

파일럿 규모의 바이오디젤 생산공정의 실증연구

정귀택^{1,2,7} · 박재희^{2,7} · 박석환^{2,7} · 박돈희^{1,2,3,4,5,6,7,*}

¹전남대학교 생명과학기술학부, ²바이오에너지 및 바이오소재 협동과정, ³기능성식품연구센터, ⁴생물공학연구소, ⁵생물산업기술연구소, ⁶촉매연구소, ⁷공업기술연구소

Performance of Pilot-Scale Biodiesel Production System

Gwi-Taek Jeong^{1,2,7}, Jae-Hee Park^{2,7}, Seok-Hwan Park^{2,7}, and Don-Hee Park^{1,2,3,4,5,6,7,*}

¹School of Biological Sciences and Technology, ²Interdisciplinary Program of Graduate School for Bioenergy & Biomaterials, ³Functional Food Research Center, ⁴Biotechnology Research Institute, ⁵Institute of Bioindustrial Technology, ⁶Research Institute for Catalysis, ⁷Engineering Research Institute, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea.

Abstract Biodiesel (fatty acid alkyl esters), which is produced from sustainable resources such as vegetable oil, animal fat and waste oils, have used to as substitutes for petro-diesel. In this study, we investigate the performance of 30 L and 300 L pilot-scale biodiesel production system using alkali-catalyst transesterification from soybean oil and rapeseed oil produced at Jeju island in Korea. The 30 L-scale biodiesel production was performed to in the condition of reaction temperature 65°C, catalyst amount 1% (w/w) and oil to methanol molar ratio 1 : 8. At that reaction condition, the fatty acid methyl ester contents of product are above 98% within reaction time 30 min. Also, the conversion yield of over 98% was obtained in 300 L-scale biodiesel production system using rapeseed oil and soybean oil. The quality of biodiesel produced from reaction system was satisfied to recommended quality standard of Korea. Our results may provide useful information with regard to the scale-up of more economic and efficient biodiesel production process.

Keywords: biodiesel, fatty acid methyl ester, transesterification, pilot-scale

서 론

최근의 석유공급의 불안정과 고유가로 인하여 화석연료를 대체할 에너지의 개발이 절실히 필요한 상황이다. 또한 전 세계적으로 탄산가스 배출량을 규제하는 기후 변화 협약에 대비하는 하나의 방법으로써 식물과 같은 재생 가능한 원료로부터 대체에너지를 확보하는 것은 국가 경제와 산업에 많은 이점으로 대두되고 있다(1-5).

전 세계적으로 화석연료의 대체가능 에너지로서 간주되는 대체에너지원 중 바이오디젤에 관한 관심이 크게 높아지고 있다. 바이오디젤은 수송용 연료로서 목적으로 생산되는 대체에너지 중에서 가장 광범위하게 사용되고 있는 에너지원 중에 하나이다. 2차세계의 석유파동 이후 수

송용 대체에너지에 대해 강력히 추진하였던 서구의 국가들은 1980년대의 집중적인 연구개발과 실증을 거쳐 대용량의 바이오디젤 생산공정을 개발하여 1993년 이후 유럽을 중심으로 바이오디젤의 생산량을 급격히 증가하였으며, 바이오연료 수송부문 시장점유율을 2005년 2%에서 2010년 5.75%까지 확대하기로 하였다. 미국은 2000년에 바이오매스 R&D법을 통해 국가 비전을 제정하였으며, 2006년 1월에는 2020년까지 미국 내에서 사용되는 디젤의 20%를 바이오디젤로 대체하기로 발표하였다(1, 5-7).

바이오디젤은 주로 식물성 유지, 동물성 지방, 폐유지 등으로부터 생산할 수 있는 디젤기관의 대체연료로서 green ester라고도 하는데, 석유소비량을 줄일 수 있고, 매연, 이산화탄소, 황 등의 오염물질의 배출량을 줄일 수 있다는 환경친화적인 관점과 탄산가스 배출량을 규제하는 교토의정서의 “기후 변화 협약”의 관점에서 바이오디젤에 관한 관심이 고조되고 있다(1, 5, 7).

바이오디젤의 생산기술은 원료유지의 전처리 과정, 전이

*Corresponding author

Tel: +82-62-530-1841, Fax: +82-62-530-1910
e-mail: dhpark@chonnam.ac.kr

에스테르화에 의한 지방산 메틸에스테르의 합성반응, 미반응 메탄올의 재순환 및 글리세린의 분리정제, 지방산 메틸에스테르의 분리·정제의 후처리 공정으로 이루어진 다단계 공정기술이다. 각 단계 공정의 세부기술에 따라 바이오디젤의 경제성, 생산된 바이오디젤의 연소특성과 엔진 성능 및 배출가스 특성 등의 영향이 종합적으로 검토분석되어야 한다(1-3, 5, 8).

일반적으로 지방산의 글리세린 에스테르로 구성되어 있는 식물성 유지나 동물성 지방으로부터 디젤엔진에 적용하기 위한 바이오디젤의 생산기술에는 직접이용법, 마이크로 에멀전법, 열분해법 및 전이에스테르화법 등이 있다. 이 중 오늘날 바이오디젤 생산 상용공정은 대부분 전이에스테르화 공정에 근거하여 생산하고 있는데, 원료유지의 특성에 따라 사용하는 촉매와 공정을 다르게 적용하고 있으며, 촉매의 종류에 따라 염기촉매, 산 촉매 그리고 효소촉매 전이에스테르화법으로 구분하고 있다. 가장 일반적인 공정은 알칼리성 촉매 (KOH, NaOH, CH₃ONa 등)를 이용하여 원료 유지를 알코올 (메탄올, 에탄올 등)로 전이에스테르화하여 지방산 에스테르와 글리세롤을 얻고, 글리세롤을 분리·제거시키면 고순도의 지방산 에스테르로 이루어진 바이오디젤을 생산할 수 있다(1-4, 8).

바이오디젤의 생산에 있어 알칼리 촉매에 의한 전이에스테르화 반응은 유지에 대한 메탄올 몰비, 촉매 첨가량 및 반응온도와 반응시간이 전환율과 반응속도에 미치는 영향을 비교분석하여 경제성 있는 반응조건을 설정하여야 한다. 이중 반응시간은 바이오디젤의 생산에 있어 원료 유지의 가격 외에 에너지 비용과 운전비용에 관계되는 중요한 조업 인자이다(1-5, 8). 바이오디젤의 생산공정은 크게 회분식과 연속식 생산공정으로 분류할 수 있는데, 500-20,000톤/년의 소규모 공정에 주로 적용되는 회분식 생산공정은 시설 투자비가 저렴하며, 원료물질에 따른 공정변수의 변동이 용이하여 생산되는 바이오디젤의 품질관리가 용이하다는 장점이 있다(1, 2, 4).

본 연구에서는 30 L와 300 L 규모의 회분식 바이오디젤 생산시스템을 이용하여 유채유와 대두유를 대상으로 알칼리 촉매에 의한 전이에스테르화 반응을 수행하여 바이오디젤을 생산하는 공정에 대한 실증연구를 수행하고자 하였다. 최종적으로 연구를 통해 확보한 자료를 바탕으로 생산된 바이오디젤의 품질을 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

30 L와 300 L 규모의 전이에스테르화 반응을 수행하기 위하여 원료유지로는 전처리된 유채유 (제주산, (주)온바이오)와 대두유 ((주)오뚜기)를 실험에 사용하였다. 유지와의 반응에 사용한 알코올은 메탄올 (순도 99.5% 이상,

Duksan pure chemical Co., Ltd, Korea)을 사용하였다. 반응에 사용한 알칼리 촉매로는 수산화칼륨 (KOH, 순도 85% 이상, Duksan pure chemical Co., Ltd, Korea)를 사용하였다. 시료 중의 지방산 메틸에스테르의 분석에 사용한 표준시약으로는 GC급의 올레산 메틸 에스테르 (oleic acid methyl ester), 리놀레산 메틸 에스테르 (linoleic acid methyl ester), 리놀렌산 메틸 에스테르 (linolenic acid methyl ester), 팔미트산 메틸 에스테르 (palmitic acid methyl ester) 등 (Sigma-Aldrich Co., Ltd, USA)을 사용하였다. 가스크로마토그래피에 사용한 헬륨, 수소, 공기는 고순도의 제품 (Praxair Korea Co., Ltd, Korea)을 사용하였다. 분석용과 추출용매는 특급시약을 사용하였다.

알칼리 촉매에 의한 전이에스테르화 반응

원료 유지를 메탄올과 알칼리 촉매를 사용하여 전이에스테르화 반응을 수행하여 지방산 메틸에스테르를 합성하기 위하여 30 L와 300 L 규모의 반응시스템을 사용하였다. 30 L 규모의 반응시스템은 하부에서 전동모터에 의해 교반을 수행하고 반응기 내에는 혼합도를 높이기 위하여 방해판을 설치하였으며, 내용적은 30 L의 반응기를 사용하였다. 반응은 초기 유지량을 18 L를 기준으로 반응 변수들을 설정하여 30 L 반응시스템의 연구를 수행하였다. 300 L 규모의 반응시스템은 상부에서 전동모터에 의해 교반을 수행하였고, 고온의 스팀으로 반응물의 온도를 조절하였다. 반응은 초기 유지량을 200 L를 기준으로 미리 설정한 조업변수 값을 바탕으로 메탄올 양과 촉매의 양을 계산하여 전이에스테르화 반응을 수행하였다. 실험은 반응기에 일정량의 원료유지와 설정된 양의 메탄올을 넣고 교반하면서 설정된 반응온도로 가열하여 반응물의 온도가 일정하게 유지되면 설정된 양의 촉매용액 (일정한 농도로 메탄올에 용해 시킨)를 반응기에 즉시 첨가하면서 반응을 시작하였다. 분석을 위한 시료 채취는 반응기의 시료 채취구로부터 일정시간 간격으로 채취하여 분석에 사용하였다.

분석방법

반응 중, 후에 채취한 시료들은 중화, 메탄올 회수 등의 처리과정을 거친 후, 지방산 메틸에스테르 함량분석, 점도, 산가 등의 분석을 수행하였다. 시료의 일부 품질분석은 한국석유품질관리원에 의뢰하여 수행하였다.

지방산 메틸에스테르 함량 분석

반응 중후에 채취한 시료는 10% 염산용액으로 반응을 정지시킨 후 원심분리하여 글리세린 층을 분리하여 제거한다. 원심분리하여 얻은 상층부 에스테르 층은 진공 증류하여 미반응 메탄올을 제거하여 분석에 사용하였다. 가스크로마토그래피에 의한 지방산 메틸에스테르 함량 분석

방법은 다음과 같다. 원료유지로부터 전이에스테르화 반응을 수행한 후 얻은 생산물 중의 지방산 메틸에스테르의 함량은 표준방법인 “지방 및 오일 유도체-지방산 메틸에스테르 (FAME)-에스테르 및 리놀렌산 메틸에스테르 함량 분석 방법 (KS M 2413 : 2004)”(9)에 의하여 분석하였다. 가스크로마토그래피는 Donam 6100 GC를 사용하였으며, 컬럼은 HP-INNOWAX (30 m × 0.32 mm × 0.5 μm), 오븐 온도 210°C, 인젝터 온도 250°C, 검출기 온도 250°C, 그리고 운반가스로는 고순도 헬륨을 사용하였다. 검출기는 FID를 사용하였다.

분석용 시료 준비는 10 mL 바이알에 시료 약 250 mg를 정확히 무게를 단 후, 피펫을 이용하여 메틸 헵타데카노이트 용액 5 mL을 넣어 용해한 후 가스크로마토그래피를 사용하여 분석하였다. 분석과정 중 기기의 이상 유무 및 정량의 확인은 표준 지방산 메틸에스테르들을 일정비율로 섞어 만든 시료를 분석하여 확인하였다.

에스테르 함량 (무게%)은 다음 식으로 계산하였다.

$$C = \frac{(\sum A) - A_{EI}}{A_{EI}} \times \frac{C_{EI} \times V_{EI}}{m} \times 100\%$$

여기에서 $\sum A$: C_{14} 의 메틸에스테르부터 $C_{24:1}$ 까지의 메틸에스테르까지의 피크 전체면적

A_{EI} : 메틸 헵타데카노이트에 해당하는 피크 면적

C_{EI} : 사용한 메틸 헵타데카노이트 용액의 농도 (mg/mL)

V_{EI} : 사용한 메틸 헵타데카노이트 용액의 부피 (mL)

m : 시료의 무게 (mg)

결과 및 고찰

30 L 규모의 바이오디젤 생산공정의 연구 결과

반응온도의 영향

알칼리 촉매에 의한 원료유지의 전이에스테르화 반응은 산 촉매를 사용하는 공정 (100°C 이상)에 비하여 낮은 온도에서 조업이 가능하다. 일반적으로 반응온도가 높을수록 전이에스테르화 반응의 속도가 증가하고, 유지와 메탄올의 상호용해도가 증가하면서 평형전환율도 증가하므로, 알칼리 촉매공정에서는 메탄올의 비점 부근에서 반응온도가 설정되고 있다. 전이에스테르화 반응 공정에 있어서 반응온도는 수율과 에너지 비용에 관계되는 주요 조업인자이므로, 낮은 반응온도에서 원하는 반응 수율을 얻을 수 있으면 바이오디젤의 생산단가를 낮추는데 기여할 수 있다(1, 2, 8, 10).

전이에스테르화 반응에 반응온도가 미치는 영향을 알아보기 위하여 30 L 반응기에 18 L의 유지를 기준으로 메탄올 몰비 1 : 6, 알칼리 촉매 KOH 1%로 설정하여

반응온도를 40°C에서 75°C까지 변화를 주면서 400 rpm의 속도로 교반하면서 반응을 수행하여 얻은 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 메탄올의 비점 이전인 반응온도 60°C까지는 반응온도가 증가할수록 지방산 메틸에스테르의 함량도 증가하였다. 그러나 메탄올 비점 이상인 70°C 이상의 실험에서는 메틸에스테르의 함량이 감소하였다. 이러한 이유로는 실험에 사용한 30 L 반응기에 응축기가 설치되어 있지만, 높은 반응온도로 인하여 발생한 메탄올의 증발로 인해 실제 반응물 중의 유지 대 메탄올 비가 감소하여 반응도가 감소한 결과라 판단된다. 밀폐된 반응기와 가압환경을 적용하면 메탄올 비점 이상의 반응온도 조건에서도 반응수율의 증가가 예상된다.

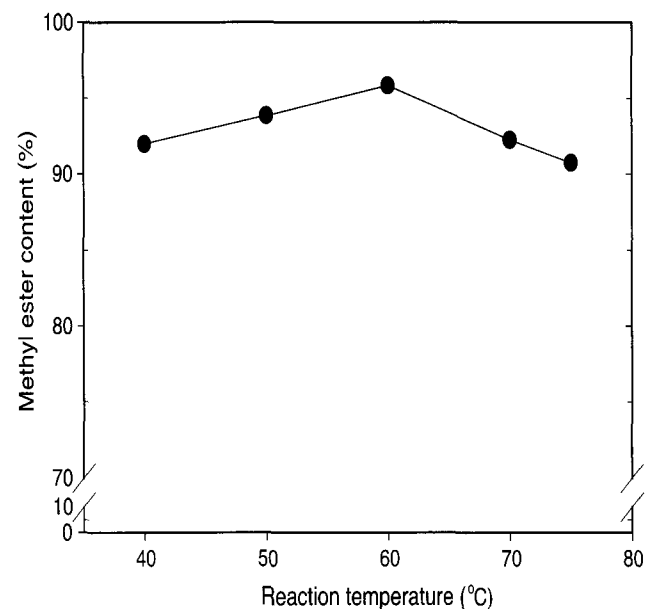


Fig. 1. Effect of reaction temperature on transesterification of rapeseed oil in 30L-scale reaction system.

메탄올 몰비의 영향

알칼리 촉매를 이용한 전이에스테르화 반응은 가역반응으로서 유지에서 지방산 에스테르로의 전환수율과 반응속도를 높이기 위해서는 유지에 대한 메탄올의 몰비가 이론당량비인 1 : 3 보다도 높게 유지되어야 하지만, 한계 몰비 이상의 반응에서는 반응종료 후 미반응 메탄올의 회수 비용의 증가와 지방산 에스테르/글리세린의 상분리가 불완전하게 되므로 오히려 수율이 감소되는 문제점이 있다(1-3).

Fig. 2는 유채유 18 L를 기준으로 알칼리 촉매인 KOH에 의한 전이에스테르화 반응에서 첨가된 메탄올의 몰비가 메틸에스테르 함량에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 반응온도 60°C, KOH 1.0% (w/w)가 첨가된 조건에서 첨가되는 유지 대 메탄올의 몰비를 1 : 3에서 1 : 10의 범위에서 실험을 수행하였다. 대부분의 실험조건에서는 반응 5분 정도에서 거의 반응이 안정화되는 경향을 나타내었다. 메

탄올 몰비가 1 : 10 이하에서는 몰비가 증가함에 따라서 함량도 증가하였다. 이러한 결과는 강과 김(11)이 보고한 결과와 유사한 것이다. 대두유와 같이 불포화도가 큰 지방산 함량이 높거나 반응온도가 60°C 이상이면, 유지에 대한 메탄올의 최적 몰비는 1 : 6이며, 유채유와 같이 올레산 함량이 높고 반응온도가 60°C 이하이면 유지에 대한 메탄올의 최적 몰비는 1 : 6-1 : 8 범위라고 보고하였다. 일반적으로 원료유지의 전이에스테르화 반응에 있어 메탄올의 사용량이 증가하면 유지와 메탄올이 접촉할 수 있는 기회가 많아져 반응이 잘 되지만, 원가에 포함되는 메탄올 사용량의 증가와 과량의 메탄올의 회수 과정에서 사용되는 에너지 비용 등으로 인해 바이오디젤의 생산 단가가 증가하게 된다(1, 2, 4). 본 연구에서는 유지 대비 메탄올의 몰비를 1 : 6에서 1 : 10 사이에서 최적 조업조건을 설정하였다.

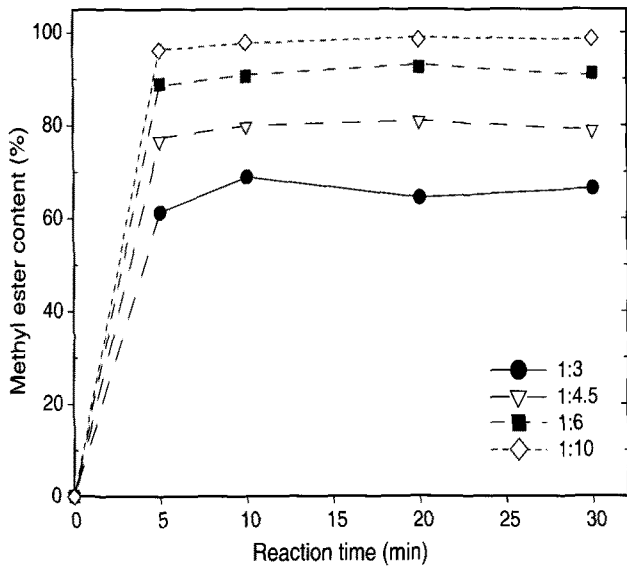


Fig. 2. Effect of oil-to-methanol molar ratio on transesterification of rapeseed oil in 30L-scale reaction system.

반응시간의 영향

바이오디젤의 생산에 있어 알칼리 촉매에 의한 전이에스테르화 반응은 유지에 대한 메탄올 몰비, 촉매 첨가량 및 반응온도와 반응시간이 전환율과 반응속도에 미치는 영향을 비교분석하여 설정하여야 한다. 또한, 반응시간은 바이오디젤의 생산에 있어 원료 유지의 가격 외에 에너지 비용과 운전비용에 관계되는 중요한 조업인자이다(1-5, 8).

위에서 언급한 반응시간의 영향을 대두유를 기준으로 반응온도를 60°C, 유지 대 메탄올의 몰비를 1:6으로 설정하여, 1.0% KOH를 첨가하여 반응을 수행하면서 반응시간에 따른 지방산 메틸에스테르의 함량에 미치는 영향을 비교분석하여 Fig. 3에 나타내었다. 전체적인 반응 중 지방산 메틸에스테르의 함량은 5분 이내에 거의 평형을 이루는 것이 확인되었다. 30분간의 반응 후 온도를 75°C로

승온시켜 10분간 반응을 더 진행한 결과 오히려 메틸에스테르의 함량이 90.3%에서 82.8%로 감소하였다. 이러한 이유로는 온도의 상승으로 인해 메탄올의 증발과 이로 인해 가역반응의 균형이 흐트러진 결과라고 판단된다.

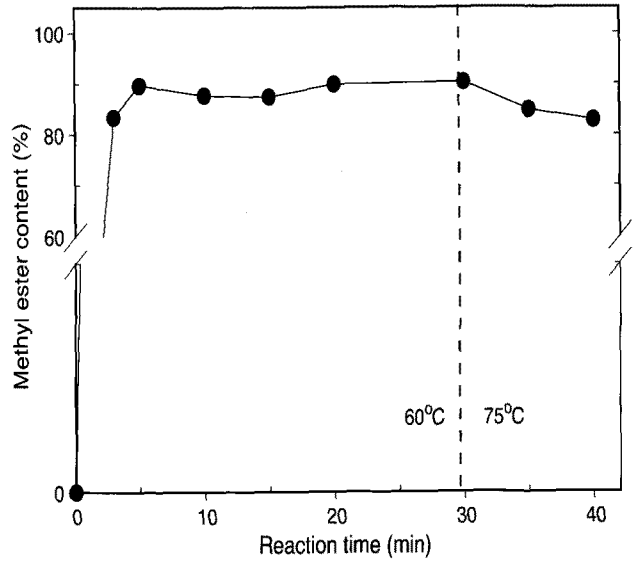


Fig. 3. Time course of transesterification of soybean oil in 30L-scale reaction system.

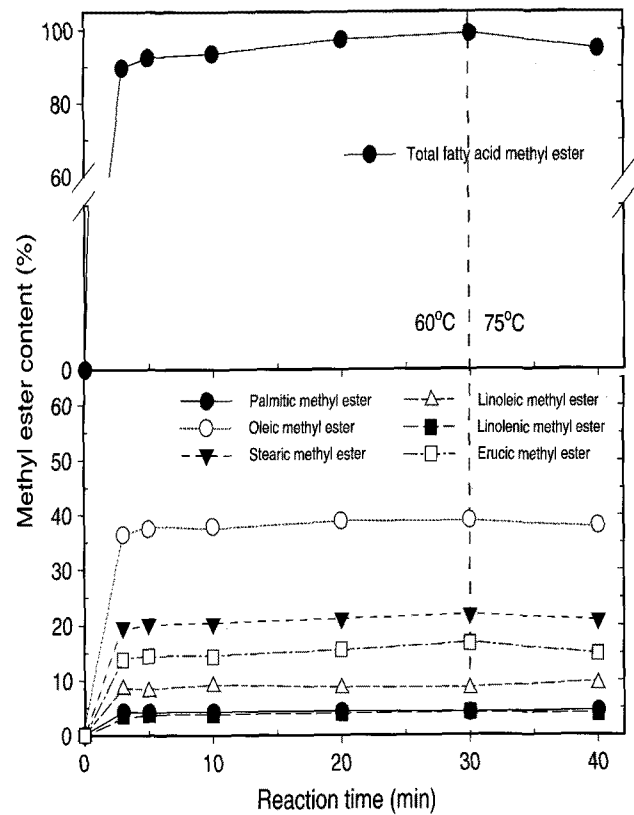


Fig. 4. Time course of transesterification of rapeseed oil in 30 L-scale reaction system.

본 연구에서는 에너지 비용과 운전비용이 절감되는 반응조건을 제시하기 위해서 유채유를 기준으로 반응온도를 60°C, 유지 대 메탄올의 몰비를 1 : 8로 설정하여, 1.0% KOH를 첨가하여 반응을 수행하면서 반응시간에 따른 지방산 메틸에스테르의 함량에 미치는 영향을 비교 분석하여 Fig. 4에 나타내었다. 전체적인 반응 중의 지방산 메틸에스테르의 함량은 5분 이내에 거의 평형을 이루는 것이 확인되었다. 반응 20분 후에는 총괄 지방산 메틸에스테르의 함량이 약 98% 이상이 유지되었다. 각각의 지방산 메틸에스테르에 대하여 비교하면, 주요 지방산 모두 총괄반응 함량과 유사하게 5분 이내에서 평형을 이루는 것으로 나타났다. KOH 촉매 반응계에서 올레익산 메틸 에스테르는 반응 개시 후 5분에 37.6%의 함량을 보이다가 시간이 지남에 따라 조금 증가함을 보였다. 30분간의 반응 후 온도를 75°C로 승온시켜 10분간 반응을 더 진행한 결과 오히려 메틸에스테르의 함량이 감소하였다. 이러한 이유로는 온도의 상승으로 인해 메탄올의 증발과 이로 인해 가역반응의 균형이 흐트러진 결과라고 판단된다. 지방산 함량으로 비교하면 승온에 의해 팔미틱산과 리놀레산만 약간 증가하였고, 나머지 지방산은 감소하는 경향을 나타내었다.

300 L 규모 바이오디젤 생산공정의 연구 결과

유채유를 원료로 한 실증연구

300 L 규모의 회분식 반응시스템에서의 알칼리촉매를 사용한 전이에스테르화 반응을 수행하기 위하여 원료유지로 유채유 (제주산, 온바이오(주))를 215 L를 반응기에 투입하고 메탄올을 펌프를 이용하여 첨가한 후 교반을 수행하면서 반응기의 온도를 65°C로 유지하였다. 반응기의 온도가 일정하게 유지되면 메탄올에 용해시킨 KOH 촉매 용액을 첨가하는 동시에 반응을 시작하였다. 반응이 진행되는 중간에 일정간격으로 반응기의 좌측에 있는 시료채취구로부터 약 60 mL의 시료를 취하여 분석에 사용하였다.

Fig. 5(A)는 위의 조건에서 수행하여 얻은 지방산 메틸에스테르 함량을 반응시간에 대하여 도시한 것이다. 반응이 진행됨에 따라 지방산 메틸에스테르 함량이 일정하게 유지되었다. 약 15분 이내에 반응이 평형을 이루는 것으로 판단된다. Fig. 5(B)에는 반응 중 각각의 지방산 메틸에스테르의 함량 변화를 도시하였다. 본 연구에 사용한 제주도산 유채유에는 Table 1에 나타낸 것과 같이 다른 시판용 유채유와는 다르게 erucic acid가 약 17.7% 정도 함유되어 있었다. 각각의 지방산 메틸에스테르 중 올레익산 메틸에스테르를 제외하고는 시료채취 시간에 대한 반응성(함량)이 거의 일정하였다. 실험에 사용한 유채유 중의 올레익산의 함량은 41.4% 정도 이었다. 전체적인 반응이 초반이 조금 낮게 나온 것은 Fig. 5(B)에 의하면 올레익산의 영향이 가장 큰 것으로 판단된다.

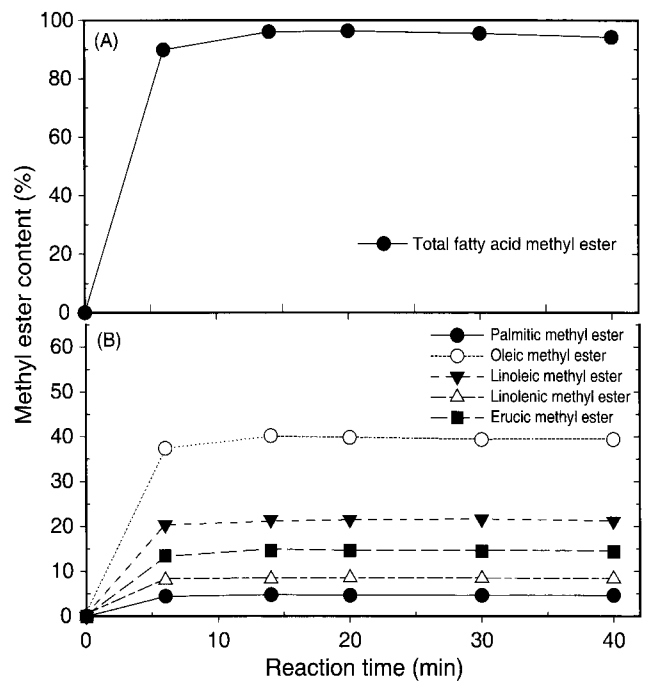


Fig. 5. Time course of transesterification of rapeseed oil in 300L-scale reaction system.

대두유를 원료로 한 실증연구

300 L 규모의 회분식 반응시스템에서의 알칼리 촉매를 사용한 전이에스테르화 반응의 실증연구를 수행하기 위하여 원료유지로 대두유 230 L와 메탄올을 몰비로 1 : 6이 되게 반응기에 투입하고 교반을 수행하면서 반응기의 온도를 60°C로 유지하였다. 반응기의 온도가 일정하게 유지되면 유지 대비 1% (w/w)에 해당되는 KOH 촉매를 메탄올에 용해시켜 반응기에 투입하는 동시에 반응을 시작하였다. 반응이 진행되는 중간에 일정 간격으로 반응기의 좌측 중앙에 있는 시료채취구로부터 약 60 mL의 시료를 취하여 지방산 메틸에스테르 함량 분석에 사용하였다.

Fig. 6(A)는 위의 조건에서 수행한 결과 얻은 지방산 메틸에스테르 함량을 반응시간에 대하여 도시한 것이다. 반응이 진행됨에 따라 지방산 메틸에스테르 함량이 일정하게 유지되었다. 반응 후 1분에서 18.6% 함량을 나타냈고, 반응 2분에서는 80.2%, 3분에서는 93.5%의 메틸에스테르 함량을 보였다. 대부분의 반응은 약 5분 이내에 반응이 평형을 이루는 것으로 판단된다. 반응 20분 후에는 약 98% 이상의 메틸에스테르 함량을 가지는 바이오디젤을 얻을 수 있었다. Fig. 6(B)에는 반응 중 각각의 지방산 메틸에스테르의 함량의 변화를 나타낸 것이다. 본 연구에 사용한 각각의 지방산 메틸에스테르는 시료채취 시간에 대한 반응성(함량)이 거의 일정하였다. Fig. 7은 위의 대두유로부터 바이오디젤을 생산하기 위하여 30분간 반응한 후 반응을 정지하여 메탄올을 증발시키는 공정과 30분 후에 반응온도를 75°C로 올려 30분간 반응하

여 얻은 시료를 비교한 것이다. 30분 반응 후 반응을 정지하고 글리세린 층을 제거한 후 메탄올을 증발시킨 시료는 증류과정에서 열에 의해 일부 반응이 일어나 메틸 에스테르 함량이 1% 이내에서 증가한 결과를 보였다. 그러나 30분 반응 후 75°C로 반응을 30분 더 수행한 시료의 메틸에스테르 함량은 약 5% 정도 감소한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 앞의 30 L 규모의 연구에서 나타난 결과와 유사한 것이다.

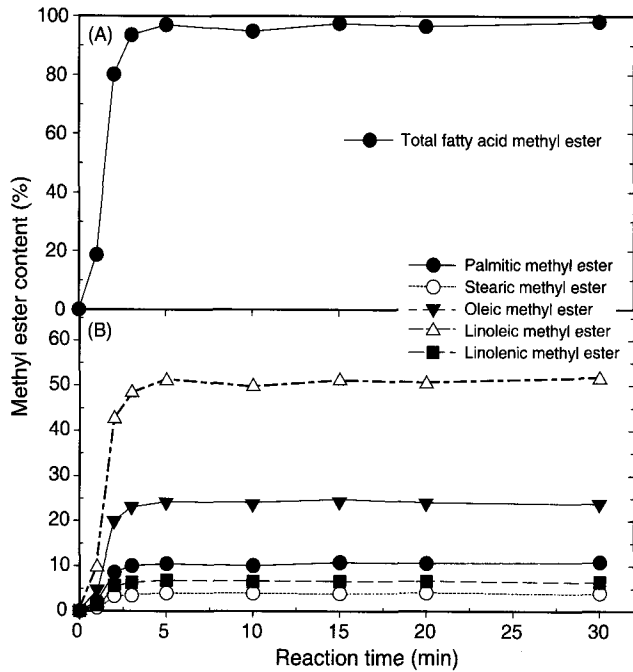


Fig. 6. Time course of transesterification of soybean oil in 300 L-scale reaction system.

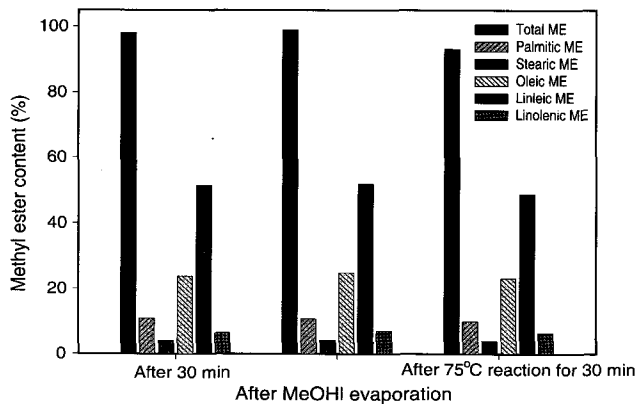


Fig. 7. Effect of methanol evaporation and post-reaction on methyl ester content.

품질평가

유채유를 300 L 규모의 반응시스템을 이용한 바이오디젤 생산 실증연구에서 얻은 시료의 품질검사를 위하여 한국

석유품질검사원에 의뢰하여 품질검사를 수행하여 얻은 결과를 Table 1에 나타내었다. 품질검사 결과 규격 내에서 적합한 것으로 판단된다.

Table 1. Fuel properties of rapeseed biodiesel (BD100)

Property	Korea recommendation	Rapeseed biodiesel	Test method
Ester content (wt%)	min 96.5	97.1	KS M 2413
Total glycerol (wt%)	max 0.24	0.04	KS M 2412
Carbon residue (wt%)	max 0.1	max 0.01	KS M ISO 10370
Density (15°C, kg/m ³)	860-900	880.3	KS M 2002
Ash content (wt%)	max 0.01	0.001	KS M ISO 6245
Sulfur content (mg/kg)	max 10	38	KS M 2027
Kinematic viscosity (40°C, mm ² /s)	1.9-5.0	4.632	KS M 2014
Copper corrosion (50°C, 3hr) flask point (°C)	max 1	1	KS M 2018
Water content (vol%)	max 0.05	max 0.01	KS M 2115
Acid No. (mg KOH/g)	max 0.50	0.27	KS M ISO 6618
Phosphorous content (mg/kg)	max 10	max 0.1	EN 14107

결론

동식물성 유지와 폐유지 같은 재생가능한 자원으로부터 생산되는 바이오디젤 (지방산 에스테르)은 수송용 에너지 (디젤)의 대체에너지원으로서 사용되고 있다. 본 연구에서는 30 L와 300 L 규모의 회분식 바이오디젤 생산 시스템과 알칼리 촉매 (KOH)를 이용하여 유채유 (제주도산)와 대두유를 대상으로 전이에스테르화 반응을 수행하여 바이오디젤 생산시스템의 실증연구를 수행하였다. 30 L 반응시스템에서 반응온도 65°C 내외, 유지 대 메탄올 몰비 1:8, KOH 1% (w/w)의 조건에서 반응시간 30분 내에 98% 이상의 전환율을 나타내었다. 300 L 반응시스템에서도 유채유와 대두유를 대상으로 실험을 수행한 결과, 반응 20분 후에는 98% 이상의 지방산 메틸에스테르 함량을 얻을 수 있었다. 실증연구에서 얻은 시료의 품질은 국내 바이오디젤 (BD100)의 권고 품질기준에 만족하는 결과를 얻었다.

감사

본 연구는 한국에너지자원기술평가원의 연구비 지원

및 산업자원부의 출연금으로 수행한 특성화대학원사업의 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다. 또한 2단계 BK21 사업의 지원에 감사드립니다.

접수 : 2008년 5월 20일, 게재승인 : 2008년 12월 9일

REFERENCES

1. Lee, J. S. *et. al.* (2003), Process development for production of biodiesel from waste fats, Research report, Ministry of Science and Technology/Ministry of Environment.
2. Park, D.H. *et. al.* (2004), Development of biodiesel production technique, Research report, Ministry of Commerce, Industry and Energy.
3. Jeong, G. T. and D. H. Park (2006), Batch (One- & Two-Stage) production of biodiesel fuel from rapeseed oil, *Applied Biochemistry and Biotechnology* **129-132**, 668-679.
4. Jeong, G. T., H. S. Yang, S. H. Park, and D. H. Park (2007), Optimization of biodiesel production from rapeseed oil using response surface methodology, *Korean J. Biotechnol. Bioeng.* **22(4)**, 222-227.
5. Jeong, G. T. and Park, D. H. (2006), Pretreatment of feedstock with high free fatty acid, *Korean J. Biotechnol. Bioeng.* **21**, 418-421.
6. Lee, C. K. and S. B. Lee (2007), The trend of biodiesel status and rapeseed cultivation machinery technology in Japan, *Korean J. Intl. Agri.* **19(2)**, 70-79.
7. Seo, H. S. and Lee, J. W. (2005), Biodiesel, 2005 Technology information search report, BA523, Korea Institute of Science and Technology Information.
8. Yang, H. S., G. T. Jeong, S. H. Park, J. H. Park, and D. H. Park (2007), Reaction condition for biodiesel production from animal fats, *Korean J. Biotechnol. Bioeng.* **22(4)**, 228-233.
9. Korean standard association (2004), Fat and oil derivatives-Fatty acid methyl esters (FAME)-Determination of ester and linolenic acid methyl ester contents (KS M 2413 : 2004).
10. On, G. C., G. H., Lee, and J. W., Yoo (2002), Study of optimization of production condition of biodiesel in multi-stage continuous batch pilot reaction process, 14th New-Renewable Energy Workshop, 365-373.
11. Kang, Y. M. and H. S. Kim (2001), Emulsified transesterification of soybean oil into biodiesel, *J. of Korean Oil Chemists' Soc.* **18(4)**, 298-305.