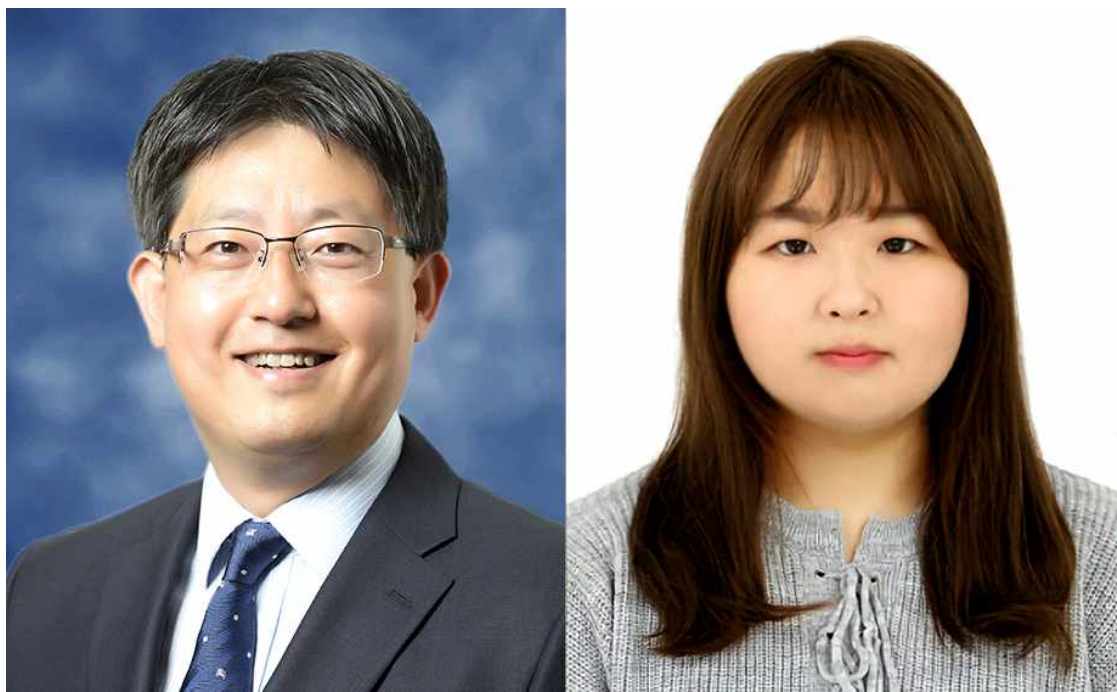


“산업용 폐가스에 함유된 수소를 고부가가치 화합물로” GIST, 정제 과정 필요 없는 다중 효소 반응기 개발

- 신소재공학부 권인찬 교수 연구팀 수소 자원 이용한 물질 전환(과당→약물) 시스템 활용 기대... 실제 폐가스와 성분 유사한 모사가스 통해 폐가스에서의 사용 가능성 확인, 최소 6번 재사용 가능
- “저렴한 비용으로 부가가치 물질 생산함으로써 친환경적이고 지속 가능한 산업 구조 형성에 기여할 것”... 국제학술지《Chemical Engineering Journal》 게재



▲ (왼쪽부터) 신소재공학부 권인찬 교수, 박현선 통합과정 학생

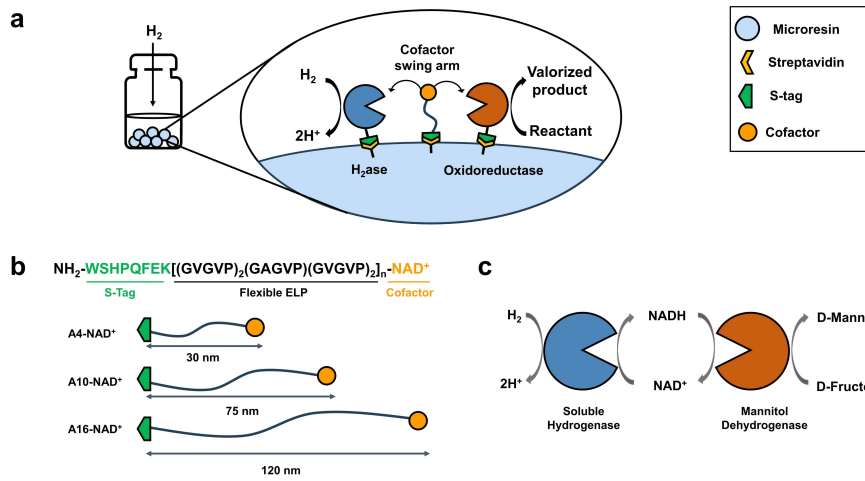
폐가스에 포함된 수소를 별도로 분리하지 않고 그대로 이용하여 고부가가치 화합물로 만드는 기술이 개발됐다.

광주과학기술원(GIST, 총장 임기철)은 신소재공학부 권인찬 교수 연구팀이 저렴한 수소 자원을 이용해 약물과 같은 고부가가치의 화합물을 산업적으로 생산할 수 있는 다중 효소 반응기를 개발했다고 밝혔다.

에너지를 발생시킬 때 부산물로 물만 배출하는 수소는 매우 친환경적인 자원으로 각광받고 있다. 특히 탄소중립 시대에 접어들면서 산업 현장에서 발생하는 폐가스와 가스화된 고형 폐기물 등에 존재하는 수소는 생산 비용이 저렴하여 지속 가능한 발전을 위한 고에너지 자원으로 주목받고 있다.

그러나 산업용 폐가스처럼 생산 비용이 적게 드는 수소 자원에는 촉매의 효율을 감소시키는 기체가 포함되어 있어 별도의 수소 정제 과정이 필요한데 여기에는 많은 비용이 소요된다는 단점이 있다.

이를 해결하기 위해 연구팀은 별도의 정제 과정 없이 수소 자원을 이용할 수 있는 친환경 다중 효소 생촉매를 개발했다.



▲ 저렴한 수소자원을 이용할 수 있는 재사용 가능한 생촉매 반응기. 동일 수지에 고정화된 두 효소와 보조인자 스윙암.

연구팀은 폐가스에 포함된 다양한 성분에 접하면 기능이 크게 감소하는 무기물 촉매와는 달리 기능이 유지되는 생촉매를 개발하였다. 수소화효소*와 만니톨 환원 효소* 사이를 보조인자*로 연결하여 폐가스와 과당으로부터 의약품인 만니톨을 생산하는 생촉매를 설계하였다.

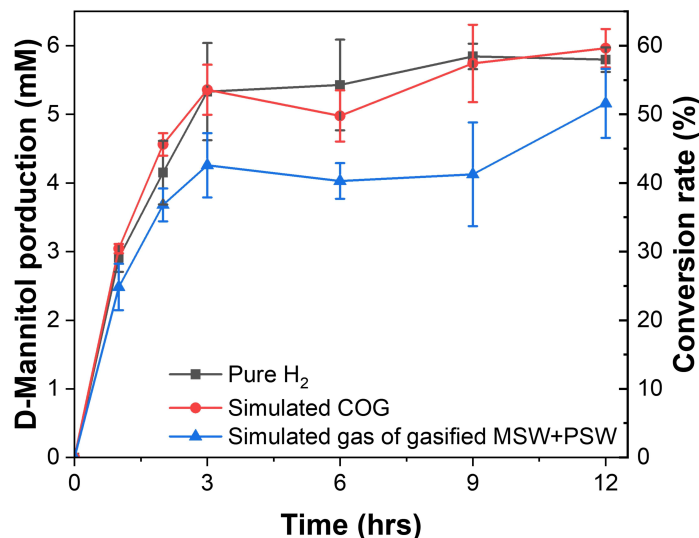
* 수소화효소(Hydrogenase) : 수소의 산화-환원을 촉매하는 효소

* 만니톨 환원 효소 : 과당과 만니톨 사이의 산화-환원 반응을 촉매하는 효소

* 보조인자 : 효소의 활성을 위해 필요한 유기 또는 금속 화합물

이와 같이 설계된 효소 반응기는 매개 효율이 200% 이상 향상되었다. 매개 효율을 높이기 위해 두 효소와 엘라스틴 유사 폴리펩타이드에 연결된 보조인자를 동일 수지 내에 고정하고, 보조인자가 연결된 폴리펩타이드의 길이와 수지 내 구성요소의 농도를 조절한 것이다.

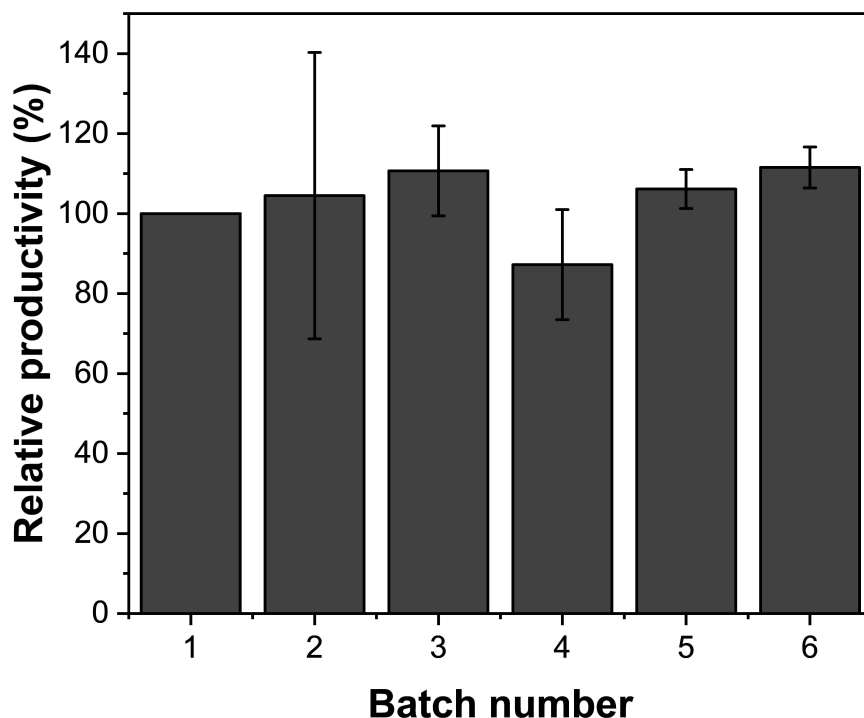
실제 폐가스와 성분이 유사한 모사가스를 통해 폐가스에서의 사용 가능성을 확인한 결과, 순도 높은 수소를 자원으로 사용했을 때의 생산량과 비교했을 때, 폐가스 모사 조건에서 80% 이상 유사한 생산효율을 보였다.



▲ **페가스 모사조건에서의 만니톨 생산 효율.** 정제 수소 조건(검은색), 페가스 모사조건(빨간색), 가스화된 고형 폐기물 조건(파란색)에서 개발한 생촉매 시스템에 의한 만니톨 생산량 비교. 세 조건에서 유사하게 생산됨을 확인.

이번 연구 성과는 수소를 생산하는 과정에서 **촉매의 효율 저하를 극복함으로써 더 친환경적이고, 지속 가능한 물질 전환 시스템에 활용될 수 있을 것**으로 기대된다.

효소 반응 시스템은 고체상에 고정되어 있고 생성물은 수용액 상에 존재하기 때문에 단순한 필터를 통해 용이하게 두 상을 분리할 수 있다. 효소 반응 시스템과 생산물과의 분리를 반복하는 실험을 진행하여 생산효율이 **최소 6회 유지됨을 확인하였다**. 이를 통해 해당 시스템이 **재사용 가능**하다는 것이 증명되었다.



▲ **개발된 시스템의 재사용 생산 유지.** 반응기를 6번 반복 사용하는 동안 생산량이 유지됨을 확인. 권인찬 교수는 “이번 연구 성과는 페가스에 함유된 수소 자원을 활용함으로써 **지속 가능한 산업 공정을 위한 효소 반응기 활용의 가능성**을 보여 준다”면서, “산업적으로 별도의 정제 과정 없이 페가스의 수소를 이용하여 저렴한 비용으로 **부가가치 물질을 생산함으로써 산업 구조가 더 친환경적이고 지속 가능한 방식으로 발전하는 데 이바지할 것**으로 기대된다”고 밝혔다.

GIST 신소재공학부 권인찬 교수가 지도하고 박현선 통합과정생이 수행한 이번 연구는 한국연구재단 선도연구센터 사업의 지원을 받았으며, 화학공학 분야 상위 5% 국제학술지 《Chemical Engineering Journal》에 2024년 8월 3일 온라인 게재됐다.

논문의 주요 정보

1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : Chemical engineering journal (IF:13.3, 2023 기준)
- 논문명 : Hydrogen-powered enzymatic valorization using multi-enzyme co-immobilization reactor with polypeptide-based cofactor swing-arm
- 저자 정보 : 박현선 (제1저자, GIST 신소재공학부), 차재현 (제1저자, 한국에너지기술연구원), 권인찬 (교신저자, GIST 신소재공학부)