

## Effect of Surfactant Micelles on Oxidation in W/O/W Multiple Emulsion

Woen-Seup Cha\* and Young-Je Cho<sup>1</sup>*Department of Food Engineering, Kyungpook National University, Sangju 742-711, Korea**<sup>1</sup>School of Applied Biosciences, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea*

Received July 12, 2010 / Accepted November 12, 2010

The purpose of this research was to determine the effect of surfactant micelles on lipid oxidation in W/O/W multiple emulsions. The content of ferric iron and hydroperoxide in the continuous phase in W/O/W multiple emulsions was measured as a function of Brij micelle. The concentration of ferric iron and hydroperoxide in the continuous phase increased with increased storage time (1~6 days). Lipid oxidation rates, as determined by the formation of lipid hydroperoxides, TBARs and headspace hexanal, in the W/O/W multiple emulsions containing ferric iron decreased when 3% surfactant micelles were exceeded. These results indicate that excess surfactant micelles could alter the physical location and prooxidant activity of iron in W/O/W multiple emulsions.

**Key words** : W/O/W multiple emulsion, surfactant micelles, iron, lipid oxidation

## 서 론

대부분의 가공 식품에서, 지방은 surfactant로 안정하게 분산되어 유화된 형태로 존재한다. 유화식품의 산화는 prooxidant의 농도, prooxidant의 존재 위치 및 유화된 지방구 경계면의 상태를 포함한 여러 요인에 의해 좌우된다[18].

철은 물과 기름에 가용성으로 알려져 있으며[19], lipid radical을 생성하는 peroxide의 산화적 분해를 촉진한다[2,7]. 특히 ferric iron은 prooxidant로서 유화식품 안에 지방산화를 촉진시킬 만큼 충분히 자연적으로 존재하고 있다. Ferric iron의 가용성은 pH에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있으나[15,16], 유화액 안에서의 존재 형태에 대해서는 잘 이해되어져 있지 않다.

종래의 유화기법에서는 대부분 수상 내에 오일 및 유용성 생리활성 성분을 주로 비이온성의 짧은 사슬을 갖는 계면활성제로 인한 단일막(uni-layer)으로 둘러싸여 안정화시키거나, 유상 내 물 및 수용성 생리활성성분들을 오일과 상대적으로 큰 친유기와 그에 비해 작은 친수기를 갖는 유화제와 오일의 점도를 형성시키는 점증제를 이용하여 안정화 시키는 것들이 대부분이었다. 이들은 W/O 형인 경우에는 유용성 생리활성 성분들을 주로 안정화시킬 수 있고, O/W 형인 경우에는 수용성 생리활성 성분들을 주로 안정화시킬 수 있었으며, 주로 비이온성의 짧은 사슬을 갖는 계면활성제로 이루어진 단일막으로 안정화되는 상태여서 입자간의 강한 인력으로 인해 입자 및 그 입자에 안정화된 약리물질들이 유리되고, 열이나 공기에 의해 산화되어 그 안정성을 유지하기가 어려웠다. 그러나

다중에멀전은 하나의 내상과 그것을 둘러싸고 있는 또 하나의 연속상으로 이루어진 에멀전과는 달리 하나의 내상과 그것을 둘러싸고 있는 연속상과 그것을 다시 둘러싸고 있는 또 하나의 연속상이 존재하여 3상이 적절한 균형을 이루고 있어 구조의 안정화를 이룰 수 있다[10,11]. 이에 최근에는 수용성 및 유용성 유효성분의 안정화 및 지속성 등의 모든 문제를 개선하기 위해 W/O/W 또는 O/W/O 형태의 multiple emulsion 및 리포솜 형태로 사용되고 있으며, 이는 외부 환경 변화에 강하고 수분 및 유효성분의 유리를 다중막의 구조에 의해 최대한 억제하여 더욱 우수한 안정성을 나타낼 수 있다. 특히 에멀전 입자 안에 수용성 생리활성 성분뿐만 아니라 유용성 생리활성 성분의 포집이 가능하다는 장점이 있다[6,9,12-14,20].

유화액에서 유화된 지방구를 구성하지 않는 잉여의 계면활성제는 continuous phase에서 surfactant micelle을 구성하고 있으며, 이들 surfactant micelle들은 유화액의 지방구의 구성 성분들을 지방구 바깥쪽의 continuous phase로 녹여낼 수 있는 것으로 이해되어지고 있다[22]. 또한 그런 역할은 계면활성제의 형태와 농도에 좌우된다[23]. 그러므로 이러한 surfactant micelle에 의한 prooxidant의 전이에 의한 산화활성감소 기작으로 인해 emulsion에서 지방산화를 저해할 수 있는 잠재력을 가지고 있다고 추측할 수 있다.

그러므로 본 연구에서는 prooxidant로서 ferric iron을 첨가한 W/O/W multiple emulsion에서 surfactant micelle에 의한 continuous phase로의 ferric iron 및 hydroperoxide의 전이 정도와 지방 산화의 변화를 살펴보았다.

## 재료 및 방법

## 시약 및 재료

Brij72, imidazole, ferric chloride, ferrous sulfate, citric

## \*Corresponding author

Tel : +82-54-530-1262, Fax : +82-54-530-1269

E-mail : wscha@knu.ac.kr

acid, ferrozine, hydroxylamine-hydrochloride, barium chloride, ammonium thiosulfate와 sodium acetate 등은 Sigma Chemical Co. (St. Louis, MO, USA)에서 구입해서 사용하였고, methanol, butanol, isooctane 및 isopropanol 등은 Fisher Scientific (Fair Lawn, NJ, USA)에서 구입하여 사용하였으며, 기타 시약은 특급 시약을 사용하였고, 초자기구는 사용하기 전에 진한 황산으로 씻은 뒤 2차 증류수로 행군 후 건조시켜 사용하였다.

Surfactant micelle의 제조

Surfactant micelle은 Brij72를 사용하여 10 mM citrate buffer를 이용하여 Cho 등[5]이 hydroperoxide 전이에 최적조건이라고 보고한 최종 농도 3%, pH 3.0으로 조절하여 제조하였다. Surfactant micelle은 자석교반기 위에서 micelle을 형성시키기 위해 10분간 교반 시키고 pH를 정확하게 조절하였다[4].

W/O/W multiple emulsion 제조

Table 1과 같이 유상phage에 1차 수상phage를 첨가한 후 80°C로 유지시키고, 3,000 rpm에서 3분간 1차 homogenization 시켜 W/O type의 emulsion을 제조한 후 점증제와 2차 수상phage를 넣고 3,000 rpm에서 3분간 2차 homogenization 시켰다. Homogenization 시킨 액은 45°C까지 냉각시키고 vacuum pumping cooling하여 W/O/W multiple emulsion액을 제조한 후(Fig. 1), FeCl<sub>3</sub>용액(산화촉진제)을 emulsion액에 첨가하고 30분간 교반하여 W/O/W type의 emulsion을 제조하였다.

현미경 및 주사투과전자현미경 관찰

W/O/W multiple emulsion의 입자안정성을 관찰하기 위하여 현미경(Olympus BX 51, Japan)을 이용하여, 입자를 관찰하였으며, W/O/W multiple emulsion의 2상과 3상의 입자 사이즈를 측정하기 위하여 주사투과전자현미경(scanning transmission electron microscope CM200, philips, Netherlands)을 이용하여 입자 사이즈를 관찰하였다.

Table 1. The experimental formulation of the W/O/W multiple emulsion

Phage	Ingredient	Contents (%)
Oil	Caprylic/capric acid triglyceride	10.0
Emulsifier	Brij 72	3.0
1st. Water Component	DI-water Glycerin	10.0 1.0
2nd. Water Component	DI-water Butylene glycol and glycerin	68.0 3.0
Thickener	Carboxyvinylpolymer	5.0
Total	-	100.0

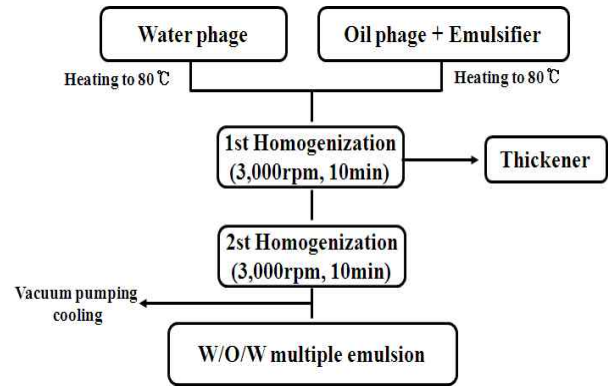


Fig. 1. Procedure of the W/O/W multiple emulsion.

Continuous phase의 분리

Continuous phase의 분리를 위하여, emulsion을 원심분리기를 이용하여 14,600× g로 10°C에서 30분간 원심분리 시킨 후, 상정액을 18 gauge needle을 가진 5 ml disposable syringe를 사용하여 continuous phase를 분리하였다.

Ferric iron 농도 측정

Ferric iron 농도는 Fukuzawa와 Fujii의 방법[8]으로 측정하였다. Continuous phase 용액 1 ml에 10% hydroxylamine-hydrochloride/2 N HCl 1 ml를 첨가하여 실온에서 15분간 환원시킨 뒤, 10 mM buffer 1 ml를 첨가하고, 9 mM ferrozine 0.5 ml를 첨가한 후 10분간 방치시켜 발색시켰다. 발색 후 562 nm에서 흡광도를 측정하였으며, ferric iron의 농도는 표준곡선을 이용하여 환산하였다.

Hydroperoxide의 측정

Hydroperoxide는 Shanta와 Decker의 방법[21]으로 정량하였다. 유화액 0.3 ml에 isooctane/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. 원심분리된 상정액을 0.2 ml 분취한 후 methanol/butanol (2:1, v:v)용액 2.8 ml를 가하여 잘 섞어주었다. 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 표준곡선으로 환산하였다.

Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) 측정

TBARS는 Buege와 Aust의 방법[1]에 따라 측정하였다. 1% linoleic acid와 1% Tween 40으로 emulsion을 만들고 emulsion 0.8 ml와 200 µg/ml 농도의 시료 0.2 ml를 섞은 후 50°C water bath에서 10시간 반응시켰다. 반응 후 반응액 1 ml에 TBA reagent 2 ml를 가하고 15분간 boiling한 다음 10분간 냉각시킨 후 15분간 1,000 rpm (vision, VS-5500N)으로 원심분리하

고, 실온에서 10분간 방치 후 상등액을 532 nm에서 흡광도를 측정하였으며, TBARS 값은 1 ml 반응혼합물에 대해서 생성된 1,1,3,3-tetraethoxy propane (TEP)의  $\mu\text{M}$ 로 표시하였다.

#### Headspace aldehyde의 측정

Headspace aldehyde는 Mancuso 등의 방법[17]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  $110^{\circ}\text{C}$ , bath 온도는  $55^{\circ}\text{C}$ , pressurization 10초, venting 10초, 그리고 injection 시간이 1분이었다. Headspace aldehyde의 분리는  $65^{\circ}\text{C}$ 에서 HP methyl silicone (DB-1) fused silica capillary column으로 분리되었다. 이때 injector 온도는  $180^{\circ}\text{C}$ 이었고, flame ionization detector 온도는  $250^{\circ}\text{C}$  이었다.

### 결과 및 고찰

#### W/O/W multiple emulsion 입자 확인

W/O/W multiple emulsion을 400배 배율로 관찰한 결과 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 입자의 분산 및 분리 없이 안정하며, 3상이 뚜렷하게 포집되어 있었다. W/O/W multiple emulsion의 입자사이즈를 측정하기 위하여 주사투과전자현미경을 이용하여 측정한 결과, 2상은 80~120 nm의 구형입자가 형성되어 있었고, 최내각상인 3상은 직경이 20~50 nm로 내부에 안정하게 형성되어 있음을 알 수 있었다. 또한 실험이 진행되는 동안 사이즈의 변화 없이 입자가 그대로 유지됨을 관찰할 수 있었다.

과량의 surfactant 첨가가 W/O/W multiple emulsion의 surfactant micelle 형성에 미치는 영향

과량의 surfactant의 첨가가 W/O/W multiple emulsion에

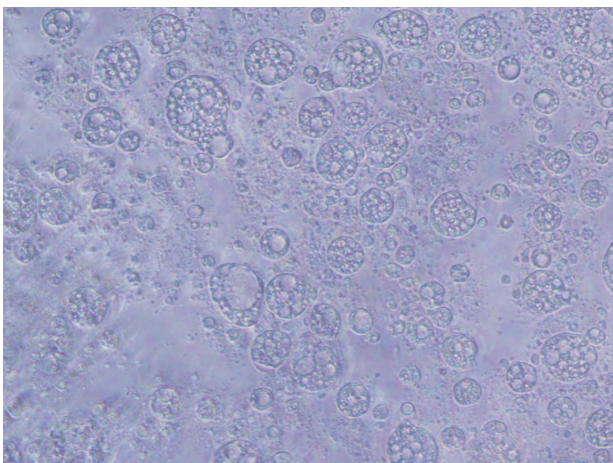


Fig. 2. Microscopic aspect of the W/O/W multiple emulsion ( $\times 400$ ).

서 surfactant micelle 형성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 제조된 W/O/W multiple emulsion에 과량의 surfactant를 3%의 농도로 추가로 첨가하여, continuous phase를 구성하는 surfactant micelle의 volume을 살펴본 결과 Table 2에서와 같이 대조구의 6 ml/100 ml emulsion에 비하여 과량의 surfactant를 첨가한 경우 8 ml/100 ml emulsion로 continuous phase의 volume이 다소 많아지는 것을 확인할 수 있었다. 이는 유화액에서 유화된 지방구를 구성하지 않는 잉여의 surfactant는 continuous phase에서 surfactant micelle을 구성하여 존재하는 것으로 판단되었다[5]. W/O/W emulsion의 continuous phase의 surfactant micelle의 양이 많지 않은 것은 W/O/W emulsion의 경우 첨가된 surfactant로 인해 multiple emulsion이 하나의 내상과 그것을 둘러싸고 있는 연속상과 그것을 다시 둘러싸고 있는 또 하나의 연속상으로 3상이 적절한 균형을 이루어 구조의 안정화를 이루는데 첨가된 surfactant가 재배열되고, 이중막으로 둘러싸여 안정화가 더욱 견고해 지는데 활용되기 때문인 것으로 추정하였으며[10,11], 이와 같은 emulsion droplet의 안정화 등에 관하여서는 더 많은 연구가 진행되어야 할 것으로 판단되었다.

W/O/W multiple emulsion으로부터 continuous phase로 ferric iron의 전이에 미치는 surfactant micelle의 영향

W/O/W multiple emulsion으로 부터 continuous phase로 prooxidant로 첨가된 ferric iron의 전이에 미치는 Brij micelle의 영향을 알아보기 위하여 잉여의 Brij를 첨가한 emulsion과 Brij를 첨가하지 않은 emulsion을 실온에서 6일간 저장하며 continuous phase로 전이된 ferric iron의 양을 측정한 결과 Fig. 3에서와 같이 W/O/W multiple emulsion의 경우 대조구에 비해 Brij가 첨가된 emulsion에서 continuous phase로 전이되는 ferric iron의 농도가 다소 높아지는 것을 알 수 있었으며, 이는 과량 첨가된 잉여의 계면활성제가 micelle을 형성하여 continuous phase로 위치가 바뀌면서 micelle 내부에 ferric iron을 함유하고 있는 것으로 추측이 되며, 이는 유화식품에 존재하는 철 이온들이 잉여의 계면활성제에 의해 그 존재 위치가 변해 유식식품의 산화작용에 영향을 미칠 수 있을 것이라 판단되었다. 조 등[3,5]이 O/W emulsion에서 과량의 Brij가 첨가된 emulsion에서 continuous phase로 ferric iron이 전이되고, 이러한 현상이 oil droplet에서의 산화반응에 영향을 미친다고 보고한 것과 비교하면 W/O/W multiple emulsion에

Table 2. The volume of continuous phase in W/O/W multiple emulsions

Emulsion type	Brij	Volume of continuous phase (ml/100 ml emulsion)
W/O/W	None	6
	added 3% Brij	8

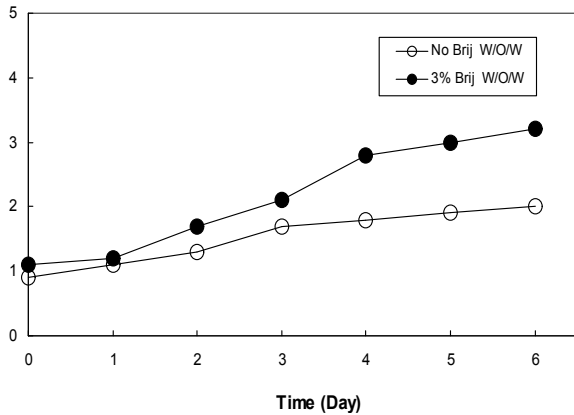


Fig. 3. The content of translated ferric iron to continuous phase from W/O/W multiple emulsion. \* Data markers represent average (n=3).

서는 continuous phase로 전이되는 ferric iron의 농도가 O/W emulsion에서 보다 상대적으로 낮은 것을 알 수 있었다.

W/O/W multiple emulsion으로부터 continuous phase로 hydroperoxide의 전이에 미치는 surfactant micelle의 영향

W/O/W multiple emulsion으로부터 continuous phase로 산화과정 중 생성되는 hydroperoxide의 전이에 미치는 Brij micelle의 영향을 알아보기 위하여 잉여의 Brij를 첨가한 emulsion과 Brij를 첨가하지 않은 emulsion을 실온에서 6일간 저장하며 continuous phase로 전이된 hydroperoxide의 양을 측정하여 Fig. 4에서와 같이 W/O/W multiple emulsion의 경우 대조구에 비해 Brij가 첨가된 emulsion에서 continuous phase로 전이되는 hydroperoxide의 농도가 높아지는 것을 알 수 있었으며, 이는 잉여의 계면활성제에 의해 형성된 micelle이 생성된 hydroperoxide의 일부를 함유하여 continuous phase로 전이 시킨 것으로 생각되며, 이러한 결과는 Shanta 등[21]이 유화액에 첨가된 surfactant micelle에 의해 con-

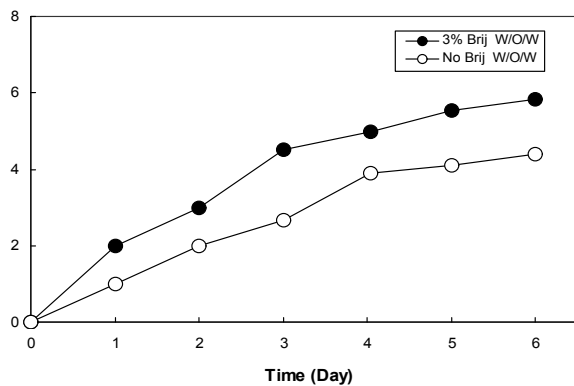


Fig. 4. The content of translated hydroperoxide to continuous phase from W/O/W multiple emulsion. \* Data markers represent average (n=3).

tinuous phase로 hydroperoxide의 전이가 일어나고 이로 인해 산화가 지연된다는 보고와 같은 결과를 W/O/W emulsion에서도 확인할 수 있었다.

Prooxidan로 ferric iron이 첨가된 W/O/W multiple emulsion에서 산화에 미치는 Brij micelle의 영향

첨가된 과량의 Brij micelle에 의한 continuous phase로의 ferric iron 전이가 W/O/W multiple emulsion의 산화적 안정성에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 ferric iron이 첨가된 W/O/W multiple emulsion을 제조하고 과량의 3.0% Brij micelle을 첨가하여 pH 3.0에서 저장하며 산화정도를 관찰하였다. 3.0% Brij micelle을 첨가한 W/O/W multiple emulsion의 hydroperoxide, TBA value와 headspace hexanal을 측정하여, 저장 전 기간에 걸쳐 Brij를 첨가한 W/O/W multiple emulsion이 첨가하지 않은 대조구에 비해 hydroperoxide, TBA값 및 headspace hexanal의 양이 낮게 측정되었다(Fig. 5~7). Brij micelle을 첨가한 경우, Fig. 5에서와 같이 저장 6일째 hydroperoxide의 농도는 대조구인 Brij 무첨가 W/O/W emulsion의 13  $\mu\text{M}$ 에 비하여 9  $\mu\text{M}$ 로 hydroperoxide 생성량이 줄어드는 것이 관찰되었으며, 또한 Brij 무첨가군과 3.0% 첨가한 W/O/W emulsion의 경우 Brij 무첨가 O/W emulsion에 비해서 저장기간 내내 낮은 hydroperoxide의 수치를 나타내어 W/O/W emulsion type이 O/W emulsion type에 비해 높은 산화억제력을 가지는 것으로 판단되었다. 또한 저장 6일째 TBA값은 대조구인 Brij 무첨가 W/O/W emulsion의  $0.9 \times 10^2 \mu\text{M}$ 에 비하여  $0.5 \times 10^2 \mu\text{M}$ 로 TBA값이 줄어드는 것이 관찰되었으며, 또한 저장 6일째 Brij 무첨가 O/W emulsion의  $2.2 \times 10^2 \mu\text{M}$ 에 비하여 낮은 수치를 나타내었다(Fig. 6). 이러한 결과는 앞의 hydroperoxide의 측정 결과와 같은 패턴을 나타내었다. Headspace hexanal의 경우 Fig. 7에서와 같이 W/O/W emulsion의 경우 저장기간이 경과되어도 hexanal은

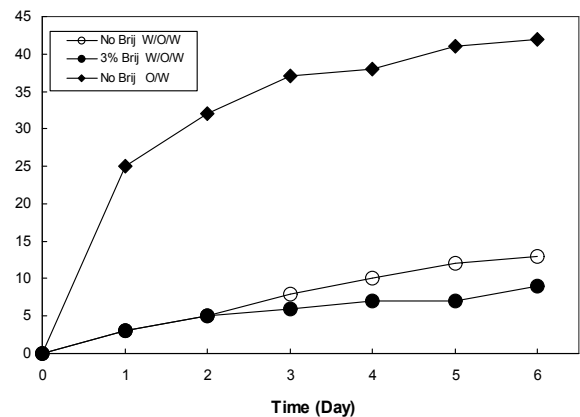


Fig. 5. The concentration of hydroperoxide from W/O/W multiple emulsion for storage time at pH 3.0. \* Data markers represent average (n=3).

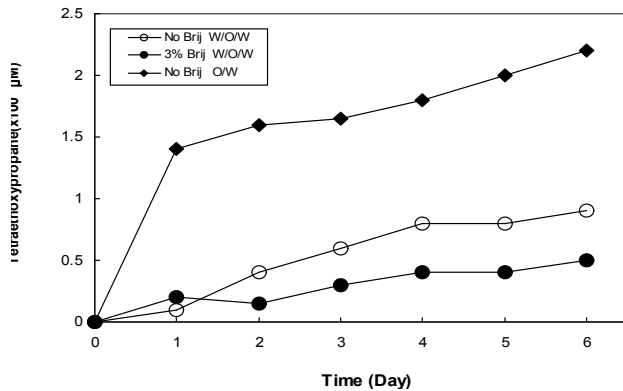


Fig. 6. The concentration of TBA value from W/O/W multiple emulsion for storage time at pH 3.0. \* Data markers represent average (n=3).

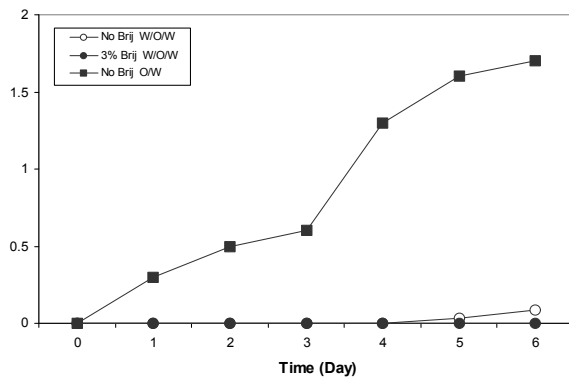


Fig. 7. The concentration of headspace hexanal from W/O/W multiple emulsion for storage time at pH 3.0. \* Data markers represent average (n=3).

거의 생성되지 않는 것으로 나타났다. W/O/W multiple emulsion의 저장 기간 중 생성되는 hydroperoxide와 TBA value가 대조구에 비해 낮은 것은 앞의 실험결과에서 보듯이 ferric iron이 유화액으로부터 continuous phase로 ferric iron의 전이가 활발히 일어나고[5] 이로 인해 유화액에서 산화에 관여하는 ferric iron의 양이 감소함으로 인해 hydroperoxide와 TBA 및 headspace hexanal의 양이 낮은 것으로 추측하였으며, 첨가된 surfactant로 인해 multiple emulsion이 내상과 연속상, 그것을 다시 둘러싸고 있는 또 하나의 연속상으로 3상의 구조를 이룰 때 emulsion의 droplet 안에서 첨가된 surfactant가 재배열되면서 이중막구조 안에서 또 다른 micelle의 구조가 형성이 되고[10,11] 이들 micelle 구조 안에 첨가된 ferric iron이 전이가 되어 직접적으로 prooxidant로서 oil droplet에 미치는 영향이 줄어들기 때문인 것으로 추측하였다. 따라서 multiple emulsion 내에서 surfactant micelle이 prooxidant인 ferric iron의 전이에 영향을 미치는 것으로 확인되었으며, 이는 W/O/W multiple type의 emulsion을 식품에 적용시킴으로써, 유화식품의 산화를 지연시키는 기작에 추가시킬 수 있

을 것으로 생각된다. 또한 과량으로 첨가된 surfactant의 W/O/W multiple emulsion 내에서의 존재 형태에 대해서도 추후 연구가 진행되어야 할 필요가 있을 것으로 생각되었다.

## 감사의 글

이 논문은 2008년도 경북대학교 학술연구비에 의하여 연구되었음.

## References

- Buege, J. A. and S. D. Aust. 1978. Microsomal lipid peroxidation. *Method Enzymol.* **105**, 302-310.
- Buettner, G. R. 1993. The pecking order of free radicals and antioxidants: lipid peroxidation,  $\alpha$ -tocopherol and ascorbate. *Arch. Biochem. Biophys.* **300**, 535-543.
- Cho, Y. J., J. Alamed, D. J. McClements, and E. A. Decker. 2003. Ability of chelators to alter the physical location and prooxidant activity of iron in oil-in-water emulsion. *J. Food Sci.* **68**, 1952-1957.
- Cho, Y. J., S. S. Chun, and E. A. Decker. 2002. Effect of surfactant micelles on lipid oxidation in oil-in-water emulsion containing soybean oil. *Korean J. Food Sci. Technol.* **34**, 770-774.
- Cho, Y. J., D. J. McClements, and E. A. Decker. 2002. 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.
- Dahms, G. H., H. Seidel, and A. H. Jung. 2002. Targeted penetration and release of ascorbic acid by the use of multiple phase technology. *J. Cosmet. Sci.* **53**, 293-296.
- Donnelly, J. L., E. A. Decker, and D. J. McClements. 1998. Iron-catalyzed oxidation of Menhaden oil as affected by emulsifiers. *J. Food Sci.* **63**, 997-1000.
- Fukuzawa, K. and T. Fujii. 1992. Peroxide dependent and independent lipid peroxidation site-specific mechanisms of initiation by chelated iron and inhibition by  $\alpha$ -tocopherol. *Lipids* **27**, 227-233.
- Jiao, J., D. G. Rhodes, and D. J. Burgess. 2002. Multiple emulsion stability: pressure balance and interfacial film strength. *J. Colloid Interface Sci.* **250**, 444-450.
- Ju, J. Y. 2001. Cosmetic product and its manufacturing method using water in oil in gel network system. *Korea. Institute of Patent Information.* 10-2001- 007598, p2.
- Jung, T. H., S. H. Kang, C. G. Han, W. Y. Sung, and D. G. Kim. 2004. Cosmetic composition having water in oil in water type multiple emulsion phase using a hydrophobically modified polyfructose as a polymeric emulsifier and manufacturing method. *Korean Institute of Patent Information.* 10-2004-0074136, p3.
- Kato, A., M. Arakawa, T. Kondo, and S. Matsumoto. 1984. Preparation and stability of liposome-type artificial red blood cells stabilized with carboxymethylchitin. *J. Microencapsul.* **1**, 105-112.

13. Khan, A. Y., S. Talegaonkar, Z. Iqbal, F. J. Ahmed, and R. K. Khar. 2006. Multiple emulsions: an overview. *Curr. Drug Deliv.* **3**, 429-443.
14. Lee, C. E. and N. H. Baek. 1997. The formulation on the cosmetics prepared by the multiple liquid crystal and liposome emulsion and its manufacturing method. *Korea Institute of Patent Information*. 10-1997-0015992, p2.
15. Mancuso, J. R., D. J. McClements, and E. A. Decker. 1999. Ability of iron to promote surfactant peroxide decomposition and oxidize  $\alpha$ -tocopherol. *J. Agric. Food Chem.* **47**, 4146-4149.
16. Mancuso, J. R., D. J. McClements, and E. A. Decker. 2000. Iron-accelated cumen hydroperoxide decomposition in hexadecane and trilaurin emulsions. *J. Agric. Food Chem.* **48**, 213-219.
17. Mancuso, J. R., D. J. McClements, and E. A. Decker. 1999. The effects of surfactant type, pH, and chelators on the oxidation of salmon oil-in-water emulsions. *J. Agric. Food Chem.* **47**, 4112-4116.
18. McClements, D. J. and E. A. Decker. 2000. Lipid oxidation in oil-in-water emulsions: Impact of molecular environment on chemical reactions in heterogeneuous food systems. *J. Food Sci.* **65**, 1270-1282.
19. Mei, L., E. A. Decker, and D. J. McClements. 1998. Evidence of iron association with emulsion droplets and its impact on lipid oxidation. *J. Agric. Food Chem.* **46**, 5072-5077
20. Morimoto, Y., K. Sugibayashi, Y. Yamaguchi, and Y. Kato. 1979. Detoxication capacity of a multiple (W/O/W) emulsion for the treatment of drug overdose: drug extraction into the emulsion in the gastro-intestinal tract of rabbits. *Chem Pharm Bull.* **27**, 3188-3192.
21. Shanta, N. C. and E. A. Decker. 1994. Rapid, sensitive, iron-based spectrophotometric methods for determination of peroxides values of food lipids. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* **77**, 421-424.
22. Silvestre, M. P. C., C. Wilailuk, R. G. Brannan, D. J. McClements, and E. A. Decker. 2000. Ability of surfactant head group size to alter lipid and antioxidant oxidation in oil-in-water emulsions. *J. Agric. Food Chem.* **48**, 2057-2061.
23. Weiss, J., J. N. Coupland, and D. J. McClements. 1996. Solubilization of hydrocarbon droplets suspended in an nonionic surfactant solution. *J. Phys. Chem.* **100**, 1066-1071.

---

초록 : Surfactant micelle이 W/O/W multiple emulsion의 산화에 미치는 영향

차원섭\* · 조영제<sup>1</sup>

(경북대학교 식품공학과, <sup>1</sup>경북대학교 응용생명과학부)

W/O/W multiple emulsion의 산화에 미치는 surfactant micelle의 영향을 규명하기 위하여 W/O/W multiple emulsion에서 continuous phase로 전이되는 ferric iron의 양과 hydroperoxide의 양을 측정 한 결과, continuous phase로 전이된 ferric iron과 hydroperoxide의 양은 첨가한 과량의 surfactant micelle에 의해, 저장기간이 길어질 수록 증가하였다. Ferric iron을 함유한 W/O/W multiple emulsion의 지방산화 정도는 hydroperoxide와 TBA값 및 headspace hexanal을 측정하여 살펴본 결과 과량의 surfactant에 의해 산화는 감소하였다. 이상의 결과로 첨가된 과량의 surfactant에 의해 W/O/W multiple emulsion에서 prooxidant로 작용하는 ferric iron의 위치가 변화되어 산화를 줄일 수 있을 것으로 판단하였다.