J. of The Korean Oil Chemists' Soc.,
Vol. 25, No. 3. September, 2008. 395~403

유화제 종류에 의한 Water/Oil 에멀젼 연료의 유화 안정성

김문찬† · 이창숙 · 박해경*

†청주대학교 환경조경토목공학부,
*한서대학교 화학공학과
(2008년 6월 27일 접수 ; 2008년 9월 10일 채택)

Emulsion Stability of Water/Oil Emulsified Fuel by associated with Emulsifiers

Moon-Chan Kim† · Chang-Suk Lee · Hea-Kyung Park

†*Department of Environmental Engineering,Cheongju University, Naedok-Dong, Sangdang-Ku, Cheongju, Chungbuk, 360-749, Korea*
**Department of Chemical Engineering, Hanseo University, Seosan 356-706, Korea*
(Received June 27, 2008 ; Accepted September 10, 2008)

Abstract : In this study, the characteristics of emulsified fuel were studied. The emulsified fuel which was composed of water and diesel was manufactured by using homogenizer and ultrasonic generator.

The more the percentage of water contents increases, the more the density increases to the emulsified fuel. However, the viscosity increased in the 60% of water contents and decreased in the 70% of water contents because the O/W type was formed.

The 3 minutes's ultrasonic waves during the irradiation time was appropriate of 16,000 rpm. And the energy density of ultrasonic waves was 87.5J/g.

The emulsion stability has improved in the lower temperature, the lower percentage of water contents, and the most stable emulsion state was obtained from 20%(w/w) of water contents. Also, the emulsion stability was related to the HLB values of emulsifiers. Especially, the HLB values of emulsifier were appropriate from 4 to 7 values.

Key words : emulsified fuel, NOx, emulsifier, homogenizer

1. 서 론

세계적으로 지구환경보존 측면에 관심이 집중되면서 공해 배출물에 대한 규제가 강화되고 있는 실정이다. 그 중 대기오염에 있어서는 수송에 의해 배출되는 대기오염물질의 양이 전체 대기오염물질의 약 반 정도를 차지하므로 자동차가 주요 대기오염원으로 인식되고 있다.

저 NOx화 기술로는 연료의 전처리 및 연소설비를 개선하는 전처리 방법으로서 연료분사시기 지연, 연소실 형상 개조, 연료분사계 개선, 배기재순환(EGR), 물 분사법, 디젤유-물의 유화 연료사용 등과 배출가스 중에 포함된 NOx

† 주저자 (E-mail: mckim@cju.ac.kr)

를 제거하는 후처리 방법으로서 촉매분해, 촉매 환원, 흡수, 흡착 등을 들 수 있다. 이중 물을 액체연료와 함께 유화상태로 사용하는 방법은 열효율을 거의 저하시키지 않고도 NOx, particulate, CO 및 HC를 동시에 저감시킬 수 있는 기술로 최근 새롭게 주목 받고 있다. 이와 같은 효과가 생기는 주요 요인으로서 물 첨가에 의한 화염온도의 저하, 물의 급격한 증발에 의한 화염온도의 저하, 물의 급격한 증발에 의한 유적의 마이크로폭발, 분무관통력의 증가에 따른 주위공기 혼입량 증대 등이 고려될 수 있다.

본 연구에서는 디젤유-물의 유화 연료를 제조하기 위하여 균질기와 초음파를 함께 사용하는 방법, 그리고 유화제를 첨가하여 제조하는 물리적인 방법을 병행하여 제조하였다. 제조되는 Water/Oil 유화 연료의 특성을 알기위하여 유화 연료의 제변수를 측정하였고, 균질기와 초음파의 조사시간 변화에 따른 영향을 실험하였다. 그리고 안정성 평가로는 온도 및 함수율을 변화시키면서 유화 안정지수를 측정하여 안정성을 평가하였으며, 유화제의 농도 및 HLB(hydrophilic lipophilic balance) 값에 따른 유화 안정성의 평가도 실시하였다. HLB는 J.T. Davis가 소수기와 친수기 각 원자단의 합계로 나타낸 다음과 같은 식으로 HLB를 구하였다.

$$HLB = \sum_{(\text{친수기})} - \sum_{(\text{소수기})} + 7$$

2. 실 험

2.1 에멀젼 연료 제조

본 연구에서는 유화연료를 제조하기 위하여 호모지나이저와 초음파 유화기를 사용하는 물리적인 방법과 유화제를 이용하는 화학적인 방법을 병행하였으며, 디젤유에 유화제를 첨가한 뒤 수동으로 교반한 후 균질기와 초음파 유화기를 이용하여 유화연료를 제조하였다.

Water/Oil 에멀젼 연료를 제조하는데 사용된 재료로는 경유, 증류수, 여러 종류의 유화제가 있으며, 디젤은 대한석유공사에서 시판하고 있는 것을 사용하였고 유화제로서는 친수기와 친유기를 동시에 내포하고 있는 Dongnam Chemical Ind. Ltd 회사의 MS 3(sorbitan triooleate, HLB=1.8), MS 1(sorbitan monooleate, HLB=4.3), MT 3(polyoxyethylene(20) sorbitan trioleate, HLB=11), MT 1(polyoxyethylene(20) sorbitan monooleate, HLB=15)을 사용하여 HLB에 따라 중량비를 조절하여 혼합하였다[1,2].

이들은 sorbitan과 ester들의 화합물로 이루어져 있으며, C, H, O만으로 구성되어 있어 220~350℃에서 대부분 인체에 무해한 CO_2와 H_2O로 분해된다.

에멀젼 연료 제조시 유화제를 제외한 전체의 양을 150g으로 하였으며, 제조과정을 다음에 나열하였다.

2.2 에멀젼연료의 제변수 측정

유화연료 중의 함수율의 증가에 따른 제변수를 측정하기 위해 수분의 함량을 10%에서 70%까지 증가시켰다. 유화연료는 유화제의 비율을 총 유화연료량의 1.0%(w/w)로 하였고, 조사시간은 균질기를 16,000rpm으로 3분 교반시킨 후 3분 동안 초음파 조사를 실시하였다. 이런 방법으로 제조된 유화연료의 온도, 점도, 밀도, 유화 타입을 측정하였다.

또한 유화제 첨가 농도증가에 의한 입자의 분포 및 크기를 측정하기 위하여 MS 1 : MT 3 : MT 1의 비율이 8 : 1 : 1인 유화제를 0.5~3.0%(w/w)의 농도로 첨가하여 제조한 후 사진기가 부착된 광학현미경(모델; LABOPHOTO-2, 제조사; Nikon Inc.)으로 측정하였다[2,12].

2.3 균질기와 초음파 조사

유화연료를 제조하기 위한 물리적인 방법으로 호모지나이저와 초음파 발생장치를 사용하였다[3,4,7,8].

균질기 (모델 : Ultra - TurraxTM Homogenizer T25, 제조사; IKA®)는 속도를 8,000~24,000rpm 사이에서 조절할 수 있고, 출력은 24,000rpm에서 350W이며, 초음파 발생장치(모델; JIW-1500T, 제조사; Je Ⅱ Ultrasonic Co. Ltd.)는 horn형 유화장치로 주파수 20kHz, 출력은 1,400W이며, 작동 방식은 air press방식을 사용하였다.

균질기와 초음파 조사시간이 에멀젼 연료의 특성에 미치는 영향을 파악하기 위하여 균질기만을 1~5분, 초음파만을 1~5분, 그리고 균질기 1~5분과 초음파 1~5분을 병행하여 조사한

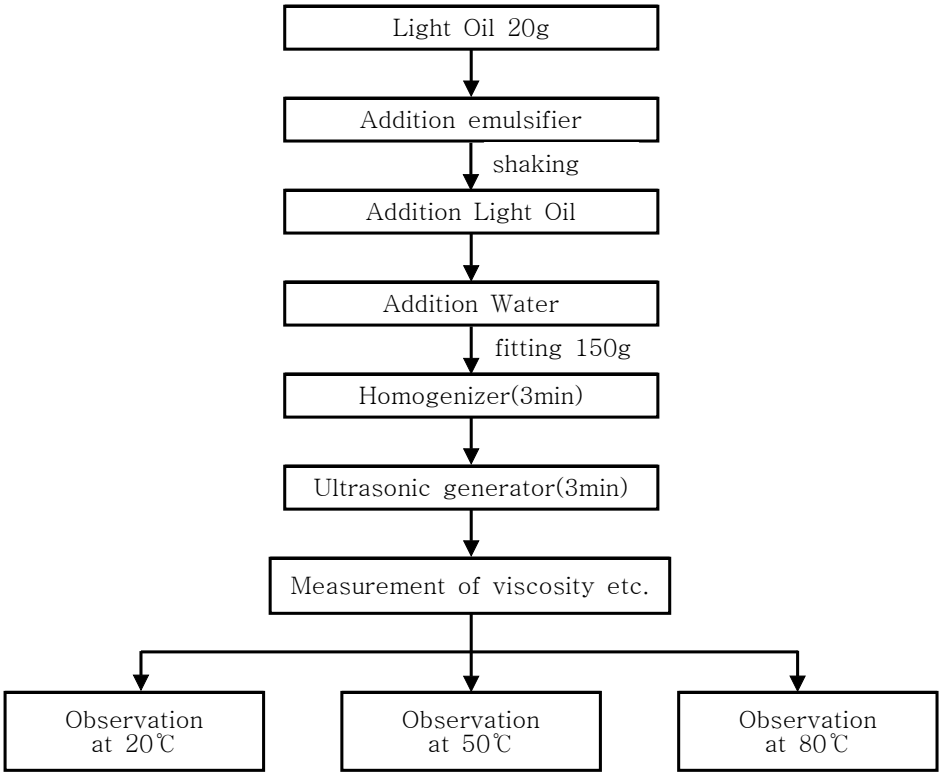


Fig. 1. Process of Water/Oil emulsified fuel manufacture.

후 각각의 온도, 점도, 손실량 등을 측정하고, 시간 경과에 따른 유화 안정지수도 측정하여 조사시간이 유화 안정성에 미치는 영향에 대해서도 시험하였다.

순수한 물 150g을 사용하여 조사시간을 증가시켰을 때의 온도의 변화를 측정하여 균질기와 초음파 조사시 연료에 공급되는 에너지밀도를 계산하였다.[9]

조사시간은 온도와 밀접한 관련이 있어 조사직후의 온도가 높아지는 경우에는 연료의 손실이 일어나 생성되는 연료의 양이 상당량 줄어들게 되므로 조사시간을 조절하여 온도가 높이 올라가지 않으면서 손실량도 적고 유화 안정성도 높게 하는 적정한 조사시간을 파악하고자 하였다.

2.4 에멀젼연료의 안정성 평가

본 연구에서는 간편하면서도 예민한 "Volumetric method"를 이용하여 다음 식과 같이 유화 안정지수(Emulsion Stability Index: ESI)를 계산하였다[5].

$$ESI = 100 - (So + Sw)$$
$$So = (Vo/V_a) \times 100$$
$$Sw = (Vw/V_a) \times 100$$

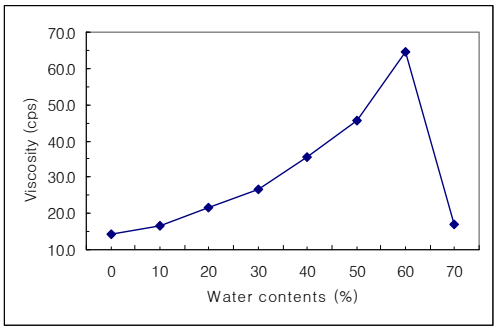
여기서 So는 기름층의 분리도, Sw는 수층의 분리도이고, Va는 유화계의 총 부피이며, Vo는 시간이 경과함에 따라 유화계로부터 분리되어지는 기름층의 부피를, Vw는 시간이 경과함에 따라 유화계로부터 분리되어지는 수분층의 부피를 의미한다.[6]

3. 결과 및 고찰

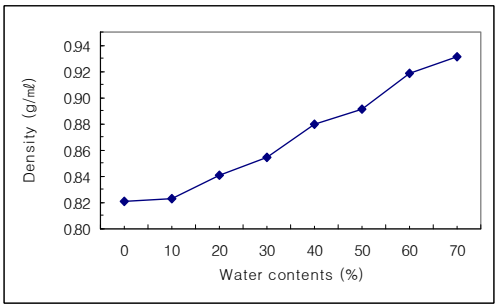
3.1 유화연료의 제변수 관찰

비뉴톤 유체의 특성을 가지는 유화연료는 함수율이 증가할수록 점도가 증가하는 경향을 보인다. 본 실험에서는 함수율을 10~70%까지

증가시켜 온도 50℃에서의 점도를 측정하여 Fig. 2 (a)에 나타내었다. 수분의 함량이 30%에서는 Light Oil의 점도보다 약 2배 정도 높아지는 것을 알 수 있다. 유화연료에서는 물 함수율이 60%까지 증가할수록 점도가 증가하는 것을 알 수 있으나, 함수율이 60%를 넘어 70%가 되면 점도가 급격히 떨어져 함수율 10%의 점도와 비슷한 값을 나타낸다. 이는 함수율 60%까지는 W/O형 에멀젼 이 형성되지만 60% 이상에서는 O/W형 에멀젼 이 형성되기 때문이다.



(a)



(b)

Fig. 2. Variation of viscosity and density by water contents.

온도 50℃에서 수분의 증가에 따른 밀도의 변화를 측정하여 Fig. 2 (b)에 나타내었다. 유화연료에서는 물 함유율이 증가할수록 밀도가 증가하는 것을 알 수 있었고, 물 함유율 30%의 경우는 순수 Light Oil에 비해 약 4%정도 증가하였다.

제조된 유화연료의 형성 type은 첨가한 유화제의 HLB와 수분의 함량에 따라 결정되어지며, 함수율이 60%까지는 W/O형 에멀젼이 만들어지나 60% 이상이 되면 O/W형 에멀젼이 형성되는 것을 알 수 있었다.

유화제 첨가 농도 증가에 의한 입자의 분포를 사진 촬영하여 나타낸 것으로 유화제의 첨가 농도가 증가할수록 입자의 분포가 균일해지고 크기도 작아져 안정성이 높아지는 것을 알 수 있었다.

3.2 균질기와 초음파 유화기 조사

균질기에서 유화되어지는 액체 혼합물은 회전자에 의해 아래에서부터 유입되고 고정자 슬롯을 통해 옆으로 밀려나오게 되면서 분쇄되어진다. 여기서 고정자는 연료의 회전을 크게 확장하는 것을 방해하는 저해(flow break)역할을 하며, 매우 작은 공간에서 높은 기계적 에너지를 만들어 낸다. 물과 오일이 회전자와 고정자 사이에서 섞일 때는, 단순히 섞어주는 것보다 약 1000배의 에너지가 연료에 전달된다.

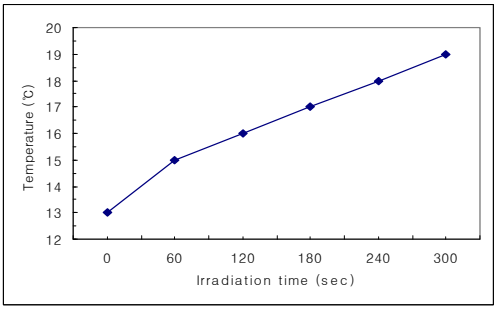


Fig. 3. Variation of temperature by Homogenizer irradiation time.

균질기의 조사시간에 따른 온도 변화는 초순수 물 150g을 가지고 16,000rpm에서 조사시간을 1분씩 증가시키면서 온도의 변화를 관찰하였고, 그 결과는 Fig. 3에 나타내었다.

균질기는 처음의 1분 조사 후 온도가 2도 올라갔으며 조사시간이 1분씩 증가할수록 1℃씩 증가함을 알 수 있었다.

본 실험에서 사용된 초음파 조사장치의 실질적인 Power를 구하기 위하여 초순수 150g에 대하여 초음파 조사시간을 변화시키면서 조사하였으며 그에 따른 온도의 변화를 측정하여 Fig. 4에 나타내었다. 그림에 나타난 값들을 최소 자승법을 이용하여 구한 기울기를 다음 식

에 대입하여 실질적인 Power(Pa)를 구하고, 여기서 실질적인 Pa를 상수로 놓고 반응물의 조사시간과 반응물 질량의 함수로 에너지 밀도(Ua)를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Ua = Pa \times t_a \ (t_a = t / W)$$

초음파의 경우 조사시간이 300초일 때의 에너지는 21,872J로 초음파 조사장치의 실질적인 Pa는 72.9J/sec이며, 이 Pa 값을 상수로 놓고 에너지 밀도를 구하면 Ua가 145.8J/g임을 알 수 있었다.

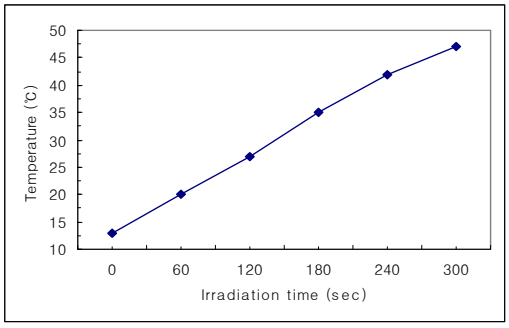


Fig. 4. Variation of temperature by Ultrasonic waves irradiation time.

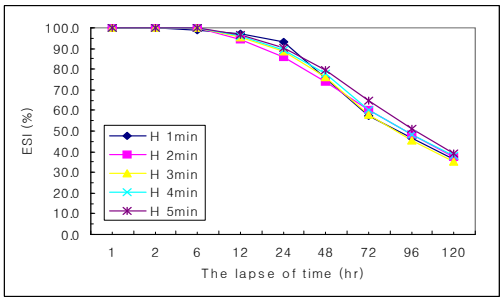


Fig. 5. Variation of ESI by homogenizer irradiation time at 80℃ Emulsified fuel; 150g, emulsifier; 1.0wt%; MS 1:MT 1 = 9:1, water contents 30%(w/w).

본 실험에서는 유화연료를 제조하는 물리적 방법으로서 균질기에 의한 분쇄와 초음파 조사에 의한 교반을 동시에 이용하므로 균질기와 초음파 각각의 조사시간을 달리하여 제조한 후 유화연료의 안정도에 미치는 영향을 관찰하였다. 각 조건에 따라 유화 안정지수가 변화하는 것을 Fig. 5~6에 나타내었다.

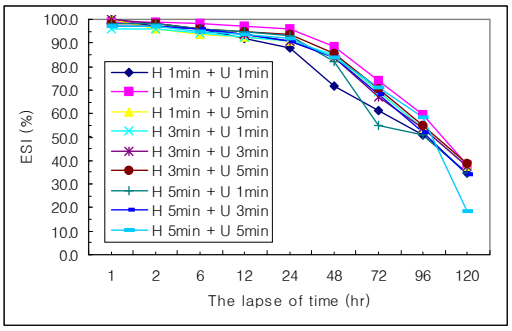


Fig. 6. Variation of ESI by homogenizer and ultrasonic waves irradiation time at 80℃ Emulsified fuel; 150g, emulsifier; 1.0wt%; MS 1:MT 1 = 9:1, water contents 30%(w/w).

3.3 온도에 따른 안정성 평가

유화연료의 안정도는 온도에 영향을 받아 온도가 높아질수록 상분리의 진행이 빨라진다. 온도에 따라 분리되는 정도를 관찰하기 위하여 함수율 20%(w/w)의 유화연료를 제조하고 항온수조를 이용하여 20℃, 50℃, 80℃의 온도에서 유화 안정지수를 측정하였으며, 함수율이 20%(w/w)일 때의 결과를 Fig. 7에 나타내었다. 이때의 조사시간은 16,000rpm에서 균질기 3분, 초음파 3분이었다.

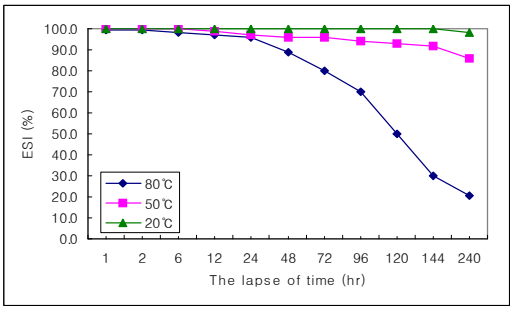


Fig. 7. Variation of ESI by temperature at water contents 20%(w/w) Emulsified fuel; 150g, emulsifier; 1.0wt%; MS 1:MT 3:MT 1= 8:1:1

80℃의 경우 함수율 20%(w/w)는 모두 24시

간까지 유화 안정지수가 90.0이상으로 안정한 상태를 유지하지만, 그 이상의 시간에서는 상분리가 빠르게 진행됨을 알 수 있었다.

50℃의 경우는 함수율이 20%(w/w)인 유화연료는 144시간까지 유화 안정지수가 90.0이상으로 안정한 상태를 유지하였다.

20℃에서는 함수율 20%(w/w)는 144시간이 경과할 때까지 상분리가 전혀 일어나지 않는 매우 안정한 상태를 유지하며, 30일이 경과 후 측정한 유화 안정지수 값이 90.0이상으로 장시간 매우 안정한 상태를 유지함을 알 수 있었다. 20℃는 50℃보다, 50℃는 80℃보다 상분리가 완만하게 진행됨을 통해 유화연료의 보관온도가 낮을수록 유화연료의 안정성이 증가한다는 것을 알 수 있었다.

3.4 함수율에 따른 안정성 평가

W/O 형의 유화연료는 분산매가 기름이고 분산질이 물다. 분산매와 분산질의 함량비율이 유화연료의 안정성에 어떠한 영향을 미치는가를 알아보기 위하여 수분의 함량을 10%(w/w)에서 70%(w/w)까지 변화시키면서 80℃에서 시간의 경과에 따른 유화 안정지수 변화를 측정하여 Fig. 8에 표시하였다.

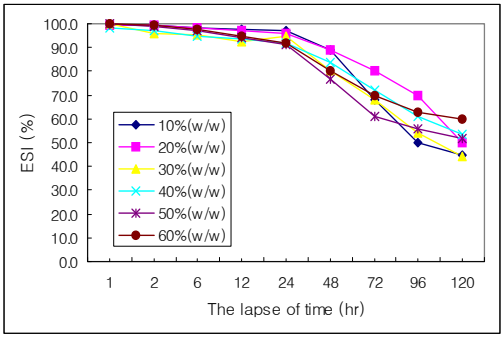


Fig. 8. Variation of ESI by increase of water contents at 80℃ Emulsified fuel; 150g, emulsifier; 1.0wt%; MS 1:MT 3:MT 1 = 8:1:1.

연료로 사용되기 위해서 유화연료는 W/O형이어야 하므로 함수율 70%(w/w)의 O/W형 유화연료의 유화 안정지수는 측정하지 않았다.

80℃에서 측정시간 24시간까지는 함수율 10~60%(w/w) 모두 ESI 값이 90.0이상으로 안정한 상태를 유지하였고, 20℃에서는 30일이 경과 후에도 함수율 10~60%(w/w) 모두 ESI 값이 90.0이상으로 매우 안정한 상태임을 확인하였다.

80℃에서 관찰한 결과 함수율이 20%(w/w)일 때가 분리되는 속도가 가장 완만하고 유화 안정지수의 값도 높아 가장 안정한 것으로 나타났다. 함수율 50%(w/w)와 60%(w/w)의 경우에는 6시간이 경과한 후부터 수층의 분리가 발생하는 것이 확인되었다.

3.5 유화제의 농도 및 HLB에 따른 안전성 평가

3.5.1 단일 유화제의 농도와 HLB 값이 유화 안정성에 미치는 영향

HLB 값이 1.8, 4.3, 11.0, 15.0인 단일 유화제 4종류를 1.0, 1.5, 2.0, 3.0%(w/w)의 농도로 첨가하여 80℃에서 시간 변화에 따른 ESI 값을 측정한 결과, Table 1 과 같이 나타내었다, 여기서 1.0%(w/w) 미만, 3.5%(w/w) 이상의 농도로 유화제를 첨가한 경우의 농도로 유화제를 첨가한 경우는 유화 안정지수 값이 전체적으로 급격히 하락하여 실험조건으로 비효율적인 것으로 사료되어 유화제의 농도를 1.0~3.0%(w/w)의 농도로 첨가하였다.

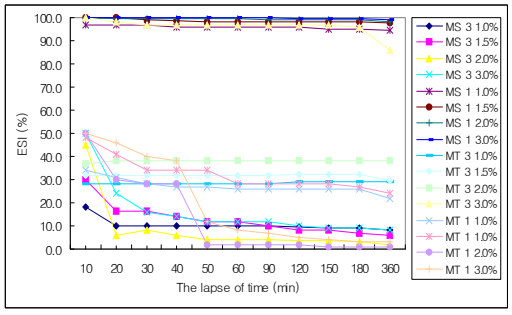


Fig. 9. Variation of ESI by concentration and HLB value of each singular emulsifier at 80℃ Emulsifier fuel; 150g, irradiation time; homogenizer 3min, ultrasonic waves 3min.

Fig. 9는 각각 유화제의 종류와 농도에서의 시간 변화에 따른 ESI를 나타낸 것으로 HLB값이 4.3인 유화제를 첨가한 경우는 시간이 경과하여

Table 1. Emulsion Stability Index by Concentration and HLB Value of Each Singular Emulsifier

Emulsifer (HLB 값)	Concentration (%w/w)	Emulsion stability index(ESI)								
		10분	20분	30분	40분	60분	90분	120분	180분	360분
Sorbitan trioleate (1.8)	1.0	18.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	9.4	9.0	8.0
	1.5	30.0	16.5	16.5	14.0	12.0	10.0	8.0	7.0	6.0
	2.0	44.9	6.1	8.2	6.1	4.1	4.1	3.7	3.1	2.0
	3.0	50.0	24.0	16.0	14.0	12.0	12.0	10.0	9.0	8.0
Sorbitan monooleate (4.3)	1.0	97.0	97.0	96.6	96.0	96.0	96.0	96.0	94.9	94.5
	1.5	100.0	100.0	99.0	98.6	98.0	98.0	98.0	98.0	97.6
	2.0	100.0	99.6	99.6	99.6	99.4	99.0	99.0	99.0	98.0
	3.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.6	99.4	99.0
Polyoxyethylene sorbitan tristearate (11.0)	1.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	29.0	29.0	29.0
	1.5	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.2	32.2	29.4
	2.0	37.0	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0
	3.0	39.0	39.0	39.0	39.0	39.0	39.0	39.0	38.2	38.2
Polyoxyethylene sorbitan monostearate (15.0)	1.0	34.0	31.0	28.0	27.0	26.0	26.0	26.0	26.0	22.0
	1.5	48.0	41.0	34.0	34.0	28.0	28.0	28.0	27.0	24.0
	2.0	50.0	30.0	28.0	28.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0
	3.0	50.0	46.0	40.0	38.0	8.0	7.0	5.0	3.0	3.0

도 ESI 값이 100.0에 가까운 매우 안정한 상태를 유지하는 반면, HLB 값이 1.8, 11.0, 15.0인 유화제를 첨가한 경우는 모든 시간에서의 ESI 값이 50.0 이하로 상분리가 매우 빠르게 일어남을 확인했다.

유화제의 농도 및 HLB 값이 유화 안정성에 미치는 영향을 규명하기 위하여 80℃에서 60분이 경과하였을 때의 ESI 값들을 사용하여 유화제 HLB 값의 변화 및 농도 구배에 따른 유화 안정성의 변화 양상을 Fig. 10에 나타내었다.

유화제가 1.0%(w/w) 첨가된 유화연료에서는 1.5%(w/w) 이상이 첨가된 유화연료보다 낮은 유화형성능력에 의해서 전체적으로 낮은 안정성을 보이나, HLB 값이 4.3인 유화제가 첨가된 경우는 ESI의 값이 90.0 이상으로 매우 안정한 유화연료가 형성됨을 알 수 있었고, Fig. 10에서와 같이 단일 유화제에서는 HLB가 약 4~6 사이의 값을 갖는 유화제를 사용하는 것이 가장 적당한 것으로 판단된다.

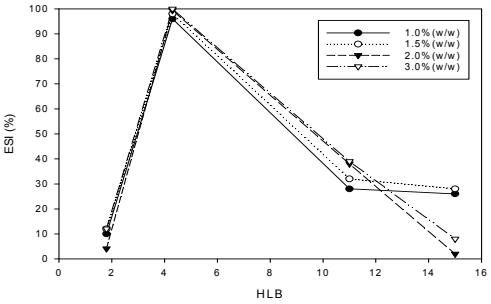


Fig. 10. Variation of ESI by concentration and HLB value of emulsifier in singular system at 80℃ Emulsifier fuel; 150g, irradiation time; homogenizer 3min, ultrasonic waves 3min, the lapse of time; 60min.

3.5.2 두 종류 및 세 종류 유화제의 HLB 값이 유화 안정성에 미치는 영향

두 종류의 유화제를 1.0%(w/w)의 농도로 첨가하면서 MS 1(HLB 4.3)과 MT 1(HLB 15.0)의 조성을 변화시켜 HLB 값을 달리하였으며, 두 종류 유화제의 HLB 값에 따른 유화 안정지수의 변화를 80℃에서 12시간이 경과한 후에 측정하여 Fig. 11에 나타내었다.

두 종류 유화제의 첨가가 유화 안정성에 미치는 영향은 단일 유화제의 경우와 유사한 경향을 나타내며, 단일 유화제가 첨가된 경우보다 전체적으로 높은 유화 안정지수 값을 갖는 안정한 유화연료를 형성하였다.

두 종류의 유화제에서도 단일 유화제 첨가에서처럼 HLB가 4.83~6.5사이의 값을 갖는 유화제를 사용하는 것이 가장 적당한 것으로 판단된다.

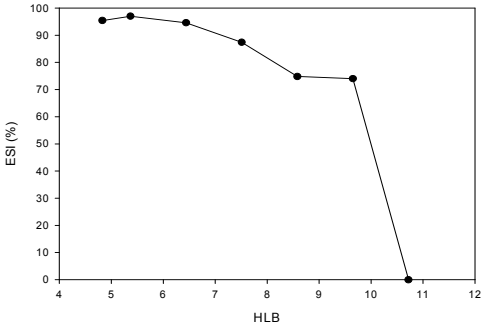


Fig. 11. Variation of ESI by concentration and HLB value of emulsifier in binary system at 80℃ Emulsifier fuel; 150g, irradiation time; homogenizer 3min, ultrasonic waves 3min, the lapse of time; 12hr.

세 종류의 유화제를 1.0%(w/w)의 농도로 첨가하면서 MS 1(HLB 4.3)과 MT 3(HLB 11.0), MT 1(HLB 15.0)의 조성을 변화시켜 HLB 값을 달리하였으며, 세 종류 유화제의 HLB 값에 따른 유화 안정지수 변화를 80℃에서 12시간이 경과한 후에 측정하여 Fig. 12에 나타내었다.

세 종류 유화제의 첨가가 유화 안정성에 미치는 영향은 단일 유화제의 경우와 유사한 경향을 나타내며, 두 종류 유화제가 첨가된 경우보다 전체적으로 높은 유화 안정지수 값을 갖는 안정한 유화연료를 형성하였다[10,11].

세 종류의 유화제에서도 단일 유화제 첨가에서처럼 HLB가 4.65~6.91사이의 값을 갖는 유화제 조성을 사용하는 것이 가장 적당한 것으로 판단된다.

이상의 결과로부터 유화제의 전체적인 HLB 값이 유화 안정성과 직접적인 관련이 있음을 알 수 있었으며, 유화제의 첨가 종류가 증가할수록 유화 안정지수 값이 증가하는 것은 상승작용(synergism)에 의한 영향으로 판단된다.

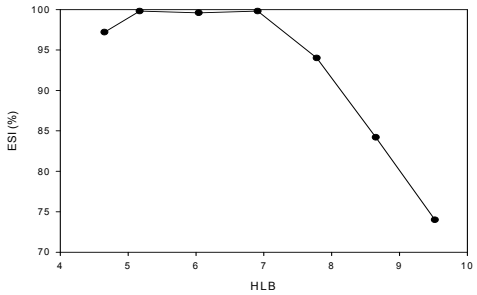


Fig. 12. Variation of ESI by concentration and HLB value of emulsifier in trinary system at 80℃ Emulsifier fuel; 150g, irradiation time; homogenizer 3min, ultrasonic waves 3min, the lapse of time; 12hr.

4. 결 론

유화제로 sorbitan trioleate, sorbitan monooleate, polyoxyethylene(20) sorbitan trioleate, polyoxyethylene(20) sorbitan monooleate의 조성을 변화시켜 사용하고, 디젤유와 물을 사용하여 Water/Oil 에멀젼 연료를 제조하였고 제조된 유화연료의 특성 및 배출가스 시험을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 에멀젼 연료 중 함수율이 증가할수록 점도 및 밀도가 증가하였고, 함수율이 60%(w/w)까지는 W/O Ultrasonic wave형이 만들어지지만 70%(w/w)이상이 되면 O/W형의 에멀젼 연료가 형성되었다.

(2) 균질기와 초음파 발생장치의 병행 사용에서 균질기를 16,000 rpm으로 1분 작동 후 초음파를 3분 조사하는 것이 가장 적절하였고, 초음파 3분 조사로 인해 공급되는 에너지 밀도는 87.5J/g이었다.

(3) 에멀젼 연료는 보관온도가 높아질수록 상분리가 빠르게 진행되었다. 80℃에서는 24시간, 50℃에서는 96시간, 20℃에서는 30일까지 안정한 상태를 유지하였다.

(4) 수분 함유량을 10~60%(w/w)까지 증가시켜 제조한 에멀젼 연료 중 함수율이 20%(w/w)일 때가 가장 안정하며, 함수율 50%와 60%(w/w)의 유화연료는 6시간이 경과한 후부터 수층의 분리가 발생하였다.

(5) 단일 유화제를 첨가한 에멀젼 연료에서는 HLB 값이 4.3인 유화제를 첨가한 연료가 매우 안정한 상태를 유지하였으며, 두 종류와 세 종류의 유화제를 첨가한 에멀젼 연료는 단일 유화제를 첨가한 것과 비슷한 경향을 나타내었고, 두 종류와 세 종류의 유화제를 첨가한 에멀젼 연료가 단일 유화제를 첨가한 연료보다 약간 증가한 유화 안정지수 값을 나타내었다. 이는 유화제간의 상승작용에 의한 것으로 판단되어 진다.

유화 안정성은 유화제의 첨가 농도와 HLB 값에 관련이 있으며 특히, 첨가한 유화제의 전체적인 HLB 값과 밀접한 관련이 있다. 따라서 HLB 값이 약 4~7사이의 값을 갖는 유화제의 조성을 사용하는 것이 가장 적당하였다

참 고 문 헌

1. J. T. Davies, and E. K. Rideal "Interfacial Phenomena" 2nd. ed., p. 371, Academic Press, New York, (1963).
2. P. Becher, "Emulsions : Theory and Practice", Reinhold Publishing, New York, p. 267, (1965).
3. P. Becher, S. Schuster, and D. Schuster, "Encyclopedia of emulsion technology", Vol. 1, Marcel Dekker Inc, pp. 94~127 (1983).
4. J. T. Overbeek, "Electrochemistry", Vol. 1, Massachsetts Institute of Tech. Cambridge, Massachsetts (1981).
5. P. S. Chang, Determination of Emulsion Stability Index in W/O Emulsion, *Anal. Scie. & Tech.* 7(2), 233 (1994).
6. V. G. Griffing, *J. Chem. Phys.,* 20, 939(1952).
7. T. J. Mason, "Advances in Sonochemistry", Vol. 1, massachsetts Institue of Tech. Cambridge, Massachsetts, (1981).
8. T. J. Mason and J. P. Lorimer, "Sonochemistry", John Wiley & Sons, NY, (1988).
9. T. J. Mason, "Chemistry with Ultrasound", Elsevier", NY, (1990).
10. M. C. Kim, Korean Patent 288,985 (2001).
11. M. C. Kim, Korean Patent 351,032 (2002).
12. 崛口博, 新界面活性劑, 世和, p. 85, (1994).