



# GIST(광주과학기술원) 보도자료

<http://www.gist.ac.kr>

보도 일시	2019. 3. 20.(수) 조건(온라인 3. 19.(화) 12:00 이후 보도)	
보도자료 담당	대외협력팀 김미연 팀장	062-715-2020 / 010-5302-3620
	대외협력팀 이나영 행정원	062-715-2024 / 010-2008-2809
자료 문의	지구·환경공학부 장인섭 교수	062-715-3278

## 저농도 바이오 에탄올의

## 경제적 회수를 위한 최적의 기술 제시

- 증류 공정과 막기반 투과증발 기술의 하이브리드 공정을 통해 합성가스 유래 저농도 알콜 회수시 경제성 있는 연료용 바이오에탄올 생산이 가능함을 제시
- GIST 장인섭 교수 연구팀, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*에 논문 게재

- GIST(지스트, 총장 김기선) 지구·환경공학부 장인섭 교수 연구팀이 기존 기술보다 에너지 효율이 증대된 최적의 저농도 바이오 에탄올\* 회수, 정제용 하이브리드 공정을 기술 경제성 평가\*\*에 기반하여 제시하였다.

\*바이오에탄올(bio-ethanol): 미생물과 같은 생물학적 촉매의 사용 하에 옥수수, 사탕수수 등의 식량자원 및 생물기원 합성가스와 같은 기타 유기성 자원을 발효하여 생산된 C-2 알콜

\*\*기술 경제성 평가: 해당 공정 기술의 가동을 위한 인프라, 운전 비용을 바탕으로 에탄올을 목표 농도까지 분리, 농축시키는데 사용되는 이론적인 비용을 계산

- 합성가스는 일산화탄소, 이산화탄소, 수소 및 기타 불순물로 구성된 가스 혼합물로써 생물기원(Biogenic)의 도시계 고형 폐기물, 제지 산업 등에서 발생하는 폐목재 및 폐농작물과 같은 유기성 자원들을 가스화하여 생산되는 대체 자원의 일종이다. 합성가스를 미생물에 의한 발효 공정을 통해 바이오 에탄올과 같은 에너지 연료로 전환한다면 폐자원을 재이용하는 동시에, 화석연료 사용 일부를 대체하여 온실가스의 배출을 저감할 수 있다.

- 다만 합성가스 발효 공정을 통해 생산되는 발효 배양액\* 상에는 바이오 에탄올이 2%이하의 저농도로 혼합되어 있다. 바이오 에탄올을 에너지 연료 및 화학 산업 원료로 사용하기 위해서는 99%이상의 고농도로 농축이 요구되는데 초기 바이오 에탄올의 농도가 낮을수록 분리, 농축 비용이 매우 증가한다. 따라서 합성가스 유래 저농도의 바이오 에탄올을 고농도로 농축하

기 위한 경제적인 회수 방법이 필요하다.

\*발효 배양액: 발효 공정을 완료한 뒤에 합성가스로부터 생산된 바이오 에탄올을 포함하고 있는 액상

- 합성가스 발효 공정은 가스상 기질을 에탄올과 같은 액상 산물로 전환할 수 있는 새로운 기술로써, 기존의 식량 자원 유래 바이오 에탄올 생산의 상당량을 대체할 수 있고 연료용 에탄올로 사용할 수 있는 신(新) 기술로 떠오르고 있다.
  - 그러나 합성가스 발효 공정에서 생산되는 발효 배양액\*의 바이오 에탄올은 기존의 당발효 공정 대비 5~10배 가량 낮은 농도를 보인다. 그 결과, 현재 사용되는 증류 기반 바이오 에탄올 회수, 정제 공정 운전을 위한 에너지 요구량이 매우 증가하기 때문에 저농도 바이오 에탄올 회수를 위한 최적의 하이브리드 기술 제시 및 경제성 평가가 요구된다.
- 장인섭 교수 연구팀은 방대한 양의 선행 연구논문 조사를 통해 물-에탄올 분리를 위한 시스템들의 기술적 특성, 에탄올 농도에 따른 기술 경제성 평가를 진행하여 최적의 하이브리드 기술 조합을 비교 및 분석하였다.
  - 그 결과, 2% 내외의 저농도 에탄올을 먼저 증류 공정을 통해 약 85% 수준까지 정제한 뒤에 막 기반 투과증발 공정을 이용하여 약 99.7%의 고농도 에탄올로 정제하는 하이브리드 경로가 합성가스 기반 저농도 바이오 에탄올 생산시 경제성 확보가 가능함을 제시하였다.
- 장인섭 교수는 “전 세계적으로 이산화탄소 배출 감축을 위해 다양한 신재생 에너지 및 기술의 중요성이 부각되는 만큼, 이번 연구를 통해 제시된 저농도 바이오 에탄올 분리, 정제용 하이브리드 기술이 향후 합성가스 발효 공정의 상업화를 앞당길 수 있는 것으로 기대된다” 라고 말했다.
- 이번 연구는 장인섭 교수(공동 교신저자)가 주도하고 Muhammad Yasin 교수(공동 교신저자, GIST 지구·환경공학부 박사 졸업, 파키스탄 COMSATS Univ. Islamabad 교수), 장누리(공동 저자, GIST 지구·환경공학부 박사과정) 연구원 및 여러 협력기관의 참여로 진행되었으며, 산업통산자원부 산하 한국에너지기술평가원 신재생에너지핵심기술 사업 등의 지원을 받아 수행하였고, 에너지&연료 분야 상위 5% 이내 학술지 ‘Renewable and Sustainable Energy Reviews’ (IF 9.184)에 2019년 2월 21일자로 온라인 게재되었다. <끝>

## 논문의 주요 내용

### 1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : Renewable and Sustainable Energy Reviews (2017 JCR IF 9.184)
- 논문명 : Membrane separation processes for dehydration of bioethanol from fermentation broths: Recent developments, challenges, and prospects
- 저자 정보 : Azqa Khalid(CUI, 공동 1저자), Muhammad Aslam(CUI, 공동 1저자), Muhammad Abdul Qyyum(영남대, 공동 저자), Abrar Faisal(CUI, 공동 저자), Asim Laeeq Khan(CUI, 공동 저자), Faisal Ahme(CUI, 공동 저자), Moonyong Lee(영남대, 공동 저자), Jeonghwan Kim(인하대, 공동 저자), Nulee Jang(GIST, 공동 저자), In Seop Chang(GIST, 공동 교신 저자), Aqeel Ahmed Bazmi(CUI, 공동 교신 저자), Muhammad Yasin(CUI, GIST 박사 졸업생, 공동 교신 저자)

## 용 어 설 명

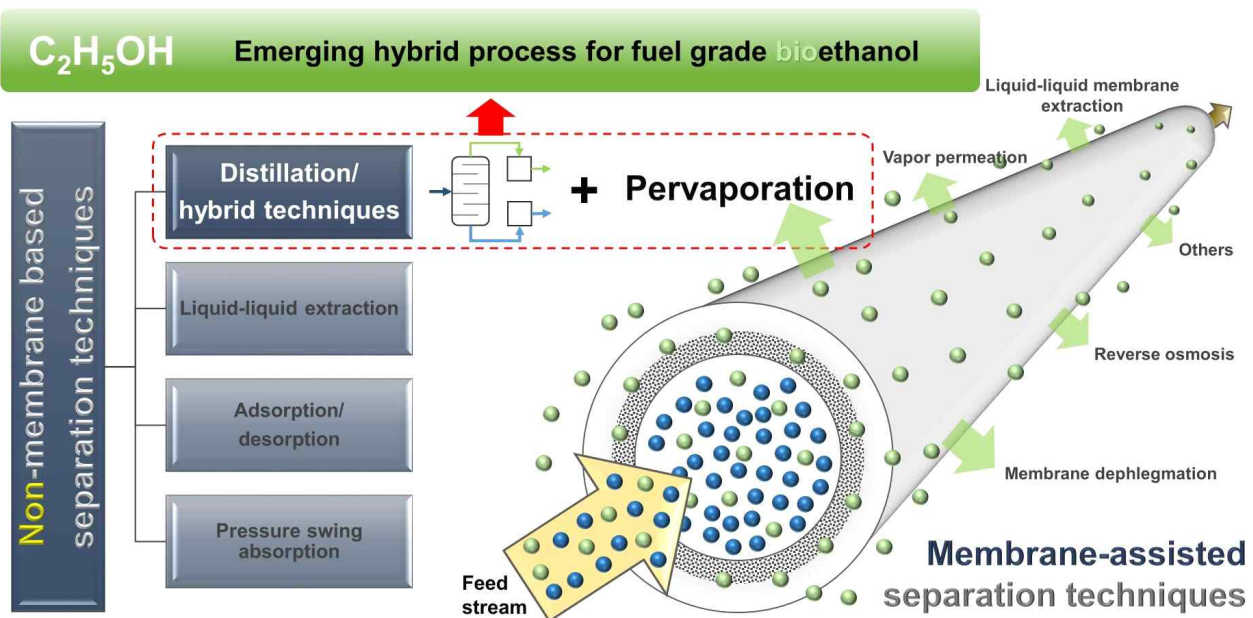
### 1. 합성가스 발효

- 합성가스는 일산화탄소, 수소, 이산화탄소 및 기타 불순물이 섞여있는 혼합 가스이다. 주로 생물기원(Biogenic)의 도시계 고형 폐기물, 제지 및 임업 산업에서 발생하는 폐목재, 대규모 농업 단지에서 발생하는 폐 농작물 등의 유기성 자원을 고온, 고압 하에 가스화 하여 생산한다. 자연계에 존재하는 특정 미생물들은 배양액상에 용존된 합성가스를 섭취하여 유기산 및 알콜 류를 생산할 수 있는 능력을 가지고 있다. 이러한 미생물 촉매들을 인위적으로 배양하여 합성가스를 바이오 에탄올과 가운 고부가 산물로 전환하는 기술이 합성가스 발효이다. 에탄올을 포함한 고부가 화학 물질들을 생산하는데 있어 식량자원(옥수수, 사탕수수) 및 화석연료의 사용을 줄이는 동시에 다양한 폐자원을 사용하기 때문에 신규 대체자원으로 각광받고 있다.

## 2. 바이오 에탄올 회수

- 바이오 에탄올 회수란 발효 후 배양액으로부터 에탄올만을 분리, 정제하는 일련의 작업들을 일컫는다. 발효 공정으로부터 생산된 바이오 에탄올은 순수한 단일 성분 상태가 아닌 다양한 용존, 입자상 물질들이 혼합된 상태이다. 그렇기 때문에 실제 에너지로써 사용하기 위한 연료 등급의 바이오 에탄올 생산을 위해서는 고농도의 농축이 요구된다.

## 그림 설명



[그림 1] 발효후 배양액의 바이오 에탄올의 경제적 분리, 회수를 위한 하이브리드 기술 조합(source: Renewable and Sustainable Energy Reviews, in press) : 현재까지 물-에탄올 분리를 위해서는 증류 및 흡,탈착 과 같은 고에너지 요구 기술들이 주를 이어왔다. 실제로 전체 공정의 50% 이상이 산물 분리 및 회수 단계에서 발생한다는 보고가 있다. 종래에는 이러한 에너지 사용량을 줄이기 위하여 투과증발, 역삼투 등의 막 기반 기술들이 새롭게 제안되었다. 다양한 물-에탄올 분리 방법 중에서 가장 에너지 효율적인 루트는 저농도의 바이오 에탄올을 증류를 통해 1차 농축 후, 투과증발을 통해 99% 이상 연료용 에탄올 수준까지 최종 농축하는 방법이 최적의 경제성을 확보하는 것으로 분석되었다.