

동·식물성 유지를 이용한 바이오디젤 생산에 관한 연구

이태성*, 이영화, 김광수, 김 욱, 김관수, 장영석**, 박광근

Yield and Characterization of Various Biodiesel from Vegetable Oils and Animal Fats

Tae-Sung Lee*, Yong-Hwa Lee, Kwang-Soo Kim, Wook Kim, Kwan-Su Kim, Young-Seok Jang** and Kwang-Geun Park

Abstract

Biodiesel was produced by "transesterification" of vegetable oils and animal fats as an alternative to petroleum diesel. The research analysed the fuel characteristics of biodiesel, the yield of by-products and biodiesel, using several vegetable oils - rapeseed oil, camellia oil, peanut oil, sesame oil, perilla oil, palm oil, olive oil, soybean oil, sunflower oil and animal fats such as lard, tallow, and chicken fat. The results showed the yields of biodiesel made from the vegetable oils and animal fats were $90.8 \pm 1.4 \sim 96.4 \pm 0.9\%$ and $84.9 \pm 1.1 \sim 89.6 \pm 1.5\%$ respectively. Production rates and oxidation characteristics were different depending on the fats applied.

Key words

Biodiesel(바이오디젤), Iodine value(요오드가), Fatty acid methyl ester(지방산메틸에스테르), Cold filter plugging point(저온 필터막힘점), Oxidation stability(산화안정성)

(접수일 2012. 9. 12, 수정일 2012. 12. 5, 게재확정일 2012. 12. 5)

* 농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물센터 (Bioenergy Crop Research Center, National Institute of Crop Science, RDA)
■ E-mail : tslj0110@gmail.com ■ Tel : (061)450-0132 ■ Fax : (061)453-0085

** 농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물센터 (Bioenergy Crop Research Center, National Institute of Crop Science, RDA)
■ E-mail : j570510@korea.kr ■ Tel : (061)450-0132 ■ Fax : (061)453-0085

1. 서론

고유가와 지구온난화에 대응한 에너지 수급 환경변화에 따라 수송부문에서의 온실가스(GHG: Greenhouse Effect Gas) 배출 감소를 위한 석유 대체연료로서 생물자원을 원료로 하는 바이오연료의 생산량이 급증하고 있다. 바이오디젤의 생산량은 EU를 중심으로 2000년에 10억ℓ에서 2007년 102억ℓ로 10배로 급격히 증가되고 있다. 하지만 식량으로 이용하는 식물자원에서 생산되기 때문에 곡물가 인상과 기아문제와 같

은 문제점이 대두되고 있다. 바이오디젤(BD)은 바이오매스로부터 친환경적으로 생산하는 청정에너지로 식물성 유지(Vegetable oil)나 동물성 지방(animal fat)의 주성분인 트리글리세라이드(Triglyceride)를 알코올과 반응시켜 알킬에스테르(Alkyl ester)의 형태로 전환시킨 물질이다(Ma and Hanna, 1999)⁽¹⁾. 바이오디젤의 장점은 90% 이상이 21일내에 미생물에 의한 생분해성이 높고 독성이 없으며 화석연료에 비하여 오염물질 배출, 특히 미세먼지의 배출량이 낮다는 장점을 가지고 있다. 또한 경우에 비해 이산화탄소 발생량이 77~79%

정도로 온실가스 저감효과를 나타낸다고 알려져 있다(Bajpai and Tyagi, 2006)⁽²⁾. 바이오디젤의 수율과 특성은 원료에 따라 차이를 나타내고 원료비용이 60-80%를 차지하고 있어 (Lee, 2007; Dennis *et al.*, 2010)^(3,4) 바이오디젤의 경제성을 높이기 위하여 식물성뿐만 아니라 폐식용유, 동물성 유지와 식용유 정제과정에서 얻어지는 부산물인 Dark오일을 바이오디젤 생산 원료로 활용하려는 연구가 활발하게 시도되고 있다(Tashtoush *et al.*, 2004)⁽⁵⁾. 바이오디젤로의 전환 시 약 10% 전후의 글리세롤이 발생 하는데, 이는 식품, 담배, 폭약, 의약품, 인체용품, 수소 생산 등 다양한 분야에 이용된다 (Pachauri and He, 2006)⁽⁶⁾. 최근에는 산화물 유도체, 연료 산화제, 가스분리막의 주요 성분인 글리세롤 카보네이트(Glycerol Carbonate), 에폭시수지 제조에 사용 되어지는 에피클로로히드린(Epichlorohydrin), 식품용 유화제 등으로 연구되고 있다(Park and Rang., 2009)⁽⁷⁾. 바이오디젤은 다양한 원료를 통해 제조가 가능하지만 물성은 원료에 따라 다르며, 일정한 품질기준을 만족시키기는 쉽지는 않다. 바이오디젤의 원활한 보급을 위해서는 제조 원료의 확보와 제조 기술의 개선, 다양한 품질 기준의 제정과 그 성능 시험 방법 등에 대한 개선과 보안이 필요하다. 이에 본 연구에서는 바이오디젤의 원료가 될 수 있는 유지들을 이용하여 화학촉매(KOH)를 이용한 전환 후 바이오디젤 및 부산물인 글리세롤 생성량, 에스테르 화합물의 지방산 조성(Fatty acid methyl ester), 요오드가(Iodine value), 산화 안정성(Oxidation stability), 저온필터막힘점(Cold filter plugging point; CFPP)을 제시하여 바이오디젤 공정 상용화시 기본 자료로 활용하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1 실험 유지

바이오디젤을 제조하기 위한 원료유로는 유채유(Rapeseed oil), 동백유(Camellia oil), 땅콩유(Peanut oil), 참기름(Sesame oil), 들기름(Perilla oil), 팜유(Palm oil), 올리브유(Olive oil), 대두유(Soybean oil), 해바라기유(Sunflower oil) 등의 식물성 오일 9종과 돈지(Lard), 우지(Tallow), 닭기름(Chicken fat) 등의 동물성 지방 3종을 직접 착유 및 구입한 유지를 사용 하였다.

2.2 착유 및 추출

식물성 유지의 볶음온도는 솥온도 120℃, 곡물온도 105℃로 볶음 과정이 실시되었다. 착유는 볶음과정이 끝난 직후 expeller 착유기(D-1683, 동광유압)를 이용하여 착유하였고, 이때 expeller screw 온도는 150℃로 유지하였다. 동물성 지방의 추출은 고온멸균기를 이용하여 121℃에서 3회 반복, 간접 가열을 통해 추출하였다. 착유 및 추출 된 유지 내의 이물질 제거를 위해 고속원심분리기를 이용하여 10,000rpm에서 10분 동안 원심분리 후 침전된 이물질을 제거하였다.

2.3 전이에스테르화 반응

원료유의 전이에스테르화 반응에 의한 바이오디젤 제조를 위해 유지 200g에 메탄올/유지 반응 몰비 6:1에서 실험을 진행하였으며, 반응온도 60~65℃로 일정하게 유지시키면서 2시간 반응 시켰다. 알칼리촉매로는 수산화칼륨(KOH)을 유지의 1.0wt%로 메탄올에 용해시켜 사용하였으며, 교반속도는 500rpm으로 일정하게 유지하였다. 500ml 둥근 플라스크 상단에는 콘텐서를 설치하여 메탄올의 증발을 방지하였고, 반응 후 글리세롤은 분액 깔대기를 이용하여 분리하였다. 메탄올 제거 후 바이오디젤 층에 혼합되어 있는 KOH와 불순물 및 미반응 된 성분들을 수세를 통해 제거하고, BD를 건조한 후 특성분석을 하였다.

2.4 지방산 methyl ester 조성 및 바이오디젤 물성 분석

Gas Chromatography(Agilent 7890 A, USA)를 이용하여 바이오디젤을 구성하고 있는 지방산 메틸에스테르(Fatty acid methyl ester)의 조성을 분석하였다. Silica capillary column을(HP-INNOWAX, 30m×0.32mm×0.25μm)를 사용하였으며, 검출기는 Flame ionization detector(FID, Agilent, USA)를 250℃에서 사용하였다. 주입부(Inlet)는 200℃로 사용하였으며, Split mode injector는 10:1의 Split mode로 하였다. Oven온도는 100℃에서 1분간 유지한 후, 분당 8℃씩 250℃까지 상승시키고 250℃에서 10분간 유지하여 각각의 머무름 시간을 확인하여 각 peak의 면적을 상대적인 백분

율로 나타내었다.

바이오디젤의 일반적 특성 분석을 위한 요오드가(Iodine value) 분석은 Wijs Reagent를 이용한 적정방법을 사용하였다 (Baptista *et al.*, 2008)⁽⁸⁾. 산화안정성(Oxidation stability)은 KS M ISO 12937방법에 의한 Metrohm사의 873 Biodiesel Rancimat를 이용하여 분석하였다. 저온필터막힘점(Cold filter plugging point, CFPP)은 Automated Cold Filter Plugging Point(FPP 5Gs, ISL사)를 사용하여 ASTM D6371 표준방법에 의하여 측정하였으며, 바이오디젤 및 글리세롤의 수율 계산은 다음의 식 (1)과 (2)를 이용하여 계산 하였다.

$$BD\ Yield = \frac{\text{grams of Methyl Ester}}{\text{grams of oils and fats}} \times 100(\%) \quad (1)$$

$$Glycerol\ Yield = \frac{\text{grams of Glycerol}}{\text{oils and fats} + \text{MeOH} + \text{KOH}} \times 100(\%) \quad (2)$$

3. 결과 및 고찰

3.1 바이오디젤 및 글리세롤의 생산수율

동물성 지방 3종(돈지, 우지, 닭기름)과 식물성 오일 9종(참기름, 들기름, 유채유, 팥콩유, 팜유, 대두유, 올리브유, 동백유, 해바라기유)을 이용하여 염기촉매 반응에 의한 유지별 바이오디젤의 생산량과 부산물인 글리세롤의 생산량 차이를 조사한 결과는 Table 1과 같다. 바이오디젤의 생산수율은 식물성 유지인 팜유를 이용하여 96.4±0.9%의 수율로 가장 높았으며 유채유를 이용한 경우 90.8±1.4%로 가장 낮은 수율을 얻었다. 식물성 유지를 이용하여 바이오디젤을 전환할 경우 전반적으로 9종의 식물성 유지는 90.8±1.4~96.4 0.9%의 높은 생산 수율을 보였다. 글리세롤 생성량은 유채유 18.7±1.2%로 가장 높았으며 들기름을 이용 하였을 경우 15.0±0.7%로 생성량이 가장 적었다. Lim *et al.*(2009)⁽⁹⁾은 팜유를 이용할 경우 92%, 유채유 87%의 바이오디젤 생산수율을 보고하였는데 본 연구의 실험에서는 팜유는 96.4%±0.9, 유채유의 경우 90.8±1.4%로 더 높은 수율을 얻었다. 동물성 원료를 이용하는 경우 바이오디젤 생산율은 돈지 89.6±1.5% >

Table 1. Synthesis of biodiesel from vegetable oils and animal fats

| Oils & Fats | Biodiesel Yield (%) | Glycerol Yield (%) |
|-------------|---------------------|--------------------|
| Lard | 89,6±1,5 | 18,0±1,1 |
| Tallow | 84,9±1,1 | 19,8±0,9 |
| Chicken | 87,7±2,0 | 20,3±0,7 |
| Sesame | 91,4±1,1 | 18,0±3,7 |
| Perilla | 92,5±0,7 | 15,0±0,7 |
| Peanut | 92,1±1,9 | 15,9±2,7 |
| Olive | 93,1±1,4 | 16,8±0,4 |
| Sunflower | 93,4±0,9 | 16,4±2,2 |
| Rapeseed | 90,8±1,4 | 18,7±1,2 |
| Palm | 96,4±0,9 | 16,3±1,8 |
| Soybean | 93,0±0,2 | 16,1±0,9 |
| Camellia | 92,1±1,6 | 18,1±0,3 |

닭기름 87.7±2.0% > 우지 84.9±1.1%순으로 나타났으며 글리세롤의 생성량은 닭기름 20.3±0.7% > 우지 19.8±0.9% > 돈지 18.0±1.1% 순 이었다.

동물성 원료의 경우 식물성 원료에 비하여 단백질(Protein), 인지질(Phospholipid), 유리지방산(Free fatty acid) 등 불순물의 함량이 높기 때문이라 사료되며 반대로 식물성 유지에 비하여 동물성 유지를 이용하여 바이오디젤 전환 시 부산물의 생산량이 더 많음을 확인 하였다.

3.2 지방산 methyl ester 분석

전이에스테르화 반응을 통해 생산된 12종 바이오디젤의 지방산 조성을 GC를 이용하여 분석한 결과를 Table 2, 3에 나타내었다. 지방산 메틸에스테르로의 전환 수율과 전이에스테르화 반응속도를 높이기 위해서는 유지에 대한 메탄올의 몰비가 당량비인 3:1 보다도 높게 유지되어야 하며 유채유의 전이에스테르화 반응에서 몰비는 6:1, 촉매 1wt%(w/w)이 최적이라 보고 한 바 있으며(Strayer *et al.*, 1983; Nimcevic *et al.*, 2010)^(10,11), 동일 조건하에서 팜유의 전이에스테르화를 수행하여서 최적의 수율을 얻었다(Darnoko and Munir, 2000)⁽¹²⁾. 동물성 BD의 경우 포화지방산 메틸에스테르(Saturated fatty acid methyl esters)의 함량은 35.0~44.4%이었고, 불포화 지방산 메틸에스테르(Unsaturated fatty acid methyl esters)의 함량은 51.7~61.8%의 범위를 보였다. 식물성 BD의 경우 팜 BD를 제외한 8종의 포화지방산 메틸에스테르의 함량은

Table 2. Composition of fatty acid methyl esters of biodiesel derived from various vegetable oils and animal fats

| Oils & Fats | FAME profile of various oils & fats (wt%) | | | | | | | | |
|-------------|-------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | C14:0 | C16:0 | C16:1 | C18:0 | C18:1 | C18:2 | C18:3 | C20:1 | C22:1 |
| Lard | 1.6 | 21.6 | 5.1 | 15.4 | 41.1 | 12.9 | 1 | 1 | - |
| Tallow | 4.9 | 24.4 | 4.7 | 15.2 | 45.6 | 1.3 | - | - | - |
| Chicken | - | 22.5 | 2.8 | 12.5 | 48.1 | 10.1 | 0.8 | - | - |
| Camellia | - | 8.1 | - | 1.6 | 85.4 | 3.8 | 0.2 | 0.4 | - |
| Rapeseed | - | 4.3 | - | 2.2 | 60.0 | 21.0 | 7.2 | 1.3 | - |
| Sesame | - | 11.0 | - | 2.5 | 32.3 | 50.5 | 0.5 | 0.5 | - |
| Perilla | - | 6.4 | - | 2.2 | 17.6 | 15.3 | 57.5 | - | - |
| Sunflower | - | 6.2 | - | 3.6 | 32.4 | 55.5 | - | - | - |
| Soybean | - | 10.9 | - | 4.1 | 25.2 | 50.5 | 5 | - | - |
| Olive | - | 11.1 | - | 3.2 | 75.2 | 7.6 | 0.6 | - | - |
| Peanut | - | 8.2 | - | 2.6 | 54.2 | 28.3 | 0.1 | 1 | 1 |
| Palm | - | 37.9 | - | 4.1 | 43.3 | 12.2 | 0.1 | 1 | 1 |

C14:0 (Myristic acid methyl ester), C16:0 (Palmitic acid methyl ester), C16:1 (Palmitoleic acid methyl ester), C18:0 (Stearic acid methyl ester), C18:1 (Oleic acid methyl ester), C18:2 (Linoleic acid methyl ester), C18:3 (Linolenic acid methyl ester), C20:1 (Eicosenoic acid methyl ester), C22:1 (Erucic acid methyl ester)

Table 3. Fatty acid composition in different kinds of fatty acid methyl esters

| Oils & Fats | UFA/SFA (%) | SFA (%) | UFA (%) | MUFA (%) | PUFA (%) | OFA (%) |
|-------------|-------------|---------|---------|----------|----------|---------|
| Lard | 1.6 | 38.6 | 61.0 | 47.2 | 13.9 | 0.4 |
| Tallow | 1.2 | 44.4 | 51.7 | 50.4 | 1.3 | 3.9 |
| Chicken | 1.8 | 35.0 | 61.8 | 50.9 | 10.9 | 3.2 |
| Camellia | 9.3 | 9.7 | 89.4 | 85.4 | 4.0 | 0.5 |
| Rapeseed | 13.8 | 6.5 | 89.6 | 61.3 | 28.3 | 3.9 |
| Sesame | 6.2 | 13.5 | 83.8 | 32.8 | 51.0 | 2.6 |
| Perilla | 10.5 | 8.6 | 90.4 | 17.6 | 72.8 | 1.0 |
| Sunflower | 9.0 | 9.8 | 87.9 | 32.4 | 55.5 | 2.3 |
| Soybean | 5.4 | 15.1 | 81.1 | 25.2 | 55.9 | 3.8 |
| Olive | 5.8 | 14.3 | 83.4 | 75.2 | 8.2 | 2.4 |
| Peanut | 7.7 | 10.8 | 83.6 | 55.2 | 28.4 | 5.5 |
| Palm | 1.3 | 41.9 | 56.6 | 44.3 | 12.3 | 1.5 |

UFA/SFA Unsaturated fatty acid methyl esters/
Saturated fatty acid methyl esters

SFA Saturated fatty acid methyl esters

UFA Unsaturated fatty acid methyl esters

MUFA Monounsaturated fatty acid methyl esters

PUFA Polyunsaturated fatty acid methyl esters

OFA Other fatty acid methyl esters

6.5~15.1%였으며 불포화지방산 메틸에스테르의 함량은 81.1~90.4%의 범위를 보였고 팜 BD는 포화지방산 메틸에스테르

의 함량 41.9%, 불포화지방산 메틸에스테르 56.6%로 나타났다. EU의 바이오디젤 규격을 기준으로 리놀렌산 메틸에스테르(Linolenic acid methyl ester)의 함량이 12.0%이하여야 한다. 리놀렌산의 함량이 높은 유지일수록 산화에 대한 안정성이 낮기 때문이다(Kimoto *et al.*, 1974)⁽¹³⁾.

들기름 BD의 경우 57.5%로 매우 함량이 높았지만 저온유동성 개선 첨가제로서 활용 가능하리라 판단된다. 단일 불포화지방산 메틸에스테르(Monounsaturated fatty acid methyl esters)인 올레인산 메틸에스테르(Oleic acid methyl ester)는 동백 BD가 85.4%, 올리브 BD 75.2%, 유채 BD 60.0%의 순으로 높았다. 올레인산 메틸에스테르는 바이오디젤을 생산할 때 중요한 요소가 되는데 온대와 한대 지방에서는 겨울철 기온이 영하로 내려가면 엔진에 분사가 되지 않으므로 굳지 않도록 첨가제를 사용해야 하고 올레인산 메틸에스테르의 함유량이 높으면 저온에서의 유동성이 좋아지기 때문이다. 따라서 올레인산(Oleic acid, C18:1) 함량이 높은 원료유가 유리하다고 사료되며 이러한 지방산 메틸에스테르 조성 차이는 저온에서의 유동성과 상온에서의 산화안정도와 같은 연료특성에 영향을 미친다. 전체적으로 식물성 BD의 경우 포화지방산 메틸에스테르에 대한 불포화지방산 메틸에스테르의 비율이 팜 BD 1.3을 제외한 5.4~13.8로 불포화지방산 메틸에스테르의 함량이 높았으나 동물성 BD의 경우 1.2~1.8인 것을 알 수 있다. 이러한 바이오디젤 원료의 지방산 조성에 관한 연구는 비교적 많이 이루어져 있다(Jang *et al.*, 2010; Ramos *et al.*, 2009)^(14,15).

3.3 요오드가 측정

요오드가(Iodine value)는 지질내의 불포화도의 척도로서, 지방 100g에 첨가되어지는 요오드의 그램 수로 나타내어진다. 이것은 불포화된 탄소간 결합이 할로겐족과 반응하는 능력을 측정하는 것으로 불포화된 지방산의 농도를 측정하는 유용한 지수이다. 따라서 포화지방산 메틸에스테르의 경우 요오드가 0값을 가지며, 불포화지방산 메틸에스테르의 경우 이중 결합수에 따라 요오드가가 결정된다.

BD 전환 후 요오드가를 측정한 결과 동물성 BD의 경우 우지 BD 43.2±0.8로서 가장 안정적임을 확인 하였고 들기름 BD 192.9±1.2, 참기름 BD 127.9±1.7, 해바라기 BD 142.0±0.1의 값으로 EU규격 120이상을 보이므로 단독으로는 사용

Table 4. Iodine value of biodiesel produced from several vegetable oils and animal fats

| Oils & Fats | I.V | Oils & Fats | I.V |
|-------------|-----------|-------------|-----------|
| Lard | 74,2±1,6 | Tallow | 43,2±0,8 |
| Chicken | 69,3±2,1 | Camellia | 103,8±1,2 |
| Rapeseed | 104,6±1,2 | Palm | 47,0±1,5 |
| Peanut | 98,1±0,3 | Perilla | 192,9±1,2 |
| Olive | 84,6±0,6 | Sesame | 127,9±1,7 |
| Soybean | 110,5±0,6 | Sunflower | 142,0±0,1 |

할 수 없다(Table 4). 이러한 높은 요오드가는 다가불포화지방산 메틸에스테르(polyunsaturated fatty acid methyl esters)를 고함유 하고 있기 때문이라 사료된다(Table 2, 3).

3.4 산화안정성 측정

동물성 유지와 식물성 유지를 바이오디젤로 전환 후의 시료를 채취하여 산화안정성을 측정한 결과는 Table 5와 같다. EU규격에서는 산화안정성은 6hr 이상으로 규정하고 있다. 본 실험에서는 식물성 BD의 경우 팜 BD가 11,69hr > 동백 BD 8,6hr > 유채 BD 5,69hr > 올리브 BD 5,64hr순으로 높았고 해바라기 BD 1,98hr로 가장 낮은 산화안정성을 보였다. 동물성 BD의 경우 닭기름 BD 5,32hr로 가장 높았고 돈지 BD 0,55hr, 우지 BD 0,63hr로 매우 낮음을 확인하였다. 산화안정성의 바이오디젤 품질 규격을 만족하지 못하였으나 산화방지제를 첨가함으로써 해결되리라 생각된다. Lee *et al.* (2011)⁽¹⁶⁾는 폐계유와 카놀라유를 3 : 7의 비율로 혼합하여 식물성 유지와 동물성 지방의 특성을 모두 갖는 바이오디젤의 성능평가 품질기준을 만족시키는 혼합 BD제조가 가능하다고 보고하였으며, Sarin *et al.*, (2007)⁽¹⁷⁾도 자트로파 BD의 산화

Table 5. Oxidation stability of biodiesel produced from several vegetable oils and animal fats

| Oils & Fats | hr,110℃ | Oils & Fats | hr,110℃ |
|-------------|---------|-------------|---------|
| Lard | 0,55 | Tallow | 0,63 |
| Chicken | 5,32 | Camellia | 8,62 |
| Rapeseed | 5,69 | Palm | 11,69 |
| Peanut | 3,16 | Perilla | 2,55 |
| Olive | 5,64 | Sesame | 3,55 |
| Soybean | 5,47 | Sunflower | 1,98 |

안정성을 개선하기 위해 팜 BD를 혼합하였다.

3.5 저온필터막힘점(CFPP) 측정

유종별 바이오디젤 저온필터막힘점(CFPP)을 측정한 결과 식물성 BD의 경우 들기름 BD -15℃로 가장 좋게 나타났고 유채 BD가 -13℃, 참기름 BD -10℃로 우수하였으며 팜 BD 9℃, 땅콩 BD 10℃ 상온에서 굳는 점을 확인 하였다(Table 6). 땅콩 BD의 경우 불포화지방산 메틸에스테르의 함량이 83,6%, 포화지방산 메틸에스테르 10,8%로 포화지방산 메틸에스테르에 대한 불포화지방산 메틸에스테르의 비율이 10,8임에도 저온필터막힘점이 매우 높게 나타났다. 이는 땅콩유의 arachidic acid(C20:0), behenic acid(C22:0), lignoceric acid(C24:0)에서 기인하는데 Perez *et al.*, (2010)⁽¹⁸⁾는 15℃, 7, 5℃, 0℃의 3단계 winterization을 거쳐 저온필터막힘점 규격을 해결 하였으며 Hong(2011)⁽¹⁹⁾은 팜 BD에 중합체(Polymer)인 LMA2SMA6MA2를 5000ppm 첨가하여 첨가 전 대비 4℃ 강하 효과를 보고하였다. 동물성 BD의 경우 돈지 BD 7℃, 우지 BD 10℃, 닭기름 BD -2로 측정되었다. 이 결과는 그동안 연구한 타 연구자들의 결과 값들과 유사하다.

4. 결론

바이오디젤은 기존 수송용 연료와의 직접 호환이 용이해 가장 현실적인 대체에너지로 떠오르고 있으며, 수년간 연구개발 투자가 집중되고 있는 친환경 녹색성장의 핵심연료이다.

본 연구는 바이오디젤의 연료 다양화를 통해 공정 상용화 시 기본 자료로 활용하고자 한다.

Table 6. Cold filter plugging point of biodiesel produced from several vegetable oils and animal fats

| Oils & Fats | CFPP (℃) | Oils & Fats | CFPP (℃) |
|-------------|----------|-------------|----------|
| Lard | 7 | Tallow | 10 |
| Chicken | -2 | Camellia | -9 |
| Rapeseed | -13 | Palm | 9 |
| Peanut | 10 | Perilla | -15 |
| Olive | -2 | Sesame | -10 |
| Soybean | -5 | Sunflower | -3 |

- (1) 바이오디젤 생산율은 식물성 유지는 90.8±1.4~96.4±0.9%, 동물성 지방은 84.9±1.1~89.6±1.5%의 범위를 보였으며, 부산물인 글리세롤의 경우는 식물성 유지에 비해 동물성 지방을 원료로 반응을 할 경우 생성량이 많음을 확인 하였다.
- (2) 올레인산 메틸에스테르는 바이오디젤을 생산할 때 중요한 요소가 되는데 동백 BD가 85.4%, 올리브 BD 75.2%, 유채 BD 61.3%으로 높은 함량을 보였으며, 동물성 BD의 경우 포화지방산 메틸에스테르는 35.0~44.4%, 불포화지방산 메틸에스테르는 51.7~61.8%의 범위를 보였다.
- (3) 식물성 BD의 경우 팜 BD 11.69hr > 동백 BD 8.6hr > 유채 BD 5.69hr > 올리브 BD 5.64hr순으로 높았고 해바라기 BD 1.98hr로 가장 낮은 산화안정성을 보였다. 동물성 BD의 경우 닭기름 BD 5.32hr로 가장 높았고 돈지 BD 0.55hr, 우지 BD 0.63hr로 매우 낮음을 확인하였다. 특히 닭기름 BD의 경우 다른 동물성 BD에 비하여 myristic acid methyl ester, stearic acid methyl ester의 함량이 적은 반면 oleic acid methyl ester의 함량이 높음에 따라 저온에서의 유동성이 우수하고, 포화지방산의 함량이 35%이며 요오드값이 69.3으로 산화안정성 역시 우수하였다.
- (4) 저온필터막힘점을 측정된 결과 식물성 BD의 경우 이중 결합의 수가 가장 많은 들기름 BD가 -15℃로 가장 좋게 나타났고 유채 BD가 -13℃, 참기름 BD -10℃로 우수하였으며 팜 BD 9℃, 땅콩 BD 10℃ 상온에서 굳는 점을 확인 하였다. 동물성 BD의 경우 돈지 BD 7℃, 우지 BD 10℃, 닭기름 BD -2로 측정되었다.

12종의 동·식물성 원료를 이용한 결과 다양한 바이오디젤의 특성을 확인할 수 있었으며, 이와 같이 바이오디젤의 연료 다양화를 통해 유용한 자원의 탐색 및 활용이 바이오디젤 경쟁력 향상에 기여할 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(PJ007810) 및 인턴십 프로그램 지원에 의해 수행하였습니다.

References

- [1] Ma, F. and Hanna, M. A. 1999, "Biodiesel production: a review", *Bioresource Technology*, Vol. 70, pp. 1-15.
- [2] Bajpai, D. and Tyagi, V. K., 2006, "Biodiesel: Source, production, composition, properties and its benefits", *Journal of Oleo Science*, Vol. 55, No. 10, pp. 487-502.
- [3] Lee J. S., 2007, "화학 촉매에 의한 바이오 디젤 생산", *"News & Information for Chemical Engineers"*, Vol. 25, pp. 613-617.
- [4] Dennis, Y. C., Leung, Xuan W. u, M. K. H. Leung, 2010. "A review on biodiesel production using catalyzed transesterification", *Applied Energy*, Vol. 87, pp. 1083-1095.
- [5] Tashtoush, G. M., M. I. Al-Widyan and Al-Jarrah, M. M., 2004, "Experimental study on evaluation and optimization of conversion of waste animal fat into biodiesel", *Energy Conversion and Management*, Vol. 45, No. 17, pp. 2697-2711.
- [6] Pachauri N., He B. 2006, "Value-added utilization of crude glycerol from biodiesel production: A survey of current research activities", *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, pp. 066223.
- [7] Park, S. K and M. J Rang. 2009, "Recent studies on new value-added glycerol derivatives", *Journal of the Korean Industrial and Engineering Chemistry*, Vol. 20, No. 4, pp. 363-369.
- [8] Baptista, P., P. Felizardo, J. C. Menezes, M. J. Neiva Correia, 2008, "Multivariate near infrared spectroscopy models for predicting the iodine value, CFPP, kinematic viscosity at 40 degrees C and density at 15 degrees C of biodiesel", *Talanta*, Vol.77, No. 1, pp. 144-151.
- [9] Lim, Y. K., Kim, D. K. and E. S. Yim, 2009, "Synthesis of biodiesel from vegetable oil and their characteristics in low temperature", *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, Vol. 20, No. 2, pp. 208-212.
- [10] Strayer, R. C., J. A. Blake and Craig, W. K., 1983. "Canola and high erusic rapeseed oil as substituents for diesel fuel: preliminary tests", *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Vol. 60, pp. 1587-1592.
- [11] Nimcevic, D., R. Puntigam, M. Worgetter and Gapes, J.R. 2000, "Preparation of rapeseed oil esters of lower aliphatic alcohols", *Journal of the American Oil Chemists Society*, Vol. 77, No. 3, pp. 275-280.
- [12] D. Darnoko and Munir Cheryan, 2000, "Continuous pro-

- duction of palm methyl esters”, *Journal of the American Oil Chemists Society*, Vol. 77, No. 12, pp. 1269.
- [13] Kimoto, W. I., R. Ellis, A. E. Wasserman, and Oltjen, R. 1974, “Autoxidative stability of rendered fat from growing and mature steers fed protected safflower oil”, *Journal of the American Oil Chemists Society*, Vol. 51, No. 9, pp. 401–403.
- [14] Jang, Y. S., K. S. Kim., Y. H. Lee., H. J. Cho and S. J. Suh. 2010, “Review of property and utilization of oil crop for biodiesel”, *Journal of Plant Biotechnology*, Vol. 37, pp. 25–46.
- [15] Ramos, M. J., C. M. Fernandez, A. Casas, L. Rodriguez and Perez, A., 2009. “Influence of fatty acid composition of raw materials on biodiesel properties”, *Bioresource Technology*, Vol. 100, No. 1, pp. 261–268.
- [16] Lee, S. B., Park, Y. S. and J. D. Lee, 2011, “Mixing effect of waste chicken oil and Canola oil in biodiesel production process”, *Journal of Korea Society of Waste Management*, Vol. 28, No. 2, pp. 159–164.
- [17] Sarin, R., M. Sharma, S. Sinharay and Malhotra, R. K, 2007, “*Jatropha*–Palm biodiesel blends: An optimum mix for Asia”, *Fuel*, Vol. 86, No. 10–11, pp. 1365–1371.
- [18] Perez, A., A. Casas, C. M. Fernández, M. J. Ramos, and Rodríguez, L., 2010, “Winterization of peanut biodiesel to improve the cold flow properties”, *Bioresource Technology*, Vol. 101, No.19, pp. 7375–7381.
- [19] Hong, J. S., 2011, “Development of cold flow improvers for biodiesel”, Department of Chemical Engineering Graduate School, Kyungpook National University, Daegu, Korea.

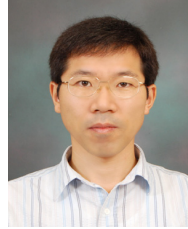
이 태 성



2010년 목포대학교 자연과학대학 이학사

현재 농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물센터 인턴연구원
국립목포대학교 자연과학대학 석사과정
(E-mail : tslj0110@gmail.com)

이 영 화



1995년 영남대학교 농학과 농학사
2001년 영남대학교 농학과 농학석사
2005년 워싱턴주립대학 생명과학과 이학박사

현재 농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물센터 농업연구사
(E-mail : yonghwa@korea.kr)

김 광 수



1990년 전남대학교 생물학과 이학사
1995년 전남대학교 생물학과 이학석사
1999년 전남대학교 생물학과 이학박사

현재 농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물센터 농업연구사
(E-mail : ajuga@korea.kr)

김 욱



1990년 고려대학교 농학과 학사
1992년 고려대학교 대학원 농학과 석사
2001년 조지아대학교 농학과 박사

현재 고려대학교 생명과학대학 생명공학부 교수
(E-mail : kwook@korea.ac.kr)

김 관 수



1990년 서울대학교 농학과 농학사
1992년 서울대학교 농학과 농학석사
1999년 서울대학교 농학과 농학박사

현재 국립목포대학교 자연과학대학 한약자원학과 교수
(E-mail : kskim@mokpo.ac.kr)

장 영 석



1981년 전남대학교 농학과 농학사
1983년 전남대학교 농학과 농학석사
1996년 전남대학교 농학과 농학박사

현재 농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물센터 농업연구관
(E-mail : j570510@korea.kr)

박 광 근



1982년 강원대학교 농학과 농학사
1985년 강원대학교 농학과 농학석사
1995년 강원대학교 농학과 농학박사

현재 농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물센터 소장
(E-mail : parkkg@korea.kr)