

동백나무와 차나무 기름의 지방산 조성 및 메틸에스테르 특성 분석

김광수*, 이영화, 장영석, 최인후

Analysis of Fatty Acid Composition and Methyl-ester Properties of Camellia and Tea Oil

Kwang-Soo Kim*, Yong-Hwa Lee, Young-Seok Jang and In-Hu Choi

Abstract To secure raw materials of biodiesel production, the possibility of camellia (*C. japonica* L.) and tea (*C. sinensis* L.) seed oil was studied to produce biodiesel. In this research, crude oil contents and fatty acid compositions of seeds were analyzed by Soxhlet and Gas chromatography (GC). The oil contents in the seeds of camellia were 69.8%~73.8%, and tea were 26.3%~29.4%. Among the fatty acids of camellia and tea oil, oleic acid was dominant. The unsaturated fatty acids accounted for 88.4% and 80.2% of the whole fatty acids of camellia and tea seed oil. Total seed oil content and fatty acid composition of tea seed were influenced by collecting date. Across maturation period, oil content of tea seed averaged 18.3% on 6th September increasing to 27.9% by 11th October. For largest seed yield and oil content, the optimum time to harvest tea is in middle october, and camellia is late september and thereafter. The extraction efficiency of oil from seeds by extraction methods was determined. Biodiesel were synthesized in 92.1~92.8% yields from camellia and tea oils by transesterification. The biodiesel was characterized by its physical and fuel properties including oxidation stability, iodine value and cold filter plugging point (CFPP). Oxidation stability of camellia was 8.6~8.8 hours and tea was 2.9~3.6 at 110°C. Camellia oil had considerably better oxidation stability and CFPP than tea oil.

Key words *C. japonica*(동백나무), *C. sinensis*(차나무), Fatty acid(지방산), Oil content(기름함량), Biodiesel(바이오디젤), Oxidation stability(산화안정성), Iodine value(요오드가)

(접수일 2013. 7. 18, 수정일 2013. 8. 29, 게재확정일 2013. 8. 29)

* 농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물센터 (Bioenergy Crop Research Center, National Institute of Crop Science, RDA)
■ E-mail : ajuga@korea.kr ■ Tel : (061)450-0133 ■ Fax : (061)453-0085

1. 서론

고도의 산업화와 함께 석유의 사용이 급격하게 늘어나면서 온실가스인 이산화탄소의 발생 증가로 지구 온난화가 가속화됨에 따라 자원의 순환이 가능한 청정에너지와 신재생에너지에 대한 관심이 높고 개발 경쟁이 심화되고 있다. 신재생에너

지의 한 분야인 바이오에너지는 바이오매스를 이용하여 에너지의 생산이 가능하며, 최근 식물 및 동물성 기름으로부터 바이오디젤의 생산 및 활용에 대한 연구가 활발하다. 우리나라는 현재 수송용 경유에 2%의 바이오디젤을 혼합하여 사용하고 있으며, 여기에 필요한 바이오디젤의 연간 필요량은 약 36~40만kL 정도이다. 국내에서 생산되는 바이오디젤의 원

료 중 약 30% 정도는 국내에서 수집된 폐식용유이며 나머지 70%는 팜유, 대두유 등으로 대부분 수입에 의존⁽¹⁾하고 있어 원료의 국산화가 시급한 상황이며, 이를 해결하기 위해 바이오디젤을 생산하기 위한 원료의 다원화가 필요한 시점이다. 바이오디젤의 주원료인 식물성 기름은 열대지방에서 팜(palm)과 자트로파(jatropha) 등의 기름식물을 대단위로 재배하여 생산되는 기름을 사용⁽²⁾하고 있다. 중국에서는 자생하는 옷나무과(Anacardiaceae), 무환자나무(Sapindaceae), 유동나무과(Tung oil tree), 층층나무과(Cornaceae) 등의 목본기름식물을 10여 종(種) 정도를 선발하여^(3,4) 산간이나 사막 등에 조림하여 대규모의 바이오디젤 원료생산 기지화를 구상 중이다. 우리나라도 자생하는 식물 중에는 종자로부터의 기름을 착유하여 사용할 수 있는 동백나무, 이팝나무, 유동나무 등의 목본식물들이 다수 자생하고 있으나, 이에 대한 연구는 대부분 식용 및 약용에 대한 연구가 이루어 졌을 뿐 기름을 이용한 윤활유, 페인트, 천연고무 및 바이오디젤 전환 등에 대한 연구는 매우 미미하다.^(5,6) 국내에서 자생하는 목본식물 중 동백나무(*Camellia japonica* L.)와 차나무(*C. sinensis* L.)는 차나무과(Theaceae)의 상록소교목으로 남해안 및 도서지방에 자생하거나 관상용 및 녹차 생산용으로 재배되고 있으며, 종실 내에 기름성분이 많아 예로부터 식용이나 피부와 두발을 보호하기 위한 화장용뿐만 아니라 등화유 등으로 이용되는 대표적인 기름 목본식물이다.⁽⁷⁾ 동백나무는 주로 우리나라의 남부지역을 중심으로 대단위 군락을 이루며 자생하고 있고, 차나무는 잎을 녹차로 가공하기 위해 재배하며, 최근 재배면적이 크게 늘어나 약 3천ha 이상이 재배되고 있어 종실의 수확이 다른 기름 목본식물 보다는 용이하나, 종실과 기름 생산에 대한 연구는 거의 없고, 활용 사례가 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 동백나무와 차나무 기름을 이용한 바이오디젤 생산 가능성을 알아보기 위해 수집장소 및 수집시기에 따른 종자 내 기름 함유율과 지방산 조성을 구명하였고, 착유법에 따른 착유율과 메틸에스테르화를 통해 바이오디젤로의 전환 후 특성 조사를 실시하였다.

2. 재료 및 방법

본 시험에 사용한 동백나무와 차나무 종자는 수집지역에

따른 기름 함량 및 지방산의 변화를 조사하기 위하여 남부지방을 중심으로 제주, 무안 등 5개 지역에서 종자를 수집하였고, 수집시기에 따른 변화를 구명하기 위해 종자의 수확이 가능한 9월 초부터 10월 말까지 약 1주일 간격으로 농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물센터 내(전남 무안)유전자원 포장에서 수집하여 기름 함량의 변화 및 지방산 조성을 분석하였다. 종자 내 기름 함량은 완전하게 건조된 종자를 곱게 마쇄하여 조지방분석기(SoxtecTM 2050, Foss)를 이용하였고, 종자 기름의 지방산 조성은 Lee 등(2012)⁽⁸⁾의 방법에 따라 GC(Agilent 7890 A, USA)를 이용하여 분석하였다.

착유는 종자를 볶지 않고 착유하거나, 솥온도 120℃, 곡물 온도 105℃로 볶은 후 expeller 착유기(D-1683, 동광유압)를 이용하여 2회 착유하였다. 동백과 차나무 기름을 바이오디젤로 전환시키기 위해, 기름 200g에 메탄올(MeOH)과 기름의 반응 몰비를 6:1로 전이에스테르화 반응을 실시하였다. 촉매로 수산화칼륨(KOH)을 기름의 1.0wt%로 메탄올에 용해시켜 사용하였으며, 반응온도 60~65℃에서 2시간 동안 교반하면서 반응시킨 후, 글리세롤은 분액깔때기를 이용하여 분리하였다. 생산된 메틸에스테르층을 감압을 통해 메탄올과 수분을 제거하였고, 메틸에스테르층에 혼합되어 있는 KOH 및 불순물들을 수세를 통해 제거한 후, 바이오디젤 및 글리세롤의 전환수율을 산출하고 메틸에스테르 특성분석을 실시하였다. 요오드가(Iodine value)는 Wijs Reagent를 이용한 적정법을 사용하였고⁽⁹⁾, 산화안정성(Oxidation stability)은 KSM ISO 12937법에 따라 분석(873 Biodiesel Rancimat, Metrohm)하였고, 저온필터막힘점(Cold filter plugging point, CFPP)은 ASTM D6371 표준방법에 의하여 측정(FPP 5Gs, ISL사)하였다.

3. 결과 및 고찰

수집 지역에 따른 기름 함량 및 지방산 변화를 구명하기 위해 제주, 진도 등 5곳의 남부지역에서 동백나무와 차나무 종자를 수집하여 기름 함량과 지방산 조성을 분석한 결과, 동백나무와 차나무 종자 내 기름 함량과 지방산 조성은 수집지에 따라 약간씩 차이가 나타났다(Fig. 1).

동백나무 종자의 기름 함량은 평균 71%였으며, 광주수집

종자가 73.8%로 가장 높게 나타났고 제주수집 종자가 69.8%로 가장 낮았다. 지방산 조성은 올레인산(C18:1)이 평균 85.1%로 가장 많았고, 다음이 팔미트산(C16:0, 8.9%), 리놀레산(C18:2, 2.9%), 스테아릭산(C18:0, 2.4%) 순 이었다. 지방산 중 가장 많이 함유된 올레인산의 경우, 광주 수집 종자가 88.0%로 가장 높아 거제 수집 종자보다 약 5.3%이상 높았다 (Table 1). Yoon 등(1991)⁽¹⁰⁾에 의하면 동백나무 종자 내 기름 함량 및 지방산 조성은 지역이나 재배여부에 관계없이 거의 비슷하였고 보고하였으나, Ma 등(2011)⁽¹¹⁾은 동백의 품종에

따라 지방산의 조성이 다르다는 보고도 있어, 지역 및 품종에 따른 함유량 및 지방산 조성에 대한 보다 정밀한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

차나무 종자의 기름 함량은 평균 27.9%였으며, 거제 수집 종자가 29.3%로 가장 높게 나타났고 제주 수집 종자가 26.4%로 가장 낮았다. 지방산 조성은 올레인산이 평균 54.11%로 가장 많았고, 리놀레산(24.70%), 팔미트산(17.01), 스테아릭산(2.45%) 순으로 나타나(Table 1) Sahari 등(2004)⁽¹²⁾의 연구결과와 비슷한 결과를 보였으며, 올레인산은 제주 수집 종자가 56.44%로 가장 높았고, 무안 수집 종자가 49.0%로 가장 낮았다. 차나무에 비하여 동백나무 종자 내의 기름 함량이 약 2.5배가 높았으며, 지방산 성분 중 불포화지방산(unsaturated fatty acids) 함유량은 각각 88.4%로 80.2%였고, 포화지방산(saturated fatty acids)의 평균 함유량은 동백나무가 11.32%, 차나무가 19.58%로 나타났다.

동백나무와 차나무 종자의 수확적기를 구명하기 위해 종자 수확이 가능한 9월 초부터 10월 중순까지 약 1주일 간격으로 종자를 수확하여 종자 내 기름 함량과 지방산 조성을 분석한 결과, 동백나무의 종자 내 기름 함량은 수확을 시작한 9월초부터 10월 중순까지 70% 전후의 함유량을 나타냈고, 지방산의 변화도 거의 나타나지 않았으나, 차나무 종자의 기름 함량은 9월초 18.3%에서 10월 10일 에 27.9%까지 수집시기가 늦어질수록 지속적으로 증가함을 확인하였다(Fig. 2). 지방산 조

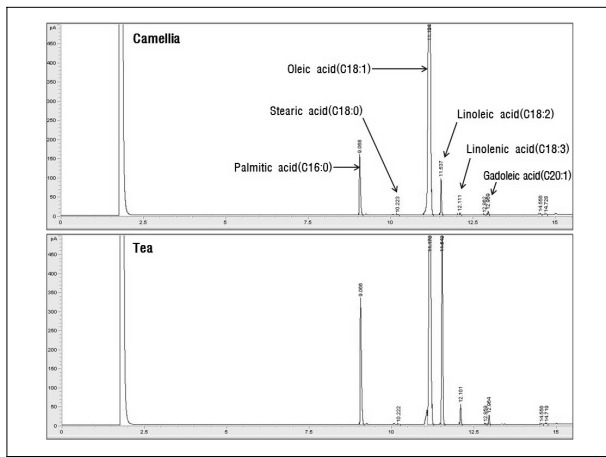


Fig. 1 GC analysis of the fatty acids composition in seed oil of camellia (Upper) and tea (Lower)

Table 1. Variation of oil content and fatty acid composition of camellia and tea seed according to different collected regions

Species	Collect-ed regions	Fatty acid composition (%)							USFA/SFA (%)	Oil cont. (%)
		C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:1	other		
Camellia	Jeju	8.6	2.8	84.5	3.3	0.1	0.3	0.4	88.2/11.4	69.8
	Jindo	8.4	2.1	86.3	2.5	0.2	0.3	0.2	89.3/10.5	70.2
	Geoje	11.2	3.0	82.4	2.5	0.1	0.3	0.5	85.3/14.2	71.1
	Muan	8.7	2.3	84.2	4.1	0.1	0.4	0.2	88.8/11.0	70.3
	Gwangju	7.7	1.7	88.0	1.9	0.1	0.3	0.3	90.3/ 9.4	73.8
	Average	8.9	2.4	85.1	2.9	0.1	0.3	0.3	88.4/11.3	71.0
Tea	Jeju	17.3	2.6	56.4	22.0	0.4	1.1	0.2	79.9/19.9	26.4
	Jindo	16.5	2.5	53.7	25.5	0.4	1.1	0.3	80.7/19.0	28.5
	Geoje	16.9	2.6	55.8	23.1	0.3	1.0	0.3	80.2/19.5	29.3
	Muan	18.5	2.0	49.0	28.9	0.5	0.9	0.2	79.3/20.5	27.4
	Gwangju	15.9	2.7	55.7	23.9	0.4	1.1	0.3	81.1/18.6	27.9
Average	17.0	2.5	54.1	24.7	0.4	1.0	0.3	80.2/19.6	27.9	

* C16:0 (Palmitic acid), C18:0 (Stearic acid), C18:1 (Oleic acid), C18:2 (Linoleic acid), C18:3 (Linolenic acid), C20:1 (Gadoleic acid), UFA (unsaturated fatty acids), SFA (saturated fatty acids)

성 역시 수집시기에 따라 변화하였는데, 올레인산은 42.27%에서 53.42%로 증가하였으나 팔미트산은 20.70%에서 16.93%으로, 리놀레산은 32.40%에서 25.70%로 지속적으로 감소하였다(Table 2). 이상의 결과로 동백나무 종자의 수확적기는 9월 초 이후, 차나무 종자의 수확적기는 10월 10일 이후가 적당할 것으로 보인다. 기름식물인 *Cuphea*(*Cuphea viscosissima* Jacq.)⁽¹³⁾와 올리브(*Olea europaea*)⁽¹⁴⁾ 종자의 수확 시기가 수확량 및 기름함량에 영향을 미친다고 보고하고 있어 적절한 시기에 종자를 수확하면 수확물의 최대생산을 통해 바이

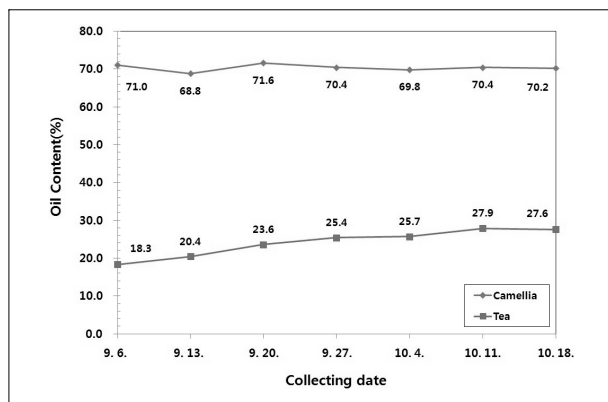


Fig. 2 Variation of seed oil content of camellia and tea according to collecting date

Table 2. Variation of fatty acid composition of seed oil of camellia and tea according to collecting date

Species	Collecting date	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:1	Others
Camellia	9. 6.	8,1	1,7	85,4	4,1	0,2	0,4	0,1
	9. 13.	8,2	1,9	85,2	4,1	0,2	0,4	0,0
	9. 20.	9,0	2,3	83,1	5,0	0,2	0,4	0,0
	9. 27.	8,6	1,8	84,4	4,5	0,2	0,3	0,02
	10. 4.	8,8	2,1	83,9	4,6	0,2	0,4	0,0
	10. 11.	8,5	2,1	84,0	4,7	0,2	0,4	0,1
Tea	9. 6.	20,7	2,3	42,3	32,4	0,6	0,8	0,9
	9. 13.	19,6	2,3	43,1	32,8	0,6	1,0	0,6
	9. 20.	17,2	2,7	52,2	26,1	0,5	1,1	0,2
	9. 27.	17,5	2,8	48,1	29,2	0,5	1,3	0,6
	10. 4.	17,6	2,7	49,3	28,5	0,5	1,1	0,3
	10. 11.	16,3	2,4	53,3	26,1	0,4	1,2	0,3
	10. 18.	16,9	1,9	53,4	25,7	0,6	1,2	0,3

* C16:0 (Palmitic acid), C18:0 (Stearic acid), C18:1 (Oleic acid), C18:2 (Linoleic acid), C18:3 (Linolenic acid), C20:1 (Gadoleic acid),

오디젤 원료확보가 보다 원활해질 수 있을 것으로 생각된다.

수집한 종자를 expeller 착유기(D-1683, 동광유압)를 이용하여 착유한 결과, 고온(솔온도 200℃, 곡물온도 120℃)에서 20분간 볶은 후 착유하면 동백나무 종자는 kg당 523g, 차나무 종자에서는 171g의 기름을 얻었고, 종자를 볶지 않고 착유할 때는 동백나무 종자는 kg당 496g, 차나무 종자에서는 148g의 기름을 생산하여 착유량이 kg당 23~57g 정도 감소하였으며, 착유수율(착유율/함유율)은 동백나무 종자가 78.4~82.6%, 차나무 종자가 62.2~71.8%로 나타났다(Table 3). 동백나무 기름의 올레인산 함량은 종자를 볶지 않고 착유할 때 85.5%, 볶은 후 착유할 때 82.8%로 나타났으며, 불포화지방산의 총 함량은 89.3~90.0%로 착유방법에 따른 차이가 거의 없었다. 차나무 기름도 착유방법에 따른 차이가 거의 없는 것으로 나타났다. 차나무 기름의 올레인산 함량은 저온착유 시 55.5%, 고온착유 시 54.3%로 나타났으며, 불포화지방산의 함량은 70.8~81.0%로 착유방법에 따른 차이가 거의 없었다. 동백나무 기름은 단일불포화지방산인 올레인산의 함량이 저온착유 시 85.4%, 고온착유 시 81.4%, 불포화지방산의 함량은 87.8~89.8%로 나타나 착유방법에 따라 약간의 차이가 나타났다(data 미제시).

Nimcevic 등(2000)⁽¹⁵⁾ 등은 유채 기름의 전이에스테르화 반응속도와 지방산 메틸에스테르로 전환 수율을 높이기 위해서 유지에 대한 메탄올 몰비가 6:1, 촉매 농도는 1wt.%(w/w)가 최적이라 보고 한 바 있어, 동일 조건하에서 동백나무와 차나무 기름의 전이에스테르화 반응을 수행하고 수율을 측정 한 결과, 바이오디젤로의 겔보기수율은 92% 정도로 나타났으며, 글리세롤 생성율은 동백나무기름이 16.5~16.7%, 차나무기름이 18.0~18.15%로 나타나(Table 4), Partil 등(2012)⁽¹⁶⁾의 폐식용유를 이용해 바이오디젤 전환 시 바이오디젤 생산 수율인 92~96%와 비슷한 효율을 보였다.

동백나무 기름 바이오디젤의 포화지방산메틸에스테르(SFME, Saturated fatty acid methyl esters)의 함량은 9.9~10.5%였

Table 3. Variation of fatty acid composition of seed oil of camellia and tea seed oil according to extracting method

Species	Extracting method	Extracting amount (g/kg)	Extracting efficiency
Camellia	Non-roasted	496	78.4
	Roasted	523	82.6
Tea	Non-roasted	148	62.2
	Roasted	171	71.8

Table 4. Biodiesel production yield and fatty acid methyl-esters composition after trans -esterification of camellia and tea seed oil according to extracting method

Species	Extracting method	Biodiesel yield (%)	Glycerol yield (%)	SFME (%)	UFME		OFME (%)
					MUFME (%)	PUFME (%)	
Camellia	Non-roasted	92,1±0,6	16,7±0,4	9,9	86,0	4,0	0,1
	Roasted	92,1±1,6	16,5±0,3	10,5	83,3	6,0	0,2
Tea	Non-roasted	92,5±0,9	18,0±0,6	19,3	55,9	24,7	0,1
	Roasted	92,8±0,4	18,1±0,3	18,7	55,1	26,1	0,1

* SFME (Saturated fatty acid methyl esters), UFME (Unsaturated fatty acid methyl esters), MUFME (Monounsaturated fatty acid methyl esters), PUFME (Polyunsaturated fatty acid methyl esters), OFME (Other fatty acid methyl esters)

고, 불포화지방산메틸에스테르(UFME, Unsaturated fatty acid methyl esters)의 함량은 89,3~90,0%의 범위를 보였다. 차나무 기름 바이오디젤의 경우 SFME의 함량은 18,7~19,3%였고, UFME의 함량은 80,6~81,2%로 나타났다. 지질 내의 불포화도를 나타내는 요오드가(Iodine value)는 불포화 탄소사이의 결합이 할로젠족과 반응하는 능력을 측정하는 것으로 불포화지방산의 농도를 측정하는 유용한 지수이다. BD 전환 후 요오드가를 측정된 결과, 동백나무 기름이 100~109g iodine/100g 이고, 차나무 기름이 78~83g iodine/100g으로 모두 EU규격 120g iodine/100g 이하를 나타내었다. 저온필터막힘점(CFPP)은 볶지 않고 착유한 동백나무 기름이 -11°C로 가장 낮게 나타났고 볶은 후 착유한 동백기름이 -9°C로 나타나 약간의 차이를 보였고, 차나무 기름은 -2~-3°C로 비교적 높게 나타나 Lee 등(2012)⁽⁶⁾의 연구에서 유채기름(-13°C)이나 들깨기름(-15°C)보다는 높았으나 팜유(9°C)나 땅콩기름(10°C) 보다는 낮음을 확인할 수 있었다. 한편, 산화안정성(Oxidation stability)은 동백나무 기름이 8,62~8,80 시간, 차나무 기름이 2,86~3,63으로 나타났는데 이는 차나무 기름이 동백나무 기름보다는 포화지방산이 많은 반면, 이중불포화지방산인 리놀레산(Linoleic acid, C18:2)의 함량이 25% 정도로 비교적 높기 때문인 것으로 생각된다. 동백기름의 산화안정성은 EU의 바이오디젤 품질규격⁽¹⁷⁾(110°C에서 6시간 이상)에 적합하였고, 차나무 기름은 기준을 충족하지는 못하였지만 gossypol, BTH(butylated hydroxytoluene), BHA(butylated hydroxy-anisole)^(18,19) 등과 같은 산화방지제 첨가를 통하여 산화 안정성을 개선할 필요성이 있는 것으로 생각된다.

Table 5. Physicochemical characteristics of biodiesel produced by transesterification of camellia and tea seed oil according to extracting method

Species	Extracting method	Oxidation stability (110°C, hours)	Iodine value (g iodine/100g)	CFPP (°C)
Camellia	Non-roasted	8,80	100,46±0,9	-11
	Roasted	8,62	109,28±1,7	-9
Tea	Non-roasted	2,86	82,97±1,4	-3
	Roasted	3,63	78,09±0,8	-2

* CFPP (Cold filter plugging point)

4. 결론

국내 바이오디젤원료의 다양화를 위해 동백나무 와 차나무 기름의 바이오디젤화 가능성을 규명하기 위해 종자내의 기름 함량 및 지방산 조성 그리고 전이에스테르화를 통하여 생산된 바이오디젤의 이화학적 특성을 조사하였다. 동백나무 종자 내의 기름 함량은 69,8~73,8% 이었으며 차나무 종자의 기름 함량은 26,3~29,4%였다. 동백나무와 차나무 기름을 구성하는 지방산 중 올레인산이 가장 많아 동백나무 기름은 평균 85,1%, 차나무 기름은 평균 54,1%였고, 총 지방산 중 불포화지방산이 동백나무가 88,4%, 차나무가 80,2%를 차지하였다. 동백나무는 결실기간 중 기름함량과 지방산조성에 큰 차이가 없었으나 차나무는 수집시기에 따라 기름함량과 지방산 조성이 달라졌으며 결실기간 중 함유량은 9월 11일에 18,3%에서 10월 11일에는 27,9%로 높아졌다. 따라서 종자의 생산을 최대로 하기 위해서는 동백나무는 9월 초 이후, 차나무는 10월 중순이후 에 수확하는 것이 좋을 것으로 보인다. 착유 시 볶은 후 착유하는 것이 볶지 않고 착유하는 것보다 착유효율이 4,2~9%정도 높아졌다. 전이에스테르화를 거쳐

생성된 동백나무와 차나무기름의 바이오디젤 생성 겔보기 수율은 92.1~92.8이었다. 동백나무의 산화안정성은 8.6~8.8시간, 요오드가는 100~109g iodine/100g, CFPP는 -9~-11°C 이었으며, 차나무 기름의 산화안정성은 2.9~3.6시간, 요오드가는 78~83, CFPP는 -2~-3°C로 나타나 바이오디젤 이 화학적 특성은 동백나무 기름 바이오디젤이 우수한 것으로 나타났다.

References

- [1] 배정환, 2009, 바이오디젤보급 정책의 경제성 및 환경성 평가, 에너지경제연구원.
- [2] OECD, 2011, OECD-FAO agricultural Outlook 2011-2020.
- [3] Wang L. B., H. Y., Yu and X.H. He, 2012, Assessment on fuel properties of four woody biodiesel plants species in China, *Scientia Silvae Sinicae* Vol. 48, No. 8, pp. 150-154.
- [4] Yang F. X., Y. Q. Su, X. H. Li, Q. Zhang and R. C. Sun, 2008. Studies on the preparation of biodiesel from *Zanthoxylum bungeanum* Maxim seed oil. *J Agric Food Chem.* Vol. 56, No. 17, pp. 7891-7896.
- [5] Hyun K. H., J.T. Lim and H.J. Kim, 1997, Investigation of Useful Substances for Plants Distributed in the Southern Region of Korea I. Lipids and Hydrocarbons, *Korean J. Plant. Res.*, Vol. 10, No. 4, pp. 324-332.
- [6] Yahaya L. E., K. O. Adebawale, B. I. Olu-Owolabi and A. R. R. Menon, 2011, Compositional Analysis of Tea (*Camellia sinensis*) Seed Oil and Its Application, *Int. J. Res. Chem. Environ.*, Vol.1, Iss.2, pp. 153-158.
- [7] 이창복. 1993. 대한식물도감. 향문사.
- [8] Lee T. S., Y. H. Lee, K. S. Kim, W. Kim, K. S. Kim, Y. S. Jang and K. G. Park, 2012, Yield and Characterization of Various Biodiesel from Vegetable Oils and Animal Fats, *New & Renewable Energy*, Vol. 8, No. 4, pp. 30-36.
- [9] Baptista, P., P. Felizardo, J. C. Menezes and M. J. N. 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.
- [10] Yoon T. H., J. S. Lee and K. J. Im, 1991, Fatty Acid Composition of Total Lipids from Seeds of Wild and Cultivated *Camellia japonica*. *J. of Korean Oil Chemists. Soc.* Vol. 8, No. 1, pp. 51-54.
- [11] Ma J., H. Ye, Y. Rui, G. Chen and N. Zhang, 2011, Fatty acid composition of *Camellia oleifera* oil. *J. Verbr. Lebensm.* Vol. 6, Iss.1, pp. 9-12.
- [12] Sahari M. A., D. Ataii, and M. Hamedi, 2004, Characteristics of Tea Seed Oil in Comparison with Sunflower and Olive Oils and Its Effect as a Natural Antioxidant, *JAOCS* Vol. 81, Iss.6, pp. 585-588.
- [13] Gesch R. W., S. C. Cermak, T. A. Isbell and F. Forcella, 2005, Seed Yield and Oil Content of Cuphea as Affected by Harvest Date, *AGRONOMY JOURNAL*, VOL. 97, No. 3, pp. 817-822.
- [14] Lavee S. and M. Wodner, 2004, The effect of yield, harvest time and fruit size on the oil content in fruits of irrigated olive trees (*Olea europaea*), cvs. Barnea and Manzanillo, *Scientia Horticulturae*, Vol. 99, pp. 267-277.
- [15] Nimcevic, D., R. Puntigam, M. Worgetter and J.R. Gapes, 2000, Preparation of rapeseed oil esters of lower aliphatic alcohols, *Journal of the American Oil Chemists Society*, Vol. 77, No. 3, pp. 275-280.
- [16] Patil P. D. , V. G. Gude, H. K. Reddy, T. Muppaneni and S. Deng, 2012, Biodiesel Production from Waste Cooking Oil Using Sulfuric Acid and Microwave Irradiation Processes, *Journal of Environmental Protection*, Vol. 3 pp. 107-113.
- [17] EUROPEAN STANDARD EN 14214, 2008, Automotive fuels - Fatty acid methyl esters (FAME) for diesel engines - Requirements and test methods, EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION.
- [18] Bryan R. Moser, 2012, Efficacy of gossypol as an antioxidant additive in biodiesel, *Renewable Energy*, Vol. 40, Iss.1, pp. 65-70.
- [19] Georgios Karavalakis and Stamos Stournas, 2010, Impact of Antioxidant Additives on the Oxidation Stability of Diesel/Biodiesel Blends, *Energy Fuels*, Vol. 24, No. 6, pp. 3682-3686.

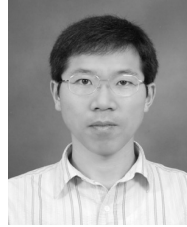
김 광 수



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

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

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)

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)

최 인 후



1988년 충북대학교 농생물학과 농학석사
2003년 충북대학교 농생물학과 농학박사

현재 농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물센터장
(E-mail : inhuchoi@korea.kr)