

## 동물성 유지를 원료로 한 바이오 디젤 제조 장치 개발 및 바이오 디젤의 반응조건 고찰

김용훈\*, 조영학<sup>+</sup>

(Manuscript received: Jun, 18, 2012 / Revised: Sep, 20, 2012 / Accepted: Sep, 21, 2012)

### Development of Biodiesel Production Equipment from Animal Fats and Consideration for Reaction Condition of Animal Biodiesel

Yong Hun Kim\*, Young Hak Cho<sup>+</sup>

#### Abstract

In this paper, we analysed fatty acid methyl ester contents in the biodiesel which is produced from the newly developed biodiesel production equipment. The lard oil was used as the raw material through various experimental conditions. Thirty one experiments were conducted, which were based on the experimental conditions that designed by central composite design method. The effects of four independent variables, including reaction temperature, reaction time, oil to methanol molar ratio, and catalytic amount, were investigated at five levels using central composite design (CCD). Fatty acid methyl ester content was chosen dependent variable. Although the results of analysis of the surface with an irregular surface geometry showed that the biodiesel was partially impure after the reaction due to the natural characteristics of the lard oil as the raw material, we could confirm the relationship between them from the facts that the production amount of fatty acid methyl ester changes according to reaction temperature, reaction time, oil to methanol molar ratio, and catalytic amount.

**Key Words :** Biodiesel(바이오 디젤), Lard oil(라드 유), Raw materials(원료), Reaction condition(반응조건), Fatty acid methyl ester(FAME, 지방산 메틸에스테르), Biodiesel production equipment(바이오 디젤 제조 장치), Central composite design(중심합성설계), Gas chromatography(GC, 가스 크로마토그래피)

## 1. 서론

바이오 디젤은 현재 사용되고 있는 화석연료를 대체할 수 있는 바이오 에너지 중의 하나로 꾸준히 연구되고 있는 대체연료이다. 폐유나 동·식물성유지로부터 얻어낼 수 있는 바이오 디젤은 이미 경유와 혼합된 형태로 운송수단의 연료로 사용되고

있으며 에너지의 고갈을 염려할 필요가 없고 환경오염 문제에서도 자유로워서 대체연료로서 각광받고 있다<sup>(1,2)</sup>. 또한 화석연료에 비해 상대적으로 높은 온실가스 저감 효과가 있어 지구 온난화나 이상기후 현상 같은 문제들을 해결하는데 크게 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

바이오 디젤의 원료로는 식물성 유지와 동물성 유지가 있다.

\* 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과

<sup>+</sup> 교신저자, 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과  
주소: 139-743 서울시 노원구 공릉2동 172

✉ Corresponding Author E-mail: yhcho@seoultech.ac.kr

현재 바이오 디젤 연료로서 주로 식물성 유지가 사용되고 있는데 유럽에서는 유채유가 가장 많이 사용되고 있고 국내에서는 대두유와 폐식용유가 주로 사용되고 있다<sup>(3)</sup>. 동물성 유지를 원료유지로 하는 바이오 디젤의 경우에는 쉽게 경화되며 바이오 디젤 제조가 쉽지 않다는 단점이 있지만, 산화에 대한 안정성이 식물성 유지보다 높게 나타나며 높은 발열량과 세탄가를 보여 불완전 연소율이 낮다는 장점이 있다<sup>(4)</sup>. 특히 식물성 유지의 경우 바이오 디젤의 생산뿐만 아니라 곡물, 유지로써 식재료로 매우 많이 사용되고 있기 때문에 전 세계가 식량부족 현상이 발생한 상황에서 바이오 디젤 원료로서 동물성 유지가 대체할 수 있다면 식량부족 문제에도 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서는 동물성 유지인 lard 유를 원료로 한 바이오 디젤 제조 장치를 개발하여 바이오 디젤을 제조하였다. lard 유는 탄소 이중결합을 가진 올레익산과 같은 불포화 지방산이 다량 함유되어 있는 동물성 유지로 대부분의 식물성 유지보다 스테아릭산이나 팔미틱산과 같은 포화지방산을 많이 함유하고 있는 것으로 알려져 있다<sup>(5)</sup>. 바이오 디젤의 생산 방법은 원료 기름의 성분인 트리글리세라이드(Triglyceride)가 메탄올 등의 알코올과 반응하여 지방산 메틸에스테르(Fatty acid methyl ester)와 부산물인 글리세롤(Glycerol)로 생성된다<sup>(3)</sup>. 바이오 디젤 제조 장치는 lard 유를 원료 유지로 하여 메탄올과의 전이에스테르화 반응을 거쳐 수세와 정제로 마무리하는 장치로, 한 번의 공정에 7~15l 가량의 바이오 디젤을 얻을 수 있도록 개발하였다. 개발한 장치의 실험적 확인을 위해 바이오 디젤 생산의 전이에스테르화 반응의 인자인 반응온도, 반응시간, 유지와 알코올의 몰 비, 촉매제의 질량 비를 반응조건으로 하여 교호작용을 고려하였다<sup>(6)</sup>. 이를 통해 다양한 반응표면분석법 중 중심합성설계법을 이용하여 반응조건에 따른 지방산 메틸에스테르의 함량을 분석하고 고찰하였다.

## 2. 바이오 디젤 제조 장치 개발

### 2.1 제조 공정

본 연구에서 바이오 디젤은 다음과 같은 순서로 제조되었다. 정제된 lard 유를 반응조 속에서 가열시키면서, 촉매제인 수산화칼륨과 메탄올을 교반시켜 혼합물을 제조한다. 이 때 이 혼합

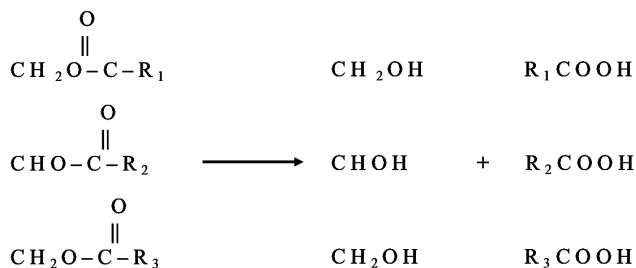


Fig. 1 Trans esterification reaction of triglyceride

물을 가열한 lard 유와 적정시간, 적정온도에서 Fig. 1의 반응식에 따라 반응을 시킨 후에 지방산 메틸에스테르와 부산물인 글리세롤을 분리한다. 이후 이것을 깨끗한 물과 비누화 반응을 시켜 불순물을 제거하고, 바이오 디젤 속에 남아있는 수분을 가열하여 제거하게 되면 바이오 디젤이 완성된다.

### 2.2 장치 설계 및 구성

바이오 디젤 제조를 위한 실험 장치는 촉매제 용기, 바이오 디젤 수집 용기, 글리세롤 수집 용기, 물 용기, FRP(Fiber Reinforced Plastic) 수지로 제작한 반응조와 이들을 백 강관과 밸브로 연결한 구조로 Fig. 2와 같이 설계되었다. 이 장치의 바이오 디젤의 생산량은 7~15l이며, 장치는 바이오 디젤과 글리세롤, 그리고 바이오 디젤과 수세한 물을 분리하기 위해 밀도 차에 원리를 사용하는 플로트 센서(Float Sensor, DF-PP4, weight 0.97, Joon-Tech), 반응 온도를 조절하기 위한 히터(Water Heater, 1500kw, 0~120°C, 우주전열유), 반응물의 교반과 순환 그리고 수세를 위한 연료 이송 펌프(Fuel Transfer Pump, DPF40-12, RotaryVane, 40l/min, 대화전기), 유체의 방향 제어를 위한 삼방밸브(3 Way Solenoid Valve, 0.2~3kgf/cm<sup>2</sup>, STV-300-15A, SHINEUI), 밸브(2 Way Solenoid Valve, 0.3~10kgf/cm<sup>2</sup>, HPR-2140, Autosigma)로 구성되어 있다.

Fig. 3은 완성된 바이오 디젤 제조 장치의 사진 및 구성요소들을 나타내고 있으며, Fig. 4는 바이오 디젤 제조 장치의 공정 플로우 차트를 나타내고 있다. 촉매제인 수산화칼륨과 메탄올이 교반되어 촉매제 용기에서 밸브를 통해 lard 유가 있는 반응조로 이동하게 되고, 반응조에서 가열과 교반을 한 후 에스테르와 글리세롤이 분리되면 플로트 센서가 동작한다. 밀도차를 이용한 플로트 센서를 이용하여 글리세롤을 분리시킨 후 펌프가 동작하여 물을 공급하여 총 3번의 수세과정을 거친 후 수

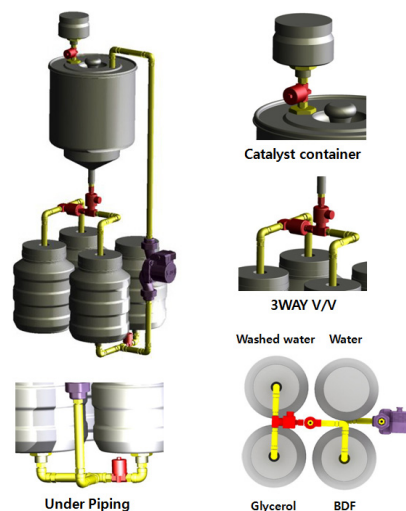


Fig. 2 Design of biodiesel production equipment

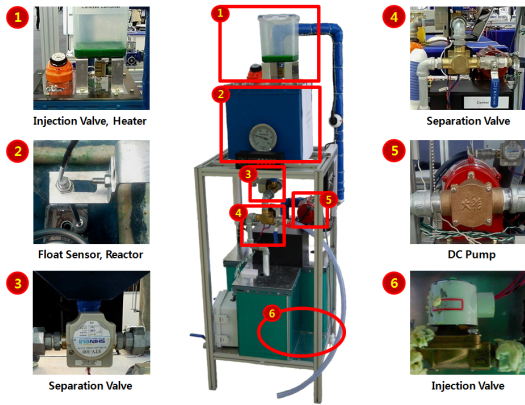


Fig. 3 Biodiesel production equipment

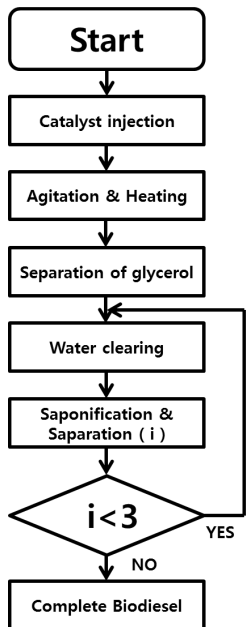


Fig. 4 Flow chart of biodiesel production process

세한 물을 분리하게 된다. 이 역시 밀도차를 이용한 플로트 센서를 이용하여 분리하게 되며 이후 반응조에서 수세과정을 마친 바이오 디젤을 가열하여 건조공정을 마치게 되면 바이오 디젤이 완성된다. 본 연구에서 개발한 바이오 디젤 제조 장치에는 Fig. 4와 같이 생산 공정을 자동화시키기 위해 제어장치로 PLC(Programmable Logic Controller, Samsung - N70)를 사용하였으며, 장치를 동작시키기 위한 동력장치로는 가정용 AC 220V, 충전 배터리(12V, 10AH, STX 12-BS, ROCKET BATTERY)를 사용하여 장치의 동력을 공급하였다.

### 3. 실험 및 분석

#### 3.1 실험재료

바이오 디젤을 제조하기 위한 원료유지로는 lard 쇼트닝(국

Table 1 Factors and their levels for central composite design

| Variable                        | Symbol         | -2                        | -1             | 0    | 1    | 2    |
|---------------------------------|----------------|---------------------------|----------------|------|------|------|
|                                 |                | Reaction temperature (°C) | X <sub>1</sub> | 50   | 55   | 60   |
| Reaction time (min)             | X <sub>2</sub> | 10                        | 15             | 30   | 45   | 60   |
| Oil to methanol molar ratio (-) | X <sub>3</sub> | 1:5                       | 1:10           | 1:15 | 1:20 | 1:25 |
| Catalytic amount (wt %)         | X <sub>4</sub> | 0.5                       | 1              | 1.5  | 2    | 2.5  |

내산, (주)엘가)을 실험에 사용하였다. 유지와의 반응에 사용한 알코올은 메탄올(순도 99.9%, Duksan pure chemical CO. Ltd, Korea)을, 반응에 사용한 촉매로는 수산화칼륨(Duksan pure chemical CO. Ltd, Korea)를 사용하였다.

#### 3.2 실험설계

반응조건에 따른 바이오 디젤 제조 실험 설계는 통계학적 방법에 따른 운전 변수들의 경향과 상호작용, 그리고 실험오차 등을 포함한 데이터를 반응표면분석법(Response Surface Methodology; RSM)의 방법에 따라 Minitab(Minitab INC., Korea) 프로그램을 사용하여 분석하였다. Minitab 내의 중심합성설계법(Central Composite Design; CCD) 프로그램을 이용하여 반응조건인 반응온도, 반응시간, 원료유지와의 메탄올 비, 촉매량을 독립변수로 5 수준-4 인자의 블록을 설정하였다. 기초 실험을 통해 전 이에스테르화 반응의 반응온도는 high level 70°C, low level 50°C로 설정하였으며, 반응시간은 high level 60분, low level 10분, 그리고 원료유지와의 메탄올 몰비는 high level 1 : 25, low level 1 : 5로 설정하였다. 촉매량은 high level 2.5wt%, low level 0.5wt%가 되도록 각각 독립변수의 level을 설정하였다. Table 1은 본 연구에서 설정한 실험조건을 나타내었다. 전 이에스테르화 반응은 원료유지 1580g을 기준으로 하여 각각의 독립변수가 구성된 내용과 같은 반응온도, 반응시간, 원료유지와의 메탄올 비, 그리고 촉매량을 설정하여 반응을 수행하였다.

#### 3.3 바이오 디젤 분석

실험데이터(Table 1)는 Minitab 소프트웨어를 이용하여 반응표면 분석법으로 분석하였다.

$$Y = \beta_{k0} + \sum_{i=1}^4 \beta_{ki}x_i + \sum_{i=1}^4 \beta_{kii}x_i^2 + \sum_{i=1}^3 \sum_{j=i+1}^4 \beta_{kij}x_{ij} \quad (1)$$

식 (1)에서, Y는 응답변수(response factor),  $X_i$ 는 i 번째 독립변수,  $\beta_0$ 는 절편,  $\beta_i$ 는 1차 모델 계수,  $\beta_{ii}$ 는 인자 i의 2차 계수, 그리고  $\beta_{ij}$ 는 인자 i와 j 사이의 상호작용의 선형 모델 계수이다<sup>(5)</sup>.

제조된 바이오 디젤의 지방산 메틸에스테르 함량을 분석하기 위해 가스 크로마토그래피(Gas Chromatography) 법을 사용하

였다. 가스 크로마토그래피 장치로는 KONIX HR GC 4000B GC, 칼럼은 HP-INNOWAX(30m × 0.32mm × 0.25 $\mu$ m)를 사용하였다. 오븐의 온도는 70 $^{\circ}$ C(1min 유지) - 승온 10 $^{\circ}$ C/min - 195 $^{\circ}$ C(2min 유지) - 승온 10 $^{\circ}$ C/min - 240 $^{\circ}$ C(8min 유지)로 변화시켰으며, 인젝터 온도 및 검출기 온도는 모두 260 $^{\circ}$ C였으며, 운반가스로는 고순도 헬륨을 사용하였다. 검출기는 FID를 사용하였다.

표준물질로는 Fame Acid Methyl Ester Mix, C4 - C24, Unsaturated(Sigma - Aldrich CO, Korea)를 사용하였으며, 제조한 바이오 디젤을 지방산 메틸에스테르의 분석에 적당한 농도로 헥산에 희석하여 분석하였다.

**Table 2 Central composite rotatable second-order design, experimental and estimated data for 5-level-4-factor response surface analysis**

| Std | Run | Reaction temperature ( $^{\circ}$ C), $X_1$ | Reaction time (min), $X_2$ | Oil to methanol molar ratio(-), $X_3$ | Catalytic amount (wt%), $X_4$ | F.A.M.E Content (wt %) |
|-----|-----|---|----------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| 2   | 1   | 0   | 2                          | 0                                     | 0                             | 96.35                  |
| 2   | 2   | 0   | 0                          | 0                                     | 0                             | 85.20                  |
| 1   | 3   | 1   | -1                         | 1                                     | 1                             | 89.06                  |
| 5   | 4   | -1  | -1                         | 1                                     | -1                            | 84.79                  |
| 4   | 5   | 1   | 1                          | -1                                    | -1                            | 97.89                  |
| 2   | 6   | 0   | 0                          | 0                                     | -2                            | 77.92                  |
| 1   | 7   | -1  | 1                          | 1                                     | 1                             | 89.06                  |
| 1   | 8   | -1  | -1                         | 1                                     | 1                             | 82.67                  |
| 2   | 9   | 0   | 0                          | 0                                     | 0                             | 85.34                  |
| 3   | 10  | 0   | 0                          | 0                                     | 0                             | 85.34                  |
| 1   | 11  | 0   | -2                         | 0                                     | 0                             | 94.95                  |
| 2   | 12  | 0   | 0                          | 2                                     | 0                             | 95.29                  |
| 3   | 13  | 0   | 0                          | 0                                     | 0                             | 85.34                  |
| 2   | 14  | 0   | 0                          | 0                                     | 0                             | 85.34                  |
| 1   | 15  | 1   | -1                         | -1                                    | 1                             | 98.59                  |
| 2   | 16  | 0   | 0                          | 0                                     | 2                             | 98.82                  |
| 3   | 17  | -1  | 1                          | -1                                    | -1                            | 83.34                  |
| 2   | 18  | 0   | 0                          | 0                                     | 0                             | 85.34                  |
| 2   | 19  | 0   | 0                          | -2                                    | 0                             | 91.10                  |
| 1   | 20  | 2   | 0                          | 0                                     | 0                             | 89.46                  |
| 2   | 21  | 1   | -1                         | -1                                    | -1                            | 98.57                  |
| 1   | 22  | -1  | 1                          | -1                                    | 1                             | 95.62                  |
| 7   | 23  | -1  | 1                          | 1                                     | -1                            | 88.31                  |
| 1   | 24  | -1  | -1                         | -1                                    | -1                            | 73.35                  |
| 8   | 25  | 1   | 1                          | 1                                     | -1                            | 98.99                  |
| 28  | 26  | 0   | 0                          | 0                                     | 0                             | 85.34                  |
| 9   | 27  | -1  | -1                         | -1                                    | 1                             | 94.23                  |
| 17  | 28  | -2  | 0                          | 0                                     | 0                             | 96.27                  |
| 16  | 29  | 1   | 1                          | 1                                     | 1                             | 94.32                  |
| 6   | 30  | 1   | -1                         | 1                                     | -1                            | 93.91                  |
| 12  | 31  | 1   | 1                          | -1                                    | 1                             | 79.87                  |

#### 4. 실험 및 분석

Lard 유와 수산화칼륨 촉매를 사용하여, 반응표면 분석법에 따라 lard 유의 전이에스테르화 반응을 수행하였다. Minitab 소프트웨어 내의 프로그램 중의 하나인 중심합성설계법을 이용하여 5 수준 - 4인자로 설계하였으며, 이를 통해 전이에스테르화 반응으로 얻어진 지방산 메틸에스테르의 함량을 종속변수로 하여 얻은 결과를 Table 2에 나타내었다. 중심합성설계법에 의해 설계된 실험조건에 따라 실험을 수행하여 얻은 결과, Run 25(반응온도 65 $^{\circ}$ C, 반응시간 45분, 메탄올 대 원료유지의 몰비 1 : 20, 촉매량 1wt%)의 조건에서 가장 높은 지방산 메틸에스테르 함량을 나타내었으며, Run 24(반응온도 55 $^{\circ}$ C, 반응시간 15분, 메탄올 대 유지 몰비 1:10, 촉매량 1wt%)의 조건에서 가장 낮은 지방산 메틸에스테르 함량을 나타내었다.

지방산 메틸에스테르 함량을 종속변수로 설정하여 회귀분석을 수행한 결과를 Table 3에 나타내었다. 통계적으로 각각의

**Table 3 ANOVA for response surface**

| Source      | Sum of squares | DF | Adj MS  | F value | P value |
|-------------|----------------|----|---------|---------|---------|
| Model       | 653.66         | 8  | 81.707  | 2.44    | 0.047   |
| $X_1$       | 88.97          | 1  | 88.974  | 2.66    | 0.117   |
| $X_2$       | 9.41           | 1  | 9.413   | 0.28    | 0.601   |
| $X_4$       | 88.44          | 1  | 88.435  | 2.64    | 0.119   |
| $X_{12}$    | 37.59          | 1  | 49.794  | 1.49    | 0.236   |
| $X_{22}$    | 117.04         | 1  | 117.037 | 3.49    | 0.075   |
| $X_1X_2$    | 57.57          | 1  | 57.570  | 1.72    | 0.203   |
| $X_1X_4$    | 219.85         | 1  | 219.855 | 6.56    | 0.018   |
| $X_2X_4$    | 34.78          | 1  | 34.781  | 1.04    | 0.319   |
| Residual    | 737.20         | 22 | 33.509  |         |         |
| Lack of fit | 304.54         | 6  | 50.757  | 1.88    | 0.147   |
| Pure error  | 432.66         | 16 | 27.041  |         |         |
| Cor, total  | 1390.86        | 30 |         |         |         |

변수에 대한 계수들을 분석한 후, P값에 기초하여 얻은 모델 식은 다음과 같이 얻었다.

$$Y = 87.1152 + 1.9254X_1 + 0.6262X_2 + 1.9196X_4 + 1.3060X_1^2 + 2.0023X_2^2 - 1.8969X_1X_2 - 3.7069X_1X_4 - 1.4744X_2X_4 \quad (2)$$

여기에서, Y는 종속변수(지방산 메틸에스테르 함량(wt%)), X<sub>1</sub>은 반응온도(°C), X<sub>2</sub>는 반응시간(min), X<sub>4</sub>는 촉매량(wt%)이다.

Table 3의 분산분석표에 따르면 유의수준이 0.2 보다 큰 항을 제거하였을 때 메탄올의 항이 제거되어 나머지 선형 항과 교호작용 항이 유의수준을 만족하게 되었다.

중심합성설계법에 의해 설계된 실험 결과를 Fig. 5~8에 나

타내었다. 4개의 독립인자 중 독립변수인 메탄올 대 유지 몰비(1:15)와 촉매량(1.5wt%)을 고정시켜서 분석한 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 반응온도 60°C, 반응시간 30분에서 낮은 지방산 메틸에스테르 함량을 보였으며, 이 조건 이후에 지방산 메틸에스테르의 함량이 증가하는 것으로 나타났다. 즉, 적정온도 이상에서 지방산 메틸에스테르의 함량이 증가하는 것으로 나타났다.

Fig. 6은 독립변수 메탄올과 원료유지의 몰비(1:15)와 반응시간(30분)을 고정한 후 분석한 결과를 나타내었다. 반응온도 50°C, 촉매량 0.5wt%에서 지방산 메틸에스테르의 함량이 가장 낮은 것으로 나타났다. 촉매량이 적어도 반응온도가 높으면 지방산 메틸에스테르의 함량이 높게 나타나는 것으로 보아 반응온도의 영향이 더욱 큰 것을 알 수 있었다.

Fig. 7은 독립변수 반응온도(60°C)와 촉매량(1.5wt%)을 고

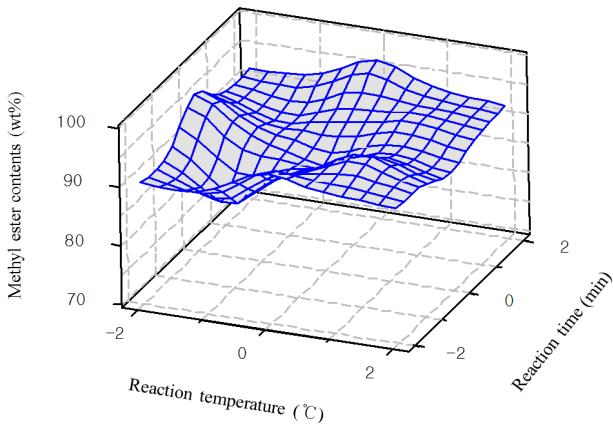


Fig. 5 Response surface plot representing the effect of reaction temperature, reaction time on fatty acid methyl ester production. Other factors(Oil to methanol molar ratio, Catalyst amount) are zero levels

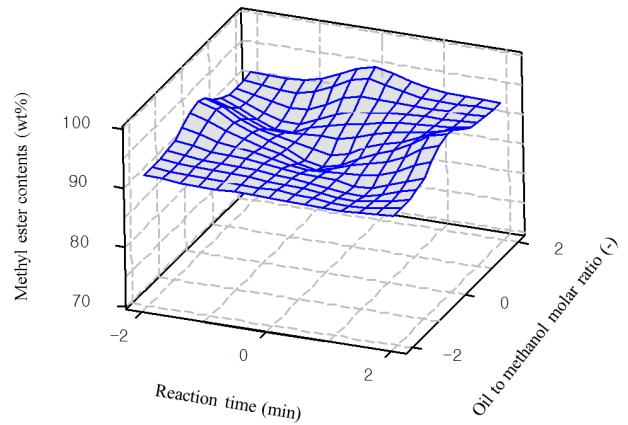


Fig. 7 Response surface plot representing the effect of reaction time, Oil to methanol molar ratio on fatty acid methyl ester production. Other factors(reaction temperature, Catalyst amount) are zero levels

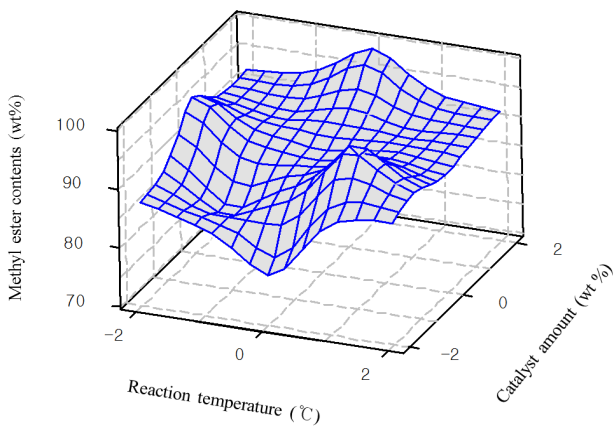


Fig. 6 Response surface plot representing the effect of reaction temperature, Catalyst amount on fatty acid methyl ester production. Other factors(Oil to methanol molar ratio, reaction time) are zero levels

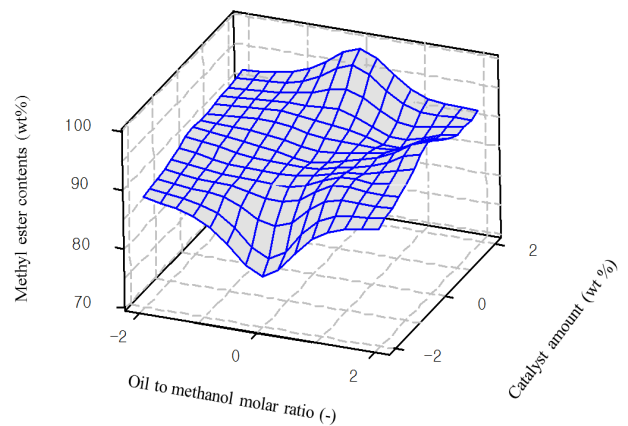


Fig. 8 Response surface plot representing the effect of Oil to methanol molar ratio, Catalyst amount on fatty acid methyl ester production. Other factors(reaction temperature, reaction time) are zero levels

**Table 4 Comparison of DF, BDF 100 and our samples**

| Fuel                   | Heat Value(cal/g) |
|------------------------|-------------------|
| DF                     | 10,000            |
| BDF 100 <sup>(7)</sup> | 9,460             |
| Our samples(lard oil)  | 9477.4 ± 30.3     |

정한 후 반응시간과 메탄올과 원료유지의 몰비의 상관관계를 도시한 결과로, 반응시간 30분, 메탄올 몰비 1:10에서 가장 낮은 지방산 메틸에스테르의 함량을 나타내었다. 또한, 독립변수 반응온도(60℃)와 반응시간(30분)을 고정한 후 메탄올 몰비와 촉매량의 상관관계를 도시한 Fig. 8을 보면, 촉매량에 따라 지방산 메틸에스테르의 함량이 감소하는 것을 볼 수 있었다.

이와 같이 4개의 독립변수에 대해 각각의 상관관계를 통해 반응온도 65℃, 반응시간 60분, 메탄올의 몰 비 1:25, 수산화칼륨 1wt%의 반응조건에서 98.99wt%의 가장 높은 지방산 메틸에스테르 함량이 나타나는 것을 찾을 수 있었다.

본 연구에서 제안된 장치를 이용하여 제조된 동물성 바이오디젤과 식물성 바이오디젤의 물성값이, 서로 다른 분석기준과 방법으로 이루어지는 관계로 직접적인 비교가 어려웠다. 따라서, 이를 대신하여 Table 4에서 보이는 바와 같이 기존 논문<sup>(7)</sup>에서 발표된 상용화된 디젤연료(DF)와 대두유를 기반으로 한 식물성 바이오디젤(BDF 100)의 발열량과의 비교를 하였다. 본 연구에서 제조된 동물성 바이오디젤의 발열량은 총 12번의 실험 결과를 평균한 결과로, 식물성 바이오디젤과 비교하였을 때 발열량에 있어 큰 차이가 없어, 실제 바이오디젤로서 사용이 가능할 것으로 판단된다.

### 5. 결론 및 고찰

본 연구에서는 바이오디젤 제조 장치를 개발하고 이를 lard 유를 원료로 하여 여러 반응조건에 대한 실험을 통하여 바이오디젤 내에 지방산 메틸에스테르 함량을 분석하였다. 바이오디젤 제조 장치의 자동화를 위해 PLC 제어장치를 사용하였으며, 제조된 바이오디젤의 지방산 메틸에스테르 함량을 분석하기 위해 가스 크로마토그래피 법을 사용하였다. 중심합성설계법에 의해 설계된 실험조건에 따라 실험을 수행하여 얻은 바이오디젤의 성분을 분석한 결과, 반응온도 65℃, 반응시간 60분, 메탄올의 몰비 1:25, 수산화칼륨 1wt%의 반응조건에서 98.99wt%의 가장 높은 지방산 메틸에스테르 함량을 나타내었다. 실험 결과 그래프를 보면, 반응 표면도(response surface plot)가 불규칙한 곡면 형상을 나타내는데, 이는 lard 유 원료의 특성상 바이오디젤의 제조가 용이하지 않으며 바이오디젤을 제조하기 전에 원료를 헥산으로 전처리하지 않음에 기인한 것으로 보인다.

다. 또한, 바이오디젤 제조 장치의 구조가 순환구조로 되어 있어 같은 배관에 여러 가지 유체가 흐르게 되어 배관에 남아 있는 반응물과 섞이게 될 뿐만 아니라, 수세과정 이후 발생하는 불순물의 영향을 받은 것으로 판단된다. 따라서 불순물을 제거하기 위한 정제장치와 순환구조의 장치가 아닌 분리구조의 장치로 개선이 필요한 것으로 판단된다. 본 연구에서 제조된 동물성 바이오디젤의 발열량은 기존의 식물성 바이오디젤 및 상용디젤(경유)과 비교하였을 때 발열량에 있어 큰 차이가 없어, 실제 바이오디젤 연료로서 사용이 가능할 것으로 예상된다.

### 후 기

이 연구는 서울과학기술대학교 교내 학술연구비 지원으로 수행되었습니다.

### References

- (1) Na, Y. E., 2010, "Bio-energy (Biodiesel, Bioethanol) Production and Dissemination of Policies Promoting Activation," *Organics Recycling*, Vol. 18, No. 3, pp. 5913~5922.
- (2) Lee, S. B., 2007, "Securing Raw Materials and Commercialization for the Economics of Biodiesel," *Organics Recycling*, Vol. 15, No. 1, pp. 95~102.
- (3) Jo, B. H., and Cha, H. J., 2010, "Biodiesel Production Using Microalgal Marine Biomass," *KSSB Journal*, Vol. 25, No. 2, pp. 109~115.
- (4) Lebedevas, S., and Vaicekauskas, A., 2006, "Use of Waste Fats of Animal and Vegetable Origin for the Production of Biodiesel Fuel: Quality, Motor Properties and Emission of Harmful Components," *Energy & Fuels*, Vol. 20, No. 5, pp. 2274~2280.
- (5) Yang, H. S., Jeong, G. T., Park, S. H., Park, J. H., and Park, D. H., 2007, "Reaction Condition for Biodiesel Production from Animal Fats," *Korea J. Biotechnol. Bioeng.*, Vol. 22, No. 4, pp. 228~233
- (6) Jung, G. T., Yang, H. S., Park, S. H., and Park, D. H., 2007, "Optimization of Biodiesel Production from Rapeseed Oil Using Response Surface Methodology," *KSSB Journal*, Vol. 22, No. 4, pp. 222~227.
- (7) Park, H. D., 2009, *An Experimental Study on the Application of Bio-diesel Fuel to Single Cylinder Diesel Engine*, A Thesis for a Master, Gangwon National University, Republic of Korea.