용한 표준 검량곡선에 의하여 산출하였다.

100  $\mu$ L emulsion에 2% butylated hydroxytoluene (BHT)/EtOH 100  $\mu$ L와 trichloroacetic acid/ thiobarbituric acid (TCA/TBA) 용액을 2 mL 가하고 수욕(90°C)에서 30 min 동안 가열한 다음 냉각수로 냉각 하였다. 시료를 10 min 동안 원심분리(5,000 rpm)한 다음 상등 액의 형광광도를 UV-spectrophotometer로 532 nm에서 측정하였다(McDonald and Hultin, 1987).

## 통계 처리

SPSS (version 16.0, SPSS, Inc., Chicago, Illinois, USA)를 이용하여 Duncan's multiple range test (DMRT)로  $p < 0.05$  수준에서 샘플 간 유의성을 검증하였다.

## Results and Discussion

### Stripped oil 지방산 조성과 tocopherol 함량 변화

Table 2에서 emulsion 제조 시 사용한 유상(soybean oil)의 정제(stripped) 후 지방산 조성 및 tocopherol 함량 변화를 나타내었다. 정제 전과 후를 비교하였을 때 모든 지방산의 조성에 유의적 차이는 없었다( $p > 0.05$ ). 사용된 soybean oil의 지방산 조성은 48.9%의 linoleic acid (C18:2)와 24.1%의 oleic acid (C18:1n9)으로써 이들이 대표적 주요 지방산이었다. 정제 후의 총포화지방산(saturated fatty acids, SFA)은 19.5%로써, 정제 전 18.8%와 유의적 차이가 없었다( $p > 0.05$ ). 토코페롤(tocopherol)은 지용성 비타민의 하나로서 산화방지제로 널리 사용되고 있다. Eldin et al. (2006)은 유지 속에서의 토코페롤 분해 속도는 이성체 종류에 따라 차이가 있는데  $\gamma$ - 또는  $\delta$ -tocopherol이 상대적으로 빠른 감소를 보였다고 보고하였고, 따라서 유지의 자동산화 억제능력이 높은 특정 isomer들은 빠른 감소를 보인다.

**Table 2.** Fatty acid composition and tocopherol content.

		Before Stripped	After Stripped
Fatty acid composition (area %)	C14:0	ND <sup>y</sup>	ND
	C14:1	ND	ND
	C16:0	12.4 $\pm$ 0.1	12.4 $\pm$ 0.5
	C16:1	0.2 $\pm$ 0.0	0.3 $\pm$ 0.1
	C18:0	4.5 $\pm$ 0.1	4.7 $\pm$ 0.0
	C18:1n9	24.1 $\pm$ 0.1	25.8 $\pm$ 0.2
	C18:1n7	1.9 $\pm$ 0.1	2.3 $\pm$ 0.4
	C18:2	48.9 $\pm$ 0.1	47.5 $\pm$ 0.6
	C18:3n6	0.3 $\pm$ 0.1	0.4 $\pm$ 0.0
	C20:1	0.6 $\pm$ 0.	0.6 $\pm$ 0.0
	C18:3n3	6.6 $\pm$ 0.2	5.4 $\pm$ 0.1
	C22:0	0.6 $\pm$ 0.2	0.5 $\pm$ 0.1
	Total saturated fatty acids	18.8 $\pm$ 0.1	19.5 $\pm$ 0.9
	Tocopherol content (g/100 g)	$\alpha$ -T	8.0 $\pm$ 0.0a <sup>z</sup>
$\beta$ -T		1.0 $\pm$ 0.2a	ND <sup>b</sup>
$\gamma$ -T		37.9 $\pm$ 1.5a	0.9 $\pm$ 0.0b
$\delta$ -T		4.5 $\pm$ 0.1a	ND <sup>b</sup>
Total tocopherol		51.4 $\pm$ 1.6a	1.1 $\pm$ 0.1b

<sup>y</sup>ND: not detected.

<sup>z</sup>Different letters within the same row are significantly different at  $p < 0.05$ .

본 실험에서는 유채박 추출물의 산화안정성을 알아보기 위하여 유상인 soybean oil에 함유한 토코페롤 이성체들을 정제(stripped) 과정을 거쳐 분리, 제거하려 하였다. 정제 전 토코페롤 이성체들의 함량은 각각 8.0 mg/100 g ( $\alpha$ -tocopherol), 1.0 mg/100 g ( $\beta$ -tocopherol), 37.9 mg/100 g ( $\gamma$ -tocopherol) 및 4.5 mg/100 g ( $\delta$ -tocopherol)으로 총 토코페롤 함량은 51.4 mg/100 g 이었으나, 정제 후 총 토코페롤 함량은 1.1 mg/100 g soybean oil로 감소되었고, 각 isomer의 함량 모두 유의적 차이를 보였다( $p < 0.05$ ).

## Emulsion 제조와 지방구 크기

Jafari et al. (2007)은 energy density ( $J/m^3$ )가 높음에 따라 emulsion이 더 효율적으로 이루어진다고 하였다. 본 실험에서는 고압 균질기의 압력(psi)를 조절하여 6가지 emulsion을 Table 1와 같은 조건으로 제조하였고 제조된 emulsion A-F의 0일과 30일의 지방구 크기의 변화( $d_{32}$ )를 Table 3에 나타내었다. Emulsion A-E의 0일의 지방구 크기는 0.64에서 0.68  $\mu m$ 를 보였고, emulsion F의 경우 지방구 크기는 0.56  $\mu m$ 로서 다른 emulsion 들과 유의적 차이를 보이면서 작았는데( $p < 0.05$ ) 이는 유화 능력을 가진 유채박이 상대적으로 많이 사용된 이유인 것으로 생각된다. 사용된 유화제 농도가 낮으면 emulsion 시스템의 안정화를 낮추지만, 유화제 농도의 증가는 입자크기를 감소시켜 안정한 emulsion을 형성할 수 있다(McClements, 2004). 따라서 사용된 유화제의 농도가 증가할수록 지방구간의 flocculation은 저하되어 입자의 분산성이 증가된다.

**Table 3.** Changes in average droplet size ( $d_{32}$ ) in oil-in-water emulsions for 30 days of storage.

Sample <sup>z</sup>	Droplet size (0 day)	Droplet size (30 day)	Rate of change <sup>x</sup> (%)
	$d_{32}$ ( $\mu m$ )		
A	0.68 $\pm$ 0.03a <sup>y</sup>	0.69 $\pm$ 0.01a	1.47
B	0.68 $\pm$ 0.03a	0.67 $\pm$ 0.00a	-1.47
C	0.66 $\pm$ 0.02a	0.53 $\pm$ 0.01b	-19.70
D	0.64 $\pm$ 0.05a	0.70 $\pm$ 0.02a	9.38
E	0.64 $\pm$ 0.02a	0.66 $\pm$ 0.02a	3.13
F	0.56 $\pm$ 0.02b	0.51 $\pm$ 0.04b	-8.93

<sup>x</sup>Rate of change = (0 day droplet size-30 day droplet size) / 0 day droplet size  $\times$  100.

<sup>y</sup>Different letters within the same row are significantly different at  $p < 0.05$ .

<sup>z</sup>A: the emulsion with 0.2% Tween 20, B: the emulsion with 200 ppm catechin +0.2% Tween 20, C: the emulsion with 0.3% rapeseed extract, D: the emulsion with 0.4% rapeseed extract, E: the emulsion with 0.5% rapeseed extract, F: the emulsion with 0.6% rapeseed extract.

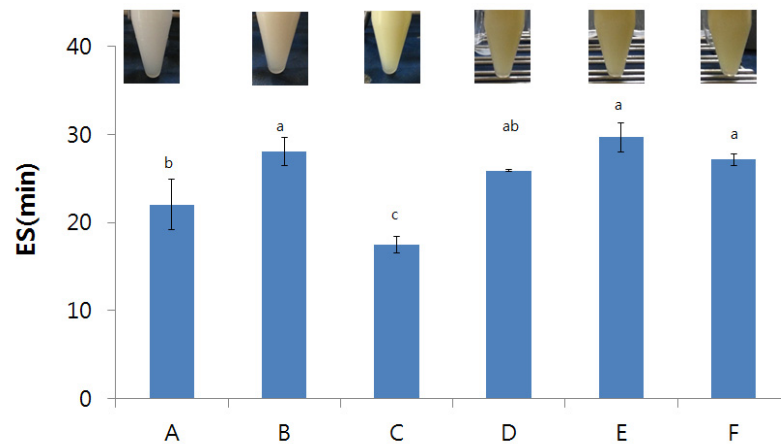
30일 경과 후에는 emulsion A의 지방구 크기( $d_{32}$ )는 0.69  $\mu m$ 로서 0일보다 1.47% 증가하였고 B는 1.47% 감소하였으나 유의적 차이는 보이지 않았다( $p < 0.05$ ). 그러나 emulsion C는 0.53  $\mu m$ 의 입자크기를 보이면서 오히려 19.70% 유의적으로 감소하였고( $p < 0.05$ ), D는 9.38%, E는 3.13%, 증가하였으나 유의적 차이는 없었다( $p < 0.05$ ). 한편, F는 8.93% 감소하였으나 유의적 차이는 없었다( $p < 0.05$ ). 따라서 emulsion C를 제외한 나머지 시료들에서 지방구 크기는 상대적으로 작은 변화를 보이면서 유화 안정성을 보였다.

일반적으로 지방구 크기의 증가는 emulsion 중 지방구의 브라운 운동에 의하여 입자들의 충돌이 일어나고, 지방구의 계면막의 파괴로 flocculation 혹은 coalescence 현상 때문이다. 반면, 지방구의 크기감소는 큰 입자가 생성되는 오스트발트 숙성(Ostwald ripening) 과정 중에 작은 지방구들이 측정 되었을 수 있거나(Dickinson, 1992), 또는 낮은 계면장력 때문일 수 있다(Walstra, 1993).

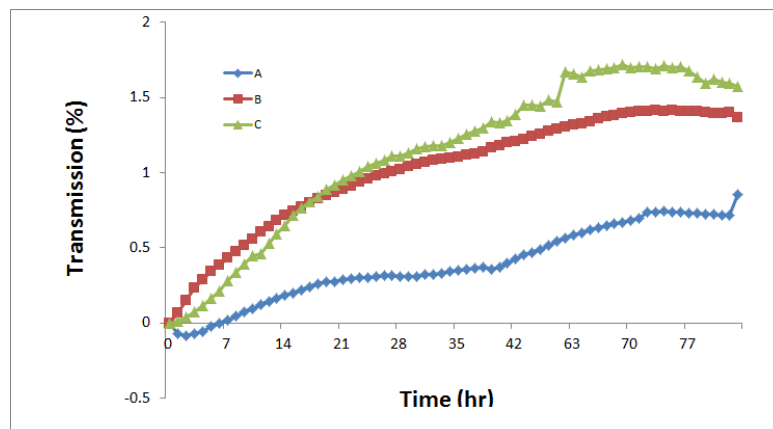
## 에멀전의 유화 안정성

Emulsifier stability (ES)는 유화제가 emulsion을 형성하는 능력을 판단할 수 있는 지표중의 하나인데 이는 droplet size의 변화와도 관계가 있다. Fig. 1에서 Tween 20가 유화제로 사용된 emulsion A와 유채박 추출물(0.21 g, 0.3%)로 만 제조된 emulsion C의 emulsion stability(ES)는 각각 22.0과 17.5를 나타내면서 안정도에 유의적인 차이를 보였지만( $p < 0.05$ ), 유채박 추출물을 0.35 g (0.5%) 첨가하여 제조한 emulsion E의 ES는 29.7을 나타내며 가장 큰 안정성을 보였다. 따라서 추출물의 양이 많이 첨가될수록 유화 안정성이 커지는 경향을 보였다.

Emulsion을 제조한 후 시료 bottom (0.5-10 mm) 부분의 시간에 따른 transmission (%)을 Fig. 2에 나타내어 0.2% Tween 20와 0.3% 유채박 추출물을 첨가하여 만들어진 emulsion A와 C를 비교해 보았다. Emulsion A-C의 transmission은 모두 2% 미만이었고, 상대적으로 emulsion A는 B와 C보다 낮은 값을 보였다(Fig. 2). 지방구 크기결과 및 ES와 turbiscan으로부터의 transmission 결과를 같이 보면 유채박 추출물은 유화능력이 있지만, Tween 20보다는 낮은 것으로 판단된다.



**Fig. 1.** Stability of emulsions. A: the emulsion with 0.2% Tween 20, B: the emulsion with 200 ppm catechin +0.2% Tween 20, C: the emulsion with 0.3% rapeseed extract, D: the emulsion with 0.4% rapeseed extract, E: the emulsion with 0.5% rapeseed extract, F: the emulsion with 0.6% rapeseed extract. <sup>a-c</sup> Values with different letter are significant different ( $p < 0.05$ ).



**Fig. 2.** Transmission (%) of the emulsion.

A (◆): The emulsion with 0.2% Tween 20, B (■): The emulsion with 200 ppm catechin +0.2% Tween 20, C (▲): the emulsion with 0.3% rapeseed extract.

제조된 emulsion C-F bottom (0.5-10 mm) 부분의 시간에 따른 Delta backscattering (BS)을 Fig. 3에 나타내었다. 상대적으로 작은 양의 유채박 추출이 첨가된 emulsion C (0.3%)가 0.4-0.6%의 유채박 추출물이 첨가된 emulsion D-F보다 시간에 따른 BS 값 차이가 컸고, 이는 유채박 추출물의 첨가량이 많아질수록 유화 안정성이 커진 ES의 결과와 유사하였다. 따라서 emulsion D-F bottom 부분의 유화 안정도는 유채박 추출물 0.3% (0.21 g) 사용한 emulsion C가 가장 불안정하였고, emulsion D와 E는 큰 차이를 보이지 않았으며, 유채박 추출물을 0.6% (0.48 g) 사용한 emulsion F는 20 hr까지는 emulsion D와 E의 BS 기울기와 비슷하였으나 이후 가장 안정하였다. 따라서 0.3% 첨가시 보다는 0.6%의 유채박 추출물을 첨가하였을 때 유화 안정성이 커졌음을 알 수 있었다(Fig. 3).

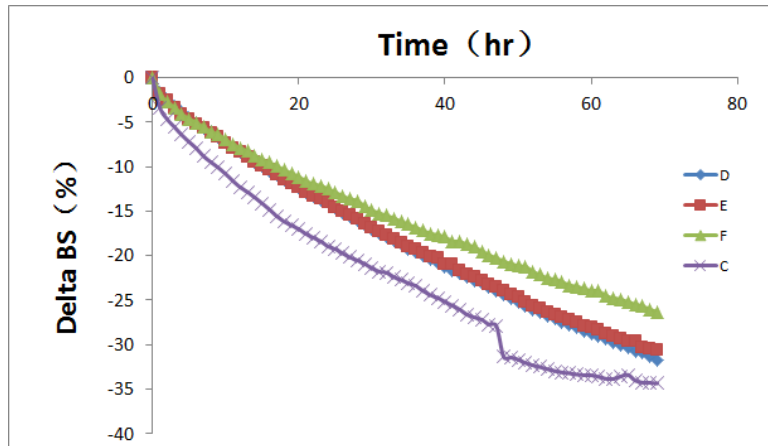
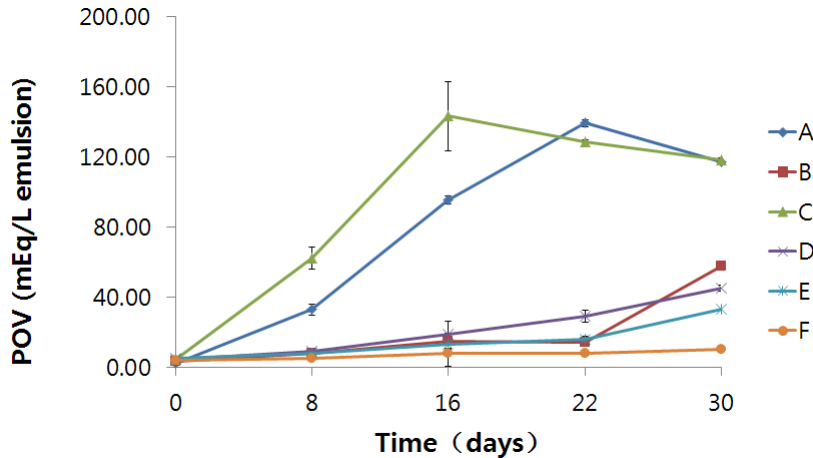


Fig. 3. Delta BS (%) for clarification of the emulsions.

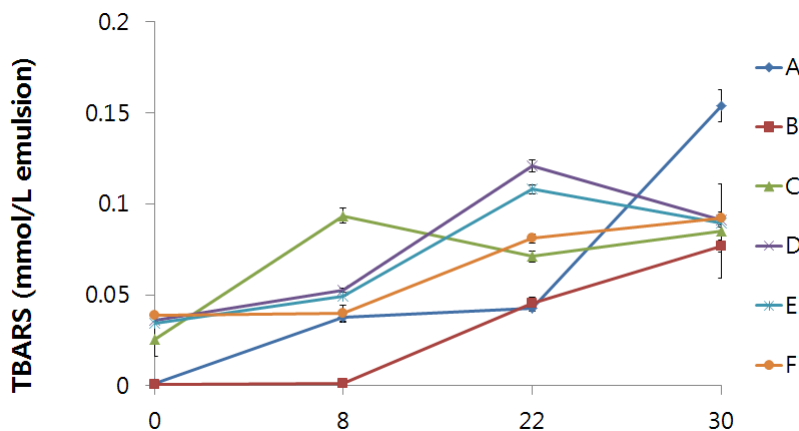
C(X): the emulsion with 0.3% rapeseed extract. D (◆): the emulsion with 0.4% rapeseed extract, E (■): the emulsion with 0.5% rapeseed extract, F (▲): the emulsion with 0.6% rapeseed extract.

### 에멀전의 산화 안정성

제조된 emulsion A-F를 30일간 산화를 진행하면서 hydroperoxide의 변화량을 측정하였다(Fig. 4). 산화가 8일간 진행되었을 때 emulsion A와 C는 각각 32.8와 62.1 mEq/L emulsion을 나타내며 큰 변화를 보였다. 특히, emulsion A의 경우 22일에 139.3 mEq/L emulsion을 나타내며 제일 높은 값을 나타내고 이후 30일에 116.9 mEq/L emulsion을 나타내며 hydroperoxide 값이 감소하였다. 한편, emulsion C는 16일(143.2 mEq/L emulsion)에 제일 높은 값을 나타내고 이후 22일(128.9 mEq/L emulsion)과 30일(118.2 mEq/L emulsion)에 감소하는 경향을 보였다. 이와 같은 hydroperoxide 값의 감소는 산화가 진행되면서 2차 산화산물이 생성되기 시작하였음을 의미한다. Catechin (200 ppm)을 항산화제로 이용한 emulsion B는 22일(13.8 mEq/L emulsion)까지 큰 증가를 보이지 않았으나 30일(57.5 mEq/L emulsion)에는 약 4배 증가하면서 유채박 추출물(0.4%)을 이용한 emulsion D와 큰 차이를 보이지 않았다. Emulsion E와 F는 0일부터 30일까지 4.9-33, 3.7-10.3 mEq/L emulsion의 hydroperoxide 함량을 나타내었다. Fig. 5에서 TBARS 값을 나타내었는데 산화가 30일 진행되었을 때 Tween 20가 유화제로 사용되고 유채박 추출물이 첨가되지 않은 emulsion A는 0.153 mol/L emulsion을 보이며 catechin이나 유채박 추출물이 일정량 사용된 emulsion B (0.076 mol/L emulsion), C (0.085 mol/L emulsion), D (0.091 mol/L emulsion), E (0.090 mol/L emulsion), F (0.092 mol/L emulsion)보다 유의적 차이를 나타내며 높은 값을 나타내었다( $p < 0.05$ ). 결론적으로 유채박 추출물은 유화능력을 가지고 있으면서도 항산화능력을 동시에 보여 천연물질의 사용이 선호되는 O/W emulsion 제조시에 효과적으로 사용될 수 있는 가능성을 보였다.



**Fig. 4.** Changes in hydroperoxide value (POV) for 30 days of oxidation. A: the emulsion with 0.2% Tween 20, B: the emulsion with 200 ppm catechin, C: the emulsion with 0.3% rapeseed extract, D: the emulsion with 0.4% rapeseed extract, E: the emulsion with 0.5% rapeseed extract, F: the emulsion with 0.6% rapeseed extract. Data shown are the average of duplicate samples. Error bars on chart represent standard deviation.



**Fig. 5.** Changes of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) value for 30 days of oxidation. A: the emulsion with 0.2% Tween 20, B: the emulsion with 200 ppm catechin, C: the emulsion with 0.3% rapeseed extract, D: the emulsion with 0.4% rapeseed extract, E: the emulsion with 0.5% rapeseed extract, F: the emulsion with 0.6% rapeseed extract. Data shown are the average of duplicate samples. Error bars on chart represent standard deviation.

## Conclusion

본 실험은 유채박 초임계 추출물 첨가량을 달리하여 제조한 O/W emulsion의 유화 안정성과 산화 안정성을 측정하였다. 30일동안 지방구 크기의 변화, 그리고 emulsion stability와 turbiscan으로 유화 안정성을 측정한 결과 일정량 사용된 유채박 초임계 추출물은 emulsion의 유화 안정성을 향상시켰다. 한편, hydroperoxide와 TBARS값을 측정한 결과 유채박 추출물은 emulsion의 산화 안정성을 증가 시켰는데, 특히 emulsion 제조 시 유채박 추출물을 첨가하면 제조 후 첨가보다 더 우수한 항산화 효과를 나타내었다.



## References

- Alamed J, Chaiyasit W, McClements DJ, Decker EA. 2009. Relationships between free radical scavenging and antioxidant activity in foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57:2969-2976.
- Di Mattia CD, Sacchetti G, Mastrocola D, Pittia P. 2009. Effect of phenolic antioxidants on the dispersion state and chemical stability of olive oil O/W emulsions. *Food Research International* 42:1163-1170.
- Dickinson E. 1992. *An introduction to Food Colloids*. Oxford University Press Oxford. UK.
- Eldin K. 2006. Effect of fatty acids and tocopherols on the oxidative stability of vegetable oils. *European Journal of Lipid Science and Technology* 108:1051-1061.
- Fattori M, Bulley NR, Meisen A. 1987. Fatty acid and phosphorous contents of canola seed extracts obtained with supercritical carbon dioxide. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 35:739-743.
- Hong ST. 2008 Competitive displacement of methylcellulose from oil-water interface by various emulsifiers. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition* 37:1271-1277. [in Korean]
- Jafari SM, He Y, Bhandari B. 2007. Production of sub-micron emulsions by ultrasound and microfluidization techniques. *Journal of Food Engineering* 82:478-488.
- Krygier, K., Sosulski, F. Hogge, L. 1992. Free, esterified and insoluble phenolic acids; Composition of phenolic flour and hulls. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 30:334-336.
- Kim JW, Jeong YS, Lee ES, Gil NY, Kim SS, Kim HH, Kim TY, Lee YH, Jang YS, Lee KT, Hong ST. 2013. Emulsifying properties of Surface-Active Substances from Defatted Rapeseed Cake by Supercritical Carbon Dioxide Extraction. *Journal of Korean Oil Chemists' Society* 30:635-348. [in Korean]
- Korea Food and Drug Administration (KFDA). 2009. *Food Standards Codex*. Korean Foods Industry Association, Seoul, Korea. [in Korean]
- Lima ÁS, Alegre RM. 2009. Evaluation of emulsifier stability of biosurfactant produced by *saccharomyces lipolytica* CCT-0913. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 52:285-290.
- Lee HJ, Lee ES, Hong ST. 2011. Extraction of surface-active substances from defatted rice bran by supercritical carbon dioxide. *Food Engineering Progress* 15:175-181. [in Korean]
- McClements DJ. 2004. *Food Emulsions: Principles, Practice and Techniques*. 2nd ed. CRC press, Boca Raton, FL, USA.
- Mei L, McClements DJ, Decker EA. 1999. Lipid oxidation in emulsions as affected by charge status of antioxidants and emulsion droplets. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47:2267-2273.
- McDonald RE, Hultin HO. 1987. Some characteristics of the enzymatic lipid-peroxidation system in the microsomal fraction of flounder skeletal-muscle. *Journal of Food Science* 52:15-21.
- Walstra P. 1993. Principles of emulsion formation. *Chemical Engineering Science* 48:333-349.