

유채의 부가가치 향상을 위한 바이오디젤 생산 기술 개발

유 정우¹⁾, 박 기돈²⁾, 권 은숙³⁾, 고 정환³⁾

The development of biodiesel production technology for additional improvement of Rapeseed

Jeongwoo Lu, Gidon Park, Ensuk Kwon, Jeonghwan Ko

Key words : Biodiesel(바이오디젤), Rapeseed(유채), Variety breeding(품종개발), Labor-saving(생력재배), Machine development(기계개발)

Abstract : 국제 유가의 상승으로 대체 에너지개발의 필요성이 대두되고 있는 지금 수송연료인 디젤의 대체 원료로 바이오디젤이 부각되었다. 차세대 대체연료인 바이오디젤의 합성 원료의 국산화로 수급의 안정성과 농가소득향상을 위해서 국내산 유채 착유기의 개발 및 유지의 함량을 측정하고, 바이오디젤로서의 적용가능성을 살펴보며 유박에서의 유지 추출, Biomass활용방안을 도출한다. 국내산 유채 착유기 및 착유기술 평가를 통해 중소형 유채 착유기의 제작과 기본 조건을 도출을 위해 유채 착유실험을 진행하였다. 유채유의 착유온도에 따른 물성변화와 산가, 수분, 착유율의 변화와 영향을 확인하기 위해 roaster의 온도를 고온과 저온으로 나누어 착유하여 각각의 물성 실험과 산가, 수분, 착유율을 측정 비교하였다. 유채유는 저온보다 고온에서 착유량이 높으나 많은 검질과 높은 산가로 인해 바이오디젤 합성과정에서 많은 어려움을 나타내었다. 유채의 유박을 바이오디젤과 에탄올로 각각 Extraction한 결과 바이오디젤보다는 에탄올이 적용 가능성이 높음을 확인하였다.

subscrip

BD : biodiesel
FA : fatty Acid

1. 서 론

바이오디젤은 기존의 디젤엔진에 변경 없이 곧바로 적용이 가능하며 기존 디젤연료 대비 배출 오염 물질이 감소함에 따라 차세대 대체에너지로 세계의 주목을 받고 있다. 바이오디젤은 유럽에서 첫 상용화가 이루어졌으며 그중에서도 가장 활성화 되어있는 독일은 유채유를 주원료로 하는 유채 바이오디젤 생산기술에 한발 앞서있다. 독일이 유채유를 바이오디젤의 원료로 선택한 이유는 기존에 대두를 원료로 하는 대두 바이오디젤과 비교하였을 때 저온특성이 뛰어나다는 것과 식용유지로 사용량이 적어 원료의 수급에 문제가 없다는 것이다. 또한 보리등과 같이 1년 2모작이 가능하고 관상용으로도 손색이 없어 관광 자원으로 활용이 가능해 농가의 제 2, 제 3의 소득원이 될 수 있다는 장점을 갖고 있다. 세계는 현재 지구온난화라는

문제에 직면해 있으면서 교토의정서를 통해 각국 이산화탄소 배출권이 적용되는 상황에서 이산화탄소의 감축의무가 부과된 우리나라도 세계의 흐름에 발맞추어 바이오디젤의 보급을 활성화를 통해 이산화탄소 감축 효과를 가져올 수 있다.⁽¹⁾ 이에 따라 국내 바이오디젤 원료 이용으로 유채의 보급도 활성화 되어지는 가운데 유채 착유 기술의 평가와 바이오디젤생산기술의 개발이 필요하게 되었다.

2. 유채 착유

- 1) 가야에너지 기술연구소
E-mail : jwyo@neoenergy.co.kr
Tel : (031)443-6311 Fax : (031)443-6312
- 2) 가야에너지 기술연구소
E-mail : kdpark@paran.com
Tel : (031)443-6311 Fax : (031)443-6312
- 3) 가야에너지 기술연구소
E-mail : es0735@naver.com
Tel : (031)443-6311 Fax : (031)443-6312
- 4) 가야에너지 기술연구소
E-mail : sgogurea@nate.com
Tel : (031)443-6311 Fax : (031)443-6312

국내에 생산되는 유채(*Brassica Campestris*:서양종)는 추파형과 춘파형으로 나누어볼 수 있으며 주로 남부지방과 서해안 일대에 재배되어진다. 일반적으로 사용되는 유채는 추파형으로 재배지역의 기후와 성장 조건에 따라 유지 함량은 큰 차이를 나타내지만 그 구조 및 물성은 아래의 <Fig.1>과 <Table.1>와 같다.

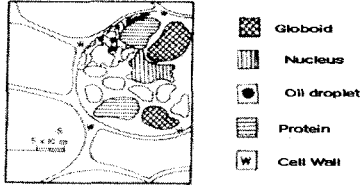


Fig. 1 유채씨앗의 구조 (Singh, Singh, Bargale & Shukla, 1990)⁽²⁾

유채씨앗은 보논바와 같이 Globoid, Protein, nucleus, Oil droplet이 세포벽으로 둘러싸고 있는 구조로 구성 되어 있으며, 구성성분 각각의 portion은 <Table.1>과 같다. 이러한 구성을 갖고 있는 유채씨의 경우 가운을 통해 씨껍질 및 세포막 및 벽을 파괴하고 단백질을 응고시켜 압착을 통해 유지를 착유해야 하는 system으로 구성되기 때문에 높은 착유율을 얻기 위해서는 심도 깊은 연구와 착유설비의 개발이 이루어져야 한다.

Table 1 유채씨앗의 구조성분 (Oil&Fat Manual, J. Morice, 1996)⁽³⁾

Components	Campestris rapeseed
Oil	40.0
Proteins	44.2
Cellulose	11.7
기타	4.1

Table 2 High erucic acid (Oil&Fat Manual, J. Morice, 1996)⁽³⁾

nature	%total FA Campestris
C16:0	2-4
C18:0	1-2
C18:1	12-18
C18:2	13-18
C18:3	8-12
C20:1	8-12
C22:1	38-47

Table2.의 경우에는 일반적인 유채씨의 carbon 조성을 나타낸 것이다. 가장 많이 함유된 조성은 erucic acid 조성으로 이는 바이오디젤 원료(C6-C20)로써 이용가능성이 낮아 현재 유채의 품종 개량은 HIGH OLEIC(C18:1)ACID로 품종이 개량되고 있으며, 이러한 유채유로 바이오디젤을 합성하고 있는 것이 추세이다.

2.1 유채의 착유원리 및 기기

2.2.1 착유원리

1) 물리적 착유

압착기는 압착기를 조작하는 동력원에 따라 쟁기압착기(초소형), 나사압착기(소형), 수압기(소형)등이 있는데, 일반적으로 중소형 착유기로 가장 많이 사용하는 type은 Expeller로써, screw press 또는 연속식 press라고도 불리운다. 이러한

Expeller type의 일반적인 추출원리는 아래 <Fig.2>와 같다. 즉 회전하고 있는 expeller내의 유채씨를 나타낸 것으로 회전하면서 받는 압력과 밖으로 밀려나는 압력을 받아 이중 압착을 통해 씨앗의 착유가 이루어지게 되어지는 원리로 보다 높은 압력으로 압착이 가능하다.

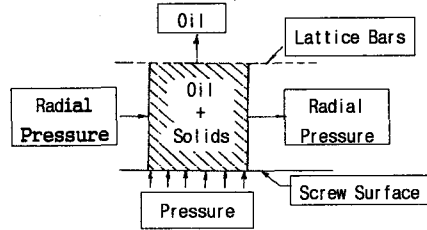


Fig. 2 압착원리 (Vadke, Soulski&Shook, 1988)⁽²⁾

2) 화학적 추출

추출법은 유지원료 중의 유지를 유지용제로 녹여서 추출하는 방법으로서 추출막에 남은 유지함량은 1%이하로 착유되어 고착유 효율이 높은 방법이다. 추출장치에는 작업의 성질상으로 보아 회분식, 충전식 및 연속 추출식의 3가지로 나눌 수 있다.

회분식은 침출관이 1개로 되어 있어 추출원료를 용제로 추출한 후 그 잔사를 새로운 용제로 추출하도록 되어 있다.

충전식은 반교류추출형 이라고도 부르며, 원료는 고정되어 있으나 용제가 원료 속을 흘러서 점차로 침출되어 진한 miscella를 얻는 것으로서 여러 개의 침출관으로 되어 있다.

연속 추출식은 원통형 추출관 속을 원료가 screw에 의하여 연속적으로 운반되고, 용제는 이것과 반대방향으로 흐름으로써 유지가 추출되어 원료의 공급 및 miscella의 배출이 연속적으로 이루어지게 된 것이다.

이러한 추출방식중 현재 가장 많이 이용되고 있는 것은 연속추출식으로 가장 효율이 높은 방식이다.

그러나 이러한 화학적 추출은 독성 용제를 이용하는 방식으로 인체에 유해한 부분이 있고, 고비용의 장치비가 소요된다는 단점을 갖고 있다.

2.2.1 착유기

1) 착유기 구성

연구 개발 한 착유기는 아래 <Fig.3>과 같이 구성되어 있으며 착유기의 전체크기는 가로 2.7m, 세로 3.5m, 높이 2.4m로 소규모이나 착유량은 월 40ton이상으로 그 규모에 비해 뛰어난 성능과 효율을 낼 수 있다. 착유기의 구성은 크게 3가지로 나누어 볼수 있으며, 그의 각각의 구성은 열을 가해주는 Roaster, 압력을 주는 Expeller, 이물질 제거해주는 Filtration으로 나눈다. 이렇게 구성된 착유기의 각 부분의 기능은 아래와 같다.⁽⁴⁾

① Roaster

유채씨앗에 열을 공급하여주며 착유의 전처리로서 수분을 제거해 주는 2가지 목적을 갖는다. 회전날개로 인해 고온에서 탄화되는 것을 방지하고 균일한 열을 공급한다.

② Expeller

압력을 가해주며 유체씨앗을 잘게 부수어 유지를 물리적으로 추출해낸다. 내부의 Screw는 transfer screw, compression screw가 연결되어 단일상의 screw에서 연속으로 처리되도록 이루어져 있다. Compression screw는 Hi-compress cylinder, Low-compress cylinder로 쌓여져 열을 가해 유지의 추출과 이송이 원활하도록 도와준다.

③ Filtration

유출된 유지는 여과기에 모여서 이곳에서 진공 여과로 착유시 유체유와 섞여 나오는 고상물질과 기타 이물질들을 제거 한다.

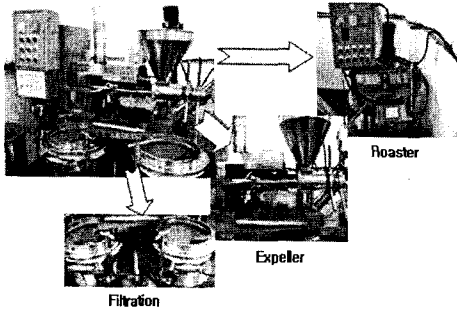


Fig. 3 착유기

3. 유체 착유결과 및 바이오디젤 합성

금번 연구에 있어 가장 중요한 것은 고효율의 착유기개발과 관련 초기 운전조건 확보로서 착유 실험에 있어서는 Roaster의 온도 즉 고온과 저온으로 분류하여 온도를 setting하고 곡물의 온도를 변화 시키면서 착유율과 수분 유지의 물성 중 바이오디젤 합성에 가장 중요한 요소로 작용할 수 있는 산가의 영향성을 보고자 한다.

3.1 착유 실험내용

고온착유는 Roaster의 온도를 250℃로 고정하여 곡물의 온도를 100-180℃로 변화시키고, 저온 착유는 Roaster의 온도를 150℃로 고정하여 곡물의 온도를 60-140℃까지 변화시킨다. 실험은 곡물의 온도를 10℃씩 상승하였고 곡물의 온도마다 3회 실시하여 평균을 내고 3회중 오차가 많이 나는 결과는 무시한다.

일반적으로 제작된 roaster의 유체씨를 가열할 수 있는 정량은 20kg이나 금번연구에서는 10kg정량으로 실험 한다.

Roaster내의 곡물온도가 setting한 온도까지 오르면 자동이송장치를 통해 자동으로 Expeller의 hopper로 공급된다. 이렇게 공급된 가열되어진 유체씨는 착유기를 통해 착유되어지며 이때 착유되어지는 착유압은 유박의 두께가 1mm내일 때 최적의 상태라 판단하여 적정 압력을 통한 착유를 한다. 1차 유박이 다 배출되면 1차 유박이 온도를 빼앗기기 전에 hopper로 주입하여 2차 착유에 들어간다. 다음 filtration하여 유체유와 이물질들을 분리한다.

3.2 착유 실험결과

위의 각 조건에 따라 착유된 유체유는 산가, 수분, 착유율을 측정한다. 산가는 KS M 2004 : 2000 석유 제품 및 윤활유 -산/염기가 시험방법- 색상 지시약 적정법을 통해 측정하였고, 수분함량은 칼 피셔법을 사용하며, 측정기기는 Metrohm - 836 Titrando를 사용하였다. 착유율은 유체에 함유된 전체 기름함량을 soxhlet system을 통해 착유된 기름의 무게를 측정해 전체 무게에 대비 함유된 기름의 양을 %로 나타낸다.

(사용된 국내 유체의 기름 함량 : 36%/w)

3.2.1 고온착유 결과

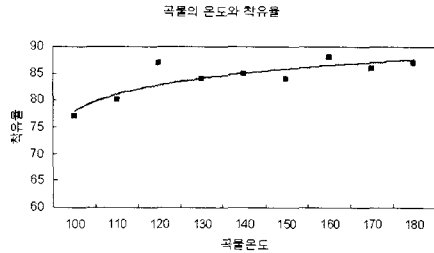


Fig. 3 고온 착유시 곡물의 온도 변화에 따른 착유율

산가와수분

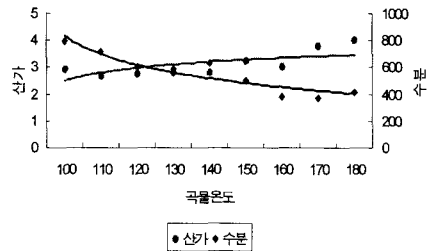


Fig. 4 고온 착유시 곡물의 온도 변화에 따라 착유된 유체유의 산가, 수분

고온으로 착유시 그 결과로 착유율은 75-87% 까지 나타났고, 곡물의 온도가 높아짐에 따라 착유율은 증가하지만 85%정도에서 그래프의 기울기가 완만해짐을 알 수 있다.(Fig. 3) 착유된 기름의 성상은 고온(곡물의 온도)착유 시 색상이 더욱 검은색을 띄며, 많은 검질의 성분이 여과를 거쳐 확인되었다.

곡물의 온도가 높을수록 높은 산가를 나타냈으며(Fig.4), 이러한 원인은 유체씨앗내의 효소의 영향성과 함께 씨앗 내에 열원을 공급할 때 가수분해를 통한 씨앗 내에 유지의 산가 증가에 영향을 끼친 것으로 판단 된다.

현재 이용되고 있는 바이오디젤 원료용 유지의 산가는 1.5-2이하로써 착유된 유체유의 산가를 확인해 본 결과 3-4로 바이오디젤 합성 반응에도 많은 영향을 끼칠 것으로 판단 된다.

3.2.2 저온착유 결과

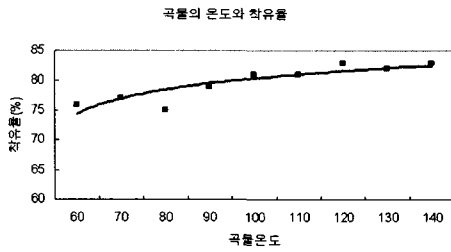


Fig. 5 저온 착유시 곡물의 온도 변화에 따른 착유율

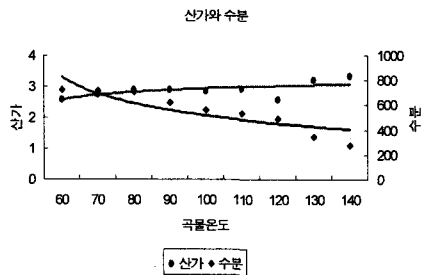


Fig. 6 고온 착유시 곡물의 온도 변화에 따라 착유된 유채유의 산가, 수분

착유율은 <Fig.6>과 같이 75~83%까지 나타났으며, 80%정도에서 그래프가 완만해 지는 것을 확인할 수 있다. 저온 착유 시 고온 착유와의 차이는 곡물의 온도가 낮아질수록 1차 착유에서는 거의 착유가 되지 않고 2차 착유에서 거의 모든 기름이 추출되었으며, 이런 현상으로 보아 저온착유는 유채씨앗내의 껍질과 세포벽의 파괴하기에는 열원이 부족한 것으로 판단된다.

산가는 2.6 ~ 3.34로 고온 착유 유지보다 그 범위가 상당히 좁혀져 착유된 기름의 품질이 향상된 것을 알 수 있다.

또한 <Fig.7>은 저온착유와 고온 착유의 기름의 색상을 보여주는 것이다. 저온착유시 착유된 기름은 고온착유시 착유된 기름보다 색상 및 껍질과 관련한 부분이 보다 품질이 우수 하게 판단되는 현상을 나타남을 알 수 있었다.

이러한 착유실험을 통하여 유채유의 품질 적인 면을 확인 해 본 결과 저온착유는 고온착유보다 착유율은 떨어지지만 착유된 기름의 물성 및 특성이 보다 우수하게 나타났으며, 바이오디젤의 원료 유로 이용된다는 점에서 유채씨의 착유는 저온착유로 초기 운전조건을 도출되었다.

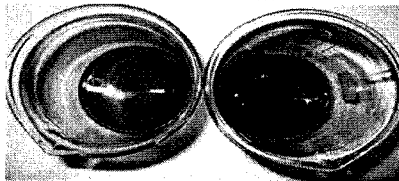


Fig. 7 왼쪽부터 저온착유, 고온착유 유채유

3.3 바이오디젤 합성 결과

바이오디젤의 합성을 동일조건으로 적용하여 고온과 저온 유채유를 합성한 결과 상대적으로 높은 산가인 고온유가 합성에 문제가 생기는 것을 확인하였다. 고온유는 정제 과정 중 비누층의 생성으로 인하여 정제시간이 길어지고, 이러한 비누층의 영향은 바이오디젤과 세정수가 분리되는 것을 방해하여 바이오디젤의 loss를 증가시키는 결과를 초래하였다.

3.4 Extraction

착유 후의 유박 내에 남아있는 유지를 추출하기 위한 독성용제를 사용한 추출법 대신 친환경 용제를 사용한 Extraction 용제로 바이오디젤과 에탄올을 각각 테스트하였다. 테스트방법은 바이오디젤과 에탄올 각각 100g과 유박 20g을 80°C에서 1시간동안 테스트한 결과 바이오디젤과 에탄올 모두 가능성을 보여줬으며 이중 에탄올은 바이오디젤 합성에 이용되는 alcohol로 용매 추출 후 용매 제거를 할 필요성이 없다는 장점을 갖고 있다.

4. 결론

이번 착유실험으로 고온착유의 온도에 따른 착유율의 증가가 저온착유의 증가율보다 크다는 결론을 얻을 수 있으며, 이는 Roaster의 온도가 착유율에 가장 큰 영향을 미친다는 사실을 알게 해준다. 특이사항으로는 고온 착유시 140°C에서의 착유된 유지의 산가가 2.8로 측정되었으나, 저온 착유시 140°C에서의 유지의 산가는 3.34로 나타났다. 이는 Roaster온도와 곡물의 온도의 차이에 따른 Roasting time과 수분의 차이로 판단된다.

유채의 착유는 착유율이 5%정도 떨어지지만 저온에서 하는 것이 산가가 낮아 바이오디젤의 합성에 유리하다는 결론을 얻었으며, 착유기의 압축 압력을 높여주는 방안을 간구한다면 화학적 추출 없이 저온에서 90%이상의 착유율을 달성할 수 있을 것이라 판단된다.

후기

본 연구는 농림기수개발연구과제의 핵심전략사업으로 바이오디젤 원료용 유채의 부가가치 향상을 위한 바이오디젤 생산 기술개발의 일환으로 수행되었습니다.

References

- [1] Jaswant Singh, P.C. Bargale, 2000, "Journal of food engineering 43" ELSEVIER, pp. 75-82
- [2] J. Morice, 1996, "Oil & Fats Manual" pp125-133
- [3] Vivek S. Vadke and F.W. Sosulski 1988, "JAACS" VOL 65, N07