



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0097834
(43) 공개일자 2013년09월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C10G 3/00 (2006.01) *B09B 3/00* (2006.01)

C10B 53/02 (2006.01) *C10L 1/02* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2012-0019432

(22) 출원일자 2012년02월27일

심사청구일자 2012년02월27일

(71) 출원인

한밭대학교 산학협력단

대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)

(72) 발명자

우승환

대전광역시 유성구 지족동 열매마을 104동 1503호

이미남

충청북도 옥천군 이원면 개심리 728-4

(74) 대리인

최규환

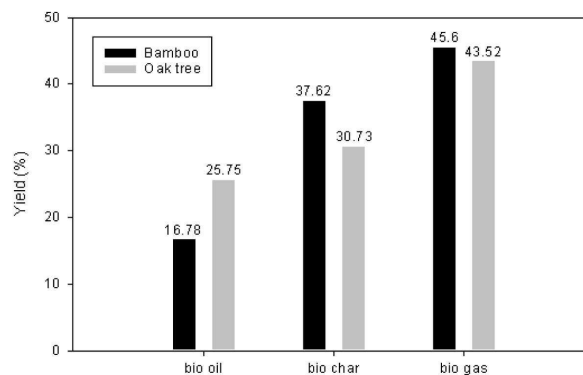
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 목재 원료의 열분해를 이용한 바이오연료의 제조방법 및 그에 따른 바이오연료

(57) 요약

본 발명은 목재 원료를 열분해하는 단계를 포함하는 바이오연료의 제조방법 및 상기 방법에 의해 제조된 바이오연료를 제공한다.

대표도 - 도5



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2011-0333

부처명 교육과학기술부

연구사업명 첨단화학소재 산업단지캠퍼스 지원사업

연구과제명 신에너지저장장치용 전극/전해질 소재 및 바이오에너지 생산기술 개발

주관기관 국립 한밭대학교

연구기간 2011.10.01 ~ 2012.03.31

특허청구의 범위

청구항 1

목재 원료를 열분해하는 단계를 포함하는 바이오연료의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 목재는 참나무 또는 대나무인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 목재 원료를 열분해 장치에 넣고 질소가스 유량 80~120ml/min으로 주입하여 질소가스 압력이 0.08~0.12MPa가 유지되도록 하며, 20~25℃로 시작하여 최종온도 300~500℃까지 온도상승 속도 6~9℃/min로 온도를 상승시켜 최종온도에서 20~60분 동안 유지시켜 열분해하는 것을 포함하는 바이오 오일(bio oil) 또는 바이오 가스(bio gas)의 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 목재 원료를 열분해 장치에 넣고 질소가스 유량 80~120ml/min으로 주입하여 질소가스 압력이 0.08~0.12MPa가 유지되도록 하며, 20~25℃로 시작하여 최종온도 100~200℃까지 온도상승 속도 6~9℃/min로 온도를 상승시켜 최종온도에서 20~60분 동안 유지시켜 열분해하는 것을 포함하는 바이오 차르(bio char)의 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 목재 원료를 열분해 장치에 넣고 질소가스 유량 100ml/min으로 주입하여 질소가스 압력이 0.1MPa가 유지되도록 하며, 20~25℃로 시작하여 최종온도 400℃까지 온도상승 속도 9℃/min로 온도를 상승시켜 최종온도에서 60분 동안 유지시켜 열분해하는 것을 포함하는 바이오 오일(bio oil)의 제조방법.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항의 방법에 의해 제조된 바이오연료.

청구항 7

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항의 방법에 의해 제조된 바이오오일을 원심분리하고, 여과한 후, 에탄올을 혼합하여 제조된 혼합 바이오연료.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 목재 원료의 열분해를 이용한 바이오연료의 제조방법 및 그에 따른 바이오연료에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 목재 원료를 열분해하는 단계를 포함하는 바이오연료의 제조방법 및 상기 방법에 의해 제조된 바이오연료에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 최근 들어 세계는 원유가격의 상승과 화석원료의 고갈 그리고 이산화탄소 배출 규제를 강화하는 교토협약의 발효로 환경오염물질에 대한 규제를 강화하고 있다. 따라서 화석연료를 대체하기 위한 에너지 개발에 대한 연구가 활발히 진행 중이며 수송용 바이오연료의 보급에 대한 관심이 높아지고 있다.

[0003] 동물성 지방이나 식물성 오일을 알코올과 축매의 존재 하에 반응시켜 생산되는 바이오디젤은 재생 가능한 생물학적 연료로서 화석연료의 대체물로 간주되는 바이오연료이다. 바이오디젤은 이미 오래전에 트리글리세리드로부터 메탄올을 반응시켜 만드는 것으로 알려져 왔다. 그러나 1990년대 초 지방산 메틸에스테르가 디젤연료로서 공인되고 본격적으로 친환경 대체 에너지로서 대량 사용의 전기가 마련됨으로서 바이오디젤의 본격적인 생산 공정

개발이 이루어지기 시작하였다.

[0004] 바이오디젤은 기존의 경유와 물리화학적 특성이 거의 같으며 경유보다 공해가 거의 발생하지 않는 친환경 대체 에너지로써 기존의 디젤엔진과 기존 주유소에 바로 사용이 가능하다는 큰 장점이 있다. 이러한 바이오디젤을 5%~20% 경유에 섞어서 사용하고 있으며, 유럽의 일부 국가에서는 100% 바이오디젤을 사용하고 있다. 바이오디젤은 원료비가 총 생산비의 약 70%를 차지하고 있으며 바이오디젤의 생산량이 급속하게 증가함에 따라 안정적인 원료확보가 어려워지고 동시에 원료 가격도 높아지는 문제점이 보고되고 있다. 이러한 문제에 대한 해결방안으로 대두유와 유채유 등 유리지방산 함량이 낮은 고급유지를 사용하기보다는 폐식용유와 같은 폐유지나 비식용작물인 자트로파 오일 등 유리지방산 함량이 높은 저급유지를 이용한 생산 공정 개발이 연구되고 있다. 또한, 에너지 함유량이 높기 때문에 목재는 선호되는 바이오매스 중 하나이다.

[0005] 한국공개특허 제2009-0013817호에는 '바이오매스를 액체 연료 및 특제 화학 제품으로 전환시키는 방법'이 개시되어 있고, 한국공개특허 제2005-0107431호에는 '바이오매스의 열분해를 위한 방법 및 장치'가 개시되어 있으나, 본 발명에서와 같이, 목재 원료를 이용한 바이오연료의 제조방법 및 그에 따른 바이오연료에 대해서는 밝혀진 바가 없다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 상기와 같은 요구에 의해 안출된 것으로서, 본 발명자는 건조시킨 참나무 또는 대나무를 넣은 열분해 장치에 질소가스 유량 100ml/min으로 주입하여 질소가스 압력이 0.1MPa가 유지되도록 하며, 24℃로 시작하여 최종온도 100℃ 또는 400℃까지 온도상승 속도 9℃/min로 온도를 상승시켜 최종온도에서 60분 동안 유지시켜 목재 원료를 열분해한 결과 바이오연료로 사용 가능한 바이오 오일(bio oil), 바이오 가스(bio gas) 및 바이오 차르(bio char)가 제조되는 것을 확인함으로써, 본 발명을 완성하였다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기 과제를 해결하기 위해, 본 발명은 목재 원료를 열분해하는 단계를 포함하는 바이오연료의 제조방법을 제공한다.

[0008] 또한, 본 발명은 상기 방법에 의해 제조된 바이오연료를 제공한다.

[0009] 또한, 본 발명은 상기 방법에 의해 제조된 바이오오일과 에탄올을 혼합하여 제조된 혼합 바이오연료를 제공한다.

발명의 효과

[0010] 본 발명은 배출가스량 및 공해물질 배출량이 적은 장점이 있는 열분해를 통해 목재로부터 바이오 오일, 바이오 가스 및 바이오 차르를 얻는 방법을 제공함으로써, 에너지원 또는 화학공업 원료를 제공할 수 있어 경제적인 창출 효과가 매우 우수하다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 바이오연료 제조 공정도를 나타낸 것이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 바이오 오일을 생산하기 위한 열분해 장치 구성도를 나타낸 것이다.

도 3은 목재원료인 참나무와 본 발명의 실시예에 따라 얻어진 참나무 바이오 오일(bio oil) 및 참나무 바이오 차르(bio char)의 형태를 보여주는 사진이다.

도 4는 목재원료인 대나무와 본 발명의 실시예에 따라 얻어진 대나무 바이오 오일 및 대나무 바이오 차르의 형태를 보여주는 사진이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 참나무 및 대나무의 열분해 후 생성물의 수율을 나타낸 그래프이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따라 최종온도 변화에 따른 참나무의 바이오 오일, 바이오 차르 및 바이오 가스의 수율을 나타낸 그래프이다.

도 7은 본 발명의 실시예에 따라 온도상승 속도에 따른 참나무의 바이오 오일, 바이오 차르 및 바이오 가스의

수율을 나타낸 그래프이다.

도 8은 본 발명의 실시예에 따라 최종온도 유지시간 변화에 따른 참나무의 바이오 오일, 바이오 차르 및 바이오 가스의 수율을 나타낸 그래프이다.

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 비율별 참나무의 바이오 오일과 에탄올의 혼합 형태를 보여주는 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 본 발명의 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 목재 원료를 열분해하는 단계를 포함하는 바이오연료의 제조방법을 제공한다.

[0013] 본 발명의 열분해는 유기물질이 산소가 없거나 결핍된 상태의 대략 300~600℃까지의 온도에서 기체, 액체 및 고체 생성물로 분해되는 공정을 말하는 것으로, 수소성분이 많은 휘발분이 증류되어 발생하므로 탈 휘발화 또는 고체의 잔류물인 차르(char)가 남게 되므로 탄화라고도 한다. 이러한 열분해는 배출가스량 및 공해물질 배출량이 적다는 장점이 있고, 열분해를 통해 생성되는 바이오 가스(bio gas), 바이오 오일(bio oil) 및 바이오 차르(bio char)는 에너지원 또는 화학공업 원료로 사용될 수 있다.

[0014] 본 발명의 일 구현 예에 따른 방법에서, 상기 목재는 참나무 또는 대나무일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[0015] 본 발명의 일 구현 예에 따른 방법에서, 상기 방법은 상기 목재 원료를 열분해 장치에 넣고 질소가스 유량 80~120ml/min으로 주입하여 질소가스 압력이 0.08~0.12MPa가 유지되도록 하며, 20~25℃로 시작하여 최종온도 300~500℃까지 온도상승 속도 6~9℃/min로 온도를 상승시켜 최종온도에서 20~60분 동안 유지시켜 열분해하는 것을 포함하는 바이오 오일 또는 바이오 가스의 제조방법을 제공하고,

[0016] 바람직하게는 상기 목재 원료를 열분해 장치에 넣고 질소가스 유량 100ml/min으로 주입하여 질소가스 압력이 0.1MPa가 유지되도록 하며, 24℃로 시작하여 최종온도 400℃까지 온도상승 속도 9℃/min로 온도를 상승시켜 최종온도에서 60분 동안 유지시켜 열분해하는 것을 포함하는 바이오 오일 또는 바이오 가스의 제조방법을 제공하고,

[0017] 가장 바람직하게는 상기 목재 원료를 열분해 장치에 넣고 질소가스 유량 100ml/min으로 주입하여 질소가스 압력이 0.1MPa가 유지되도록 하며, 20~25℃로 시작하여 최종온도 400℃까지 온도상승 속도 9℃/min로 온도를 상승시켜 최종온도에서 60분 동안 유지시켜 열분해하는 것을 포함하는 바이오 오일(bio oil)의 제조방법을 제공하는 것이나, 이에 제한되지 않는다.

[0018] 본 발명의 일 구현 예에 따른 방법에서, 최종 온도는 300℃~500℃의 범위가 바람직하지만 400℃일 때 안정적인 바이오 오일 생산이 가능하고, 그 이상의 온도에서는 에너지 낭비 및 가스화가 많이 일어나므로 400℃가 적당하다. 유지시간을 0분으로 하였을 시에는 바이오 오일의 생산량이 너무 적고, 1시간 이상의 유지시간에서는 에너지 낭비가 일어나므로 20분에서 60분(1시간) 유지시간이 바람직한 조건이며 본 발명에서는 바이오 오일이 가장 많이 생산되는 1시간을 최적조건으로 정하여 실험하였다. 3℃/min에서의 온도상승 속도에서는 생산되는 바이오 오일의 양이 적기 때문에 5.8℃/min~9℃/min의 온도상승 속도가 바람직한 조건이며 본 발명에서는 9℃/min의 상승속도를 조건으로 하여 실험하였다.

[0019] 본 발명의 일 구현 예에 따른 방법에서, 상기 방법은 상기 목재 원료를 열분해 장치에 넣고 질소가스 유량 80~120ml/min으로 주입하여 질소가스 압력이 0.08~0.12MPa가 유지되도록 하며, 20~25℃로 시작하여 최종온도 100~200℃까지 온도상승 속도 6~9℃/min로 온도를 상승시켜 최종온도에서 20~60분 동안 유지시켜 열분해하는 것을 포함하는 바이오 차르(biochar)의 제조방법을 제공하고,

[0020] 바람직하게는 상기 목재 원료를 열분해 장치에 넣고 질소가스 유량 100ml/min으로 주입하여 질소가스 압력이 0.1MPa가 유지되도록 하며, 24℃로 시작하여 최종온도 100℃까지 온도상승 속도 9℃/min로 온도를 상승시켜 최종온도에서 60분 동안 유지시켜 열분해하는 것을 포함하는 바이오 차르(biochar)의 제조방법을 제공하나, 이에 제한되지 않는다.

[0021] 본 발명의 일 구현 예에 따른 방법에서, 상기 열분해 장치에 넣은 목재는 100~140℃에서 건조시킨 목재일 수 있고, 바람직하게는 120℃에서 건조시킨 목재일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[0022] 또한, 본 발명은 상기 방법에 의해 제조된 바이오연료를 제공한다.

[0023] 또한, 본 발명은 상기 방법에 의해 제조된 바이오오일을 원심분리하고, 여과한 후, 에탄올을 혼합하여 제조된

혼합 바이오연료를 제공한다. 바이오 오일과 에탄올은 모든 비율이 혼합 가능하므로 용도에 따라 비율별 바이오 연료를 선택하여 사용이 가능하다. 다만, 바이오 오일의 경제성이 높고 친환경적인 혼합 연료의 생산을 위해서는 바이오 오일의 비율이 높은 95:5(바이오 오일:에탄올)의 혼합 비율이 가장 바람직하다.

[0024] 이하, 본 발명을 실시예에 의해 상세히 설명한다. 단, 하기 실시예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[0025] **실시예 1 : 목재원료의 열분해를 통한 바이오 오일(bio oil) 및 바이오 차르(bio char) 및 바이오 가스(bio gas)의 생산**

[0026] 120℃ 온도의 오븐에서 건조한 참나무 약 2.8g, 대나무 약 2.6g을 준비하여 상기 목재원료를 열분해 장치(도 2)에 넣고 유량이 100ml/min인 질소가스의 공급하에 질소가스 압력이 0.1MPa이 되게 하고, 실내온도(24℃)로 시작하여 온도 상승 속도를 9℃/min으로 400℃까지 온도를 상승시켜 1시간 동안 유지시키면서 열분해하여 바이오 오일, 바이오 차르 및 바이오 가스를 얻었다 (도 3 및 도 4). 이때 열분해 장치에서 발생하는 기체를 응축시켜 오일을 얻게 되는데, 응축수로 공급되는 물이 담겨져 있는 항온조의 온도인 thermo circulator 온도는 1℃로 수행되었다.

[0027] 참나무를 열분해하여 얻은 바이오 오일을 4000rpm의 속도로 5분간 원심분리하였고, 원심분리한 참나무 바이오 오일을 직경 13mm, 기공크기 0.45um의 PVDF 실린지 필터를 이용해 여과시킨 후, 최종 여과된 바이오 오일과 에탄올을 5대 95, 30대 70, 50대 50의 비율로 각각 혼합하여 혼합 바이오연료를 제조하였다.

[0028] **실시예 2 : 최종온도 변화에 따른 참나무 열분해**

[0029] 경제적이면서 효율적인 참나무 열분해를 위한 최종온도를 조사하기 위해, 120℃ 온도의 오븐에서 건조한 참나무 약 2g을 각각 8개를 준비하였고, 이 참나무를 질소가스 공급하에 상기 실시예 1과 동일한 조건으로 하면서 최종 온도를 각각 100℃, 120℃, 150℃, 200℃, 250℃, 300℃, 400℃, 500℃로 변화시켜 열분해 하여 바이오 오일, 바이오 차르 및 바이오 가스를 얻었다(도 6).

[0030] 도 6에 나타난 바와 같이, 300℃까지는 온도가 증가할수록 바이오 오일 생산량이 증가하였고 그 이상에서는 25% 정도의 수준에서 유지가 되었고, 반면에 바이오 차르의 양이 조금씩 감소하고 바이오 가스는 조금씩 증가하는 경향을 보였다. 안정적인 바이오 오일을 생산하기 위해서는 약 400℃ 정도가 가장 적절한 조건인 것으로 판단된다.

[0031] **실시예 3 : 온도상승 속도 변화에 따른 참나무 열분해**

[0032] 경제적이면서 효율적인 열분해를 위해 최종온도에 도달하기 위한 열분해 장치의 온도상승 속도를 조사하기 위해, 120℃ 온도의 오븐에서 건조한 참나무 약 2g을 각각 3개를 준비하였고, 이 준비된 참나무를 질소가스 공급하에 상기 실시예 1과 동일한 조건으로 하면서 온도상승속도를 각각 3℃/min, 5.8℃/min, 9℃/min으로 변화시켜 열분해 하여 바이오 오일, 바이오 차르 및 바이오 가스를 얻었다 (도 7).

[0033] 도 7에 나타난 바와 같이, 3℃/min의 온도상승속도에서는 바이오 오일이 20.5% 생산되므로 25.9%가 생산되는 5.8℃/min, 25.8%가 생산되는 9℃/min에 비해 바이오 오일의 생산량이 적었다. 그러나 바이오 차르 및 바이오 가스는 온도상승속도에 따라 수율 차이가 크게 변하지 않았다. 따라서 5.8℃/min 이상이 되면 최대의 바이오 오일을 생산할 수 있으나, 운전시간을 최소화하기 위해서는 9℃/min 정도가 적절하다고 할 수 있다.

[0034] **실시예 4 : 최종온도 유지시간 변화에 따른 참나무 열분해**

[0035] 경제적이면서 효율적인 열분해를 위해 열분해 장치의 최종온도 유지시간을 조사하기 위해, 120℃ 온도의 오븐에서 건조한 참나무 약 2g을 각각 3개를 준비하였고, 이 준비된 참나무를 질소가스 공급하에 상기 실시예 1과 동일한 조건으로 하면서 최종온도 유지시간을 각각 0분, 20분, 60분으로 변화시켜 열분해 하여 바이오 오일, 바이오

오 차르 및 바이오 가스를 얻었다 (도 8).

[0036] 도 8에 나타낸 바와 같이, 유지시간이 증가할수록 생산되는 오일의 양이 증가하는 현상을 발견하였다. 유지시간을 0분으로 하였을시 생산되는 오일의 양이 15.9%, 가스의 양이 57.2%로 바이오 오일이 너무 적게 생산되었으며, 1시간(60분) 유지시 25.75%로 오일이 가장 많이 생산되었다.

[0037] 실시예 5 : 바이오 오일과 에탄올의 혼합

[0038] 참나무를 열분해하여 얻은 바이오 오일의 성분 분석을 위해 GC-MS를 수행한 결과를 아래 표 1에 나타내었다.

표 1

Ret Time	Compound
5.739	2-Furancarboxaldehyde
6.529	2-Furanmethanol
8.000	Ethanone,1-(2-furanyl)-
9.235	2-Furan carboxaldehyde,5-methyl-
9.359	2-Butanone,1-(acetyloxy)-
9.735	Phenol
10.534	2-Cyclopenten-1-one,2-hydroxy-3-methyl-
11.697	Phenol,2-methoxy-
13.404	2-Methoxy-4-methylphenol
13.556	1,2-Benzenediol
13.639	1,4:3,6-Dianhydro-.alpha.-d-glucopyranose
14.432	1,2,-Benzenediol,3-methoxy,
14.688	Phenol,4-ethyl-2-methoxy
15.097	5-Acetoxymethyl-2-furaldehyde
15.703	Phenol,2,6-dimethoxy-
16.347	Vanillin
16.947	2-(2-Naphthyl)-1-propene
17.465	Ethanone,1-(4-hydroxy-3-methoxy phenyl)-
17.840	Benzoic acid,4-hydroxy-3-methoxy-,methyl ester
17.938	2,3,5-Trimethoxy toluene
18.370	3-Hydroxy-4-methoxybenzoic acid
19.510	Benzaldehyde,4-hydroxy-3,5-dimethoxy-
19.958	Phenol,2,6-dimethoxy-4-(2-propenyl)-
20.326	Ethanone,1-(4-hydroxy-3,5-dimethoxyphenyl)-
20.727	Benzoic acid,4-hydroxy-3,5-dimethoxy-,hydrazide
21.146	Benzoic acid,4-hydroxy-3,5-dimethoxy-

[0040] 참나무 대나무와 같은 실린지 나무의 주성분은 셀룰로즈, 헤미셀룰로즈, 리그닌으로 나눌 수 있는데, 나무의 약 80%를 차지하는 셀룰로즈와 헤미셀룰로즈는 포도당을 기본으로 하는 화학적 구성을 가지고 있어 산화도가 매우

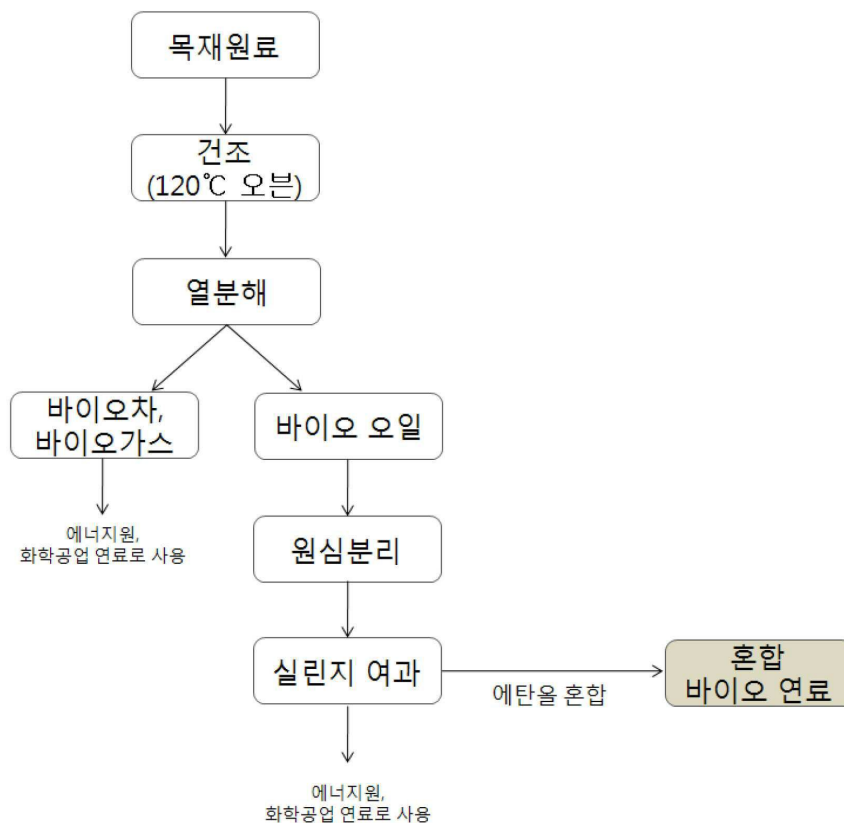
높은 상태이다. 따라서 연료 효율이 화석연료보다 낮다고 할 수 있다. 본 발명에서 열분해 이후 발생하는 오일의 화학적 성분은 포도당에서 일부 산소가 제거되고 남은 탄소와, 수소, 산소가 재결합되어 산화도가 상대적으로 낮은 알콜, 산, 에테르 및 에스테르 등으로 구성됨을 확인할 수 있다. 즉 화석계 연료보다는 연료효율이 낮지만, 바이오 에탄올보다는 연료효율이 높을 수 있는 성분들을 포함하고 있어 저비용의 대체 연료로서 활용될 수 있음을 암시하였다(표 1).

[0041] 참나무를 열분해하여 얻은 바이오 오일을 4000rpm의 속도로 5분 원심분리 하였다. 원심분리한 참나무 바이오 오일을 직경 13mm, 기공크기 0.45um의 PVDF 실린지 필터를 이용해 여과하였다. 최종 여과된 바이오 오일과 에탄올을 5대 95, 30대 70, 50대 50의 비율로 각각 혼합하여 혼합바이오 연료를 얻었다 (도 9).

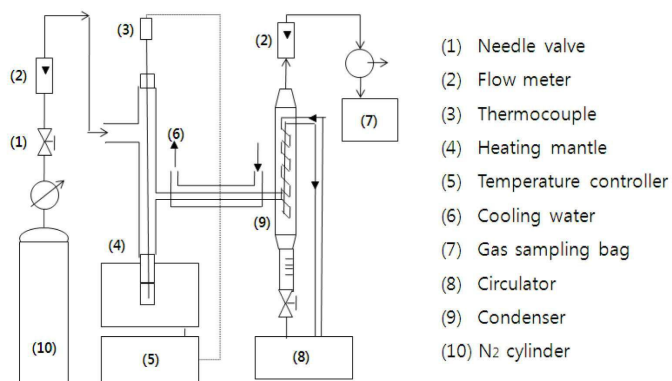
[0042] 바이오 열분해를 통해 얻는 바이오 오일은 산소를 상당히 포함하고 있어, 등유, 경유 등의 탄화수소류와 혼합이 어려운 점이 있다. 한편 도 9에서 보는 바와 같이 바이오 오일은 에탄올과 혼합이 잘 일어날 수 있으므로, 혼합 연료로 적절하게 사용될 수 있다. 그러나, 열분해로부터 얻은 바이오 오일은 고체입자와 같은 불순물을 포함하고 있어, 원심분리 및 여과와 같은 적절한 공정 후에 (도 1) 혼합을 해야만 한다. 바이오 오일과 에탄올 혼합물은 적절한 비율로 혼합되어 사용 목적에 따라 다양하게 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

도면

도면1



도면2



도면3



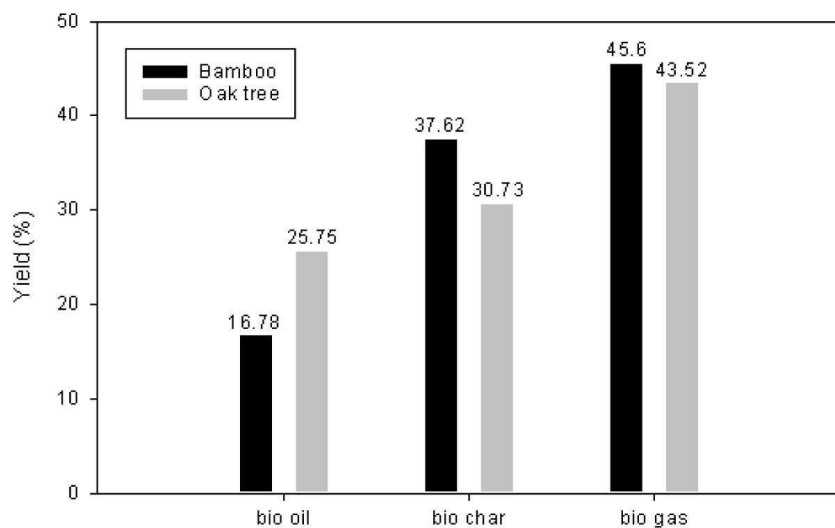
[a. 참나무, b. 바이오 오일, c. 바이오 차르]

도면4

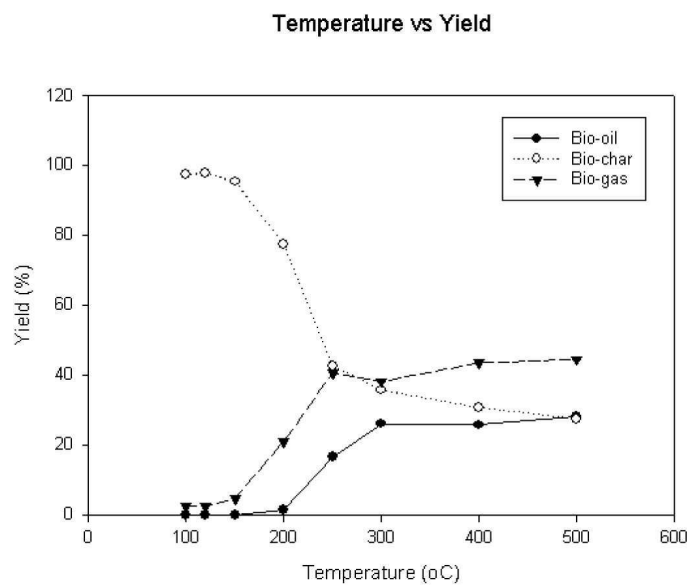


[a. 대나무, b. 바이오 오일, c. 바이오 차르]

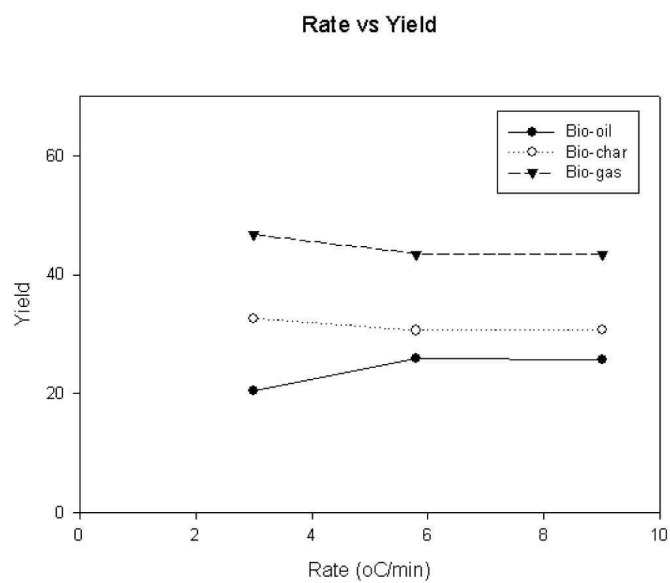
도면5



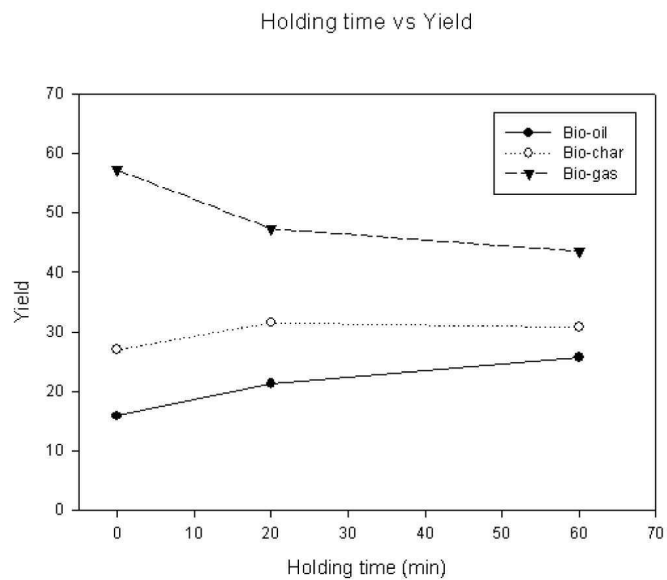
도면6



도면7



도면8



도면9



[a. 바이오 오일 : 에탄올 = 0:100]



[b. 바이오 오일 : 에탄올 = 5:95]



[c. 바이오 오일 : 에탄올 = 30:70]



[d. 바이오 오일 : 에탄올 = 50:50]



[e. 바이오 오일 : 에탄올 = 100:0]