



“항산화항염 효과 성분” 싼배추, 민간 기술이전으로 산업화 박차

- 농촌진흥청 개발 ‘고글루코시놀레이트 싼배추’ 3계통 산업체 기술이전 완료
 - 글루코시놀레이트 함량, 기능성 성분으로의 전환 비율 높아
 - 세포 실험으로 암 세포증식 최대 90% 억제 등 효과 검증
- 시장 진출 위해 기술이전 기업과 품종화 진행, 종자산업 활용 기반 마련

농촌진흥청(청장 이승돈)이 개발한 ‘고글루코시놀레이트 싼배추’가 산업체에 기술 이전되면서 산업화가 본격 추진된다.

농촌진흥청은 글루코시놀레이트 함량이 높은 유지배추와 잎채소인 청경채를 교배한 후 생명공학 기술인 소포자배양*을 이용해 161개 고정계통**을 육성한 바 있다.

* 소포자배양: 성숙한 꽃가루가 되기 전 단계 소포자(microspore)를 분리해 배양하고, 배(embryo)를 거쳐 식물체로 재분화시키는 생명공학 육종 기술

** 고정계통(DH): 소포자는 감수분열이 끝난 반수체 딸세포로, 배양·재분화 과정에서 염색체가 배가되면 유전적으로 고정된 이배체 식물로 발달

이 중 글루코시놀레이트 함량과 잎의 형태 등을 평가해 최종적으로 DH005, DH014, DH026 세 계통을 확보했다.

글루코시놀레이트는 채소를 자르거나 씹을 때 효소 작용으로 분해되면서 설포라판 등 다양한 이소티오시아네이트(ITC)계 기능성 성분으로 전환된다. 이들 성분은 항산화·항염 활성화와 암세포 증식 억제 등 다양한 생리활성이 보고돼 있다.

농촌진흥청이 선발한 세 계통은 글루코시놀레이트 함량이 높을 뿐 아니라, 가수분해 후 기능성 성분으로 전환되는 비율도 최대 99.5%로 높게 나타났다.

계통별로는 DH005가 설폰아미드 생성량이 가장 높았고, DH014는 주요 이소티오시아네이트계 기능성 성분의 총 생성량이 가장 많았다. DH026은 총 글루코시놀레이트 함량이 세 계통 가운데 가장 높았다.

특히 DH005의 설폰아미드 생성량은 20.24 $\mu\text{g/g}$ DW로, 같은 조건에서 분석한 시판 청경채의 0.57 $\mu\text{g/g}$ DW보다 약 35배 높았다.

2022년 사람 대장암 세포를 이용한 실험에서 세 계통의 추출물을 각각 처리한 결과, 세 계통 모두 시판 청경채보다 암세포 증식을 강하게 억제하고 세포자살을 증가시켰다. 특히 DH014에서 암세포 집락 형성이 최대 90% 감소하고 세포자살 유도도 300% 증가했다.

2023년 염증을 유도한 대식세포 실험 결과, DH005에서 산화질소와 활성산소 생성 억제 활성이 시판 청경채보다 각각 약 47%, 84% 높았다. 또한, 항산화 관련 유전자 발현도 최대 240% 증가시켰다.

농촌진흥청은 세 계통의 특허 등록*을 완료했다. 관련 특허 3건은 한국농업기술진흥원의 기술 가치평가에서 2억 9,200만 원의 가치를 인정받았다.

* 신품종 배추 및 이의 종자(10-2675197호, 10-2675198호, 10-2675194호)

농촌진흥청은 이번 연구 성과가 실제 산업으로 연결될 수 있도록 관련 기술을 민간 종자 기업에 이전했다. 기술이전 기업은 2027년 종자 판매를 목표로 대표 계통인 DH005를 포함한 세 계통의 품종화와 종자 대량 생산, 농가 보급과 판매 등을 추진하게 된다.

또한, 농촌진흥청은 실제 농업 현장에서의 DH005 재배 가능성을 확인하기 위해 경기 이천 농가에서 시험 재배를 진행하고, 지난 5월 현장 실증 평가회를 열었다. 현장에서는 “좋은 성분이 풍부하고 아삭한 식감이 장점”, “안정적인 생산·유통 체계가 마련된다면 새로운 쌈채소로 시장 경쟁력이 있을 것” 등 긍정적인 평가가 있었다.

아울러 연구진은 이번 연구 성과를 바탕으로 고글루코시놀레이트 형질을 선발할 수 있는 유전자 기반 분자표지(마커) 2종을 개발해 육종과 선발의

효율성을 높였다.

농촌진흥청 디지털육종지원과 권수진 과장은 “앞으로 종자 생산-품종화-농가 재배-유통으로 이어지는 산업화 과정을 지원하는 데 힘을 쏟을 것”이라며, “이를 통해 연구 성과가 농업 현장에서 활용되고, 이를 농업인과 국민이 체감할 수 있도록 현장 보급, 산업화에 노력하겠다.”라고 말했다.

- 붙임 1. 고글루코시놀레이트 싹배추 개발 과정
2. 고글루코시놀레이트 싹배추 기능성 확인
3. 특허 및 기술이전 현황

담당 부	국립농업과학원 디지털육종지원과	책임자	과 장	권수진 (063-238-4551)
		담당자	연구관	김정선 (063-238-4559)
농촌진흥청에서 연구·개발한 농업의 모든 것  농사로				



1. 배추에는 다양한 아종이 있으며 글루코시놀레이트 함량도 크게 다름

- 배추(*Brassica rapa*)에는 결구배추, 청경채, 순무, 유지배추 등 형태와 용도가 다양한 아종이 존재하며, 아종에 따라 글루코시놀레이트 함량에도 큰 차이가 있다.
- 연구팀이 배추 아종별 글루코시놀레이트 함량을 분석한 결과, 낮은 아종은 약 4.42 $\mu\text{mol/g DW}$, 높은 아종은 약 53.51 $\mu\text{mol/g DW}$ 로 10배 이상 차이를 보였다. 특히 기름 생산용으로 이용되는 유지배추(yellow sarson)는 글루코시놀레이트 함량이 높고, 잎채소로 널리 이용되는 청경채(pak choi)는 상대적으로 낮았다.
- 유지배추의 높은 글루코시놀레이트 특성과 청경채의 우수한 잎채소 특성을 하나의 계통에 조합하기 위한 교배육종을 추진했다.



배추 아종별 글루코시놀레이트 함량

2. 고글루코시놀레이트 유지배추와 청경채 교배 F₁의 대량 소포자배양

- 유지배추(모본)×청경채(부본) → F₁ → 소포자배양¹⁾ → 161개 고정계통 → 고글루코시놀레이트 우수계통 선발
- 유지배추의 높은 기능성과 청경채의 우수한 채소 특성을 함유한 계통 선발



고글루코시놀레이트 쌈배추 3계통 선발

1) 소포자배양: 감수분열을 마친 꽃가루 전 단계의 세포를 배양해 식물체로 재분화시키고, 염색체를 배가해 유전적으로 고정된 계통을 빠르게 만드는 기술. 여러 세대의 자가교배 과정을 줄여 신품종 육성 기간을 단축할 수 있다.

1. 글루코시놀레이트 가수분해로 기능성 물질 생성

- 글루코시놀레이트는 배추를 자르거나 씹을 때 효소 작용으로 분해되면서 설포라판 등 이소티오시아네이트(ITC)계 기능성 성분으로 전환됨.
- 선발한 세 계통(DH005, DH014, DH026)은 시판 청경채보다 이러한 기능성 성분의 생성량이 많았음. 주요 ITC계 성분 4종의 총량은 시판 청경채보다 약 5.1~6.3배 높게 나타남.
 - DH005: 설포라판 생성량이 20.24 $\mu\text{g/g DW}$ 로, 시판 청경채(0.57 $\mu\text{g/g DW}$)보다 약 35.5배 높음
 - DH014: 주요 ITC계 기능성 성분의 총생성량이 870.3 $\mu\text{g/g DW}$ 로, 세 계통 중 가장 높음
 - DH026: 총 글루코시놀레이트 함량이 세 계통 중 가장 높음

2. 대장암 세포에서 세포 증식 억제 및 세포자살 유도 효과 확인(2022)

- DH005, DH014, DH026 추출물을 사람 대장암 세포에 처리한 결과, 세 계통 모두 시판 청경채보다 암세포 증식을 더 강하게 억제함.
 - 암세포가 계속 증식해 만들어지는 집락 형성은 최대 약 90% 감소
 - 암세포의 세포자살(apoptosis)은 증가했으며, 특히 DH014에서 효과가 두드러짐.
- 작용 원리를 분석한 결과, 암세포의 증식과 생존에 관여하는 신호(NF- κ B와 ERK)를 억제하고, NF- κ B의 핵 이동과 염증 유발 효소(COX2) 발현도 감소시키는 것을 확인함.

3. 항산화항염 활성 및 작용기전 확인(2023)

- 염증을 유도한 대식세포에 세 계통의 추출물을 처리한 결과, 시판 청경채보다 산화와 염증 반응에 관여하는 산화질소(NO)와 활성산소(ROS)의 생성을 더 효과적으로 억제함.
 - DH005의 산화질소 생성 억제 활성은 시판 청경채보다 약 47% 높았고, 활성산소 생성 억제 활성은 약 84% 높았음.

- 또한, 세포의 항산화 방어를 조절하는 NRF2의 활성을 높이고 항산화 관련 유전자 발현을 증가시키는 것을 확인함.
 - DH005의 항산화 관련 유전자 발현은 시판 청경채보다 NQO1은 약 240%, HMOX1은 약 76% 증가
- 염증 반응에 관여하는 신호(STAT3)와 염증성 유전자(IL-1 β , IL-6 등) 발현을 낮춰 항염 작용기전도 확인함.

1. 고글루코시놀레이트 쌈배추 3계통 특허 등록

- 고글루코시놀레이트 함량과 우수한 엽형을 가진 DH005, DH014, DH026을 각각 ‘신품종 배추 및 이의 종자’로 특허 등록해 기능성 배추의 산업적 활용 기반을 확보함. 3건 모두 2024년 6월 10일 등록됨.
- * 신품종 배추 및 이의 종자(10-2675197호, 10-2675198호, 10-2675194호)

2. 기술가치 2억 9,500만원, 높은 경제적 파급효과 인정

- 한국농업기술진흥원의 기술가치평가 결과, 특허 3건의 기술가치는 2억 9,500만 원으로 평가됨. 평가에서는 기술의 경제적 수명을 6년, 적용 로열티율을 3.67%로 설정해 향후 사업화로 창출될 경제적 가치를 산정함.
- 사업화에 따른 경제적 파급효과는 생산유발효과 약 106억 6,400만원, 취업유발효과 258명으로 분석됨.

3. 민간 기술이전으로 종자산업 사업화 추진

- 종자기업에 기술이전 함으로써 기능성 쌈배추의 종자 대량생산, 품종화 및 농가 보급을 위한 민간 사업화를 본격 추진할 계획임.
- 농촌진흥청은 이천시농업기술센터와 연계하여 이천 농가에서 대표계통 DH005의 시험재배를 추진하였고 9개 농가가 참여한 시식회 및 설명회를 추진하였음.
- 이천 지역 재배 농가와 현장 평가를 진행한 결과, 고글루코시놀레이트 쌈배추가 실제 농가 재배로 확대되기 위해서는 계약재배 등 안정적인 생산·유통 체계 구축과 소비자 인지도 확보가 중요하다는 의견이 제시됨.



이천농업기술센터, 이천농가 참여 DH005 설명회 및 시식 추진