

바이오디젤 구성분자와 유도세탄가 상관관계 연구

임영관* · 박소라 · 김종렬 · 임의순 · 정충섭

한국석유관리원 연구센터

The Study of Correlation between Biodiesel Components and Derived Cetane Number

Young-Kwan Lim* · So-Ra Park · Jong-Ryeol Kim · EuiSoon Yim · Choong-Sub Jung

Research Center, Korea Institute of Petroleum Management, 653-1 Yangcheong-ri, Ochang-eup,
Cheongwon-gun, Chungbuk 363-883, Korea

(Received 17 September 2010 / Accepted 8 December 2010)

Abstract : Biodiesel produced from triglyceride which is main component of animal fats and vegetable oils by methanolysis was known for remarkable cetane number. In this study, the derived cetane number of 3 kinds of biodiesel came from vegetable oils such as soybean oil, palm oil, and perilla oil and 2 kind of biodiesel which were produced from beef tallow and pork lard were analyzed using IQT (Ignition quality tester). In IQT test result, the derived cetane number of palm-, beef tallow- and pork lard's biodiesel were more excellent than other biodiesels. After analysis of biodiesel composed molecular by gas chromatography-mass and determination of the derived cetane number of pure biodiesel components using IQT, we have found that the low olefin contented and long alkyl chained biodiesel have excellent derived cetane number.

Key words : Biodiesel(바이오디젤), IQT(유도세탄가), FAME(지방산 메틸에스테르), Olefin(올레핀), Molecular length(분자길이)

Nomenclature

BD : biodiesel
IQT : ignition quality tester
ID : ignition delay time
DCN : derived cetane number
FAME : fatty acid methyl ester
GC-MS : gas chromatography-mass spectrometer
ASTM : american society for testing and materials

1. 서론

석유는 기원전부터 소규모로 사용되어져 왔으며,

19세기 후반부터 등유램프의 사용으로 전 세계적으로 크게 보급되어졌다.¹⁾ 그로부터 유전개발 기술의 발달로 석유자원을 대량 생산함으로써 석유화학산업, 의약, 제약, 의류, 항공 등과 같은 산업분야 발전의 원동력이 되었으며, 특히 자동차산업의 발전을 가능케 하였다.²⁾ 하지만 석유의 소비가 급격하게 증가하면서 석유자원의 고갈과 환경오염은 현 시대의 새로운 문제로 대두되어지게 되었다.³⁾

이러한 문제점을 해결하기 위한 방안의 하나로 기존 석유자원을 대체할 수 있는 신재생연료의 개발 및 보급이 전 세계적으로 확대되어지고 있다.⁴⁾ 현재 화석연료를 대체하여 수송용연료로 보급화되고 있는 바이오연료는 크게 바이오에탄올과 바이오

*Corresponding author, E-mail: yklim92001@yahoo.co.kr

디젤을 들 수 있다. 바이오에탄올은 불꽃점화엔진인 가솔린차량의 대체연료로 널리 사용되어지고 있으며,⁵⁾ 바이오디젤은 압축착화엔진인 디젤차량의 대체연료로서 해외에서뿐만 아니라 국내에서도 사용되어지고 있다.⁶⁾

이러한 바이오디젤은 동식물의 유지로부터 전이 에스테르화(transesterification)에 의해 생산된 지방산 메틸에스테르(Fatty Acid Methyl Ester, FAME) 형태의 연료로서 기존 석유디젤에 비해 생분해성(biodegradability)이 높고 독성배출가스와 입자상 물질(Particulate Matter, PM)의 감소효과가 뛰어나 환경친화적이며, 분자 내 극성성분이 에스테르기(ester group)를 지니고 있어 윤활성이 뛰어난 연료로 알려져 있다.⁷⁾ 특히 식물자원으로부터 얻을 수 있는 바이오디젤은 식물의 광합성에 의한 온실효과 저감과 같은 장점을 지니고 있다.⁸⁾ 또한 바이오디젤은 기존 석유계 연료인 경유와 연료특성이 유사하며 특히 압축착화엔진에서 반드시 요구되어지는 연료의 착화성이 우수하여 기존 디젤차량의 추가적인 변경없이 그대로 또는 석유디젤에 일정비율로 혼합하여 사용할 수 있는 석유대체연료로 알려져 있다.⁹⁾ Fig. 1은 동식물 유지의 주성분인 트리글리세라이드(triglyceride)로부터 촉매와 메탄올을 이용해 바이오디젤을 생산하고, 부산물로 글리세린(glycerine)이 형성되는 것을 보여주고 있다.

디젤연료의 중요한 연료특성 중의 하나인 착화성은 연료가 연소실에 분사된 후 발화되는데 까지 걸리는 시간으로, 발화시간이 짧을수록 높은 착화성을 보이게 된다. 세탄가는 이러한 연료의 착화성을 나타내는 지표로 높은 세탄가를 지니는 경유연료는 연소 시, 디젤노킹현상 감소, 저온에서의 시동성 증가, 입자상 물질 감소, 질소산화물(NOx) 배출감소와

함께 차량의 출력과 연비를 증가시킬 수 있다.^{10,11)}

반면에 세탄가가 낮은 연료는 착화시간이 늦어 엔진의 효율이 오르지 않고, 착화와 동시에 그때까지 분사된 연료가 순간적으로 연소함으로써 실린더 내의 온도와 압력이 급상승하고 진동과 소음이 발생하는 디젤노킹현상을 일으키게 된다.¹²⁾

이를 방지하기 위한 방법 중의 하나가 연료의 세탄가를 높이는 것이다. 세탄가를 높이면 점화지연을 줄여 엔진 내 연소를 균등하게 할 수 있으며, 결과적으로 급격한 압력상승을 방지하여 소음 및 진동을 줄일 수 있게 된다. 경유연료의 세탄가를 높이기 위해 세탄가가 높은 파라핀(paraffin)이 다량 함유된 경유를 생산하는 방법이 있으나, 이는 정유사의 연료생산 공정 변경이 필요하며, 연료시장의 수급 불균형을 일으킬 수 있기 때문에 현실적으로 어려우며, 경유유분에 과산화물(hydroperoxide)이나 질소산화물(nitrogen oxide)과 같은 형태의 세탄가향상제를 소량 첨가함으로써 국내 자동차용 경유의 품질기준인 52 이상으로 세탄가를 손쉽게 높일 수 있다.^{13,14)}

자동차용 경유의 세탄가를 측정하는 방법으로는 CFR(Cooperative Fuel Research)엔진을 이용한 방법과 연료의 밀도와 끓는점 분포로부터 유추한 세탄지수를 분석하는 방법이 있으나, 경유연료의 품질을 향상시키기 위한 소량의 첨가제에 의해 실제적으로 세탄가는 증가하나, 세탄지수에는 영향을 미치지 않는 차이를 보이고 있다. CFR엔진을 이용할 경우, 많은 시료의 양(1L 이상)이 필요하며, 기기관리의 어려움을 해결하기 위해 최근 IQT(Ignition Quality Tester)를 이용한 유도세탄가를 측정함으로써 CFR엔진 측정법의 단점과 세탄지수의 실제적 오류를 해결하기 위해 많이 사용하고 있다.¹⁵⁾ CFR엔진은 고압상태에서 경유연료의 착화성을 측정하는 장비이며, IQT는 고온(580°C 내외)에서 착화성을 측정하는 장비이다. 첨가제가 혼합되어진 경우, 세탄지수는 세탄가와 상이한 분석값을 나타내지만, Fig. 2에 나타난 것과 같이 CFR엔진을 이용한 세탄가(ASTM D 618)와 IQT를 이용한 유도세탄가(DCN, ASTM D 6890)는 거의 동등한 분석값이 측정되는 장점을 지니고 있다.

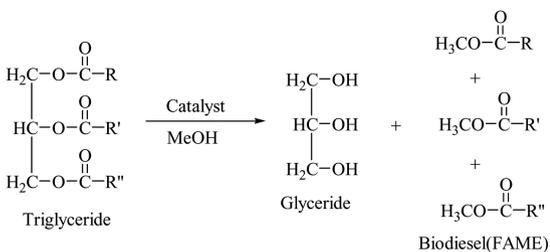


Fig. 1 Synthetic method of BD from triglyceride

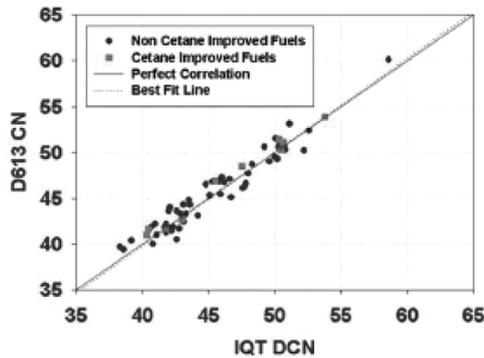


Fig. 2 Correlation between cetane number and DCN

국내 정유사는 연료성능을 향상시킬 목적으로 자동차용 경유에 유동성향상제, 윤활성향상제, 소포제, 부식방지제, 청정분산제 등을 첨가하고 있으며, 2006년도부터 신재생에너지 보급 및 활성화방안으로 자동차용 경유에 바이오디젤을 일정비율 혼합시켜 유통시키고 있다.¹⁶⁾ 2010년에는 국내에서 2.0 Vol.%의 바이오디젤이 자동차용 경유에 혼합되어져 유통되어지고 있으며, 앞으로 혼합비율이 높아질 가능성이 있다. 이와 같이 자동차용 경유에 바이오디젤이 혼합되어질 경우, 경유연료의 세탄가에 영향을 미칠 수 있다.

바이오디젤의 세탄가 연구로서 McCormick 등은 바이오디젤을 구성하고 있는 분자들의 세탄가를 측정 한 후, 중형엔진에 이들 분자를 연료로 사용하여 배출가스를 측정함으로써 세탄가가 높은 분자가 배출가스(NO_x , PM)를 감소시킨다는 연구를 발표하였다.¹⁷⁾

Knothe 등은 가지형(branched) 바이오디젤 분자와 직선형(straight) 바이오디젤 분자의 유도세탄가를 측정하였으며, 가지형 바이오디젤이 저온특성은 향상되나 세탄가 향상효과는 없는 것으로 보고하였다.¹⁸⁾

현재까지 원료별 바이오디젤에 대한 세탄가연구는 많이 보고되어져 있지만,¹⁸⁾ 바이오디젤을 구성하고 있는 순수한 지방산 메틸에스테르분자에 대한 세탄가를 측정 한 뒤, 원료별 바이오디젤의 구성비와 세탄가와와의 상관관계에 대한 연구는 보고되어져 있지 않다.

본 연구에서는 3종류의 식물성오일로부터 합성

된 바이오디젤과 구성분자의 조성, 특히 올레핀(olefin) 함량에 차이를 보이는 동물성유지로부터 합성된 2종류의 바이오디젤의 유도세탄가를 분석하였다. 또한 가스크로마토그래피-질량분석기(gas chromatography-mass)를 이용하여 바이오디젤의 분자조성을 분석하였으며, 이들 바이오디젤 구성분자들의 조성 과 유도세탄가와와의 상관관계를 찾아내었다.

2. 실험

본 실험에 사용된 바이오디젤 중 식물성 바이오디젤은 시중에 유통되고 있는 대두유, 팜유, 들기름으로부터 전이에스테르화(transesterification) 반응을 통해 합성된 바이오디젤을 이용하였으며, 우지(beef tallow)와 돈지(pork lard)로부터 생산된 동물성 바이오디젤은 주식회사 넥센코에서 공급받았다. 순수한 바이오디젤의 구성분자인 지방산 메틸에스테르(FAME)는 TCI사 제품을 이용하였다. 바이오디젤을 회석하는데 사용된 등유는 삼진화학(주)에서 판매되고 있는 95%이상의 순도를 지니는 제품을 이용하였다.

2.1 바이오디젤의 합성

실온에서 10L-둥근바닥 플라스크(10-L round bottom flask)에 식물성오일(대두유, 팜유, 들기름) 2L, 메탄올 4L, 촉매인 KOH를 10g 넣은 후, 기계적 교반기(mechanical stirrer)와 환류용축기(reflux condenser)를 장착한 뒤, 반응혼합물을 교반하면서 80°C에서 환류(reflux)시켰다. 4시간의 반응과정 후, 반응혼합물을 실온으로 냉각한 뒤, 반응혼합물을 회전진공증발기(rotary vacuum evaporator)를 이용해 메탄올을 제거한 뒤, 분별깔때기(separate funnel)를 이용해 짙은 갈색형태의 부산물인 glycerine을 제거하였다. 촉매(KOH)와 미량의 glycerine이 포함된 crude 바이오디젤을 실리카겔(230-400mesh)이 충전된 컬럼 크로마토그래피법(Hexane : EtOAc = 95 : 5)을 이용해 바이오디젤을 정제하였다. 투명한 액체형태의 바이오디젤은 86-96%의 수율을 보였다.

2.2 유도세탄가 측정

유도세탄가(DCN)는 SETA사의 IQT-LM을 이용하였으며, ASTM D 6890 방법에 준하여 유도세탄가를 측정하였다. 580°C로 유지된 챔버에 일정량 (0.0985g/inj)의 연료를 분사한 뒤, 연료가 연소되는 시간을 측정하여 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. 3은 IQT를 이용해 연료의 유도세탄가를 측정하는 원리를 그래프를 통해 표현하였다. 연소챔버 내에 연료가 분사됨으로 인해 압력변화가 일어나며, 연료의 발화로 인해 또 다른 압력증가가 일어난다. 이 두 압력 변화 시간, 즉 점화지연시간(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.

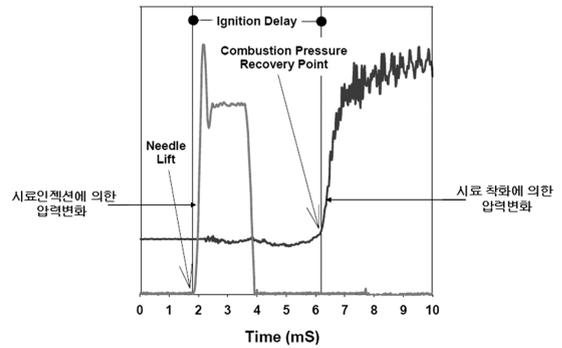


Fig. 3 Analyzed of derived cetane number using IQT

$$DCN = 4.460 + 186.6/ID \quad (1)$$

2.3 바이오디젤 구성분자 조성 분석

본 실험에 사용된 바이오디젤 내의 지방산 메틸 에스테르(FAME)의 조성을 분석하기 위해 가스크로마토그래피-질량분석기(GC-MS)를 이용하였다. 본 연구에서 사용된 가스크로마토그래피는 Agilent 7890A GC System을 이용하였으며, 질량분석기는

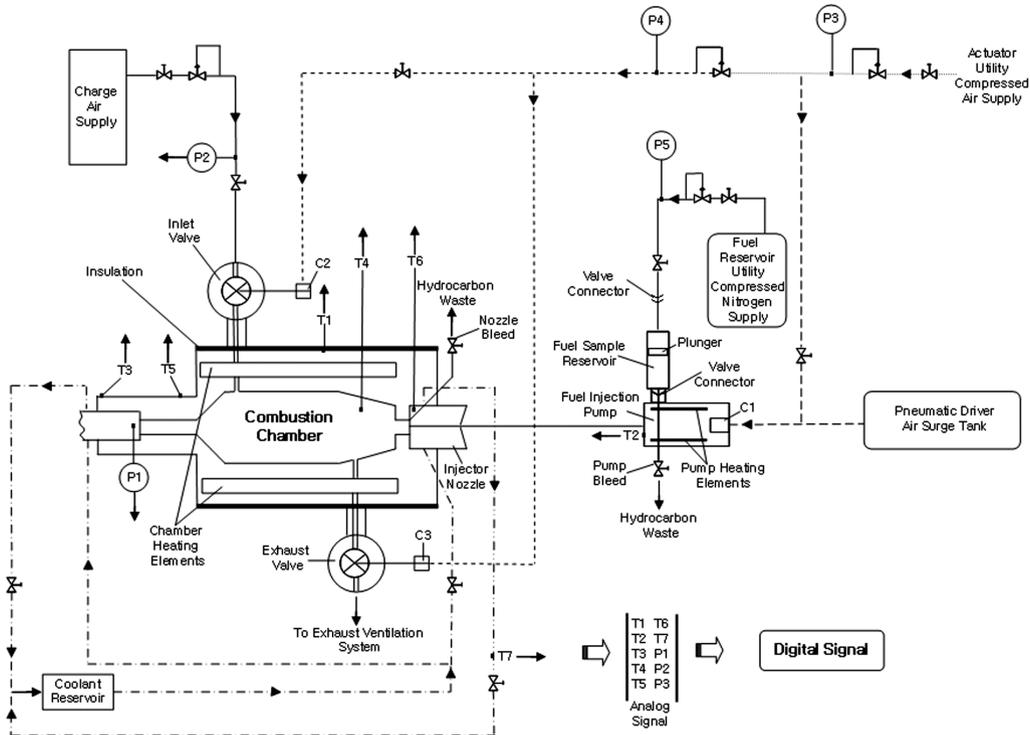


Fig. 4 Schematic overview of IQT

Table 1 Conditions of GC-Mass

Instrument	Agilent 7890A
Detector	Agilent 5975C Inert XL EI/CI MSD
Column	Agilent 190915-433 (30 m × 250 μm × 0.25 μm)
Carrier gas	He (0.5 mL/min)
Injection volumn	1 μL (200:1 split mode)
Oven temperature	50°C (2min) → 280°C (5min)

Agilent 5975C Inert XL EI/CI MSD 검출기를 이용하였다. 컬럼은 Agilent 190915-433(30m × 250μm × 0.25μm)을 이용하였으며, 이동상 기체로 헬륨(He)을 0.5mL/min의 속도로 흘려 보냈다. 분석시료는 1 μL(200 : 1 split mode)를 주입하였으며, 오븐온도는 초기 50°C에서 2분간 유지 후, 7°C/min의 속도로 280°C까지 승온시킨 후 280°C에서 5분동안 유지시켰다. GC-MS로 분석된 물질은 Lilly library를 이용해 성분분석을 하였다.

Fig. 4는 본 연구에 사용된 IQT 장비의 구성도를 보여주고 있다.

3. 결과 및 고찰

3.1 원료별 바이오디젤의 유도세탄가 측정

일반 경유는 CFR 엔진(Cooperative Fuel Research engine)을 이용하여 세탄가를 측정하지만, 분석시간이 길며, 많은 양의 분석시료가 요구된다. 반면에 IQT를 이용한 유도세탄가 측정은 적은 시료양과 짧은 분석시간을 통해 재현성과 반복성이 높은 데이터를 얻을 수 있어, 최근 연료의 세탄가는 IQT를 많이 사용한다. Table 2는 IQT를 이용하여 5종류의 바이오디젤 원액의 유도세탄가를 측정한 결과이다. 들기름은 45.46의 분석값을 보인 반면 우지로부터 생산된 바이오디젤은 84.82의 유도세탄가를 보였다.

Table 2 Analysis of DCN for the pure BD

BD	ID (msec)	DCN	Charge P. (psi)	Inj. P. (psi)	Test T. (°C)
Soybean BD	4.050	50.53	310.7	175.4	556.0
Palm BD	2.984	68.67	310.9	174.5	555.2
Perilla BD	4.552	45.46	311.0	175.4	555.9
Beef tallow BD	2.563	84.82	310.7	175.6	555.1
Pork lard BD	2.650	80.70	310.9	175.6	555.1

Table 3 Analysis of DCN for the 50% BD in kerosene

BD	ID (msec)	DCN	Charge P. (psi)	Inj. P. (psi)	Test T. (°C)
Soybean BD	4.220	48.68	310.1	175.3	559.2
Palm BD	3.649	55.60	310.1	175.1	559.0
Perilla BD	4.610	44.94	310.1	175.3	558.9
Beef tallow BD	3.205	62.95	310.2	175.1	558.7
Pork lard BD	3.223	62.54	310.3	175.2	558.7

Table 4 Analysis of DCN for the 10% BD in kerosene

BD	ID (msec)	DCN	Charge P. (psi)	Inj. P. (psi)	Test T. (°C)
Soybean BD	4.386	47.00	310.6	175.2	559.2
Palm BD	4.339	47.46	310.3	175.2	559.4
Perilla BD	4.435	46.54	310.3	175.1	559.2
Beef tallow BD	3.956	51.63	309.9	175.2	558.9
Pork lard BD	3.916	52.11	310.1	175.0	559.1

하지만 본 연구에서 사용된 IQT장비는 착화 지연 시간(ID)이 3.3~6.4 msec을 벗어날 경우, 분석값의 신뢰성이 떨어지기 때문에 세탄가가 낮은 등유에 1:1 비율로 바이오디젤을 희석시킨 후, 유도세탄가를 측정하였다.

Table 2는 바이오디젤과 등유를 1:1 비율로 혼합한 시료의 유도세탄가 측정 결과값을 보여주고 있으며, 바이오디젤의 원액보다 유도세탄가가 낮아지는 것을 확인할 수 있었다.

Table 4는 등유에 바이오디젤을 10% 농도로 희석시킨 후 유도세탄가를 측정한 결과를 보여주고 있다. 대두유와 들기름으로부터 합성된 바이오디젤의 유도세탄가는 낮은 비율로 감소하는 반면 우지와 돈지로부터 생산된 바이오디젤은 매우 높은 비율로 유도세탄가가 감소하는 것을 확인하였다.

이는 분석시료의 90% 비율을 차지하고 있는 등유가 일반 경유나 바이오디젤보다 낮은 세탄가를 지니고 있기 때문에 등유의 비율이 증가할수록 유도세탄가가 낮아지는 것으로 분석되었다.

3.2 가스 크로마토그래피-질량분석기를 이용한 바이오디젤의 조성분석

바이오디젤의 유도세탄가가 원료별 상이한 값을 보이는 이유를 찾기 위해 이들 바이오디젤의 구성 분자 구조 및 조성을 가스 크로마토그래피-질량분

석기를 이용하여 분석하였다. 바이오디젤 내의 FAME 조성분석은 내부 표준물질(methyl heptadecanoate, C17:1)을 이용한 EN 14103 표준분석방법(가스크로마토그래피법)에 의해 정성, 정량분석이 가능하지만, 이 분석방법은 바이오디젤을 구성하고 있는 지방산 메틸에스테르 분자의 탄소수(14~22개)가 짝수형태인 식물성유지로부터 합성된 바이오디젤만 분석 가능하다. 본 연구에서는 홀수의 탄소수들을 포함하는 동물성 바이오디젤도 같은 조건하에서 정성, 정량분석이 요구되기 때문에 가스크로마토그래피-질량분석기를 활용하였다. Table 5는 가스크로마토그래피-질량분석기를 이용해 분석한 바

이오디젤의 구성분자 조성을 나타내었다. 메틸 도데카노에이트(methyl dodecanoate)에서 표현된 C12:0은 탄소수가 12개이며 올레핀이 없는 분자구조를 의미한다.

분석결과 들기름으로부터 합성된 바이오디젤은 올레핀이 3개가 함유된 메틸 리놀리네이트(methyl linolenate)가 51%로 가장 많은 비율을 차지하였으며, 팜유, 우지, 돈지로부터 합성된 바이오디젤은 올레핀이 한 개 함유된 메틸 올리에이트(methyl oleate)가 가장 많은 비율을 차지하고, 포화탄화수소형태(saturated hydrocarbon)인 메틸 팔미테이트(methyl palmitate)의 비율도 높은 것으로 나타났다. 또한 동물성 바이오디젤의 경우, 식물성 바이오디젤에 함유되어지지 않은 홀수형태의 FAME인 methyl heptadecanoate, methyl cis-10-heptadecenoate, methyl cis-10- nonadecenoate가 포함되어져 있는 것을 알 수 있었다.

Table 5 Determination of FAME component in BD by GC-MS

FAME	Soybean BD	Palm BD	Perilla BD	Cow BD	Fork BD
Methyl dodecanoate (C12:0)	-	1.3	-	0.3	-
Methyl myristate (C14:0)	trace	2.7	-	5.8	4.1
Methyl pentadecanoate (C15:0)	-	-	-	1.0	trace
Methyl palmitate (C16:0)	17.1	35.3	15.0	21.4	24.1
Methyl palmitoleate (C16:1)	trace	0.3	-	5	5.1
Methyl heptadecanoate (C17:0)	-	-	-	0.6	1.0
Methyl cis-10-heptadecenoate (C17:1)	-	-	-	3	1.3
Methyl Stearate (C18:0)	13	12	1.1	17.2	16.2
Methyl oleate (C18:1)	16.9	38	12	37.6	42.9
Methyl linoleate (C18:2)	39	8	19	1.6	trace
Methyl linolenate (C18:3)	7.5	-	51	-	-
Methyl cis-10-nonadecenoate (C19:1)	-	-	-	0.6	0.4
Methyl arachidate (C20:0)	-	1	-	0.4	0.6
Methyl cis-11-eicosenoate (C20:1)	trace	trace	trace	0.9	2.3

3.3 순수한 바이오디젤 구성분자의 유도세탄가 분석

바이오디젤을 구성하고 있는 바이오디젤의 분자 함량을 확인한 후, 이들 바이오디젤을 구성하고 있는 순수한 바이오디젤 구성 분자(FAME)들의 유도세탄가를 분석하였다. 포화탄화수소형태인 바이오디젤 구성분자들은 상온에서 고체형태이기 때문에 IQT를 이용하여 유도세탄가를 측정할 수 없으므로 등유에 10% 혼합농도로 희석시킨 뒤, 유도세탄가를 측정하였다. Fig. 5는 포화탄화수소형태의 바이오디젤 구성분자들의 유도세탄가 분석결과를 보여주고 있으며, 분자의 길이가 길어질수록 착화지연시간이 짧아짐으로 인해 유도세탄가(DCN)가 높아짐을 볼 수 있다.

포화탄화수소 형태인 FAME의 유도세탄가를 측정 한 후, 올레핀이 함유된 불포화탄화수소(unsaturated hydrocarbon)인 FAME의 유도세탄가를 측정하였다. Fig. 6은 순수한 바이오디젤 구성분자 내 올레핀 함량에 따른 유도세탄가의 변화정도를 분석한 결과이다. 분석결과 올레핀 함량이 낮아질수록 착화지연시간이 짧아짐으로 인해 유도세탄가가 증가됨을 볼 수 있었다.

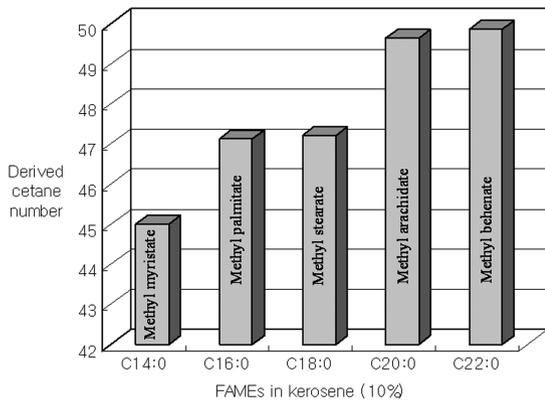


Fig. 5 Analysis of DCN of the different chain of pure FAME

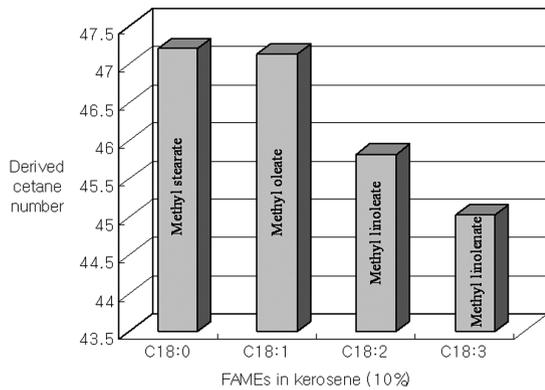


Fig. 6 Effect of DCN by olefin contents in FAME

Fig. 5와 6의 결과에서 바이오디젤을 구성하고 있는 FAME분자의 길이가 길수록, 올레핀함량이 낮을수록 유도세탄가가 높은 것을 확인할 수 있었다. 이는 본 연구에서 사용된 돈지, 우지, 팜유로부터 합성된 바이오디젤이 올레핀함량이 높은 methyl linolenate와 methyl linoleate의 성분이 적기 때문에 유도세탄가가 높게 측정되었으며, 대두유, 들기름으로부터 합성된 바이오디젤은 이와 상반된 분자조성을 지니고 있어 낮은 유도세탄가를 보이는 것으로 설명할 수 있다.

4. 결론

본 연구는 기존에 많이 발표된 바이오디젤의 구성분자에 따라 저온특성과 산화안정성뿐만 아니라 세탄가에도 큰 영향을 미친다는 것을 밝혔으며, 자동차의 출력 및 연비 배출가스 개선을 위해 고세탄

가를 지니는 원료별 바이오디젤 선택에 응용 가능하리라 판단된다.

본 연구에서 사용한 3종류의 식물성 바이오디젤과 2종류의 동물성 바이오디젤의 유도세탄가를 분석한 결과, 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- 1) 돈지, 우지, 팜유로부터 합성된 바이오디젤이 대두유, 들기름으로부터 합성된 바이오디젤에 비해 유도세탄가가 월등히 우수하다는 결과를 얻었다.
- 2) 원료별 바이오디젤의 세탄가가 다르게 측정되는 원인을 규명하기 위해 바이오디젤을 구성하고 있는 FAME 조성을 가스크로마토그래피-질량분석기를 이용하여 분석한 결과, 돈지, 우지, 팜유로부터 합성된 바이오디젤은 올레핀 함량이 낮고 대두유와 들기름으로부터 합성된 바이오디젤은 올레핀 함량이 높은 것으로 분석되었다.
- 3) 바이오디젤을 구성하고 있는 순수한 지방산 메틸에스테르의 유도세탄가를 분석한 결과 분자내 올레핀 함량이 낮을수록, 분자길이가 길수록 세탄가 향상효과가 뛰어난 것으로 나타났다.
- 4) 이는 돈지, 우지, 팜유로부터 합성된 바이오디젤 내의 올레핀 함량이 높은 methyl linolenate와 methyl linoleate의 조성이 낮기 때문에 유도세탄가가 우수한 것으로 유추할 수 있다.

References

- 1) <http://www.petroleum.or.kr/>
- 2) D. Antoni, V. V. Zverlow and W. H. Schwarz, "Biofuels from Microbes," Applied Microbiology and Biotechnology, Vol.77, pp.23-35, 2007.
- 3) C. J. Campbell and J. H. Laherrere, "The End of Cheap Oil," Sci. Am., Vol.278, No.3, pp.77-83, 1998.
- 4) <http://www.geni.org/globalenergy/policy/renewableenergy/index.shtml>.
- 5) J. W. Lee, R. Patel and N. Ladommatos, "Emission Characteristics of Nano-sized Particles in Bio-ethanol Fuelled Engine with Different Injection Type," Transactions of KSAE, Vol.17, No.4, pp.55-62, 2009.

- 6) Y. K. Lim, C. H. Jeon, S. Kim, E. S. Yim, H. O. Song, S. C. Shin and D. K. Kim, "Determination of Fuel Properties for Blended Biodiesel from Various Vegetable Oil," Korean Chem. Eng. Res., Vol.47, No.2, pp.237-242, 2009.
- 7) Y. K. Lim, D. G. Kim and E. S. Yim, "The Study of Lubricity for Various Biodiesel using HFRR," Journal of the KSTLE, Vol.25, No.2, pp.86-92, 2009.
- 8) S. H. Park, H. J. Kim, S. H. Kim and C. S. Lee, "Spray-atomization Characteristics of Biodiesel Fuel with Multiple Injection," Transactions of KSAE, Vol.18, No.4, pp.40-47, 2010.
- 9) H. S. Lee, S. W. Lee, Y. S. Cho and C. S. Lim, "A Experimental Study on the Spray and Combustion Characteristics of Biodiesel Fuel Type and Blending Rate," Fall Conference Proceedings, KSAE, KSAE08-A0151, 2008.
- 10) P. Ghosh, "Predicting the Effect of Cetane Improvers on Diesel Fuels," Energy & Fuels, Vol.22, No.2, pp.1073-1079, 2008.
- 11) R. C. Santana, P. T. Do, M. Santikunaporn, W. E. Alvarez, J. D. Taylor, E. L. Sughrue and D. E. Resasco, "Evaluation of Different Reaction Strategies for the Improvement of Cetane Number in Diesel Fuels," Fuel, Vol.85, pp.643-656, 2006.
- 12) I. J. Kang and C. S. Jeong, "Correlation between Domestic Diesel Fuel Properties and Cetane Number," HWAHAK KONGHAK, Vol.38, No.3, pp.348-354, 2000.
- 13) G. J. Suppes and M. A. Dasari, "Synthesis and Evaluation of Alkyl Nitrates from Triglycerides as Cetane Improvers," Ind. Eng. Chem. Res., Vol.42, pp.5042-5053, 2003.
- 14) K. Hashimoto, M. Ikeda, M. Arai and M. Tamura, "Cetane Number Improvement of Diesel Fuel by Autoxidation," Energy & Fuels, Vol.10, No.6, pp.1147-1149, 1996.
- 15) Y. K. Lim, J. R. Kim, C. S. Jung, E. S. Yim and D. K. Kim, "Determination of the Cetane Number, Derived Cetane Number and Cetane Index for Diesel Fuel by Additives," Korean Chem. Eng. Res., Vol.48, No.3, pp.375-381, 2010.
- 16) S. S. Kim, K. H. Kim, S. C. Shin and E. S. Yim, "Current Status of Policy and Market for Biodiesel in Korea," J. Korean Ind. Eng. Chem., Vol.18, No.5, pp.401-406, 2007.
- 17) R. L. McCormick, M. S. Graboski, T. L. Alleman and A. M. Herring, "Impact of Biodiesel Source Material and Chemical Structure on Emissions of Criteria Pollutants from a Heavy-duty Engine," Environ. Sci. Technol., Vol.35, pp.1742-1747, 2001.
- 18) G. Knothe, A. C. Matheaus and T. W. Yyan III, "Cetane Numbers of Branched and Straight-chain fatty Esters Determined in an Ignition Quality Tester," Fuel, Vol.82, pp.971-975, 2003.