

## O/W 나노에멀전 분산안정성에 미치는 보관온도의 영향

이예은, 유인상\*

# Effect of Storage Temperature on the Dispersion Stability of O/W Nano-emulsions

Ye-Eun Lee and In-Sang Yoo\*

접수: 2014년 7월 31일 / 게재승인: 2014년 10월 24일  
© 2014 The Korean Society for Biotechnology and Bioengineering

**Abstract:** In this study, the emulsion dispersion stability of optimizing storage temperature was investigated. The system was based on oil/water (O/W) emulsions. In order to evaluate the stability, mean diameter of droplet was measured as a function of temperature with various mixed hydrophilic lipophilic balance (HLB). In addition, the correlations between phase inversion temperature (PIT) and the optimum storage temperature were probed. In this system, majority of the smallest droplet was shown at temperature of 20°C below PIT. Whether the temperature was increased or decreased from the optimum, size of the droplet increased. According to the mixed HLB, the particle size and optimum storage temperature were also affected. As the concentrations of surfactant were increased, the size of particle decreased with lower optimum temperature for storage. If the surfactant (4 wt%) were mixed with HLB, the optimum storage temperature was 21°C for maintaining the size of smallest droplet at 108.3 nm in diameter. At above optimum condition, increased size of particle was observed approximately 4 % increases from 108.2 nm to 112.3 nm after 600 hours. The size of particle in emulsion was maintained stably without any considerable effect of Ostwald ripening phenomena at the optimum storage temperature with low polydispersity index.

**Keywords:** O/W nano-emulsion, Mixed HLB, PIT, Optimum storage temperature, Polydispersity

### 1. INTRODUCTION

수용성 용액에 용해되지 않는 유상성분들을 균질하게 장시간 물리적으로 안정하게 유지하기 위하여 입자크기가 조절된 O/W 에멀전이 사용된다. 1980년대부터 입자크기를 가급적 작고 안정하게 만드는 연구들이 진행되어 왔으며, 최근 들어 입자직경이 50~200 nm 정도 되는 나노에멀전의 연구가 활발히 진행되고 있다. 입자크기에 따라 마이크로에멀전, 나노에멀전, 마이크로에멀전 등 세 가지로 구분할 수 있는데 명칭과는 다르게 마이크로에멀전이 나노에멀전보다 작은 크기 (10~50 nm)를 갖고 있다.

일반적으로 나노에멀전은 마이크로 에멀전에 비해 입자가 브라운운동을 하지 않아 안정성이 상대적으로 떨어지나 유효성을 적게 사용하므로 생체 내 부작용이 적고, 열역학적으로 비교적 안정하여 침전이나 크리밍을 막을 수 있다. 또한 마이크로에멀전 (200 nm~10 μm)에 비해 입자가 작으므로 미량의 유효성분을 피부에 균일하게 전달이 가능하며, 상대적으로 안정성이 크다. 이런 나노에멀전은 유효성분의 안정화와 효율증진의 측면에서 화장품뿐만 아니라 고분자, 약품, 농약, 전자부품 등의 제조에도 점점 더 많이 사용되고 있다.

화장품용 나노에멀전의 입자크기에 영향을 미치는 주요 요소로서 제조 시 고에너지 (고에너지 초음파장치, 호모지나이저 등) 장치 사용여부 [1]와 수상과 유상의 비율 [2], 에멀전 제조 시 상전이와 온도 [3,4], 냉각온도, 보관온도와 희석순서 [5,6] 유효방법과 더불어 유효제, 에탄올, 인지질, 고급 지방

가천대학교 화공생명공학과  
Department of Chemical and Biological Engineering, Gachon University, Seongnam 461-701, Korea  
Tel: +82-31-750-5355, Fax: +82-31-750-5363  
e-mail: isyoo@gachon.ac.kr

알콜, 오일, 기능성물질의 종류와 농도 등의 배합조성에 따라 입자크기가 변한다 [7-11]. 그 중 유화제, 오일, 에탄올의 농도 및 혼합순서와 방법 등에 대하여는 다양한 조건에서 많은 연구가 진행되어 왔으나, 보관온도에 대한 연구는 그리 많지 않은 편이다.

본 연구에서는 화장품 용도로서 코엔자임Q10을 기능성 유상물질로 하고, 파라핀오일, 에탄올, Arlacel 60, 폴리옥시에틸렌 계의 계면활성제 등을 주성분으로 한 원료들을 사용하여, 본 연구진이 전보 [12]에서 실험하여 구한 최적조건의 성분조성비를 가지는 조건에서 상전이 온도 유화법 (PIT method, phase inversion temperature method)과 초음파혼합장치를 사용하여 제조한 에멀전을 보관온도 및 그 온도에서의 시간경과에 따른 입자크기와 안정성을 알아보고자 하였다. 이때 PIT (HLB 온도)를 함께 구하여 최적의 보관온도와 PIT (HLB 온도)와의 관계를 알았다.

## 2. MATERIALS AND METHOD

### 2.1. 실험재료 및 장치

본 실험에 사용한 재료로서 기능성작용을 하는 CoQ 10은 구월 (Goowol, Korea)로부터 공급받았으며, 에탄올 (EtOH: 99.9 v/v%)은 OCI (Korea)로부터, 레시틴 (Lecitin, from soybean) 과 토코페롤 (Tocopherol)은 시약1급으로 Junsei (Japan)로부터 구입하였다. 유상의 계면활성제로서 Arlacel 60 (Sorbitan monostearate, HLB 4.7)은 Kao (Japan) 제품을 사용하였으며, 수상의 계면활성제로서 Tween 20 (PEO(20) Sorbitan Monolaurate, HLB 16.7)은 Junsei (Japan)로부터 구입하였다, 오일로는 미네랄오일은 (Mineral oil, *Simmondsia Chinensis*)는 자연미인 (Korea)로부터 공급받아 사용하였고, H<sub>2</sub>O는 HPLC 용급으로 J.T. Baker (USA) 제품을 사용하였으며, 보습제로서 글리세린은 대정화금 (Daejung, Korea) 제품을 사용하였다. 본 실험의 목적이 알코올과 레시틴의 영향이므로 나머지 성분들은 화장품제조에 필수적인 성분들만 사용하였다. 본 실험에 사용한 모든 재료는 시판되는 1급 이상의 시약을 사용하였다.

나노에멀전을 제조하기 위하여 초음파혼합장치는 Sonics사의 VCX-500을 사용하였으며, 강도는 예비실험을 통해 결정한 pulse 40%로 일정하게 하여 사용하였다 [11]. 제조된 나노 입자의 크기 및 다분산지수는 일본 Otsuka사의 ELS -8000으로 측정하였다. 또한 에멀전 용액의 전기전도도는 미국 YSI사의 Pro30으로 측정하였고, 그 외에 자력가열교반기를 사용하였다.

### 2.2. 나노에멀전의 제조방법

나노입자를 형성하는 에멀전 제조를 위해 일정 온도조건에서 수상층과 유상층을 별도로 제조한 후 유상층에 수상층을 서서히 가하며 각각의 온도에서 30분 간 25 W의 초음파를 가하며 혼합시켰다. 예비실험을 통하여 본 실험에 적절한 계면

**Table 1.** Components and its basic formulation of manufacture used in this study

Phase	Component	Concentration (w/w%, g)
Oil	Co-Eenzyme Q 10	1%(0.6g)
	Arlacel 60 (HLB 4.7)	3.3% (2.0g, variable)
	Glycerine	10%(6.0g)
	Tocopherol	1%(0.6g)
	Mineral oil	8.3%(5.0g)
Water	Ethanol	8.3%(5.0g)
	Lecithin	1%(0.6g)
	Glycerin	8.3%(5.0g)
	Tween 20 (HLB 16.7)	0.83% (0.5g, variable)
	Water	up to 100%(60g)

활성제로 판명된 두 가지 계면활성제를 사용하였으며 [12], 유상에 Arlacel 60 (HLB 4.7)을 첨가하였고 Tween 20 (HLB 16.7)을 수상의 계면활성제로 실험하였다. 초음파장치에서 꺼낸 후 급속히 상온까지 냉각시켰으며 그 후 각각의 조건에서 에멀전 입자의 크기를 측정하였다. 에멀전 제조에 사용한 구성성분과 그에 대한 기본적인 조성은 Table 1과 같다.

나노에멀전의 제조는 유상으로 CoQ 10, 글리세린, 미네랄 오일과 Arlacel 60을 넣고 550 rpm으로 70°C, 30분간 교반시키고, 또 다른 비이커에서 수상으로 글리세린, 물, 에탄올, 레시틴 및, Tween 20을 넣고 역시 550 rpm으로 70°C, 30분간 교반시키면서 유상에 수상을 서서히 혼합시켰다. 이때 Arlacel 60과 Tween 20의 양은 합하여서 4 wt%로 하였고 두 가지 계면활성제의 비율은 적절하게 조절하여 HLB값을 조절하였으며 [13], 계면활성제의 양을 변화시킬 때는 일정 HLB값을 갖는 조성비의 조건에서 농도를 3 wt%에서 6 wt%까지 변화시켰다. 그 후 곧바로 초음파 혼합을 시켰으며, 초음파장치의 운전조건은 온도는 70°C로 하여 유지하고 pulse를 40%로 하여 20분간 가동시켰다.

### 2.3. PIT (HLB) 온도의 측정

각기 다른 계면활성제의 혼합 조건에서의 HLB에 대한 PIT (HLB 온도)를 알아보기 위하여 Table 1의 조건으로 제조한 에멀전 용액의 온도를 30°C부터 서서히 45°C까지 올려주면서 각 온도에서의 에멀전 용액의 전기전도도를 측정하였으며, 이를 기초로 PIT를 계산하였다. 전도도가 급격하게 상승할 때 그 기울기가 급격히 변화하는 지점에서의 온도를 PIT로 한다 [6].

### 2.4. 최적의 저장온도 실험

다른 성분들의 조성은 일정하게 유지한 채, 각기 다른 HLB 값을 가지도록 수상과 유상의 계면활성제 농도를 조절하면서 실험하였으며, 또한 HLB 값은 일정하게 유지하고 혼합계면활성제의 농도를 변화시키면서 최적의 저장온도 실험을 행하였다. 70°C의 온도조건으로 제조한 에멀전 용액들을 가능한 신속하게 얼음물로 온도를 낮춰 15~27°C의 조건으로 냉각시킨 후 일정시간 보관하면서 입자크기를 측정하고 비교

해 보았다.

**2.5. 시간 경과에 따른 나노에멀전의 크기 변화**

에멀전의 안정성을 확인하기 위하여 조건은 최적의 HLB측정에서 실험한 조건과 같이 하고, 제조가 끝난 직후 각각의 최적의 보관온도와 30°C로 일정하게 유지시킨 항온조에서 25일 간 유지하면서 시간에 경과에 따른 나노에멀전 크기변화를 측정하였다.

**3. RESULTLS AND DISCUSSION**

**3.1. PIT (HLB) 온도의 측정**

에멀전용액의 온도를 30°C부터 서서히 45°C까지 올려주면서 각 온도에서의 에멀전 용액의 전기전도도를 측정하였으며 이를 기초로 PIT를 알아내었다. 전도도가 급격하게 하락할 때 급격히 변하는 기울기 지점의 온도를 PIT로 하였다.

혼합 HLB가 9.1인 경우를 Fig. 1에 나타내었으며 이 경우 PIT는 41°C였다.

각각의 혼합 HLB에서의 실험결과를 종합하여 Fig. 2에 혼합 HLB에 따른 PIT (HLB 온도)의 관계를 나타내었다.

또한 혼합 HLB 9.1에서 계면활성제의 농도와 PIT (HLB 온도)와의 관계를 Fig. 3에 나타내었다.

위 Fig. 2 와 3에서 보는 바와 같이 혼합계면활성제의 HLB 값이 4로부터 14까지로 커질수록 43°C에서 38°C로 작아지며, 혼합계면활성제의 농도가 3 wt%에서 6 wt%로 증가할 수록 PIT (HLB 온도는 42°C에서 37°C로 선형적으로 낮아짐을 알 수 있는데 이는 비이온성이며 ethoxylate형태인 Tween 20에 존재하는 EO unit의 양과 크기 및 오일의 종류에 따른 것으로 사료되는 바, Tween 20의 양이 늘어나 HLB가 증가할수록 계면활성제 분자 중의 작은 크기의 ethylene oxide (EO)가 늘어나 오일 상 쪽으로 분배되어 수상과 유상의 계면의 친수성을 감소시키게 되어 결과적으로 PIT를 낮추게 된다 [5,9].

**3.2. 최적의 저장온도**

혼합계면활성제 농도를 4 wt%로 하고, 다른 성분들의 농도도 일정하게 유지하고 다양한 범위의 HLB 값을 지닌 혼합계면활성제 범위에서 70°C의 온도조건으로 제조한 에멀전 용액을 가능한 신속하게 얼음물로 15°C로부터 27°C까지 낮추고 24시간 이상 유지하여 충분히 안정화시킨 후, 2°C씩 온도를 낮춘 후 그 때 입자의 크기를 입도분석기를 통해 측정하고 비교해보았으며 그 결과를 Fig. 4에 나타내었다.

Fig. 4에서 보는 바와 같이 혼합HLB가 9.1인 경우, 21°C에서 가장 작은 108 nm 정도의 평균입자를 갖는 에멀전을 얻을 수 있었다. 혼합HLB가 9.1을 전후해서 작아지거나 커질 때 입자의 크기는 증가하였으며, 최적의 온도도 혼합HLB에 따라 21°C (HLB 9.1)에서 23°C 이상으로 서서히 증가하는 것을 알 수 있었다.

Table 2에 혼합HLB에 따른 최적의 저장온도와 PIT 및 각

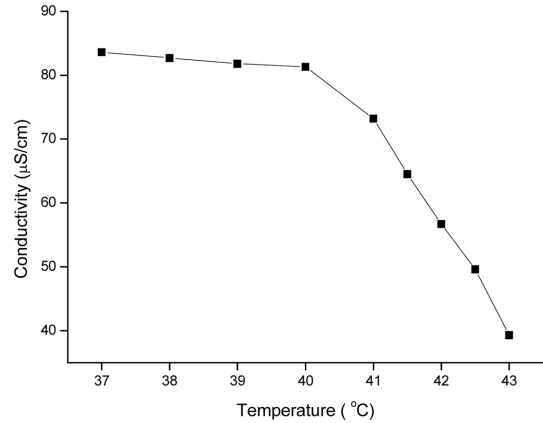


Fig. 1. Conductivity as a function of temperature on HLB 9.1.

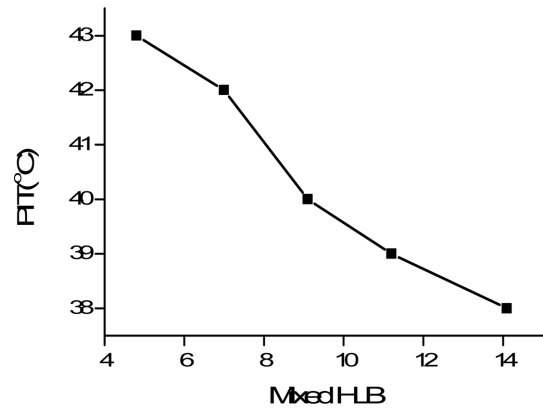


Fig. 2. The relation between mixed HLB and PIT.

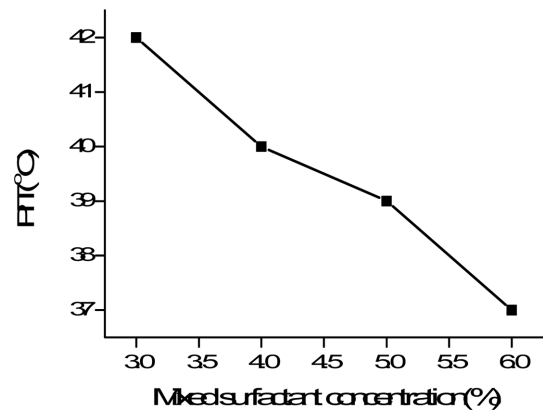


Fig. 3. The relation between mixed surfactant concentration (%) and PIT.

종 특성 값과의 관계를 나타내었다.

Table 2에서 보는 바와 같이 대부분의 혼합HLB 값에서 최적의 저장온도가 PIT보다 약 20°C 낮은 온도에서 형성되고 있었다. 이런 사실에 대하여는 아직 이론적으로 충분히 규명

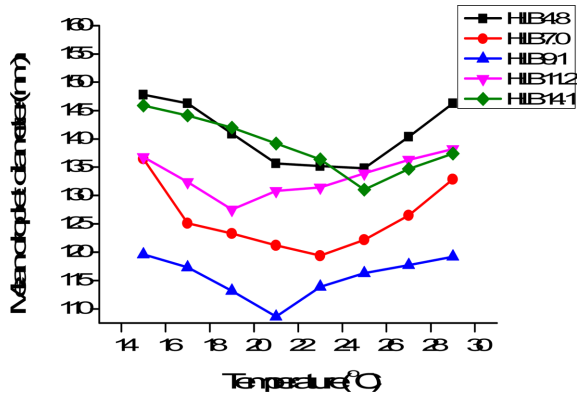


Fig. 4. Mean droplet diameter as a function of temperature with various mixed HLB (surfactant coccentration 4 %).

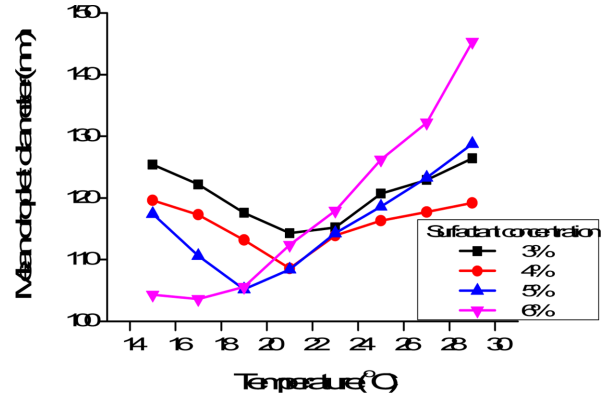


Fig. 5. Mean droplet diameter as a function of temperature with various surfactant concentration.

되지 않고 있으며 단지 실험적으로 몇몇 연구자들이 확인하고 있다.

또한 다분산지수 (polydispersity index)는 최적 보관온도에서 0.198에서 0.247 정도를 나타냈는데 최적의 혼합HLB에서 가장 작은 다분산지수를 나타내었는데 입자의 크기와 안정성을 나타내는 중요 요인이라고 생각할 수 있다. 다만 혼합HLB 값 14.1인 경우 13°C를 보이고 있는데 이는 일반적인 관계에서 벗어나는 것으로 향후 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다.

또한 Table 3에 혼합HLB 값이 9.1인 경우의 온도별 다분산지수를 나타내었다. Table 3에서 보는 바와 같이 최적의 온도에서 다분산지수가 가장 작았으며 온도가 더 내려가거나 올라갈 때 다분산지수가 커짐을 볼 수 있었다.

한편 혼합 HLB가 9.1로 같은 HLB 값을 갖는 조건에서의 혼합계면활성제의 농도를 변화시키면서 온도에 따른 입자 크기를 알아본 것을 Fig. 5에 나타내었다.

Fig. 5에서 보는 바와 같이 혼합HLB 계면활성제의 농도가 높아질수록 즉 6 wt%인 경우 입자 평균크기가 가장 작아지는 작아졌으며, 온도는 17°C 근방에서 102 nm 정도로 가장 작았다. 계면활성제의 농도가 3 wt% 까지 낮아질수록 최적의 온도는 17°C에서 23°C까지 증가하였으며, 입자의 평균크

기도 점차 증가하여 각각의 최적보관온도에서 104~114 nm를 보였다. 혼합계면활성제의 농도를 변화시킨 실험의 경우에서도 특정 온도보다 온도가 높아지거나, 낮아질 경우에 입자의 크기는 증가하는 모습을 보였다. Table 4에 혼합HLB를 9.1로 고정하고 혼합HLB의 농도에 따른 최적의 저장온도와 PIT 및 각종 특성 값과의 관계를 나타내었다.

혼합계면활성제 농도를 3 wt%에서 6 wt%까지 변화시켰을 때 대부분의 경우 최적의 저장온도가 PIT보다 약 20°C 낮은 온도에서 형성되고 있음을 볼 수 있다.

다분산지수는 계면활성제 농도가 낮을수록 약간 커지는 것을 볼 수 있었는데 이는 Tween 20 계면활성제 속에 포함된 짧은 EO (ethylene oxide) unit가 계면에서의 친수성을 감소시키는 것에 연관이 있는 것으로 생각된다 [5,9].

계면활성제의 농도가 커질수록 입자크기는 작아지지만 피부안전 등을 고려하여 본 연구는 이후 계면활성제의 농도를 4 wt%로 하여 실험을 진행시켰다.

온도에 따른 입자크기의 변화와 온도가 원래대로 회복되었을 경우 입자크기의 가역성을 확인하기 위하여 혼합HLB 7.0과 9.1, 4 wt%의 혼합계면활성제 농도로 제조한 에멀전을 각각의 최적의 보관온도에서 30°C까지 올리고 24시간 방치한 후 다시 온도를 최적 보관조건으로 변경하여 24시간 후

Table 2. Optimum storage temperature and various droplet characteristics as a function of mixed HLB value

Mixed HLB Value (4 wt%)	PIT (°C)	Optimum storage temperature (°C)	Temperature difference between PIT and Optimum storage temperature (°C)	Mean droplet diameter (nm)	polydispersity index at Optimum storage temperature
4.8	43	25	18	134.8	0.208
7.0	42	23	19	119.4	0.171
9.1	41	21	20	108.6	0.168
11.2	39	19	20	127.5	0.174
14.1	38	25	13	126.4	0.217

Table 3. Polydispersity index of emulsion with mixed HLB 9.1 at various storage temperature

Temperature (°C)	15	17	19	21	23	25	27	29
Polydispersity index	0.189	0.178	0.173	0.168	0.175	0.177	0.183	0.196

**Table 4.** Optimum storage temperature and various droplet characteristics as a function of surfactant concentration

Surfactant Concentration (wt%) with Mixed HLB 9.1	PIT (°C)	Optimum storage temperature (°C)	Temperature difference between PIT and Optimum storage temperature (°C)	Mean droplet diameter (nm)	polydispersity index at Optimum storage temperature
3.0	42	21	21	114.3	0.187
4.0	40	21	19	108.6	0.168
5.0	39	19	20	105.2	0.166
6.0	37	17	20	103.6	0.163
3.0	42	21	21	114.3	0.187

**Table 5.** Reversibility of the emulsion systems according to temperature change

HLB value	Particle size (nm) at Optimum temperature	Particle size (nm) at 30°C	Particle size (nm) return to Optimum temperature
7.0	119.4 (23°C)	129.4	120.3
9.1	108.6 (21°C)	128.5	109.1

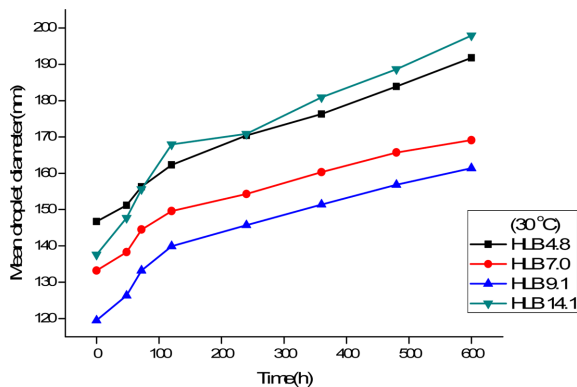
입자크기를 측정할 결과를 Table 5에 나타내었다.

Table 5에서 보는 바와 같이 30°C까지 올렸을 때의 입자크기는 10 nm 정도 크게 나타나나 다시 온도를 최적보관온도까지 낮추었을 때 다시 입자크기가 9 nm 이상 줄어드는 것을 볼 수 있는데 기계적 혼합과정 없이도 어느 정도 가역적으로 입자크기가 변화하는 것을 알 수 있었다.

**3.4. 시간의 경과에 따른 나노입자크기의 변화**

에멀전의 안정성을 확인하기 위하여 제조가 끝난 직후 최적 보관온도와 30°C로 일정하게 유지시킨 항온조에서 25일 (600 시간) 간 보관하면서 시간에 경과에 따른 나노에멀전 크기의 변화를 측정하여 비교해 보았다.

Fig. 6에서 보는 바와 같이 30°C에서의 HLB 값에 따른 시간에 대한 입자크기를 나타낸 결과 대부분의 HLB에서 시간 경과에 따라 지속적으로 입자크기가 증가하는 것을 볼 수 있었으며, 특히 HLB가 4.8과 14.1인 경우 600시간 경과 후 30% 이상의 입자크기 증가가 일어났다. 대부분의 경우 초기 100 시간까지는 비교적 빨리 입자크기가 증가하다가 그 이후에는 크기의 변화가 거의 없이 안정적으로 유지되는 현상을 볼 수 있었다.

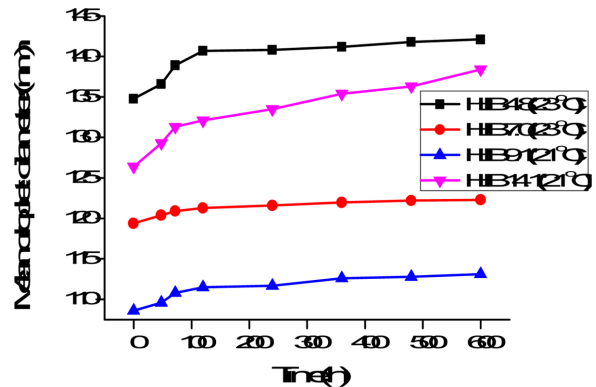


**Fig. 6.** Droplet size of emulsions as a function of time with various mixed HLB at 30°C.

또한 최적보관온도(21~23°C)에서의 시간에 따른 입자크기의 변화를 Fig. 7에 나타내었다.

Fig. 7에서 보는 바와 같이 초기에 어느 정도 크기가 증가하다가 시간이 경과할 수록 변화가 크게 일어나지 않았다. HLB가 4.8과 14.1인 경우 600시간 경과 후 10% 내외의 입자크기 증가가 일어났다. HLB가 9.1인 경우에는 4% 정도의 입자크기 증가가 이루어졌는데 상당히 안정적으로 입자가 유지되는 것을 확인 할 수 있었다. 앞서 30°C의 경우보다 최적의 보관온도에서 시간의 경과에 따른 입자의 크기변화가 작게 일어남을 알 수 있었다. 최적온도와 30°C로 보관할 경우 두 경우 공히 100시간 정도까지는 입자의 크기가 상대적으로 빠르게 커지다가 100시간 이후 입자의 크기 증가속도가 작아지는 것을 볼 수 있는데 이는 입자크기의 변화 메카니즘이 달라지는 것으로 판단된다.

단 시간에서 입자크기에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있는 Ostwald ripening현상을 확인해보기 위해 Fig. 8과 같이 r<sup>3</sup>과 시간과의 관계를 나타내었다 [7]. 일반적으로 Ostwald ripening현상은 비교적 단시간 안에 이루어지므로 100시간 정도의 시간 경과에 대한 입자크기와의 관계를 직선으로 나타낼 수 있다.



**Fig. 7.** Droplet size of emulsions as a function of time with various mixed HLB on optimum storage temperature.

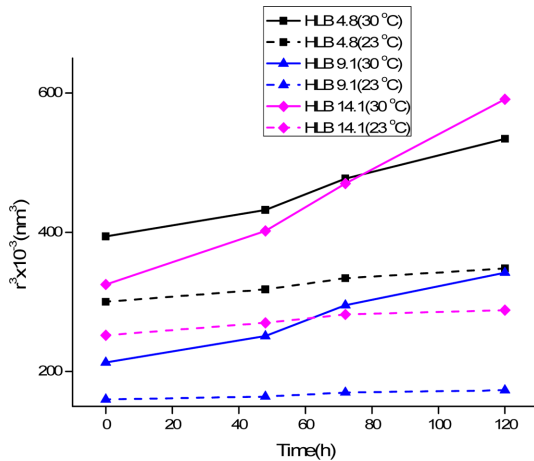


Fig. 8. Plot of  $r^3$  as a function of time with different mixed HLB at 30°C and optimum temperature.

Fig. 8의 점선 결과에서 보는 바와 같이 최적의 보관온도 부근에서의 결과는 기울기 값이 입자크기가 시간의 경과에 대하여도 큰 변화 없이 직선적 관계를 유지하면서 비교적 작은 값을 보이며 안정적으로 유지되고 있는데 이는 최적의 보관온도에서 입자의 크기가 비교적 균일한 상태로 유지되고, 적절한 수준까지 온도를 낮추면 점도가 커지게 되어 오일상 입자들 간의 합체를 방지할 수 있게 되기 때문에 Ostwald ripening 현상을 억제할 수 있는 것으로 생각된다 [9].

그러나 온도를 30°C로 하여 진행시킨 것은 시간의 경과에 따라 HLB 4.8, 9.1 및 14.1에서 모두 최적보관온도 23°C에서 보다 비교적 큰 기울기 값을 나타내면서 증가하였는바 이는 Ostwald ripening의 온도효과와는 상반되는 현상이었고 [14], 특히 50시간 이후 조금 더 크게 증가하는 것을 볼 수 있는데 이는 Table 3에서 보는 바와 같이 최적보관온도 보다 온도가 증가할수록 다분산지수가 상대적으로 커져서 빠른 속도로 입자 간의 합체현상이 진행되었을 것으로 생각할 수 있으며, 온도의 증가에 따른 응집 속도의 증가에 기인한 것으로 판단된다.

#### 4. CONCLUSION

O/W 나노에멀전 입자의 보관 온도에 따른 안정성을 계면활성제의 혼합HLB에 따른 최적의 보관온도와 PIT (HLB) 온도와의 관계도 함께 알아본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

본 시스템의 경우 혼합HLB에 따른 최적의 보관온도는 PIT 보다 약 13~20°C 이하의 온도에서 가장 작은 입자의 크기를 나타내었으며, 최소크기의 나노에멀전을 유지하기 위한 최적저장온도는 4 wt%의 혼합HLB 9.1을 갖는 계면활성제의 조건에서 21°C이었으며, 이때 에멀전입자 직경은 108.3 nm이었다. 한편 혼합HLB 9.1일 때 계면활성제의 양이 많을수

록 입자의 크기는 작아졌으며, 최적의 저장온도도 약간씩 낮아짐을 알 수 있었다. 계면활성제 농도가 6 wt%일 때 17°C에서 102.6 nm로 최소의 입자크기가 유지되었다.

30°C까지 올렸을 때의 입자크기는 10 nm 정도 크게 나타나 다시 온도를 최적보관온도까지 낮추었을 때 다시 입자크기가 9 nm 이상 줄어드는 것을 볼 수 있는데 기계적 혼합과정 없이도 어느 정도 가역적으로 입자크기가 변화하는 것을 알 수 있었다.

본 연구에서의 사용한 4 wt%의 혼합HLB 9.1을 갖는 계면활성제의 조건에서 600시간이 경과한 시점까지 108.2 nm의 입자가 110.3 nm로 약 4% 이내의 변화를 보였는데 다분산지수가 가장 작은 값을 보이는 최적의 보관온도에서 Ostwald ripening에 따른 입자의 크기 변화가 없이 안정하게 유지될 수 있었다.

#### REFERENCES

1. B. R. Won and S. N. Park (2009) The effect of ethanol on nano-emulsions prepared by high-energy emulsification method. *J. Soc. Cosmet. Scientists Korea* 35: 179-191.
2. Cho, W. K. (2010) Cosmetic emulsions: Stabilization by particles. *J. Soc. Cosmet. Scientists Korea* 36: 1-16.
3. Cho, W. K. (2011) Nanoemulsions: A novel vehicle for cosmetics. *J. Soc. Cosmet. Scientists Korea* 37: 1-21.
4. Cho, W. K. (2013) Stability of nano-emulsions prepared upon change of composition. *J. Soc. Cosmet. Scientists Korea* 39: 55-63.
5. Ee, S. L., X. Duan, J. Liew, and Q. D. Nguyen (2008) Droplet size and stability of nano-emulsions produced by the temperature phase inversion method. *Chem. Eng. J.* 140: 626-631.
6. Cho, W. K. and S. G. Han (2011) Study of Nano-emulsion Formation by different dilution method. *J. Soc. Cosmet. Scientists Korea* 38: 201-207.
7. Tadros, T., P. Izquierdo, J. Esquena, and C. Solans (2004) Formation and stability of nano-emulsions. *Avan. Colloid. Interface Sci.* 108: 303-318.
8. Zhoh, C. K., K. Y. Lee, and D. N. Kim (2009) The influences of fatty alcohol and fatty acid on rheological properties of O/W emulsion. *J. Soc. Cosmet. Scientists Korea* 35: 103-110.
9. Liu, W., D. Sun, C. Li, Q. Liu, and J. Xu (2006) Formation and Stability of Paraffin oil in water nano-emulsions prepared by the emulsion inversion point method. *J. Colloid Interface Sci.* 303: 557-563.
10. Kim, W. H., K. S. Lee, and K. K. Lee (2012) An experimental study on the property and stability of W/O emulsion by various structures of emulsifier. *J. Soc. Cosmet. Scientists Korea* 38: 119-131.
11. Won, B. R., M. K. Kang, Y. J. Ahn, and S. N. Park (2009) The effect of ethanol on nano-emulsions containing Quercetin prepared by emulsion inversion point method. *J. Soc. Cosmet. Scientists Korea* 35: 79-89.
12. Yoo, I. S. (2012) Formation and stability of nano-emulsions containing CoQ 10 by mechanical emulsification. *Appl. Chem. Eng.*

- 23: 467-473.
13. Mark Chandler, J. (2009) *The hydrophile - lipophile - balance (HLB) system*, pp. 527-545. *The Chemistry and Manufacture of Cosmetics 1*, 4th ed., Allured Books, Carol Stream, IL, USA.
14. Baldan, A. (2002) Review Progress in Ostwald ripening theories and their application to nikkol-base alloys part 1: Ostwald ripening theories. *J. Mater. Sci.* 37: 2171-2202.