

## 오일 극성도에 따른 에멀전의 점도와 유기개념도에 의한 해석

김정일<sup>†</sup> · 김현동

광주여자대학교 제약향장학과  
(2014년 10월 28일 접수; 2014년 11월 17일 수정; 2014년 11월 18일 채택)

### Emulsion Viscosity with Oil Polarity and Interpretation by Organic Conceptual Diagram

Jung-il Kim<sup>†</sup> · Hyun-dong Kim

*Department of Pharmaceutical Cosmetics, Gwangju Women University,  
201, Yeodae-gil, Gwangsan-gu, Gwangju, 506-713, Korea  
(Received October 28, 2014; Revised November 17, 2014; Accepted November 18, 2014)*

**요약** : 에멀전은 섞이지 않은 두 물질을 분산시스템으로 혼합시켜 놓은 것이다. 에멀전의 점도에 영향을 미치는 인자는 유화입자 크기, 연속상 및 분산상 종류, 연속상과 분산상의 비, 유화제 종류 및 유화기기 등 다양한 요소들이 있다. 본 연구에서는 오일 극성도에 따라 에멀전의 점도 변화를 관찰하였고 이를 유기개념도를 이용하여 해석하였다. 탄화수소계, 에스테르계 및 실리콘계 오일을 사용하여 에멀전을 제조하여 점도를 측정하였다. 오일 극성도가 높을수록 계면에 위치하는 유화제 및 유화안정제의 양이 적어지기 때문에 점도는 감소하였다. 극성 오일간 극성도를 수치적으로 비교하기 위해 유기개념도 이용하였으며 유기개념도상의 해석과 에멀전의 점도 측정 결과가 실리콘 오일을 제외하고는 모두 일치하였다.

*주제어* : 에멀전, 점도, 오일, 극성도, 유기개념도

**Abstract** : Emulsions are a class of disperse systems consisting of two immiscible liquids. Emulsions are affected by the size of oil drop, the type of continuous and disperse phase, the ratio of continuous and disperse phase, the type of emulsifiers and emulsification devices. This study is to observe the viscosity of emulsions with oil polarities and interpret the results by organic conceptual diagram. The emulsions were made with hydrocarbon, ester and silicone oils and then the viscosity of emulsions was measured. As the oil polarity was increased, the viscosity of emulsion was decreased by reducing the amount of emulsifiers and emulsion stabilizers arranged at interface. Organic conceptual diagram was used to compare the polarities among oils numerically. The interpretation of organic conceptual diagram and the results of experimental measurement were corresponded except emulsion made with silicone oil.

*Keywords* : Emulsion, Viscosity, Oil, Polarity, Organic conceptual diagram.

<sup>†</sup>Corresponding author (E-mail: [kjigosin@kwu.ac.kr](mailto:kjigosin@kwu.ac.kr))

## 1. 서론

에멀전은 물과 오일처럼 섞이지 않는 두 물질을 혼합시켜 높은 분산시스템으로 열역학적으로 불안정한 형태이다. 이러한 에멀전은 기계공학, 식품공학, 화장품 및 제약 산업에서 넓게 응용되고 있다 [1-2]. 에멀전의 레올로지(Rheology)는 각 분야에 응용 시 중요한 역할을 하며 유화입자의 크기, 연속상 및 분산상의 종류, 연속상과 분산상의 비, 유화제의 종류 및 유화기기 등 많은 요인들에 의해 영향을 받는다. 또한, 점도, 전단력, 전단속도, 입계치(Yield value), 가소성(Plastic), 유사가소성(Pseudoplastic), 요변성(Thixotropic), 점도계 및 유동계(Rheometer)는 레올로지에서 가장 중요하게 논의되고 있는 사안이다 [3-6]. 화장품 분야의 경우 로션과 같은 에멀전은 사용상의 편의로 인해 레올로지가 매우 중요한 역할을 하게 된다 [7]. 이러한 제품들은 레올로지를 잘 조절하는 것이 매우 중요한 일이라 할 수 있다.

서로 섞이지 않는 두 물질을 하나는 연속상 다른 하나는 분산상으로 혼합하기 위해서는 유화제가 필요하다. 유화제의 올바른 선택은 에멀전의 형성뿐만 아니라 장기간의 제형 안정성에 있어서도 매우 중요한 요소라 할 수 있다 [8-10]. 오일 또한 에멀전의 형성을 위해 매우 중요한 요소로 에멀전의 레올로지 변화에 많은 영향을 끼치며 현재 화장품 분야에서는 탄화수소계, 에스테르계, 실리콘계 및 식물성 오일 등의 많은 오일들이 사용되고 있다. 이러한 오일 중에 식물성 오일 같은 경우는 퍼짐성, 구름점, 유동점, 비누화값, 산가, pH, 비중, 오일의 점도 등 레올로지에 영향을 주는 인자가 매우 다양하다 [11-13]. 본 실험은 오일의 극성도가 에멀전의 점도에 끼치는 영향에 대한 실험으로 이러한 식물성 오일의 특징 때문에 사용을 배제하고 탄화수소계, 에스테르계 및 실리콘계 오일을 사용하였다.

유기개념도는 비교적 복잡한 상호 작용을 하는 유기 화합물의 특성을 표현하는 수단으로, 특히 환경 화학, 의약 화학 등의 분야에서 응용되고 있다. 유기개념도 원리는 물리 화학적 측면에서 화합물의 특성을 반데르발스힘에 의존하는 유기성(Organic nature)과 전기 친화력에 의존하는 무기성(Inorganic nature)으로 고려한다는 것이다. 따라서 화합물의 특성은 유기성과 무기성의 조합이라 할 수 있다. 특히, 그 기본 구조에 탄화수소

를 갖는 유기 화합물의 특성에 영향을 미치는 두 가지 요인은 탄화수소 공유 결합 사슬로 이루어진 탄화수소의 유기성과 작용기(Function group)로 인해 생긴 정전기적 친화력의 무기성이다. 따라서, 유기개념도에서는 각각의 화합물에 대한 고유한 유기성과 무기성 특성값을 확인하여 유기 화합물의 특성을 수치적으로 예측할 수 있다 [14]. 이러한 유기개념도를 이용하면 유기화합물의 유기값(Organic value)과 무기값(Inorganic value)을 얻을 수 있고 이를 바탕으로 하여 유기 화합물의 극성도를 예측할 수 있다. 본 실험에서는 에스테르계 오일간의 극성도를 보다 알기 쉽게 비교하기 위하여 유기개념도를 사용하였다.

## 2. 실험

### 2.1. 시약 및 기기

본 실험에 사용된 원료는 일반적으로 화장품에 사용되고 있는 원료로 탄화수소계 오일은 스쿠알란(Squalane, Special Cem.)을 사용하였으며, 에스테르계 오일은 세틸에틸헥사노에이트(Cetyl ethylhexanoate, Kokyu Alcohol), 헥실라우레이트(Hexyl laurate, Kokyu Alcohol), 네오펜틸글리콜 디카프레이트(Neopentyl glycol dicaprate, Nisshin Oil), 트리에틸헥사노인(Triethylhexanoin, Kokyu Alcohol)을 사용하였으며, 실리콘 오일은 디메치콘(Dimethicone, Wacker)을 사용하였다. 유화안정제는 세토스테아릴 알코올(Cetostearyl alcohol, LG Household & Health Care)를 사용하였고 유화제는 글리세릴스테아레이트(Glyceryl stearate, Gwangil), 글리세릴스테아레이트/피이지-100 스테아레이트(Glyceryl stearate/PEG-100 stearate, Croda), 피이지-40 스테아레이트(PEG-40 stearate, Uniqema Americas), 솔비탄 스테아레이트(Sorbitan stearate, Croda)를 사용하였다. 수상 원료는 정제수(Deionized water), 글리세린(Glycerin, Pacific)을 사용하였고 점증제는 카보머(Carbomer 941, Noveon)를 사용하였다. 중화제는 트리에탄올아민(Triethanolamine, Huntsman)을 사용하였다.

본 실험에 에멀전 제조를 위하여 사용된 기기는 TK 호모믹서 2.5(Homo Mixer 2.5, Tokushu Kika)이며 점도계는 아날로그 브룩필드 점도계(Analog Brookfield Viscometer)를 사용하였다.

## 2.2 에멀전 제조 및 점도 측정

본 실험의 에멀전 처방은 표 1과 같다.

에멀전 제조는 먼저 수상 성분을 용해, 분산하여 온도를 75도로 유지하고 유상성분을 용해하여 75도로 가열한 다음 수상에 유상을 투입하여 3분간 호모믹서 5,000rpm으로 교반하였다. 1차 교반 후 중화제를 투입하여 75도에서 5분간 5,000rpm으로 2차 교반하였다. 2차 교반 후 30도까지 냉각하여 에멀전 제조를 완료하였고 상온에서 3일간 보관 후 점도를 측정하였다. 점도는 브룩필드 점도계를 이용하여 spindle number #64, LV speed 12rpm 조건 하에서 1분 경과 후 나타낸 눈금을 기준으로 하여 점도를 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 점도 측정 결과

오일의 종류에 따른 점도 변화를 Fig. 1에 나타내었다. Fig. 1에 나타나 있듯이 동일 함량에서 오일 종류에 따라 점도변화가 있음을 관찰할 수 있었다. 이는 오일의 극성도에 의한 영향으로 극성도가 낮은 오일일수록 계면활성제의 친수부분과의 반발력으로 인해 계면에 위치하는 계면활성제 및 유화안정제의 양이 증가하여 높은 점도를 나타내는 것이다. 반대로 극성도가 높은 오일은 계면활성제 및 유화안정제의 탄소체인이 더 많이 오일에 용해되어 있기 때문에 계면에 존재하는 양이 적어져 낮은 점도를 나타내는 것이다 [15]. 이러한 이론을 바탕으로 하여 에멀전의 점도를 이용해 오일의 극성도를 파악해 보면 본 실험에서는 트리에틸헥사노인, 네오펜틸글리콜디카프레이트, 헥실라우레이트, 디메치콘, 세틸에틸헥사노에이트, 스쿠알란 순으로 오일 극성도가 높게 나타났다.

Table 1. The Compositions of Sample #1 to #6

	Ingredients	Contents(g)					
		#1	#2	#3	#4	#5	#6
Oil Phase	Cetostearyl alcohol	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
	Glyceryl stearate/PEG-100 Stearate	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Glyceryl stearate	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	PEG-40 Stearate	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Sorbitan stearate	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Squalane	12.0	-	-	-	-	-
	Cetyl ethylhexanoate	-	12.0	-	-	-	-
	Hexyl laurate	-	-	12.0	-	-	-
	Neopentyl glycol dicaprato	-	-	-	12.0	-	-
	Triethylhexanoin	-	-	-	-	12.0	-
	Dimethicone(6cs)	-	-	-	-	-	12.0
Water Phase	Deionized water	78.16	78.16	78.16	78.16	78.16	78.16
	Glycerin	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
	Carbomer 941	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Neutralizer	Triethanolamine	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

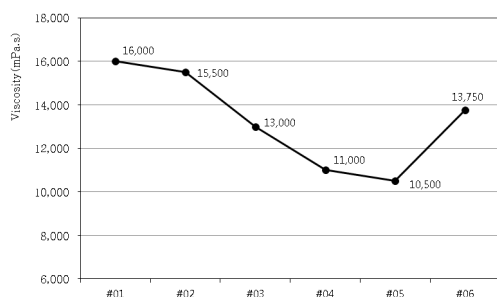


Fig. 1. The variations of emulsion viscosity by the type of oils.

3.2. 유기개념도 해석

일반적으로 스쿠알란을 제외하고는 에스테르계 오일 및 실리코계 오일의 극성도를 구조나 작용기로 평가하는 것은 매우 어려운 일이다. 이러한 오일의 극성도를 보다 이해하기 쉽게 수치적으로 비교하기 위하여 유기개념도를 사용하였다. 유기개념도에서는 탄소체인을 유기값으로 환산하고 작용기에 있는 탄소 이외의 원소들을 무기값으로 환산하였다. 본 실험에 사용된 오일의 유기값과 무기값을 계산하기 위하여 필요한 탄소 및 작용기에 대한 유기값(OV)과 무기값(IV)을 표 2.에 나타내었다.

표 3.은 표 2.의 유기값과 무기값, 작용기 및 분자구조를 이용하여 본 실험에 사용한 오일들의 유기값과 무기값을 계산한 결과이다.

Fig. 2.는 표 3.에 나타낸 유기값과 무기값을 이용하여 유기개념도를 그린 것이다. 유기개념도의 의미를 살펴보면 원점과 거리가 멀수록 분자량이 크다는 것을 의미한다. 또한, 원점에서 유기화합물의 유기값과 무기값을 표시한 지점으로 실선을 그리면 그림과 같이 각도( $\theta$ )가 형성된다.

각도  $\theta$ 값은  $\tan$  함수를 이용하여 구할 수 있다. 즉,  $\tan \theta = IV(\text{무기값})/OV(\text{유기값})$ 과 같은 식을 이용하여 구할 수 있으며  $\theta$ 값이 클수록 더 극성 물질이라 볼 수 있다. 즉, 무기값에 치우칠수록 극성 물질이며 유기값에 치우칠수록 비극성 물질에 속한다.

Table 2. Organic and Inorganic Values

Organic and inorganic group	OV	IV
-C-	20	-
-COO(ester bond)	-	60
-O-	-	20
-Si-	20	-
iso branched	-10	-
tert branched	-20	-

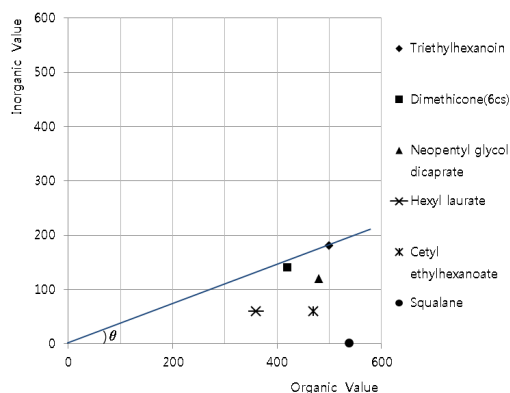


Fig. 2. Organic conceptual diagram by the type of oils.

Table 3. Inorganic and Organic Values of Oils

Ingredients	OV	IV	$\tan \theta$	$\theta$
Squalane	540	0	0	0
Cetyl ethylhexanoate	470	60	0.128	7.28
Hexyl laurate	360	60	0.167	9.46
Neopentyl glycol dicaprates	480	120	0.250	14.04
Dimethicone(6cs)	420	140	0.333	18.43
Triethylhexanoin	500	180	0.360	19.80

위와 같은 원리를 바탕으로 산출된 오일의 극성도는 트리에틸헥사노인, 디메치콘, 네오펜틸글리콜디카프레이트, 헥실라우레이트, 세틸에틸헥사노에이트, 스쿠알란 순으로 극성도가 높은 것으로 나타났다. 이는 위의 점도측정 결과로 나타난 오일 극성도와 비교해 볼 때 디메치콘을 제외하고 모두 일치한다. 에멀전 점도 측정 결과에서는 디메치콘이 네오펜틸글리콜디카프레이트와 헥실라우레이트 보다 오일 극성도가 낮았지만 유기개념도의 오일 극성도에서 극성도가 더 높게 나온 이유는 디메치콘의 분자 특성으로 인한 결과라 판단된다. 즉 디메치콘의 경우 분자 내 중심축은 실록산 결합(Si-O)으로 극성을 띄기 때문에 유기개념도상에서는 무기값을 증가시키는 결과가 나타났다. 하지만 디메치콘은 분자 표면을 탄소가 둘러싸고 있기 때문에 비극성 성질이 강해져 실질적인 실험에서는 유기개념도상에 계산된 것보다 극성도가 낮아진 것이라 판단된다.

#### 4. 결론

본 실험에서는 오일 극성도에 따라 에멀전의 점도가 어떻게 변화를 관찰하였으며 이러한 결과를 유기개념도를 이용하여 해석해 보았다. 일반적으로 오일의 극성도가 높을수록 에멀전의 점도가 감소한다. 유기개념도를 이용하여 오일의 극성도를 계산하여 에멀전 점도 측정과 비교한 결과 오일 극성도가 높을수록 점도가 감소함을 확인하였다. 다만 실리콘계 오일에서 실험값과 유기개념도 계산값이 다소 차이가 생겼지만 이는 실리콘계 오일의 특성으로 인하여 생긴 오차라 판단된다. 본 실험에서 오일 극성도를 수치적으로 나타낸 유기개념도는 오일뿐만 아니라 원료의 극성도를 비교하는데 매우 유용한 방법이라 생각되며 에멀전을 이해하는데 많은 도움을 주었다.

#### References

1. D. A. Edwards, H. Brenner and D. T. Wasan, "Interfacial Transport Processes and Rheology", Butterworth-Heinemann (1991)
2. H. A. Stone, Dynamics of drop deformation and breakup in viscous fluids, *Annual Review of Fluid Mechanics*, **26**, 65-102 (1994)
3. D. Laba, "Rheological Properties of Cosmetics and Toiletries", Marcel Dekker, USA, p. 1 (1993)
4. K. Kroy, I. Capron and M. Djabourov, On the Viscosity of Emulsions, *Physique Thermique ESPCI* (1999)
5. T. F. Oliveira, H. L. G. Couto and F. R. Cunha, A Theoretical Study of an Emulsion of High Viscosity Drops Under Shear, 18th International Congress of Mechanical Engineering (2005)
6. Y. Otsubo, R. K. Prud'homme, Rheology of oil-in-water emulsions, *Rheologica Acta*, **33**(1), 29 (1994)
7. A. Martin and P. Bustamante, "Physical Pharmacy", 4th ed, Lippincot, USA, p.453 (2004)
8. T. F. Tadros and B. Vincent, Emulsion stability, *Encyclopedia of Emulsion Technology*, **1**, New York (1983)
9. B. P. Binks, "Modern Aspects of Emulsion Science", The Royal Society of Chemistry Publication (1998)
10. T. F. Tadros, "Applied Surfactants", Wiley-VCH, Weinheim (2005)
11. N. Akhtar, Q. Adnan, M. Ahmad, A. Mehmood and K. Farzana, Rheological Studies and Characterization of Different Oils, *J. Chem. Soc. Pak.*, **31**(2), 201 (2009)
12. M. Bedrick, The role of fats and oils in cosmetics, *Journal of American Oil Chemists' Society*, **39**, 406 (1972)
13. D. Langevin, S. Poteau, I. Henaut and J. F. Argillier, Crude Oil Emulsion Properties and their Application to Heavy Oil Transportation, *Oil & Gas Science and Technology*, **59**(5), 511 (2004)
14. Nihon Emulsion Co., LTD., "Formulation Design with Organic Conceptual Diagram", <http://www.nihon-emulsion.co.jp> (accessed October 02, 2014)
15. S. Fukushima and M. Yamaguchi, Physical Chemistry of Cetyl Alcohol: Occurrence and Function of Liquid Crystals in O/W Creams, *Surface and Colloid Science*, **16**, 1-98 (2001)