

보릿짚, 바이오화학 기초원료물질 생산에 활용 가능

- 보릿짚 섬유소를 미생물 영양원인 발효당으로 전환하는 기술 개발
- 농업 부산물 재활용(업사이클링)으로 친환경 바이오화학 기초원료물질 생산 기대

최근 탄소중립 시책과 맞물려 석유화학제품을 대체할 수 있는 친환경 바이오화학 소재 개발이 주목받고 있다. 생분해성 플라스틱과 같은 환경친화적 바이오 화학제품*은 대부분 미생물이 발효하면서 만들어진 유기산 물질**을 합성해 만든다. 이를 위해서는 미생물의 먹이가 되는 영양원이 필요하다.

- * 바이오 화학제품: 식물자원 바이오매스 원료를 미생물 발효와 같은 생물 전환을 통해 만들어낸 생분해성 플라스틱, 화장품 등 각종 화학제품
- **젖산, 숙신산 등의 단분자 유기화학물질(유기산)

농촌진흥청(청장 권재한)은 활용도가 낮은 농업 부산물의 산업적 자원화를 높이기 위해 보릿짚 섬유소를 활용해 미생물의 영양원을 만드는 기술을 개발했다고 밝혔다.

농업 부산물에 포함된 섬유소를 생물화학적으로 전환하면 미생물이 영양원으로 활용할 수 있는 포도당과 같은 단당류를 만들 수 있다. 이렇게 만들어진 단당류를 영양원 배지로 만들어 미생물을 배양하면 바이오 화학제품의 기초원료물질을 생산*할 수 있다.

- * 플라스틱 등 고분자 물질은 분자량이 적은 기초 유기화학물질을 화학적 전환을 통해 분자량이 많은 고분자 물질로 만들어 플라스틱 제조에 활용함

농촌진흥청 바이오에너지작물연구소는 섬유질계 농업 부산물인 보릿짚에서 고농도 발효 당을 1L당 150g 이상 생산하고 당 전환율*을 90% 이상 달성해 미생물 배지로서의 활용 가능성을 확인했다.

- * 당 전환율: 다당류를 단당류로 전환할 수 있는 수율

연구진은 당 전환율을 높이기 위해 보릿짚을 0.3mm 이하로 분쇄하고 유

기용매 추출법으로 리그닌을 제거해 셀룰로오스 함량을 증진*시켰다. 이후 셀룰로오스를 효소당화 과정**을 통해 단당류로 분해해 당 전환율을 높였다. 이렇게 제조한 보릿짚 유래 발효당을 이용해 미생물을 발효한 결과, 1L당 발효당은 60g, 숙신산***은 47g이 생산됐다. 이미 판매되고 있는 시약 배지를 이용한 발효 수율과 동등한 수준이다.

- * 섬유소(셀룰로오스, 헤미셀룰로오스), 리그닌, 회분 등으로 구성된 섬유질계 농업부산물을 미생물 발효 배지로 활용하기 위해서는 리그닌, 회분을 최대한 제거하고 셀룰로오스 함량을 증가시켜야 함.
- ** 효소당화: 셀룰로오스와 같은 다당류를 효소 반응을 통해 글루코스와 같은 단당류로 분해하는 과정
- *** 숙신산: C₄ 화합물인 유기산으로 식품(방부제), 화장품(피부개선), 바이오화학소재(생분해 고분자 원료) 등 다양한 산업에 이용되고 있음.

현재 미국이나 유럽 등 선진국은 대부분 옥수수 전분당을 유기산 발효 영양원으로 사용하고 있다. 이번 연구 결과를 토대로 향후 유기산 발효에 필요한 영양원을 보릿짚, 밀짚, 옥수수대와 같은 섬유질계 농업 부산물로 대체한다면 바이오 화학제품 생산에 필요한 기초원료물질 확보가 쉬워지고 농업 부산물 활용성도 높아질 것으로 기대한다.

농촌진흥청은 이번 연구 결과를 국내 학술지*에 게재했다. 앞으로 농업 부산물을 활용해 숙신산을 대량 생산하기 위한 경제성을 분석하고, 이를 통해 생분해성 고분자 소재의 원료 시장을 선점할 계획이다.

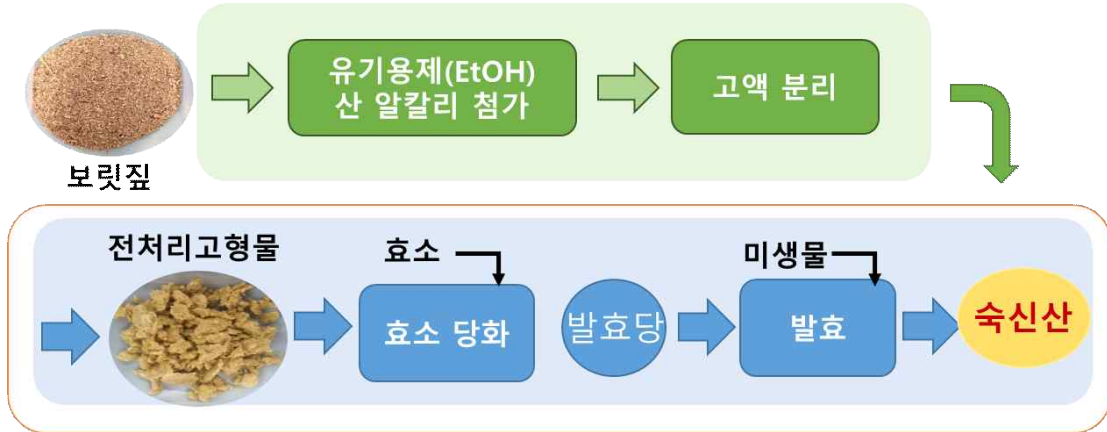
* '한국생물공학회지 38(3)'(2023)

농촌진흥청 바이오에너지작물연구소 한선경 소장은 “보릿짚, 밀짚과 같은 섬유질 성분이 50% 이상 함유된 농업 부산물은 산업적 자원으로서의 활용 가능성이 충분하다.”라며, “이번 연구가 농업 부산물을 바이오화학 기초원료물질 생산에 귀중한 자원으로 재활용(업사이클링) 하는 첫걸음이 되길 바란다.”라고 말했다.

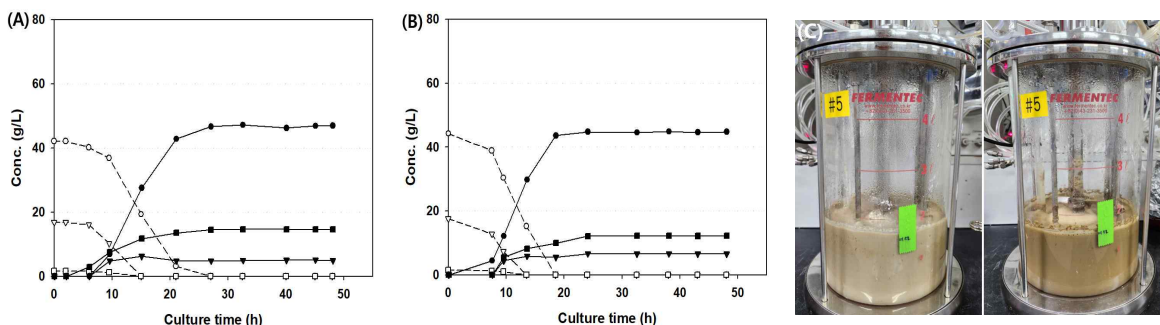
붙임. 보릿짚 유래 발효당에서 숙신산 생산 결과

| | | | | |
|-------|-------------|-----|-----|--------------------|
| 담당 부서 | 국립식량과학원 | 책임자 | 소 장 | 한선경 (061-450-0101) |
| | 바이오에너지작물연구소 | 담당자 | 연구관 | 차영록 (061-450-0131) |

- 유기용매 추출법을 적용하여 보릿짚으로부터 셀룰로오스 추출



- 보릿짚에서 추출한 셀룰로오스를 효소 당화하여 발효당으로 전환
 - * 당화 조건: 보릿짚 전처리물 17.61%(glucan 10%)
 - * 효소 농도: Novozymes사의 Cellic CTEC3 70 mg/g-glucan
- 발효당 생산량 총 150.5 g/L, 전환수율 93%
 - * 당 농도: Glucose 103.6 g/L, Xylose 42.6 g/L, Arabinose 4.3 g/L
- 숙신산 발효에 사용한 미생물은 *Actinobacillus succinogenes*이며, 발효당 60g/L를 이용하여 숙신산 47g/L 생산하였고 이때 전환수율은 탄소원 1g당 숙신산 0.77g이었음



- 5 L 발효조에서의 표준시약과 보릿짚 당화액을 이용한 숙신산 발효율 비교
 (A) 보릿짚 당화액을 이용한 숙신산 발효 (B) 표준시약을 사용한 숙신산 발효
 * 범례: SA, (●); AA, (■); FA, (▼); glucose, (○); xylose, (▽); arabinose, (□).
 (C) 분리당화발효의 배양 발효 비교, 배양초기(왼쪽), 배양종료(오른쪽)