

오리기름으로부터 합성된 바이오디젤의 연료특성 연구

임영관[†] · 이천호 · 정충섭 · 임의순

한국석유관리원 연구센터
(2010년 8월 30일 접수, 2010년 9월 28일 채택)

Study of Fuel Properties for Biodiesel Derived from Duck's Oil

Young-Kwan Lim[†], Cheon-Ho Lee, Choong-Sub Jung, and EuiSoon Yim

ResearchCenter, Korea Institute of Petroleum Management, Chung-buk 363-883, Korea
(Received August 30, 2010; Accepted September 28, 2010)

바이오디젤은 기존석유디젤을 대체할 수 있는 친환경적인 연료로 알려져 있다. 하지만 원료물질이 대부분 가격이 높은 식량자원을 이용한다는 단점을 지니고 있다. 본 연구에서는 음식쓰레기로 생긴 오리기름을 전처리 한 후, 염기촉매를 이용하여 전이에스테르화 반응을 통해 바이오디젤을 합성하였다. 합성되어진 바이오디젤의 대표적 연료특성으로 밀도, 동점도, 저온특성, 윤활성, 세탄가를 분석한 결과, 국내에서 동절기 외에는 충분히 석유대체연료로 사용 가능하다는 결과를 얻었다.

Biodiesel is well known for an eco-friendly alternative fuel for petrodiesel. But biodiesel has a disadvantage since it is derived from expensive food resource. In this study, we synthesized the biodiesel from duck's oil which was food trash via transesterification under base catalyst. After analytic result of density, kinematic viscosity, cold temperature characteristics, lubricity and cetane number which were main fuel characteristics, this duck's biodiesel has enough potential to use as fuel except only domestic winter season.

Keywords: biodiesel, duck's oil, fuel properties, synthesis, food byproduct

1. 서 론

유전에서 석유자원이 최대로 많이 생산되는 시기를 오일피크(oil peak)라고 하며, Hubbert나 Campbell의 분석결과에 의하면 현재 세계의 석유생산량은 벌써 오일피크에 도달했다고 한다[1]. 오일피크를 지나면서 해마다 석유 생산량이 감소되는 반면 석유자원의 가격이 상승됨으로 인해 국가 에너지안보차원에서 석유대체에너지에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다[2,3].

석유대체에너지로써 풍력, 태양력, 지열, 수소에너지 등에서 활발한 움직임을 보이고 있으며, 특히 기존 에너지 소비의 가장 많은 부분을 차지하고 있는 수송 분야에서도 기존 석유연료를 대체할 수 있는 연료 개발 및 보급이 이루어지고 있다[4,5]. 이들 석유대체연료 중 바이오디젤은 Figure 1에 표현된 것과 같이 동식물의 유지의 주성분인 트리글리세라이드(triglyceride)로부터 전이에스테르화(transesterification)를 통해 얻어진 바이오연료로서 수송용 연료로 사용했을 시, 기존 석유디젤에 비해 독성 배출가스와 분진(particulate matter) 형성이 낮으며, 유류 누출 사고 시 석유디젤은 수질 및 토양을 심각하게 오염시킬 수 있으나 바이오디젤은 미생물에 의한 생분해성(biodegradability)이 높기 때문에 친환경적인 연료로 각광받고 있다[6,7]. 하지만 현재 대부

분의 바이오디젤은 인류가 식량으로 이용해야 하는 식물자원에서 얻어지기 때문에 곡물가 인상과 기아문제 증가와 같은 부정의 목소리가 커지고 있다[8]. 이러한 문제점을 해결하기 위해 자트로파유(jatropha oil)나 파자마유(castor oil)와 같은 비식용작물로부터의 바이오디젤 생산에 관심을 보이고 있으며[9], 동물 도축과정에서 얻어지는 지방부산물물을 이용해 바이오디젤을 생산하려는 노력이 진행되어지고 있다.

특히 동물성지방은 육류의 가공과정에서 부산물형태로 나오기 때문에 식물성기름에 비해 가격이 저렴하다는 이점과 함께 환경오염을 가속화시킬 수 있는 폐자원을 자원화 할 수 있다는 점에서 유리하다. 또한 현재 국내에서 대부분의 바이오디젤의 원료물질을 해외로부터 수입에 의존하고 있기 때문에 바이오디젤의 다양하고 충분한 원료물질 확보를 위해 동물성지방으로부터 생산된 바이오디젤의 도입에 대한 검토가 이루어지고 있는 실정이다. 하지만 동물성 지방으로부터 생산된 바이오디젤은 포화탄화수소(saturated hydrocarbon) 형태의 지방산 메틸에스테르(fatty acid methyl ester) 성분이 많이 함유되어 있기 때문에 낮은 온도에서 고체화되는 성질, 즉 저온특성이 열악하다는 단점을 지니고 있다[10].

최근 동물성 바이오디젤의 원료물질로는 우지(beef tallow), 돈지(pork lard), 가금유지(poultry tallow)가 주종을 이루고 있으며, Bitman et al.의 보고서(Table 1)에 의하면 가금유의 지방이 다른 동물성지방보다 포화탄화수소 형태의 지방산 함량이 낮다고 발표하였다[11]. 즉

[†] 교신저자(e-mail: iklim92001@yahoo.co.kr)

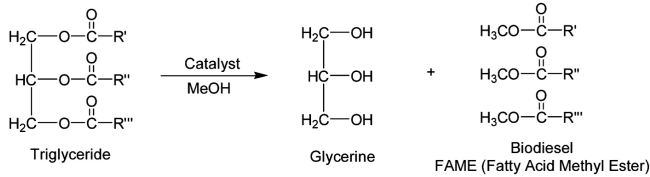


Figure 1. Synthetic method of biodiesel from triglyceride.

Table 1. Typical Fatty Acid Composition of Fat from Different Animal Sources

Fatty acids	Beef	Pork	Poultry
Myristic (C14:0)	3	1	1
Palmitic (C16:0)	26	25	25
Palmitoleic (C16:1)	3	3	7
Stearic (C18:0)	14	14	4
Oleic (C18:1)	47	47	43
Linoleic (C18:2)	3	8	18
Linolenic (C18:3)	1	-	-
Others	3	2	2

가금유의 지방으로부터 합성된 바이오디젤은 우지, 돈지로부터 합성된 바이오디젤보다 저온특성이 우수해 질 수 있다.

국내에서 사용되어지고 있는 다양한 가금유 중, 오리의 생산량은 해마다 증가하고 있으며, 2009년 한해 소비량은 102,629 톤에 이르고 있다[12]. 오리의 종류에 따라 지방함량이 다를 수 있지만, Cornell 대학교의 William F. Dean에 의하면 perkin duck의 먹을 수 있는 부위에서 지방은 약 28%의 비율로 구성되어졌다고 한다[13]. 이를 국내 2009년의 오리소비량을 고려 시 한해 오리로부터 대략 28,000 톤 정도의 지방을 얻을 수 있다. 이들 지방은 대부분 식용으로 이용되었지만, 도축이나 음식조리과정에서 나올 수 있는 부산물 형태의 지방을 일반쓰레기로 처리 시, 토양오염과 수질오염을 가속화시킬 수 있기 때문에 이에 대한 자원화와 같은 적절한 검토가 이루어져야 할 것이다.

Table 2는 현재 국내의 경유용 차량에 사용될 수 있는 연료로 경유, 바이오디젤원액, 바이오디젤 20% 연료에 대한 법적 기준을 보여주고 있다[14].

본 연구에서는 오리의 부산물로 얻어질 수 있는 지방으로부터 염기 촉매인 KOH를 이용하여 바이오디젤을 합성한 뒤, 연료의 주요 특성인 밀도, 동점도, 저온특성, 윤활성 및 세탄가를 측정하였다.

2. 실험

본 실험에 사용된 오리기름은 오리전문 음식점으로부터 수거된 폐 오리기름을 사용하였으며, 전이에스테르화 반응시 사용된 메탄올과 KOH는 TCI사 제품을 이용하였다. 컬럼크로마토그래피에 필요한 실리카젤은 merck사의 silica 60 (230~400 mesh)을 사용하였다.

2.1. 바이오디젤의 합성

고체형태의 이물질과 물이 함유된 오리기름으로부터 바이오디젤을 합성하는데 있어, 수율을 높이기 위해 60 °C에서 2 h 동안 가온한 뒤, 분별 깔대기(separate funnel)를 이용해 수분을 제거하였으며, 실리카젤(230~400 mesh)층을 통과(이동상 : hexane)시킴으로 트리글리세라이드(triglyceride)를 분리하였다. Hexane을 증류한 뒤, 순수한 1 L의

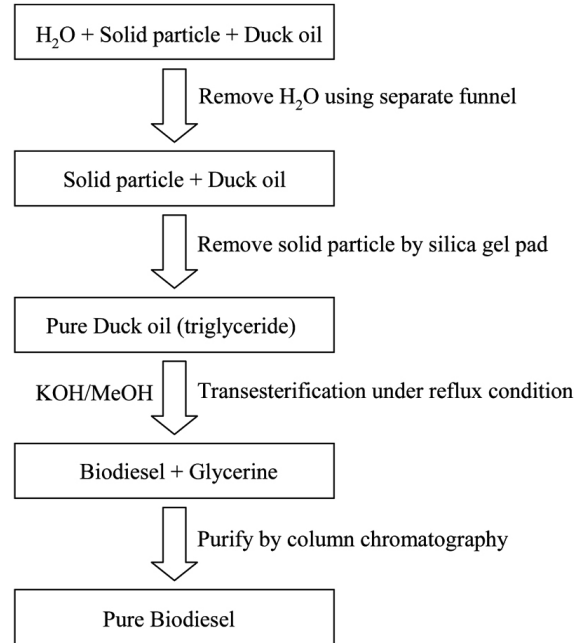


Figure 2. Flow diagram of biodiesel synthesis from impure duck oil.

트리글리세라이드를 실온에서 10 L-round bottom flask에 채우고, 메탄올 2 L, 촉매 KOH를 20 g 넣은 후, mechanical stirrer와 reflux condenser를 장착한 뒤, 반응혼합물을 교반하면서 80 °C에서 환류(reflux)시켰다. 2 h의 반응과정 후, 반응혼합물을 실온으로 냉각한 뒤, 반응혼합물을 rotary vacuum evaporator를 이용해 메탄올을 제거하였으며, separate funnel을 이용해 짙은 갈색형태의 부산물인 glycerin을 제거하였다. 촉매(KOH)와 미량의 glycerin이 포함된 crude 바이오디젤을 실리카젤이 충전된 컬럼크로마토그래피법(Hexane : EtOAc = 95 : 5)을 이용해 바이오디젤을 정제하였다. 맑은 노란 액체형태의 바이오디젤은 83%의 수율을 보였다.

2.2. 바이오디젤 구성분자 조성 분석

본 실험에 사용된 바이오디젤 내의 지방산 메틸에스테르(FAME)의 조성을 분석하기 위해 가스크로마토그래피-질량분석기(Gas chromatography-Mass spectrometry)를 이용하였다. 본 연구에서 사용된 가스크로마토그래피는 Agilent 7890A GC System을 이용하였으며, 질량분석기는 Agilent 5975C Inert XL EI/CI MSD 검출기를 이용하였다. 컬럼은 Agilent 190915-433 (30 m × 250 μm × 0.25 μm)을 이용하였으며, 이동상 기체로 헬륨(He)을 0.5 mL/min의 속도로 흘려보냈다. 분석시료는 1 μL (200 : 1 split mode)를 주입하였으며, 오븐온도는 초기 50 °C에서 2 min간 유지 후, 5 °C/min의 속도로 280 °C까지 승온시킨 후 280 °C에서 5 min 동안 유지시켰다. GC-MS로 분석된 물질은 Lilly library를 이용해 성분분석을 하였다.

2.3. 밀도, 동점도, 운점, 유동점, 저온필터막힘점 분석

바이오디젤의 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

Table 2. Specification of Diesel Fuel Properties in Korea

	Petrodiesel	BD100	BD20
FAME content (vol%)	below 5	over 96.5	20 ± 3 (10 ± 3) ^b
Pour point (°C)	below 0.0 (-17) ^b	-	below 0.0 (-17) ^b
Flash point (°C)	over 40	over 120	over 40
Kin. Viscosity (40 °C, mm ² /s)	1.9~5.5	1.9~5.0	1.9~5.5
Distillation (T90, °C)	below 360	-	below 360
Carbon residue in 10% residual oil (wt%)	below 0.15	-	below 0.15
Carbon residue (wt%)	-	below 0.1	-
Water & sediment (vol.5)	below 0.02	-	below 0.02
Sulfur (mg/kg)	below 10	below 10	below 30
Ash (wt%)	below 0.02	below 0.01	below 0.02
Cetane value (cetane index)	over 52	-	over 45
Copper strip corrosion (100 °C, 3 h)	below 1	below 1	below 1
CFPP (°C) ^a	below -16	below 0	below -16
Lubricity @60 °C (HFRR wear scar, μm)	below 400	-	below 460
Density @15 °C (kg/m ³)	815~835	860~900	815~845
Water (wt%)	-	below 0.05	-
Solid impurity (mg/kg)	-	below 24	-
Acidity number (mg KOH/g)	-	below 0.24	below 0.10
Polyaromatics content (wt%)	below 5	-	-
Aromatics content (wt%)	below 30	-	-
Total glycerol (wt%)	-	below 0.24	-
Monoglyceride (wt%)	-	below 0.80	-
Diglyceride (wt%)	-	below 0.20	-
Triglyceride (wt%)	-	below 0.20	-
Free glycerol (wt%)	-	below 0.02	-
Oxidation stability (110 °C, h)	-	over 6	-
Methanol (wt%)	-	below 0.2	-
Alkali metal (mg/kg) (Na + K)	-	below 5	-
(Ca + Mg)	-	below 5	-
Phosphorus (mg/kg)	-	below 10	-

a : CFPP (cold filter plug point) was only regulated at winter season (Nov. 15~Feb. 28).

b : winter season specification

Cannon 1257 유리제 모세관식 튜브를 이용하여 40 °C에서 ASTM D 445 방법에 따라 측정하였다. 모세관식 튜브에는 3개의 벌브(bulb)로 구성되어 있으며, 벌브사이에 온도센서가 있어 시료 약 15 mL를 흡입 상승시킨 뒤, 시료가 하강하는 시간을 온도센서로 감지함으로써 동점도가 측정된다.

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 시료 내에 파라핀 왁스와 고체상이 형성되기 시작하는 운점을 측정한다. 온도를 더 낮추어 시료가 유동하지 않는 유동점을 측정하였다.

저온필터막힘점은 ASTM D 6371 방법에 준하여 ISL사의 FPP 5Gs를 이용하여 측정하였다. 50 mL의 시료를 유리셀에 채운 뒤, 40 °C로 가온한 후, 분당 1 °C의 속도로 냉각시키면서 1.96 kpa 압력을 통해 필터(45 μm sieve)를 통과시켜, 흡입과 자유낙하의 속도가 60 s를 넘는 온도를 CFPP로 판정하였다.

2.4. 윤활성 측정

윤활성은 PCS Instruments사의 HFRR (High frequency reciprocating rig)를 사용하였으며, ISO 12156 방법에 준하여 수행하였다. 시료 2 mL를 60 °C에서 75 min 동안 50 Hz의 주파수와 200 g의 하중을 이용해 금속 원판(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(MEIJITECHNO사의 Infinity 1)을 이용하여 측정하였다. 습도에 의해 마모흔 생성정도가 다를 수 있으므로, K₂CO₃를 이용하여 HFRR 분석케비넷 내의 습도를 ISO 표준방법에서 정하는 30~50%가 유지되도록 조절하였다. 마모흔은 시험구와 금속원판의 마찰로 생긴 흔적으로 그 크기가 클수록 시료의 윤활성이 떨어지는 것을 의미하며, 관찰된 마모흔으로부터 분석시 습도와 온도인자가 고려된 보정마모흔은 Antoine equation에 의해 자동적으로 계산되었다.

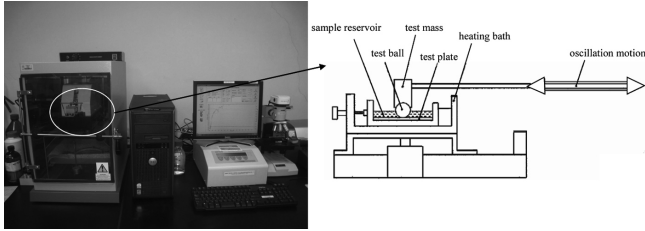


Figure 3. HFRR instrument and microscope.

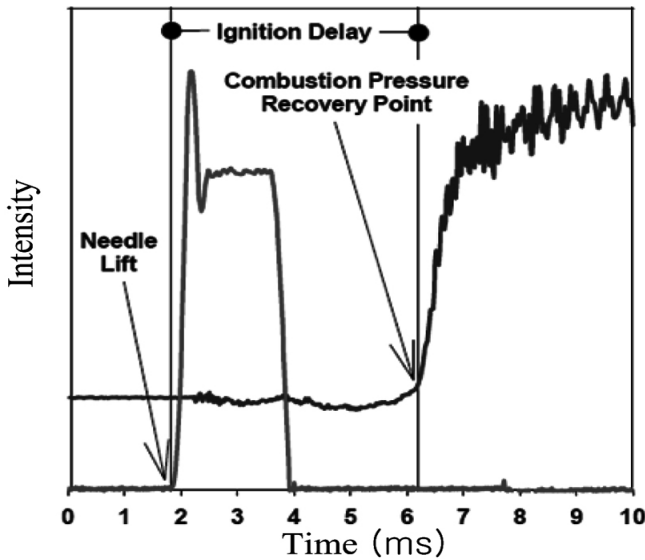


Figure 4. Analyzed of derived cetane number using Ignition Quality Tester.

2.5. 유도세탄가 측정

유도세탄가(Derived Cetane Number; DCN)는 SETA사의 IQT-LM 을 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 유추하는 방법으로, 연료를 15 번 분사, 연소시킴으로 연료라인과 챔버 내에 잔류하고 있는 불순물과 전시료를 제거시킴과 동시에 분석장비의 안정화를 시킨 뒤, 16번째부터 47번째(총 32번)까지 연료분사를 통해 측정된 유도세탄가의 평균을 구함으로 재현성과 반복성을 높였다. Figure 4는 IQT (Ignition quality tester)를 이용해 연료의 유도세탄가를 측정하는 원리를 그래프를 통해 표현하였다. 연소챔버 내에 연료가 분사됨으로 인해 압력변화가 일어나며, 연료의 발화로 인해 또 다른 압력증가가 일어난다. 이 두 압력변화 시간, 즉 연소지연시간(Ignition delay time : ID)을 측정함으로써 식 (1)을 통해 유도세탄가가 계산된다. 본 식은 ASTM D 6890에 표현된 식으로, 세탄가가 다른 표준연료들을 실제 엔진과 IQT를 이용해 비교 실험함으로써 유도된 경험식이다.

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

Table 3. Determination of Fatty Acid methyl Ester Component in Biodiesel by GC-Mass

Biodiesel	Molecular structure	Duck oil's BD
Methyl decanoate (C10:0)	<chem>CCCCCCCCC(=O)OC</chem>	TRACE
Methyl dodecanoate (C12:0)	<chem>CCCCCCCCC(=O)OC</chem>	0.2
Methyl myristate (C14:0)	<chem>CCCCCCCCC(=O)OC</chem>	2.4
Methyl pentadecanoate (C15:0)	<chem>CCCCCCCCC(=O)OC</chem>	0.2
Methyl palmitate (C16:0)	<chem>CCCCCCCCC(=O)OC</chem>	24.9
Methyl palmitoleate (C16:1)	<chem>CCCC=CCCCC(=O)OC</chem>	9.8
Methyl heptadecanoate (C17:0)	<chem>CCCCCCCCC(=O)OC</chem>	0.7
Methyl Stearate (C18:0)	<chem>CCCCCCCCC(=O)OC</chem>	10.6
Methyl oleate (C18:1)	<chem>CCCC=CCCCC(=O)OC</chem>	34.1
Methyl linoleate (C18:2)	<chem>CCCC=CCCC(=O)OC</chem>	11.4
Methyl cis-10-nonadecenoate (C19:1)	<chem>CCCC=CCCCC(=O)OC</chem>	0.5
Methyl arachidate (C20:0)	<chem>CCCCCCCCC(=O)OC</chem>	0.8
Methyl cis-11-eicosenoate (C20:1)	<chem>CCCC=CCCCC(=O)OC</chem>	0.7

3. 결과 및 고찰

3.1. 가스크로마토그래피-질량분석기를 이용한 바이오디젤의 조성 분석

오리기름으로부터 합성된 바이오디젤의 구성성분을 분석하기 위해 가스크로마토그래피-질량분석기를 이용하였다. Table 3은 가스크로마토그래피-질량분석기를 이용해 분석한 바이오디젤의 구성분자 조성을 나타내었다. 메틸 데카노에이트(methyl decanoate)에서 표현된 C10:0은 탄소수가 10개이며 올레핀이 없는 분자구조를 의미한다.

분석결과 오리기름으로부터 합성된 바이오디젤은 올레핀이 한 개 함유된 메틸 올리에이트(methyl oleate)가 가장 많은 비율을 차지하고, 다음으로 포화탄화수소형태인 메틸 팔미테이트(methyl palmitate)의 비율이 높은 것으로 나타났다. 그리고 올레핀이 두개 포함되어져 있는 메틸 리놀리에이트(methyl linoleate)도 11.4%의 높은 비율을 보임을 알 수 있었다. 또한 동물성 바이오디젤의 경우, 식물성바이오디젤에 함유되어지지 않은 홀수형태의 FAME인 methyl pentadecanoate, methyl heptadecanoate, methyl cis-10-nonadecenoate가 낮은 함량으로 포함되어져 있는 것을 알 수 있었다.

Table 4. Analytic Result of Fuel Properties for Biodiesels

Biodiesel	Density (g/mL, 15 °C)	Kin. Viscosity (mm ² /sec) at 40 °C	Cloud point (°C)	Pour point (°C)	CFPP (°C)
Base Diesel	0.8307	2.758	-3	-6	-2
BD2.5	0.8316	2.774	-2	-5	-2
BD20	0.8372	2.874	-1	-2	-1
BD100	0.8660	3.755	2	3	2

Table 5. Determination of Lubricity for Biodiesels

Biodiesel	Wear scar X (μm)	Wear scar Y (μm)	Wear scar Avg (μm)	Start temp/RH	Start temp/RH	Wear scar 1.4 (μm)
Base diesel	596	639	617.5	24.9/48.3	25.7/47.0	609
BD2.5	275	269	272.0	25.2/51.3	26.9/48.3	255
BD20	228	202	215.0	26.2/51.4	27.9/47.6	193
BD100%	201	204	202.5	26.0/50.2	26.7/48.6	185

3.2. 바이오디젤의 밀도, 동점도 및 저온특성 분석

본 연구에 사용된 오리기름으로부터 합성된 바이오디젤의 대표적 연료특성으로 밀도, 동점도 및 저온특성을 분석하였다(Table 4). 바이오디젤과 첨가제가 함유되어지지 않은 베이스경유에 바이오디젤을 2.5~20 vol%의 농도로 혼합하여 밀도와 동점도를 측정된 결과 바이오디젤의 농도가 증가할수록, 이들 분석값이 증가함을 볼 수 있었다. 저온특성으로 운점(CP), 유동점(PP) 및 저온필터막힘점(CFRR)을 측정된 결과, 바이오디젤의 농도가 증가할수록 이들 분석값이 높은 온도에서 측정되었다. 저온필터막힘점의 경우 45 μm의 필터를 1 min 이내에 지나가지 못하는 온도이기 때문에 고체상이 형성되는 운점보다 온도가 같거나 낮음을 볼 수 있다. 이들 연료의 저온특성 결과로 보아 국내 연료품질 규격상 동점기에는 사용하기 힘들거나 다른 계절에 사용하는데 있어서는 큰 무리가 없는 것으로 나타났다. 또한 본 연구에서 사용된 베이스경유는 하절기용이기 때문에 저온특성을 강화시킨 동점기용 베이스경유보다 저온특성이 좀 더 높은 온도를 보였다.

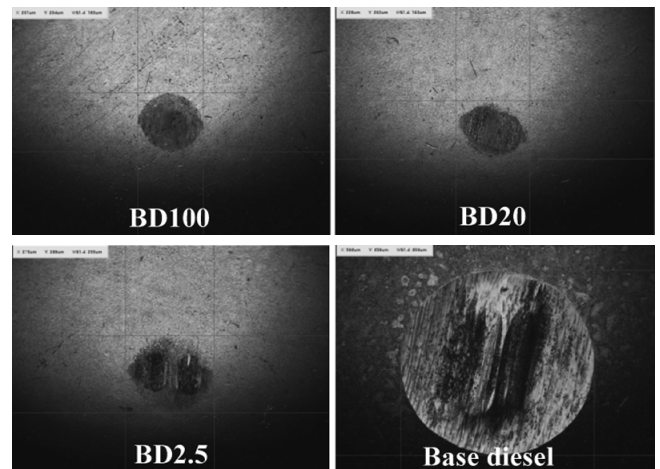
3.3. 바이오디젤의 윤활성 분석

디젤차량의 고압펌프와 인젝터의 마모마찰을 줄이기 위해 연료의 윤활성이 요구되며, 국내 디젤연료의 윤활성은 HFRR 분석을 통해 마모흔이 400 μm 이하가 되도록 규정하고 있다. 바이오디젤의 구성물질인 메틸 에스테르는 극성물질로서 윤활성이 우수한 것으로 알려져 있다. Table 5는 오리기름으로부터 합성된 바이오디젤의 윤활성을 분석한 결과를 보여주고 있다. 첨가제가 함유되어지지 않은 베이스경유는 마모흔이 609 μm로 크게 형성된 반면 바이오디젤 원액은 185 μm의 작은 마모흔이 형성됨에 따라 윤활성이 뛰어난 것으로 분석되었다. 또한 베이스경유에 2.5%만의 바이오디젤만 혼합되어도 275 μm의 마모흔이 형성됨으로 인해 윤활성 향상효과가 매우 높은 것으로 분석되었다.

Figure 5는 이들 시료별 바이오디젤의 윤활성을 HFRR로 실험한 후, 금속구에 형성된 마모흔을 보여주고 있으며, 바이오디젤이 함유되지 않은 베이스경유는 아주 큰 마모흔이 형성됨으로 인해 윤활성이 낮은 것을 확인할 수 있다.

3.4. 유도세탄가 측정

세탄가는 디젤엔진에서 디젤연료가 점화되는 특성을 나타내는 지수로 일반경유는 보통 45~60의 세탄가를 보인다. 점화성은 성분적으로 보아 정과라핀계 탄화수소가 가장 양호하며 올레핀계(olefins), 나

**Figure 5. Analysis of lubricity for biodiesel which was derived from duck oil using HFRR.****Table 6. Derived Cetane Number of Blended Biodiesel Fuels**

	ID	DCN	Charge P.	Inj. P	Test. T
Base diesel	3.905	52.25	310.2	175.4	556.6
BD2.5	3.803	53.53	310.3	175.4	556.1
BD20	3.759	54.10	309.7	175.4	556.7
BD100	3.571	56.72	309.8	175.4	556.0

프텐계(naphthenes), 이소파라핀계, 방향족(aromatics) 순서로 약화된다. 세탄가가 너무 높으면 정과라핀계 함유량이 많아져 비중이 낮고 점도가 낮아지므로 연비가 높아지던 가분부의 효율성이 결핍되어 오히려 불완전 연소를 일으키는 등의 현상이 나타나기 때문에 적정 수준의 세탄가 유지가 필요하다.

일반경유는 CFR엔진(Cooperative fuel research engine)을 이용하여 세탄가를 측정하지만, 분석시간이 길며, 많은 양의 분석시료가 요구된다. 반면에 IQT를 이용한 유도세탄가(derived cetane number) 측정은 적은 시료량과 짧은 분석시간을 통해 재현성과 반복성이 높은 데이터를 얻을 수 있어, 최근 연료의 세탄가는 IQT를 많이 사용한다. Table 6은 IQT를 이용하여 바이오디젤과 일반경유를 일정비율로 혼합한 뒤 유도세탄가를 측정된 결과이다. 일반경유는 52.25인 반면 바이오디젤

의 비율이 증가할수록 유도세탄가가 증가하는 것을 볼 수 있었으며, 바이오디젤 원액의 경우 56.72의 높은 유도세탄가를 보였다.

4. 결 론

본 연구에서는 환경오염을 야기시킬 수 있는 음식부산물 형태로 나오고 있는 오리기름을 염기촉매 하에서 바이오디젤을 합성한 후, 대표적 연료특성으로 밀도, 동점도, 저온특성, 윤활성 및 세탄가를 분석하였다.

분석결과 베이스경유의 밀도는 0.8307 mg/L에서 바이오디젤이 20% 혼합되었을 시 0.8372 mg/L로 증가하였으며, 동점도도 2.758 mm²/sec에서 2.874 mm²/sec로 바이오디젤의 함량이 증가할수록 높아지는 것을 확인하였다. 저온특성으로서 운점, 유동점, 저온필터막힘점을 측정 한 결과 베이스경유는 -3, -6, -2 °C의 측정값을 보였으나, 바이오디젤 20% 혼합연료는 -1, -2, -1 °C의 높은 측정값을 보여 바이오디젤이 혼합될수록 저온특성이 상대적으로 열악해지는 것을 관찰하였다. 또한 베이스경유의 윤활성은 609 μm로, 유도세탄가는 52.25로 측정된 반면, 바이오디젤 20% 혼합용액은 윤활성이 193 μm, 유도세탄가가 54.10으로 바이오디젤이 혼합될수록 윤활성과 유도세탄가가 향상되는 결과를 보였다.

본 연구결과, 오리기름으로부터 합성된 바이오디젤은 저온특성이 열악하여 겨울철에는 사용이 힘들 수 있으나, 국내 석유 및 석유대체 연료 사업법에서 정하고 있는 하절기 자동차용 경유의 품질특성을 충분히 만족하기 때문에 바이오디젤 2.5% 혼합연료와 바이오디젤 20% 혼합연료는 국내에서 향후 석유대체연료로 사용 가능하리라 판단된다.

참 고 문 헌

1. C. J. Campbell and J. H. Laherrere, *Sci. Am.*, **278**, 77 (1998)
2. E. Lotero, Y. Liu, D. E. Lopez, K. Suwannakarn, D. A. Bruce, and J. G. Goodwin Jr., *Ind. Eng. Chem. Res.*, **44**, 5353 (2005)
3. A. M. Omer, *Renew. Sust. Energy Rev.*, **12**, 2265 (2008).
4. S. S. Kim, K. H. Kim, S. C. Shin, and E. S. Yim, *J. Korean Ind. Eng. Chem.*, **18**, 401 (2007).
5. Y. K. Lim, S. C. Shin, E. S. Yim, and H. O. Song, *J. Korean Ind. Eng. Chem.*, **19**, 137 (2008).
6. D. Bajpai and V. K. Tyagi, *J. Oleo. Sci.*, **55**, 487 (2006).
7. R. L. Muncrief, C. W. Roofs, M. Cruz, and M. P. Harold, *Energy & Fuels*, **22**, 1285 (2008).
8. A. Murugesan, C. Umarani, T. R. Chinnusamy, M. Krishnan, R. Subramanian, and N. Neduzchezchain, *Renew. Sust. Energy Rev.*, **13**, 825 (2009).
9. D. P. Prafulla, G. G. Veera, and D. Shuguang, *Ind. Eng. Chem. Res.*, **49**, 10850 (2009).
10. M. Gürü, B. D. Artukoğlu, and A. Koca, *Energy Convers. Manage.*, **50**, 498 (2009).
11. National Research Council, National Academy of Science, 203 (1976)
12. <http://www.koreaduck.org/>
13. <http://www.duckhealth.com/foodvalu.html>
14. Business act for quality standard inspection method and inspection fee for petroleum product, Ministry of Commerce, Industry and Energy, 2009-39 and 2009-68.