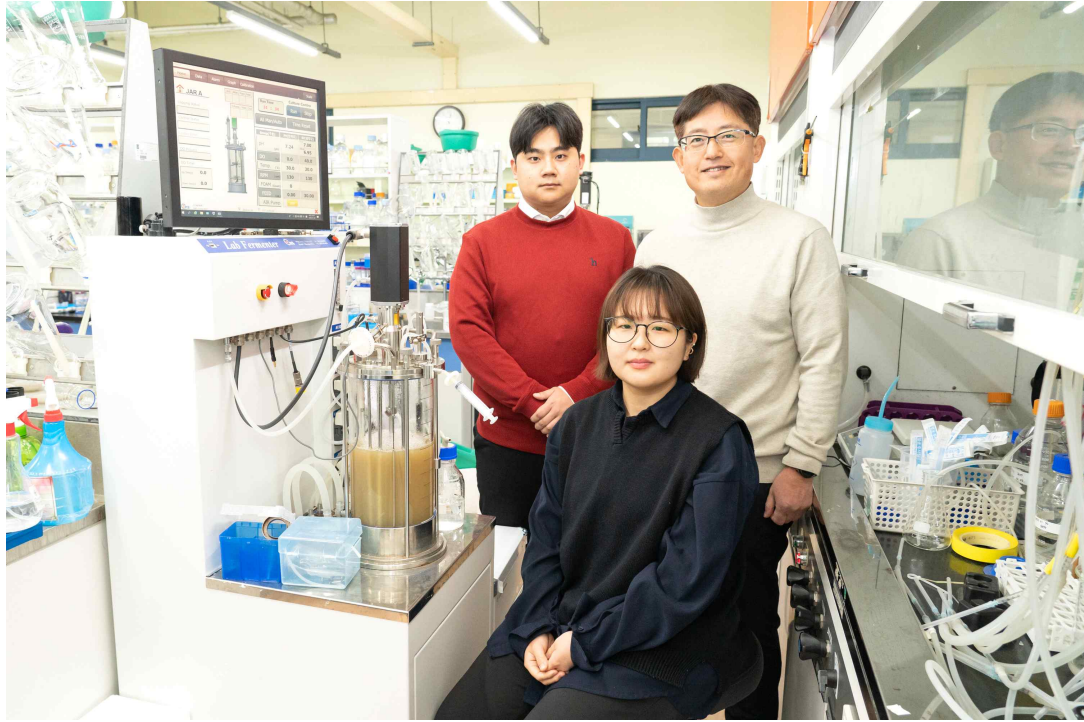


# 산업폐가스 속 온실가스, '개미산'으로 만든다! 새로운 효소 조합 기술 개발

- 폐가스 속 수소를 연료로 활용, CO<sub>2</sub>를 개미산으로 전환하는 친환경 기술 개발
- 산소 저항성이 존재하는 두 개의 효소 조합 복합반응으로 개미산 생산 가능성 확인



▲ (뒷줄 왼쪽부터) 차재현 통합과정생, 권인찬 교수 (앞줄) 박현선 통합과정생

지스트(광주과학기술원, 총장 김기선) 연구진이 산업 폐기물 속에 포함된 수소를 이용해 폐기물 속 이산화탄소를 '개미산'으로 쉽게 전환하는 효소를 발굴했다.

최근 수소저장체나 연료전지 개발에 활용되는 물질로 주목받는 '개미산'을 추가 에너지 공급 없이도 산업 폐가스를 이용해 만들어낼 수 있는 기술로, 새로운 친환경 탄소중립 기술로서 주목받을 수 있을 것으로 기대된다.

제철공장과 석유화학 공장에서 생성되는 부생가스\* 등 산업 폐가스에는 이산화탄소가 다량 포함되어 있고 배출량도 많아 기후 온난화에 큰 영향을 끼치는 것으로 알려져 있다.

\* 부생 가스: 제품 생산 공정에서 필요로 하는 화학 원료 외에 부산물로 발생하는 가스

이러한 이산화탄소를 유용한 화학연료로 전환하기 위한 연구가 많이 진행되었는데, 핵심은 산업 폐가스에 포함된 다른 가스에 의해 영향을 받지 않고 전기와 같은 별도의 에너지 공급이 필요 없는 공정을 개발하는 것이다.

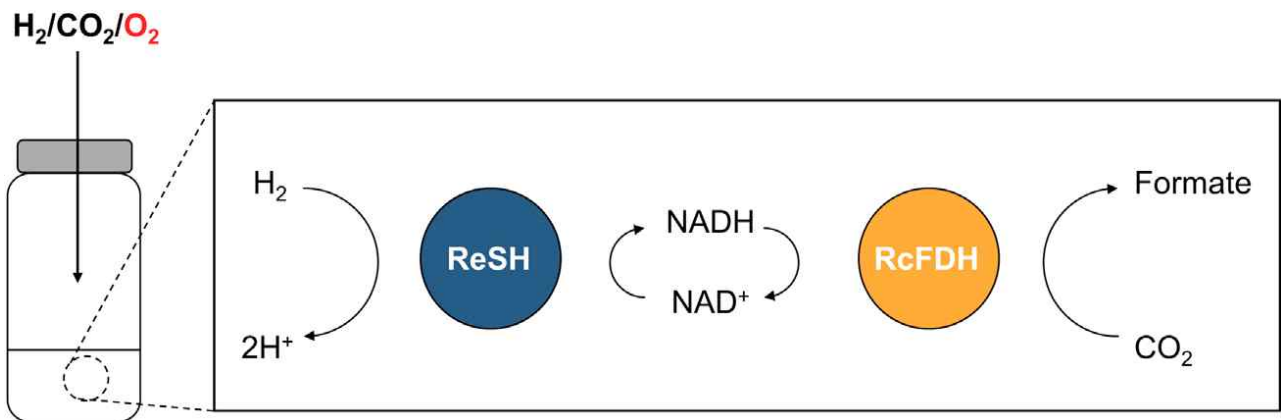
특히 개미산은 수소를 저장할 수 있는 화학원료로서 촉매를 이용해 이산화탄소에 수소를 결합시켜 만들 수 있는데, 수소를 빠르고 효율적으로 저장할 수 있으며 (합성 촉매와 달리) 부생가스와 같은 여러 기체가 혼합된 자원에서도 사용할 수 있는 효과적인 촉매의 개발이 시급하다.

지스트 신소재공학부 권인찬 교수 연구팀은 부생가스와 같은 산업 폐기물에 포함된 이산화탄소를 유용한 개미산으로 전환하기 위해 부생가스에 포함된 수소를 사용할 수 있는 효소 조합을 개발했다.

연구팀은 산소 저항성이 존재하는 '수소화효소\*' 및 '포메이트 탈수소효소\*' 조합을 스크리닝을 통해 선정하고, 해당 효소들의 조합으로 산소가 존재하는 조건에서 별도의 에너지 공급 없이 이산화탄소를 개미산으로 전환하는 데 성공했다.

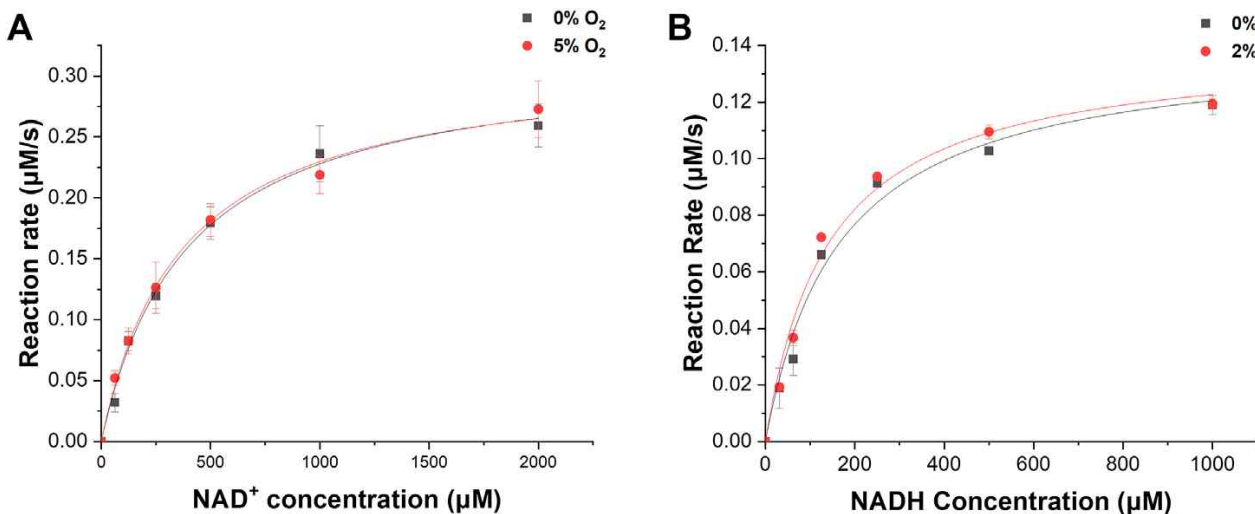
\* 수소화효소(Hydrogenase): 수소의 산화-환원을 촉매하는 효소

\* 포메이트 탈수소화효소(Formate dehydrogenase): 개미산(포름산)과 이산화탄소 사이의 산화-환원 반응을 촉매하는 효소



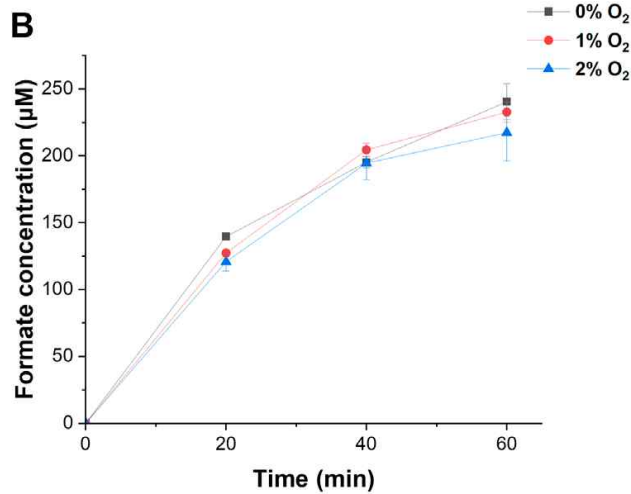
▲ 수소화효소(Hydrogenase, ReSH), 포름산탈수소효소(RcFDH)의 2중효소 복합반응: 산소 조건에서의 ReSH, RcFDH의 2중 효소 복합반응을 통한 수소에서 개미산으로의 전환 과정

연구팀은 선정한 효소 조합이 부생가스에 존재하는 산소 조건에서도 활성이 저해되지 않음을 처음으로 확인했으며, 산소에 강한 이 두 효소의 복합반응을 통해 수소로부터 개미산의 생산이 가능함을 확인한 후, 산소 존재 하에서의 개미산 생산에 성공했다.



▲ 산소 존재 유무에 따른 효소활성 비교: 수소화효소 (ReSH)와 포름산탈수소화 효소 (RcFDH), 각 효소의 산소저항성 확인

보통 수산화나트륨 등을 이용해 개미산을 공업적으로 만드는 과정에서는 열화학 반응이 필요한데, 이를 위해 화석 연료를 태워 열을 만들 때 이산화탄소가 발생해 온실가스를 배출하게 된다. 하지만 연구팀이 개발한 기술은 **이산화탄소가 개미산으로 전환하는 과정에 추가 에너지 공급이 필요하지 않아** 실제 산업 폐가스에 적용할 경우 탄소중립 실현에 기여할 것으로 기대된다.



▲ 산소 조건에서 이중 효소 복합반응을 통한 개미산 생산량 비교: 산소 조건에서 이중 효소 복합반응에 의한 수소 에너지의 개미산으로의 전환은 저해되지 않음을 확인.

권인찬 교수는 “이번 연구 성과를 통해 산소가 포함된 산업 폐가스 속의 이산화탄소를 추가 에너지 공급 없이도 유용한 화학원료로 전환하는 친환경 탄소중립 기술의 가능성을 확인하였다”면서 나아가 “후속 연구를 통해 실제 산업 폐가스에 적용되어 탄소 중립 실현에 이바지하는 기술의 개발을 기대한다”고 말했다.

지스트 권인찬 교수팀이 수행한 이번 연구는 과학기술정보통신부의 ‘도시형 생활폐기물 가스화 물질 혁신적 전환 선도 연구센터(ERC)’ 과제를 받아 수행되었으며, Biotechnology 분야 국제학술지인 ‘Frontiers in Bioengineering and Biotechnology’에 2023년 1월 5일 온라인 게재되었다.

## 용 어 설 명

### 1. 부생가스

- 제품 생산 공정에서 부산물로 발생하는 가스, 특히 제철 공정에서 발생하는 부생 가스인 COG(Coke Oven Gas)은 수소가 높은 비율로 존재하여 저렴한 수소에너지 공급원으로 이용 가능하다.

## 2. 수소화효소

- 수소의 산화-환원 반응을 촉매하는 효소

## 3. 포메이트 탈수소화효소

- 개미산(포메이트)과 이산화탄소 사이의 산화-환원 반응을 촉매하는 효소

# 논문의 주요 정보

## 1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : Frontiers in Bioengineering and Biotechnology (IF = 6.064)
- 논문명 : Hydrogen-fueled CO<sub>2</sub>reduction using oxygen-tolerant oxidoreductases
- 저자 정보 : 차재현 (제1저자, GIST 신소재공학부), 박현선 (제2저자, GIST 신소재공학부),  
권인찬(교신저자, GIST 신소재공학부)