

다양한 식물성오일로부터 생산된 바이오디젤의 혼합에 따른 연료특성 분석

임영관[†] · 전철환 · 김 신 · 임의순 · 송홍욱 · 신성철 · 김동길

한국석유품질관리원 연구센터
충북 청원군 오창읍
(2009년 1월 8일 접수, 2009년 2월 14일 채택)

Determination of Fuel Properties for Blended Biodiesel from Various Vegetable Oils

Young-Kwan Lim[†], Cheol-Hwan Jeon, Shin Kim, Eui Soon Yim, Hung-Og Song, Seong-Cheol Shin and DongKil Kim

Research Center, Korea Institute of Petroleum Quality, Ochang-eup, Cheongwon-gun, Chungbuk 363-883, Korea
(Received 8 January 2009; accepted 14 February 2009)

요 약

화석연료의 고갈과 원유가격 폭등으로 인해 이를 대체할 수 있는 다양한 연료의 개발이 이루어지고 있다. 동물성 지방이나 식물성 기름의 주성분인 트리글리세라이드를 메탄올과 반응시켜 생산된 바이오디젤은 기존의 석유디젤을 대체할 수 있는 친환경적인 연료로 알려져 있다. 본 연구에서는 국내에서 유통중인 경유에 6종류의 원료별 바이오디젤을 일정 비율로 혼합한 뒤, 다양한 연료특성을 분석하였다. 바이오디젤의 농도가 높아질수록 밀도, 동점도, 인화점이 상승하였고, 저온특성은 악화되는 것을 확인하였다. 또한 경유의 중요한 연료특성인 세탄가를 IQT를 이용해 측정된 결과, 바이오디젤의 혼합비율이 높아질수록, 유도세탄가가 높게 측정되었으며, 특히 팜유로부터 생산된 바이오디젤의 경우, 71.26의 높은 유도세탄가가 측정되었다.

Abstract – Various type of alternative fuel have been developed due to exhaustion of fossil fuel reserves and high oil price. Biodiesel is produced from the reaction of triglyceride, which is main component of animal fat and vegetable oil, and methanol by methanolysis as it is known for eco- friendly fuel for alternative petrodiesel. In this work, it was analyzed for the characteristics of the blended biodiesel with domestic petrodiesel according to blending ratio. Density, kinematic viscosity and flash point were increased with increasing the content of biodiesel. But the characteristic of blended biodiesel fuel were changed to aggravate in low temperature. Also, the derived cetane number(DCN) from IQT was increased by added biodiesel. Especially, the DCN of biodiesel from palm oil showed 71.26.

Key words: Biodiesel, Fuel Properties, Blended Diesel, DCN(derived cetane number), IQT(ignition quality tester)

1. 서 론

산업혁명 이후, 인류는 화석연료 사용으로 인류문명을 급속도로 발전시켜 왔으며, 화석연료로부터 얻어진 물질은 다양한 분야(의약, 산업, 전자, 의류 등)에 응용되어지고 있으며, 특히 자동차용 연료로 대량소비가 이루어지고 있다. 현재 전세계 주요에너지의 27%가 수송용으로 사용되어지고 있으며, 수송용 연료의 대부분은 화석연료가 차지하고 있다[1]. 이러한 무분별한 화석연료의 남용과 대량소비로 인해 화석연료고갈, 대기오염, 지구온난화 및 유가상승과 같은 다양한 문제를 야기시켰다. 특히 Hubbert나 Campbell의 분석에 의하면, 현재 세계의 석유생산량은 유전의 생산증가 한계점을 의미하는 피크오일(peak oil)의 정점에 도달했다고 한다[2]. 이에 많은 국가에서 기존의 화석연료의 한계점을 극복하면서 환경오염 및 온난화 문제를 해결하기 위해 환경친화성이 높은 신재생에너지의 보급

을 확산하려는 정책들이 발표되고 있다[3]. 이러한 대체에너지 중 다양한 바이오연료, 즉 바이오디젤[4-6], 바이오에탄올[7, 8], GTL연료[9, 10] 등에 관해 연구들이 많은 기관들에 의해 수행되어지고 있다.

바이오디젤은 식물성 기름이나 동물성 지방으로부터 합성된 바이오연료로 기존의 석유디젤과 연료특성이 유사하여, 기존 자동차 엔진 및 기계부품의 특별한 변경없이 직접 사용 또는 석유디젤과 일정비율로 혼합하여 사용 가능하다는 장점을 지니고 있다. 또한 Bajpai의 연구에 의하면 바이오디젤은 생분해성을 지니고 있으며, 기존 화석연료에 비해 독성이 낮고, 입자상 물질(particulate matter)과 오염물질 배출량이 현저하게 낮은 것으로 보고되어져 있다[11]. 또 다른 장점으로 바이오디젤의 원료물질인 다양한 식물은 광합성을 통해 지구 온난화를 야기시키는 이산화탄소의 흡수로, 바이오디젤의 사용은 기존의 경유에 비해 77~79% 정도의 온실가스 저감효과가 있다고 알려져 있다[12].

Fig. 1은 현재 상용화되어 있는 바이오디젤의 생산방법을 표현하였다[13]. 바이오디젤의 효과적인 생산을 위해 다양한 촉매개발과

[†]To whom correspondence should be addressed.
E-mail: yklim92001@yahoo.co.kr

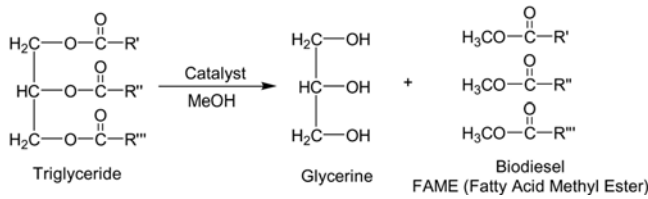


Fig. 1. Synthetic method of biodiesel from triglyceride.

Table 1. Values for the ASTM Standards of quantities

Property	Petrodiesel	Biodiesel
Standard	ASTM D 975	ASTM D 675
Composition	Hydrocarbon (C10~C21)	FAME (C12~C22)
Kin. Viscosity (mm ² /s) at 40 °C	1.9~4.1	1.9~6.0
Specific gravity (mg/L)	0.85	0.88
Flash point (°C)	60~80	100~170
Cloud point (°C)	-15~5	-3~12
Pour point (°C)	-35~15	-15~16
Water (wt.%)	0.05	0.05
Carbon (wt.%)	87	77
Hydrogen (wt.%)	13	12
Oxygen (wt.%)	0	11
Sulfur (wt.%)	0.05	0.05
Cetane number	40~55	48~60
HFRR ^a (μm)	685	314
BOCLE ^b scuff (g)	3600	>7000

^aHigh-frequency reciprocating rig.

^bBall-on cylinder lubricity evaluator.

반응조건에 관한 연구가 이루어지고 있으며[14-16], 사용되는 알코올은 가격면에서 유리한 메탄올이 주를 이룬다.

바이오디젤은 분자구조가 메틸에스테르형태이기 때문에 파라핀이 주성분인 기존의 석유디젤에 비해 물성과 연료특성에 있어 차이를 보인다. 또한 원료물질에 따라 바이오디젤의 연료특성이 다르게 측정되며, 특히 온도에 따른 연료특성에 차이를 보여 사용국가의 환경적 요인에 의해 원료별 바이오디젤의 선택이 매우 중요하다[17].

Table 1은 현재 우리나라에서 상용화되고 있는 경유와 바이오디젤의 연료특성을 나타내었다[18].

국내에서는 대부분의 바이오디젤 원료물질을 외국으로부터 수입에 의존하고 있으며, 다양한 원료물질로부터 생산된 바이오디젤은 정유사를 통해 일정비율로 혼합된 후, 시중에 유통되고 있다. 이 과정에서 어떠한 원료로부터 생산된 바이오디젤을 사용했느냐에 따라 연료특성의 변화가 야기될 가능성이 있다.

본 연구에서는 국내 상용되고 있는 경유제품에 6종류의 원료별 바이오디젤을 일정비율로 혼합한 뒤, 국내에서 법적으로 규정하고 있는 자동차용 연료의 품질기준에 의거하여 디젤연료의 품질특성을 조사하였다.

2. 실험

본 실험에 사용된 대두유, 팜유, 유채유로부터 생산된 바이오디젤은 (주)가야에너지로부터 구입하였으며, 폐식용유로부터 생산된 바이오디젤은 ECO solution, 면실유로부터 생산된 바이오디젤은 (주)넥센으로부터 구입하였으며, 이들을 가스크로마토그래피를 이용하

여 순도를 확인한 결과 모두 98% 이상의 순도를 보였다. 본 실험에 사용된 디젤연료로는 바이오디젤이 포함되어 있지 않은 일반경유를 현대오일뱅크(주)로부터 공급받았으며, 일반경유에 각각의 원료별 바이오디젤을 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100% 비율로 혼합시켜 각각의 연료특성을 분석하였다.

분석에 이용된 장비는 ASTM 방법을 적용할 수 있는 인증된 장비를 사용하였으며, 반복성과 재현성은 ASTM 방법에 명시된 범위 안에 들어오도록 실험하였다.

2-1. 가스크로마토그래피 분석

Gas Chromatography를 이용하여 바이오디젤을 구성하고 있는 지방산메틸에스테르(FAME)의 조성을 분석하였다. 사용된 기기는 Thermo사의 TRACE GC ULTRA 제품을 이용하였으며, 70% Cyanopropyl polysilphenylene-siloxane으로 코팅된 Thermo TR-FAME(ID 0.25 μm, 30 m×0.32 mm) Capillary column을 사용하였다. 오븐온도는 초기 1 min간 130 °C, 최종 200 °C로 총 24 min 동안 분석하였으며, 검출기는 250 °C에서 FID를 이용하였다. 시료 주입량은 1 μL로 하였고 운반기체는 헬륨(He)을 사용하였다. 수소의 유속은 35 mL/min, 공기의 유속은 350 mL/min, 헬륨의 유속은 30 mL/min로 설정하였다. 바이오디젤을 구성하고 있는 각각의 지방산메틸에스테르들은 Sigma-Aldrich사에서 판매되고 있는 지방산메틸에스테르를 이용하여 각각의 머무름시간을 확인하였으며, 내부표준물질인 methylheptadecanoate의 면적과 비교하여 각 성분의 농도를 계산하였다.

2-2. 밀도, 동점도, 인화점 측정

연료의 일반적 특성을 분석하기 위해 밀도는 ASTM D 4052 방법에 의한 Anton Parr사의 DMA 5000을 이용하였다. 측정방식은 시료를 15 °C에서 진동식 U자관법을 이용하여 시료에 일정한 주파수 조건에서 진동주기의 변화를 측정함으로써 밀도로 환산 처리되는 방식을 통해 시료의 밀도를 측정하였다.

동점도는 Cannon Instrument Company사의 CAV 2000 Series의 Cannon 1257 유리제 모세관식 튜브를 이용하여 40 °C에서 ASTM D 445 방법에 따라 측정하였다. 모세관식 튜브에는 3개의 밸브(bulb)가 있으며, 밸브사이에 온도센서가 있어 시료 약 15 mL를 흡입 상승시킨 뒤, 시료가 하강하는 시간을 온도센서로 감지함으로써 동점도가 측정된다.

인화점은 TANAKA사의 APM-7 기기를 사용하였으며, ASTM D 92 방법에 따라 분석하였다. 70 mL의 시료를 밀폐된 시료용기 속에서 교반하면서 분당 5~6 °C의 속도로 상온시켜, 2 °C마다 시험불꽃에 시료의 증기를 노출시켜 인화되는 최저온도를 측정하였다.

2-3. 운점, 유동점, 저온필터막힘점, 윤활성 측정

운점(Cloud point)과 유동점(Pour point)은 ASTM D 2500 방법에 의해 TANAKA사의 MPC-602를 이용하여 측정하였다. 4 mL의 시료를 용기에 채운 뒤, 45 °C로 가온한 후, 분당 1 °C의 속도로 냉각하면서 시료내에 파라핀 왁스와 고체상이 형성되기 시작하는 운점을 측정한 뒤, 온도를 더 낮추어 시료가 유동하지 않는 유동점을 측정하였다.

저온필터막힘점(CFPP; cold filter plugging point)은 ASTM D 6371 방법에 준하여 ISL사의 FPP 5Gs를 이용하여 측정하였다. 50 mL의 시료를 유리셀에 채운 뒤, 40 °C로 가온한 후, 분당 1 °C의 속도

로 냉각시키면서 1.96 kPa 압력을 통해 필터(45 μm sieve)를 통과시켜, 흡입과 자유낙하의 속도가 60초를 넘는 온도를 CFPP로 판정하였다.

윤활성은 PCS Instruments사의 HFRR(High frequency reciprocating rig)를 사용하였으며, ASTM D 6079 방법에 준하여 수행하였다. 시료 2 mL를 60 °C에서 75분 동안 50 Hz의 주파수와 200 g의 하중을 이용해 금속원판(PCS Instrument사의 지름 1 cm 원판)과 시험구(PCS Instrument사의 외경 6 mm 금속구)를 왕복마찰시킴으로 시험구에 생성된 마모흔(MWSD, Mean Wear Scar Diameter)을 현미경(MEJJI TECHNO사의 Infinity 1)을 이용하여 측정하였다.

2-4. 유도세탄가 측정

유도세탄가(Derived Cetane Number; DCN)는 SETA사의 IQT-LM을 이용하였으며, ASTM D 6890 방법에 준하여 유도세탄가를 측정하였다. 580 °C로 유지된 챔버에 일정량(0.0985 g/inj)의 연료를 분사한 뒤, 연료가 연소되는 시간을 측정하여 세탄가를 유추하는 방법으로, 연료를 15번 분사, 연소시킴으로 연료라인과 챔버내에 잔류하고 있는 불순물과 전시료를 제거시킴과 동시에 분석장비의 안정화를 시킨 뒤, 16번째부터 47번째(총 32번)까지 연료분사를 통해 측정된 유도세탄가의 평균을 구함으로 재현성과 반복성을 높였다. Fig. 2는 IQT(Ignition quality tester)를 이용해 연료의 유도세탄가를 측정

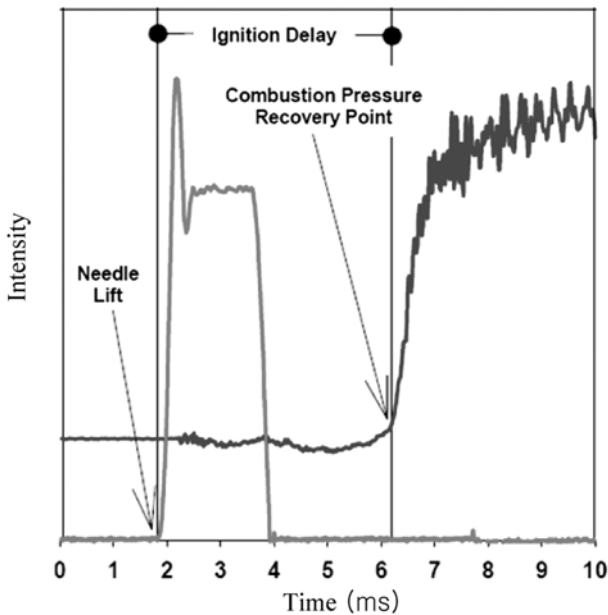


Fig. 2. Analyzed of derived cetane number using Ignition Quality Tester.

하는 원리를 그래프를 통해 표현하였다. 연소챔버 내에 연료가 분사됨으로 인해 압력변화가 일어나며, 연료의 발화로 인해 또다른 압력증가가 일어난다. 이 두 압력변화 시간, 즉 연소지연시간(Ignition delay time; ID)을 측정함으로 식 (1)을 통해 유도세탄가가 계산된다. 본 식은 ASTM D 6890에 표현된 식으로, 세탄가가 다른 표준연료들을 실제 엔진과 IQT를 이용해 비교 실험함으로써 유도된 경험식이다.

$$DCN = 4.460 + 186.6/ID \tag{1}$$

3. 결과 및 고찰

3-1. 지방산메틸에스테르의 조성 분석

지방산메틸에스테르의 조성에 따라 바이오디젤의 물성 및 연료적 특성을 결정짓기 때문에 바이오디젤에 함유되어있는 지방산메틸에스테르의 조성과 함량을 분석하였다. Table 2는 가스크로마토그래피를 이용해 분석한 지방산메틸에스테르의 종류와 조성을 보여준다. 대두유와 유채유로부터 생산된 바이오디젤은 불포화지방산메틸에스테르(unsaturated fatty acid methyl ester)의 비율이 높은 반면, 팜유로부터 생산된 바이오디젤은 팔미트산메틸에스테르(palmitic acid methyl ester)와 같은 포화지방산메틸에스테르의 비율이 높게 측정되었다. 이는 연료의 저온특성과 산화안정도와 같은 연료특성에 있어 크게 영향을 미칠 수 있다.

3-2. 밀도, 인화점, 동점도 측정

자동차의 연료 인젝션은 용적 또는 솔레노이드 밸브에 의해 제어되며, 밀도변화는 엔진동력과 그로 인한 엔진배출 및 연료소비의 변화를 가져오기 때문에 연료의 밀도는 연료특성의 중요한 인자이다. 파라핀이 주성분이 석유디젤에 비해 메틸에스테르형태인 바이오디젤은 밀도가 높게 측정되는 것을 보였다. 따라서 Table 3에 나타난 것과 같이 바이오디젤의 혼합비율이 높아짐에 따라 밀도의 증가가

Table 2. Determination of the ratio of fatty acid methyl ester using gas chromatography

biodiesel	P ^a	Pi	S	O	L	Ln	A
Soybean	11	trace	5	22	53	7	1
Cottonseed	19	trace	3	24	49	1	trace
Palm	39	1	4	42	11	trace	trace
Rapeseed	5	trace	3	54	24	8	trace
Jatropha	13	1	7	45	32	trace	trace
Used flying	14	1	4	30	41	4	trace

^aP : palmitic acid methyl ester, Pi : palmitoleic acid methyl ester, S : stearic acid methyl ester, O : oleic acid methyl ester, L : linoleic acid methyl ester, Ln : linolenic acid methyl ester, A : aspartic acid methyl ester

Table 3. Analysis of density of blended biodiesel fuels

Ratio (%) ^a	soybean ^b	cottonseed	jatropha	rapeseed	palm	used flying
0	0.8224	0.8224	0.8224	0.8224	0.8224	0.8224
20	0.8462	0.8354	0.8451	0.8456	0.8440	0.8459
40	0.8562	0.8566	0.8557	0.8554	0.8511	0.8547
60	0.8717	0.8627	0.8669	0.8688	0.8602	0.8703
80	0.8794	0.8742	0.8788	0.8772	0.8685	0.8772
100	0.8855	0.8846	0.8810	0.8865	0.8775	0.8835

^aVol.% of biodiesel in petrodiesel.

^bBiodiesel from soybean vegetable oil.

Table 4. Determination of flash point blended biodiesel fuels

ratio (%)	soybean	cottonseed	jatropha	rapeseed	palm	used flying
0	50 ^a	50	50	50	50	50
20	57	55	54	56	52	57
40	64	68	62	68	56	66
60	75	74	75	77	71	77
80	92	91	89	94	88	91
100	177	176	176	181	173	178

^aFlash point was checked by PM closed cup method.

Table 5. Analysis of kinematic viscosity of biodiesel fuels at 40 °C

ratio (%)	soybean	cottonseed	jatropha	rapeseed	palm	used flying
0	2.345	2.345	2.345	2.345	2.345	2.345
20	2.987	3.017	3.026	3.054	3.080	3.012
40	3.243	3.387	3.289	3.368	3.357	3.259
60	3.930	3.693	3.972	4.058	3.788	3.992
80	4.008	3.879	4.217	4.423	4.191	4.014
100	4.134	4.294	4.413	4.698	4.730	4.164

일어났다.

인화점은 증기가 불꽃에 노출되었을 때 불이 붙었다가 꺼지는 최저온도에 해당되며, 연료의 인화점은 인화점이 낮은 성분에 의해 좌우된다. 이러한 인화점은 저장과 이동에 있어 안정성을 좌우하는 인자이며, 연료의 착화 및 밀접한 관계가 있다. Table 4의 실험결과에서 보는 것과 같이 일반경유의 인화점은 50 °C로 측정이 되었으며, 바이오디젤의 혼합비율이 증가할수록 인화점도 증가되는 것을 볼 수 있었다. 특히 바이오디젤의 혼합비율이 80%일 때까지는 경유의 낮은 인화점으로 인하여 인화점상승폭이 낮았지만, 순수한 바이오디젤(100%)의 경우, 170 °C 이상의 높은 인화점이 측정되었다.

동점도를 분석한 결과, 바이오디젤의 혼합비율이 높아짐에 따라 동점도가 높게 측정되었다. 이는 파라핀형태의 석유디젤은 반데르발스효과에 의한 분자간 인력을 지니는 반면, 바이오디젤의 경우 분자량이 크며, 분자구조상 에스테르형태의 극성분자로 좀더 효과적인 분자간 상호인력 의해 동점도가 높게 측정되었으리라 판단되며, 이는 연료의 분사 및 연료연소에 있어 중요한 영향을 미친다.

3-3. 운점, 유동점, 저온필터막힘점, 유희성 측정

운점, 유동점, 저온필터막힘점은 낮은 온도에서 연료의 물리적 특성을 측정하는 주요 분석항목이다. 온도가 낮아지면 연료 내 어는 점이 높은 성분의 고체화가 이루어지며, 이로 인해 액체연료의 원활한 공급을 방해함으로써, 자동차운행에 있어 심각한 사고원인을 유발할 수 있다. Table 6에서 보는 것과 같이 일반경유에 비해 바이오디젤이 운점, 유동점, 저온필터막힘점이 높게 측정되었으며, 유채유로부터 생산된 바이오디젤은 다른 바이오디젤보다 우수한 연료특성을 보인 반면, 팜유로부터 생산된 바이오디젤의 경우 15 °C의 운

점, 16 °C의 유동점, 16 °C의 저온필터막힘점과 같이 열악한 저온특성이 관찰되었다. 이는 앞서 가스크로마토그래피를 이용하여 바이오디젤 성분을 분석한 결과, 유채유의 바이오디젤은 불포화지방산 메틸에스테르의 비율이 높기 때문에 저온특성이 우수하고, 반면에 포화지방산메틸에스테르의 비율이 높은 팜유의 바이오디젤은 저온특성이 낮게 측정된 것으로 판단할 수 있다.

유희성시험은 경유연료의 연료분사장치의 마모특성에 있어 중요한 인자로서, 연료의 유희성이 떨어지면, 고압분사장치 계통에 심각한 마모현상을 초래하여 부품의 용착 및 비정상 연료분사로 인하여 안전 및 배기기능에 심각한 문제를 야기시킬 수 있어, 경유연료의 유희성을 법적으로 규제하고 있다. 일반경유는 276 μm의 마모흔이 관찰되었지만, 바이오디젤의 경우 유희성이 우수해 마모흔 정도가 작은 것이 관찰되었다. 하지만 폐식용유의 경우 211 μm의 마모흔이 생성되어 다른 바이오디젤에 비해 다소 유희성이 떨어짐을 볼 수 있었다.

저온특성이 가장 우수하였던 유채유로부터 생산된 바이오디젤과 저온특성이 가장 열악한 팜유로부터 생산된 바이오디젤을 석유디젤에 일정비율로 혼합하여 저온특성을 분석하였으며, 이 두 종류의 바이오디젤을 1:1 비율로 혼합한 후, 저온특성을 측정하였다. Table 7의 실험결과와 같이 두 종류의 바이오디젤을 혼합시킴으로써 팜유 바이오디젤의 열악한 저온특성이 개선됨을 볼 수 있었다.

3-4. 유도세탄가 측정

세탄가는 디젤의 연료점화특성을 나타내는 지수(가솔린의 옥탄가 개념)로 일반경유는 보통 45~60의 세탄가를 보인다. 점화성은 성분적으로 정파라핀계 탄화수소가 가장 양호하며 올레핀계(olefins), 나

Table 6. Analysis of fuel properties in low temperature and lubricity

Property	petrodiesel	soybean	cottonseed	jatropha	rapeseed	palm	used flying
Pour point (°C)	-13	-3	7	2	-10	15	0
Cloud Point (°C)	-10	0	8	2	-4	16	3
CFPP (°C)	-11	-1	7	2	-10	16	2
HFRR (μm)	276	122	90	167	148	178	211

Table 7. Determination of fuel properties for biodiesel and mixed biodiesel

ratio (%) ^a	Pour point (°C)			Cloud point (°C)			CFPP (°C)		
	rapeseed	palm	mixed ^b	rapeseed	palm	mixed	rapeseed	palm	mixed
0	-13	-13	-13	-10	-10	-10	-11	-11	-11
20	-13	-8	-13	-10	-2	-6	-12	-3	-7
40	-13	-3	-6	-9	1	-5	-10	0	-6
60	-12	3	-3	-7	6	-2	-9	5	-3
80	-11	8	0	-6	9	1	-8	9	0
100	-10	15	5	-4	16	5	-6	16	5

^aVol.% of biodiesel and mixed biodiesel in petrodiesel.

^bRapeseed's biodiesel and palm's biodiesel are mixed in a 1:1 ratio.

Table 8. Derived cetane number of blended biodiesel fuels

ratio (%)	soybean	cottonseed	jatropha	rapeseed	palm	used flying
0	48.94	48.94	48.94	48.94	48.94	48.94
1	49.66	49.53	49.78	49.47	50.08	50.07
3	50.37	49.69	50.29	50.21	51.04	51.71
10	51.29	50.44	51.16	51.26	53.12	52.50
20	52.30	52.62	51.85	52.45	55.93	52.70
40	53.42	53.26	52.80	53.75	59.54	53.76
60	54.88	53.96	54.49	55.44	64.27	55.09
80	55.58	56.44	55.61	56.60	67.86	55.44
100	57.48	56.79	56.88	57.00	71.26	57.86

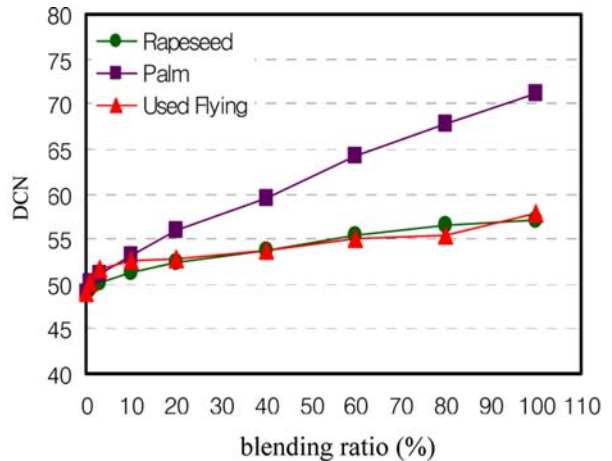
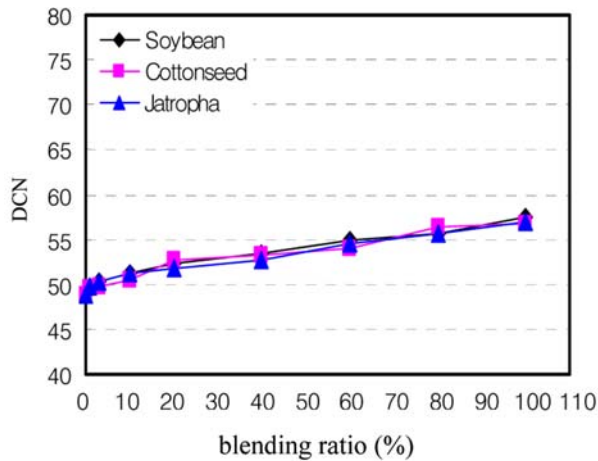


Fig. 3. Analysis of derived cetane number of blended biodiesels.

프텐계(naphthenes), 이소파라핀계, 방향족(aromatics) 순서로 약화된다. 세탄가가 낮으면 출력과 연비가 낮아지며, 너무 높은 세탄가는 오히려 불완전연소를 야기시키는 요인이 될 수 있으므로 적정 수준의 세탄가 유지가 필요하다.

일반경유는 CFR 엔진(Cooperative fuel research engine)을 이용하여 세탄가를 측정하지만, 분석시간이 길며, 많은 양의 분석시료가 요구된다. 반면에 IQT를 이용한 유도세탄가(derived cetane number) 측정은 적은 시료양과 짧은 분석시간을 통해 재현성과 반복성이 높은 데이터를 얻을 수 있어, 최근 연료의 세탄가는 IQT를 많이 사용한다. Table 8과 Fig. 3은 IQT를 이용하여 바이오디젤과 일반경유를 일정비율로 혼합한 뒤 유도세탄가를 측정된 결과이다. 일반경유는 48.94인 반면 바이오디젤의 비율이 증가할수록 유도세탄가가 증가하는 것을 볼 수 있었으며, 특히 팜유로부터 생산된 바이오디젤의 경우, 71.26의 높은 유도세탄가를 보였다.

Fig. 3은 측정된 유도세탄가를 그림으로 표현한 것이다.

4. 결 론

본 연구는 6종류의 원료별 바이오디젤을 국내 유통되고 있는 경유에 일정비율로 혼합하여, 대표적인 연료특성을 분석하였다.

파라핀계열이 주성분인 경유에 비해, 메틸에스테르형태인 바이오디젤은 높은 밀도, 인화점, 동점도를 보였으며, 저온에서의 연료특성을 조사한 결과 바이오디젤이 일반경유보다 높은 운점, 유동점, CFPP 값을 보였다. 유채유로부터 생산된 바이오디젤의 경우, 다른 바이오디젤보다 낮은 운점과 유동점이 관찰되었으며, 팜유로부터 생산된 바이오디젤은 운점, 유동점, CFPP가 높아, 낮은 온도에서 연료로서의 사용이 제한됨을 볼 수 있었다. 이는 가스크로마토그래피를 이용해 구성성분을 분석한 결과, 포화지방산메틸에스테르와 불

포화지방산메틸에스테르의 조성비율에 의해 좌우됨을 알 수 있었다. 팜유의 바이오디젤 저온특성 문제를 해결하기 위해 유채유의 바이오디젤과 혼합함으로써 열악한 저온특성이 개선됨을 볼 수 있었다. 바이오디젤의 유험성을 측정할 결과, 기존의 석유디젤이 276 μm 의 마모흔 측정에 비해 90~178 μm 의 마모흔이 측정됨으로 보다 좋은 유험성을 보였으며, 폐식용유로부터 생산된 바이오디젤의 경우 211 μm 의 마모흔이 생김으로, 다른 바이오디젤에 비해 다소 유험성이 떨어짐을 확인할 수 있었다. 경유품질특성의 중요한 인자의 하나인 세탄가는 석유디젤이 48.94를 보인 반면 바이오디젤의 경우, 55 이상이 측정이 되었으며, 특히 팜유로부터 생산된 바이오디젤은 71.26의 유도세탄가가 측정되었으며, 이는 자동차의 출력을 높일 수 있다.

본 연구를 통하여 원료별 바이오디젤의 연료특성과 함께 국내 유통중인 경유와 일정비율로 혼합했을 시 나타나는 연료특성을 확인할 수 있었다. 이들 연료특성 분석을 통해 각각의 원료별 바이오디젤의 장단점을 확인할 수 있었으며, 이들 연료특성을 고려한 계절별 바이오디젤 선택을 통해 보다 효과적인 국내 바이오디젤의 보급과 사용이 가능하리라 기대된다.

참고문헌

1. Antoni, D., Zverlow, V. V. and Schwarz, W. H., "Biofuels from Microbes," *Applied Microbiology and Biotechnology*, **77**, 23-35 (2007).
2. Campbell, C. J. and Laherrere, J. H., "The End of Cheap Oil," *Sci. Am.*, **278**(3), 77-83(1998).
3. <http://www.geni.org/globalenergy/policy/renewableenergy/index.shtml>.
4. Lotero, E., Liu, Y., Lopez, D. E., Suwannakarn, K., Bruce, D. A. and Goodwin Jr, J. G., "Synthesis of Biodiesel via Acid Catalysis," *Ind. Eng. Chem. Res.*, **44**(14), 5353-5363(2005).
5. Hong, Y. K. and Hong, W. H., "Biodiesel Production Technology and Its Fuel Properties," *Korean Chem. Eng. Res.*, **45**(5), 424-432 (2007).
6. Lim, Y. K., Shin, S. C., Yim, E. S. and Song, H. O., "The Effective Product Method of Biodiesel," *J. Korean Ind. Eng. Chem.*, **19**(2), 137(2008).
7. Balat, M., Balat, H. and Oz, C., "Progress in Bioethanol Processing," *Prog. Energy and Combust. Sci.*, **34**(6), 551-573(2008).
8. Yim, E. S., Min, K., Jeon, C., Lee, D., Kim, J. R., Kim, S. S., Jang, E. J., Park, C. K., Jung, C. S., Kim, J. K., Lim, Y. K. and Shin, S. C., "Actual Assessment to Bioethanol Blended Fuel in Domestic," *New & Renewable Energy*, **3**(4), 98-103(2007).
9. Cohron, M., Zhao, H., Liu, H. and Pan, W., "Synthesis Gas Production with an Adjustable H₂/CO Ratio through the Coal Gasification Process: Effects of Coal Ranks and Methane Addition," *Energy & Fuels*, **22**(3), 1720-1730(2008).
10. Lim, Y. K., Shin, S. C., Kim, J. R., Yim, E. S., Song, H. O. and Kim, D., "Characteristic Analysis of GTL fuel as an Automobile Diesel," *J. Korean Ind. Eng. Chem.*, **19**(6), 617-623(2008).
11. Bajpai, D. and Tyagi, V. K., "Biodiesel: Source, Production, Composition, Properties and Its Benefits," *J. Oleo. Sci.*, **55**(10), 487-502 (2006).
12. EAI and U.S. Department of Energy, "Fuel and Energy Source Codes and Emission Coefficients,"(2002).
13. <http://www.shell.com/home/content/shellgasandpower-en/>.
14. Lee, H. S., Choi, J. J., Shin, Y. H., Lim, Y., Han, C., Kim, H. and Lee, Y. W., "Effect of Additives on the Contents of Fatty Acid Methyl Esters of Biodiesel Fuel in the Transesterification of Palm oil with Supercritical Methanol," *Korean Chem. Eng. Res.*, **46**(4), 747-751 (2008).
15. Salis, A., Pinna, M., Monduzzi, M. and Solinas, V., "Biodiesel Production from Triolein and Short Chain Alcohols through Biocatalysis," *J. Biotechnol.*, **119**(3), 291-299(2005).
16. Choi, J. D., Kim, D. K., Park, J. Y., Rhee, Y. W. and Lee, J. S., "Optimization of Esterification of Jatropha Oil by Amberlyst-15 and Biodiesel Production," *Korean Chem. Eng. Res.*, **46**(1), 194-199 (2008).
17. Moser, B. R., "Influence of Blending Canola, Palm, Soybean, and Sunflower oil Methyl Esters on Fuel Properties of Biodiesel," *Energy & Fuels*, **22**(6), 4301-4306(2008).
18. Business act for quality standard inspection method and inspection fee for petroleum product, Ministry of Commerce, Industry and Energy, 2006-42.