

Food-Grade Cellulase Enzyme for Botanical Extraction: 식물 세포벽 완화와 식물성 성분 추출 공정 적용

Enzymes.bio 연구팀 · 뉴질랜드 웰링턴 · June 17, 2026

직접 답변: Food-Grade Cellulase Enzyme for Botanical Extraction은 식물 세포벽의 셀룰로오스성 장벽을 효소적으로 완화해 폴리페놀, 플라보노이드, 향기 성분, 지질, 수용성 다당류, 단백질 등 식물 유래 성분이 추출 용매로 이동하기 쉽게 만드는 식품 공정용 셀룰레이스입니다. 핵심 작용은 β -1,4-글루칸 결합의 단계적 가수분해이며, 세포벽이 추출 병목인 허브, 잎, 뿌리, 종자, 과일·채소 부산물, 해조류 바이오매스에서 특히 의미가 있습니다. Enzymes.bio는 이 제품을 제조사나 분석 실험실이 아니라 온라인 공급업체로 제공하며, 제품은 1 kg 단위로 온라인 판매되고 CoA와 SDS는 주문 시 함께 제공됩니다.

식물 추출에서 셀룰레이스가 맡는 역할

식물성 원료에서 목표 성분이 충분히 존재하더라도, 용매가 그 성분에 접근하지 못하면 추출 수율은 제한됩니다. 많은 허브와 식물 부산물은 셀룰로오스 미세섬유, 헤미셀룰로오스, 펙틴, 리그닌, 단백질, 전분성 입자 등이 얽힌 구조를 가지고 있으며, 이 구조는 세포 내용물과 세포벽 결합 성분을 물리적으로 가둡니다. 효소 보조 추출은 이러한 장벽을 강산·강알칼리 또는 과도한 열에 의존하지 않고 낮추는 접근으로, 천연 생리활성 성분 회수 분야에서 "친환경 추출" 또는 "green extraction" 전략의 하나로 연구되어 왔습니다 ^[1].

셀룰레이스는 이 중에서도 셀룰로오스 골격을 표적으로 합니다. 셀룰로오스는 포도당 단위가 β -1,4 결합으로 연결된 선형 다당이며, 식물 세포벽에서 강도와 형태를 부여하는 섬유성 네트워크를 형성합니다. Food-Grade Cellulase Enzyme for Botanical Extraction은 이러한 셀룰로오스 네트워크를 부분적으로 절단해 조직을 느슨하게 만들고, 추출 용매가 세포 내외부 공간으로 침투하는 경로를 넓히는 용도로 사용됩니다.

이 효소의 가치는 "목표 성분을 새로 합성한다"는 데 있지 않습니다. 실제 기능은 이미 식물 원료 안에 존재하는 성분이 더 빠르고 균일하게 용매로 이동하도록 돕는 것입니다. 따라서 셀룰레이스 보조 추출의 성과는 원료의 세포벽 조성, 목표 성분의 위치, 입자 크기, 수분 상태, pH, 온도, 처리 시간, 용

매 조성에 따라 달라집니다. 감자 펄프에서 수용성 식이섬유를 효소 보조 추출로 회수한 연구처럼, 효소 처리 후 얻어지는 산물은 단순 수율뿐 아니라 물리화학적 특성과 기능성까지 함께 평가되는 경우가 많습니다 [2].

작동 기전: β -1,4-글루칸 결합 절단이 추출성을 바꾸는 방식

셀룰레이스는 단일 반응만 수행하는 효소라기보다, 셀룰로오스 사슬의 서로 다른 위치를 공격하는 여러 활성의 조합으로 이해하는 것이 정확합니다. 일반적으로 endoglucanase는 셀룰로오스 사슬 내부의 접근 가능한 비결정성 영역을 절단해 긴 섬유를 짧게 만들고, cellobiohydrolase는 사슬 말단에서 cellobiose 단위를 순차적으로 방출하며, β -glucosidase는 cellobiose와 짧은 셀로올리고당을 더 작은 당으로 전환합니다. Enzymes.bio 제품 설명도 식물 세포벽의 β -1,4-글루칸 결합 가수분해를 중심 기능으로 제시합니다 .

이 분해가 추출 공정에 미치는 영향은 세 가지로 나눌 수 있습니다. 첫째, 세포벽의 기계적 강도가 낮아져 분쇄·교반·압착 중 조직 파괴가 쉬워집니다. 둘째, 세포벽과 중간층의 확산 저항이 줄어 폴리페놀, 색소, 향기 성분, 수용성 다당류, 단백질, 지질 방울이 용매와 접촉하는 면적이 커집니다. 셋째, 일부 불용성 섬유가 저분자화되면서 추출액의 점도, 현탁 안정성, 여과성, 고형분 회수율이 달라질 수 있습니다. 다만 이러한 변화는 항상 같은 방향으로 움직이지 않으며, 과도한 분해는 미세입자 증가나 점도 변화를 통해 후단 여과를 어렵게 만들 수 있습니다 [3].

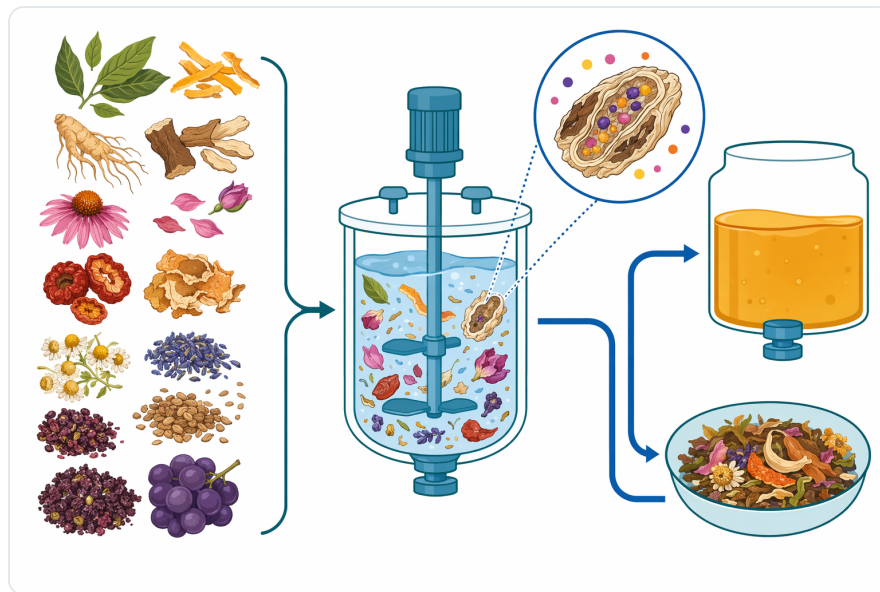


Figure 1. 섬유질이 많은 식물 구조가 액체의 침투, 성분의 방출, 이후 분리 공정을 제한할 때 셀룰라아제가 사용됩니다.

식물 세포벽은 셀룰로오스만으로 구성되지 않습니다. 펙틴이 많은 과일 껍질, 헤미셀룰로오스가 많은 곡물 부산물, 전분이 많은 뿌리·괴경, 단백질-다당 복합체가 많은 잎류에서는 셀룰레이스의 작용이 전체 병목의 일부만 해결할 수 있습니다. 그래서 실제 연구에서는 셀룰레이스를 단독으로 쓰기도

하지만, 펙티나아제, 헤미셀룰라아제, 자일라나아제, 아밀라아제, 프로테아제 또는 물리적 보조 기술과 함께 사용하는 설계가 자주 등장합니다. 식물 기반 부산물에서 단백질을 회수하는 최신 리뷰도 효소, 초음파, 마이크로웨이브 등 혁신 추출 기술을 조합해 자원 순환과 회수 효율을 높이는 방향을 강조합니다 [\[4\]](#).

기존 추출과 셀룰레이스 보조 추출의 공정상 차이

셀룰레이스 보조 추출은 전통적 용매 추출을 대체한다기보다, 조직 장벽을 낮춰 기존 추출 단계를 더 효율적으로 만들기 위한 전처리 또는 동시 처리로 이해할 수 있습니다. 다음 표는 식물 추출 공정에서 두 접근의 차이를 정리한 것입니다.

구분	전통적 용매 추출 중심 공정	셀룰레이스 보조 추출 공정
주요 병목	용매 확산, 세포벽 장벽, 긴 침출 시간	효소가 접근 가능한 세포벽 영역과 목표 성분의 위치
에너지 사용 방향	온도 상승, 반복 추출, 장시간 교반에 의존하기 쉬움	온화한 조건에서 세포벽 완화를 먼저 유도할 수 있음
목표 성분 방출	세포가 파괴되거나 용매가 침투해야 방출	셀룰로오스 네트워크 절단으로 용매 접근성과 확산 경로 개선
원료 적합성	단단한 조직에서는 효율 저하 가능	셀룰로오스성 장벽이 큰 허브, 잎, 줄기, 껍질, 부산물에 유리
품질 변수	열 민감 성분 손실, 용매 잔류, 산화 가능성	과분해 시 점도·여과성·분자량 변화 가능
조합 가능성	열수, 에탄올, 산성 수용액 등	초음파, 마이크로웨이브, 펙티나아제, 프로테아제 등과 조합 가능

이 비교에서 중요한 점은 셀룰레이스가 “무조건 높은 수율”을 보장하는 첨가제가 아니라는 것입니다. 효소는 원료 구조가 맞을 때 효과가 크며, 셀룰로오스가 주요 장벽이 아닌 경우에는 다른 효소나 물리적 추출 보조 기술이 더 큰 영향을 줄 수 있습니다. 예를 들어 올리브 포마스에서 폴리페놀 풍부 추출물을 생산하기 위해 마이크로웨이브 처리와 효소 추출을 통합한 연구는, 원료 매트릭스와 에너지 투입 방식을 함께 설계해야 함을 보여줍니다 [\[5\]](#).

폴리페놀·플라보노이드 추출에서의 의미

허브, 잎, 껍질, 뿌리 원료에서 폴리페놀과 플라보노이드는 세포 내부 액포, 세포벽, 단백질 또는 다당류 매트릭스에 분포합니다. 단순한 용매 침출만으로는 결합성 또는 매트릭스 포획 성분의 회수가 제한될 수 있습니다. 셀룰레이스는 세포벽 골격을 느슨하게 하여 이러한 성분이 용매와 접촉하는 면적을 늘리고, 경우에 따라 결합성 페놀류의 방출을 간접적으로 촉진할 수 있습니다. 쇠뜨기속 식물에서 총 플라보노이드의 셀룰레이스 보조 추출을 반응표면법으로 최적화한 연구는, 셀룰레이스 처리 조건이 항산화 활성과 관련된 추출 성과에 영향을 줄 수 있음을 보여줍니다 [6].

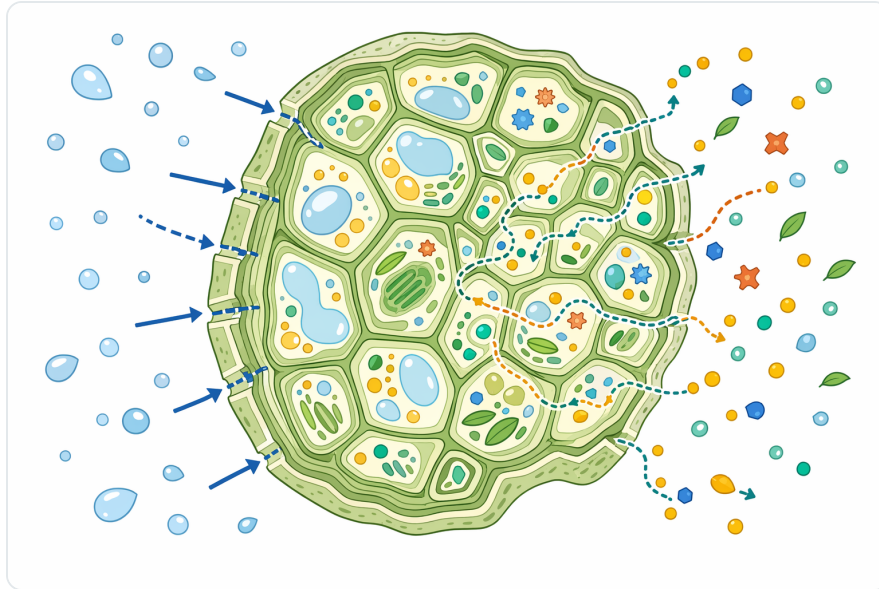


Figure 2. 셀룰로오스가 풍부한 세포벽 구조는 식물 원료를 절단하거나 분쇄한 뒤에도 물질 전달을 가로막는 물리적 장벽으로 작용할 수 있습니다.

월계수 잎의 생리활성 성분 추출 연구도 효소 보조 추출이 향신·허브류에서 유효 성분 회수 전략으로 검토될 수 있음을 보여주는 사례입니다. 잎 조직은 큐티클, 세포벽, 섬유질, 페놀성 성분의 복합 분포 때문에 추출 조건에 민감합니다. 이런 원료에서 셀룰레이스는 단독 작용보다 펙틴·헤미셀룰로오스 분해와 함께 세포벽 투과성을 높이는 방향으로 해석하는 것이 실무적으로 타당합니다 [7].

커큐민 원료에서도 효소 보조 추출은 주목받습니다. 강황과 유사 근경류는 전분, 섬유질, 색소 성분이 혼재한 조밀한 조직이어서 용매 추출성이 제한될 수 있습니다. 강황 및 테무라와 근경에서 커큐민 수율과 함량을 높이기 위한 효소 보조 추출 연구는, 근경 조직의 세포벽·저장조직 장벽을 낮추는 처리가 기능성 색소·페놀성 성분 회수에 중요할 수 있음을 시사합니다 [8].

레스베라트롤, 배당체 전환, 세포벽 완화의 접점

일부 식물 성분은 단순 방출뿐 아니라 효소적 전환이 함께 중요합니다. 예를 들어 호장근에서 polydatin을 resveratrol로 전환하는 연구에서는 내열성 셀룰레이스와 고정화 β -glucosidase를 활용해 추출과 전환을 연결했습니다. 이 사례는 셀룰레이스가 세포벽을 완화해 전구체 접근성을 높이고, β -glucosidase 계열 활성이 배당체 전환에 관여할 수 있음을 보여줍니다 [9].

다만 Food-Grade Cellulase Enzyme for Botanical Extraction을 적용할 때 특정 배당체 전환 결과를 보편적으로 기대해서는 안 됩니다. 어떤 배당체가 실제로 전환되는지는 기질 구조, 효소 조성, pH, 온도, 물활성, 용매 농도, 처리 시간에 좌우됩니다. 따라서 레스베라트롤 사례는 “셀룰레이스 기반 공정이 추출과 생물전환을 결합할 수 있다”는 가능성을 보여주는 문헌적 근거로 보는 것이 적절합니다 [9].

향기 성분과 정유 추출: 세포벽이 휘발성 성분 방출을 제한할 때

정유와 향기 성분은 선모, 분비관, 오일체, 표피 조직 등에 존재할 수 있으며, 식물 조직이 충분히 열리지 않으면 증류나 추출 중 회수가 제한됩니다. 라벤더 교잡종 원료에서 증기 증류, 수증기 증류, 셀룰레이스 보조 수증기 증류를 비교한 연구는 셀룰레이스가 향기 성분 추출 공정과 결합될 수 있음을 보여주는 직접적인 예입니다 [10].

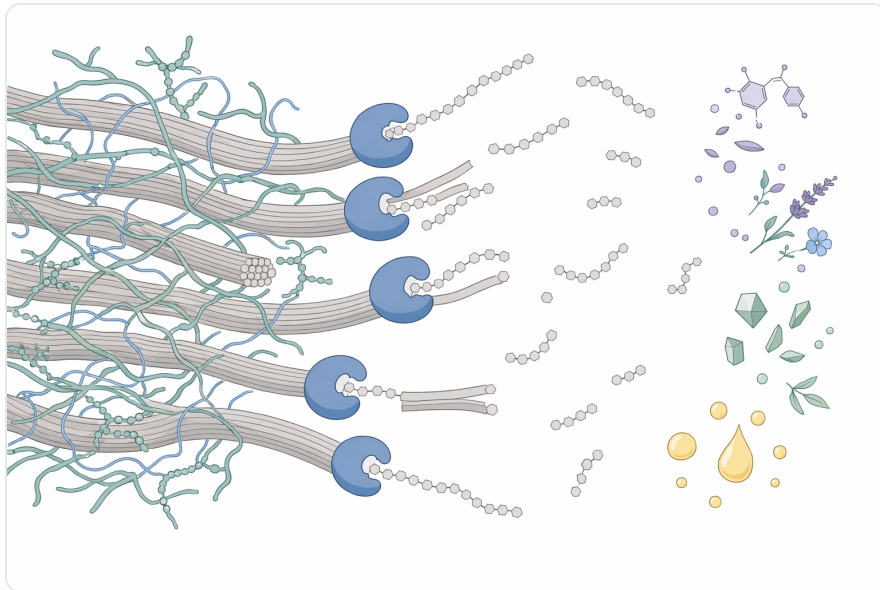


Figure 3. 셀룰라아제는 접근 가능한 세포벽 표면에서 β -1,4 결합으로 연결된 셀룰로오스 사슬을 가수분해하여 지지 구조를 약화시키고 추출액이 지나갈 경로를 열어 줍니다.

이러한 적용에서 셀룰레이스의 역할은 정유 자체를 화학적으로 바꾸는 것이 아니라, 휘발성 성분이 들어 있는 조직 구조를 느슨하게 만들어 열과 물이 더 잘 침투하도록 돕는 것입니다. 특히 건조 허브, 단단한 꽃대, 줄기 또는 섬유질 함량이 높은 방향성 원료에서는 세포벽 완화가 증류 전처리로 의미를 가질 수 있습니다. 다만 휘발성 성분은 열, 산화, pH 변화에 민감하므로 효소 처리와 증류 조건의 균형이 중요합니다 ^[10].

식물성 오일과 지질 추출에서의 적용 가능성

종자유와 식물성 지질은 세포 내부의 오일체, 단백질체, 세포벽 구조 안에 갇혀 있습니다. 전통적인 압착 또는 용매 추출은 높은 기계적 힘이나 유기용매에 의존하기 쉽지만, 수성 효소 추출은 세포벽·단백질·다당류 매트릭스를 완화해 지질이 물리적으로 분리될 수 있는 경로를 만듭니다. 사차인치 종자의 수성 효소 추출 연구는 다가불포화지방산이 풍부한 오일을 보다 친환경적으로 회수하기 위한 접근으로 효소 처리를 검토했습니다 ^[11].

호박 종자유 연구에서도 수성 효소 추출로 얻은 오일의 지방산 조성, 항산화 및 약리적 활성이 평가되었습니다. 이는 식물성 오일 추출에서 효소가 단순히 수율 보조제일 뿐 아니라, 최종 오일의 조성·기능성 평가와 연결된다는 점을 보여줍니다 ^[12].

아르간 오일 연구는 기존 추출법과 녹색 추출 기술을 비교하며 수율과 품질 파라미터를 함께 검토했습니다. 식물성 오일 산업에서 셀룰레이스 또는 복합효소 처리는 원료 세포벽을 낮은 강도로 개방하고, 물 기반 분리 또는 온화한 추출과 결합할 수 있는 선택지로 이해할 수 있습니다 ^[13].

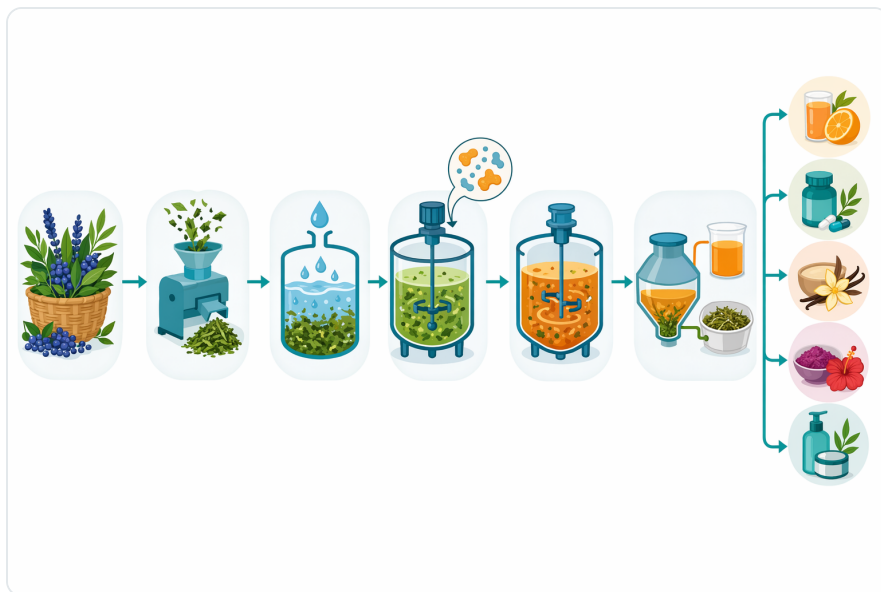


Figure 4. 식물 추출에서는 보통 수화 또는 추출 단계에서, 고액 분리와 최종 농축 또는 건조 전에 셀룰라아제를 첨가합니다.

다당류, 식이섬유, 수용성 섬유 회수

셀룰레이스 보조 추출은 폴리페놀이나 오일뿐 아니라 다당류와 식이섬유 공정에서도 중요합니다. 식물 부산물의 불용성 섬유를 부분적으로 분해하면 수용성 식이섬유 비율, 점도, 수분 보유력, 팽윤성, 유화 안정성 같은 기능성이 변할 수 있습니다. 감자 펄프에서 효소 보조 추출로 얻은 수용성 식이섬유의 물리화학적·기능적 특성을 분석한 연구는, 효소 처리가 부산물의 기능성 원료화에 활용될 수 있음을 보여줍니다 [2].

쌀겨에서도 알칼리-효소 순차 추출을 통해 식이섬유를 회수하고, 구조적·열적·결정성 특성 및 식품 적용성을 평가한 연구가 보고되었습니다. 곡물 부산물은 헤미셀룰로오스, 셀룰로오스, 단백질, 지질, 피틴산 등 여러 성분이 복합적으로 얹혀 있어 단일 공정만으로 균일한 기능성을 얻기 어렵습니다. 셀룰레이스는 이 복합 매트릭스에서 셀룰로오스성 결합을 낮추는 한 축으로 작동할 수 있습니다 [14].

Potentilla anserina 다당류 연구도 효소 보조 추출 후 구조 특성과 항산화 활성을 평가했습니다. 다당류 공정에서 특히 주의할 점은 “높은 추출량”이 항상 좋은 결과를 의미하지 않는다는 것입니다. 과도한 가수분해는 분자량, 점도, 겔화성, 생리활성 평가 결과에 영향을 줄 수 있으므로, 목표가 고분자 다당류인지 저분자 올리고당인지에 따라 공정 해석이 달라집니다 [3].

해조류와 수생 식물 바이오매스에서의 세포벽 개방

해조류와 수생 식물성 바이오매스는 육상 식물과 다른 세포벽 구성을 가집니다. 홍조류, 갈조류, 녹조류에는 셀룰로오스 외에도 황산화 다당류, 알긴산, 한천질, 카라기난, 단백질-다당 복합체가 존재합니다. *Gracilaria gracilis* 바이오매스에서 효소 보조 추출이 수용성 당, 단백질, R-phycoerythrin 방출을 개선한 연구는, 세포벽 개방이 해조류 유래 단백질·색소 회수에 의미가 있음을 보여줍니다 [15].

해조류 단백질과 해조류 유래 단백질의 추출·특성·생리활성에 관한 리뷰도, 해조류 원료에서는 세포벽과 다당류 매트릭스가 단백질 회수의 중요한 장벽으로 작용한다고 설명합니다. 따라서 셀룰레이스는 해조류에서 단독 해결책이라기보다, 원료별 다당류 구성에 맞춘 복합 효소 또는 물리적 전처리의 일부로 위치할 수 있습니다 [16].



Figure 5. 셀룰라아제 처리로 기대하는 주요 실용적 효과는 셀룰로오스가 풍부한 조직이 병목 요인일 때 회수 수율을 높이고, 성분 방출을 빠르게 하며, 분리를 쉽게 하고, 추출물의 외관을 개선하는 것입니다.

단백질 회수와 식물 부산물 업사이클링

잎, 줄기, 박, 껍질, 곡물 부산물에는 단백질이 남아 있지만, 세포벽과 섬유질에 포획되어 회수율이 낮은 경우가 많습니다. 사탕무 잎에서 대체 식물성 단백질 농축물 생산을 목적으로 효소 보조 단백질 추출을 최적화한 연구는, 잎류 부산물에서 효소 처리가 단백질 회수 전략이 될 수 있음을 보여줍니다 [17].

이 분야에서 셀룰레이스는 단백질을 직접 분해하는 프로테아제가 아니라, 단백질이 들어 있는 세포 구조를 열어 주는 보조 효소로 보는 것이 적절합니다. 즉 단백질 회수 목표에서는 셀룰레이스가 세포벽 장벽을 낮추고, 프로테아제나 pH 조절, 원심분리, 막분리 등의 후속 공정이 단백질 용출과 분리에 관여합니다. 식물 기반 부산물에서 단백질을 회수하는 리뷰는 이러한 다단계 공정 설계가 제로 웨이스트 식품 가공의 중요한 방향이라고 정리합니다 [4].

원료별 적용 해석: 어떤 경우에 셀룰레이스가 특히 유리한가

셀룰레이스 보조 추출은 다음과 같은 원료에서 상대적으로 설명력이 큼니다. 첫째, 잎·줄기·껍질처럼 섬유질이 많고 세포벽이 두꺼운 원료입니다. 둘째, 건조 후 조직이 수축해 용매 침투가 느려진 허브와 식물 절편입니다. 셋째, 과일·채소 부산물처럼 세포벽 성분과 유효성분이 동시에 남아 있는 업사이클링 원료입니다. 넷째, 종자·박류처럼 오일, 단백질, 섬유가 복합적으로 얹힌 원료입니다. 천연 생리활성 성분 회수 분야의 효소 보조 추출 리뷰는 이러한 접근이 기능성 식품, 뉴트라슈티컬, 의약 관련 천연물 회수에 폭넓게 검토되고 있음을 보여줍니다 [1].

반대로 셀룰레이스의 효과가 제한될 수 있는 경우도 있습니다. 목표 성분이 이미 쉽게 용출되는 저 분자 수용성 물질이라면 세포벽 분해의 추가 이점이 작을 수 있습니다. 원료의 주요 장벽이 펙틴 겔이라면 펙티나아제가 더 중요할 수 있고, 단백질 결합이 주된 문제라면 프로테아제가 더 직접적일 수 있습니다. 안토시아닌 추출에 관한 최신 리뷰도 보라색 식물 원료에서 효율적 추출을 위해 용매, pH, 온도, 보조 기술을 함께 고려해야 한다고 설명합니다 [18].

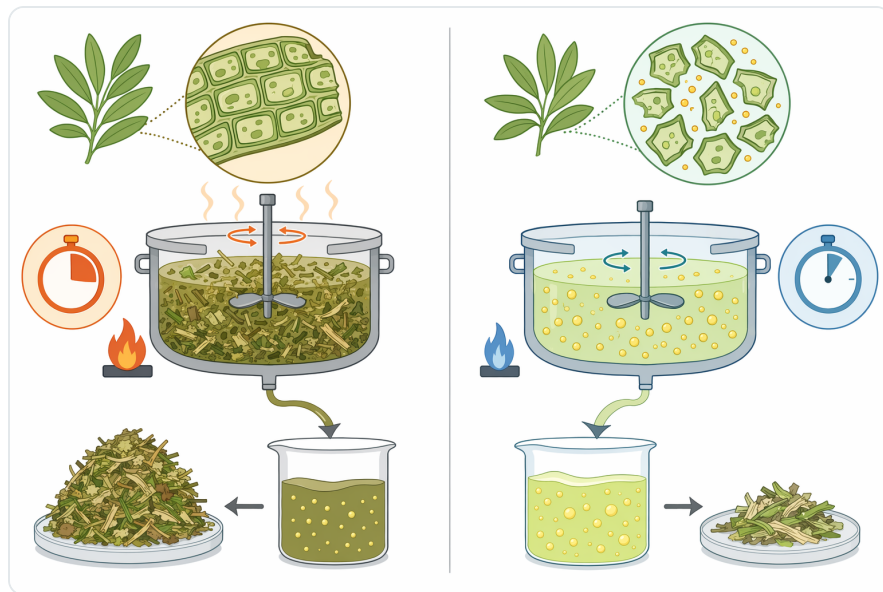


Figure 6. 효소 종류마다 표적으로 하는 식물 기질 성분이 다르므로, 추출을 제한하는 요인이 펙틴, 전분, 헤미셀룰로오스 또는 단백질이 아니라 셀룰로오스일 때 셀룰라아제가 가장 관련성이 높습니다.

공정 조건을 해석할 때 중요한 변수

셀룰레이스는 효소이므로, 공정 조건이 구조적 효과와 품질 결과를 모두 좌우합니다. pH와 온도는 효소의 작용 환경을 결정하고, 처리 시간은 세포벽 완화 정도를 조절합니다. 입자 크기가 작을수록 효소 접근 면적은 커질 수 있지만, 너무 미세하면 추출액의 탁도와 여과 부담이 커질 수 있습니다. 용매가 물 기반인지, 에탄올-물 혼합물인지, 산성 수용액인지에 따라 목표 성분의 용해도와 효소 작용 환경도 동시에 바뀝니다 [1].

특히 식물성 폴리페놀과 색소는 산화, pH, 열에 민감할 수 있습니다. 차 앞에서 catechin을 추출·정제하는 방법을 검토한 리뷰는 추출 방식마다 장단점이 있으며, 목표 성분의 안정성과 선택성을 함께 고려해야 함을 보여줍니다 [19]. 따라서 셀룰레이스 보조 추출은 “효소 처리 시간을 늘리면 더 좋다”는 식으로 접근하기보다, 목표 성분의 안정성과 세포벽 완화 효과가 만나는 범위를 찾는 공정으로 이해해야 합니다.

커큐민처럼 지용성·난용성 특성을 가진 성분에서는 세포벽 완화만으로 충분하지 않을 수 있습니다. 커큐민 추출·정제 리뷰는 식물 원료에서 커큐민을 회수할 때 원료 전처리, 용매, 추출 방식, 정제 단계가 모두 영향을 미친다고 정리합니다 [20]. 셀룰레이스는 이 중 원료 조직을 여는 역할을 맡을 수 있지만, 최종 회수율은 용해도와 분리 공정에도 크게 의존합니다.

복합 기술과의 조합: 초음파, 마이크로웨이브, 다른 효소

최근 식물 추출 연구는 효소를 단독으로 보는 대신 물리적 보조 기술과 결합하는 흐름이 강합니다. 초음파는 공동화와 미세교반을 통해 세포벽 균열과 용매 침투를 촉진할 수 있고, 마이크로웨이브는 원료 내부의 빠른 가열과 세포 구조 변화를 유도할 수 있습니다. 올리브 포마스에서 마이크로웨이브 처리와 효소 추출을 통합해 폴리페놀 풍부 추출물을 얻는 연구는, 효소와 에너지 투입 방식을 함께 최적화하는 접근을 보여줍니다 [5].

오일 원료에서도 유사한 사고가 적용됩니다. 사차인치, 호박씨, 아르간 등 종자 또는 견과류 기반 원료에서는 효소가 세포벽과 저장조직을 완화하고, 압착·수성 분리·원심분리 또는 온화한 용매 추출이 후속 회수를 담당합니다. 이때 셀룰레이스는 세포벽 분해 축을 담당하고, 단백질체나 펙틴성 장벽이 큰 원료에서는 다른 효소와 병용되는 설계가 더 타당할 수 있습니다 [11].



Figure 7. 셀룰라아제는 식물 조직에 대한 물리적 접근성을 높여 주지만, 목표 성분을 운반할 수 있는 추출 단계의 필요성을 대체하지는 않습니다.

복합효소 접근은 해조류, 잎류, 곡물 부산물에서도 중요합니다. Gracilaria 연구처럼 수용성 당, 단백질, 색소가 함께 목표인 경우에는 세포벽을 얼마나 열 것인지와 목표 성분을 얼마나 안정적으로 보존할 것인지가 동시에 문제가 됩니다. 따라서 셀룰레이스 보조 추출의 설계는 목표 성분 하나만이 아니라, 추출물의 전체 조성 및 후속 분리성을 함께 고려해야 합니다 [15].

품질과 공정성: 수율 외에 봐야 할 변화

셀룰레이스 보조 추출을 적용하면 수율만 변하는 것이 아닙니다. 추출액의 탁도, 점도, 입자 분포, 여과 속도, 색상, 향기 강도, 산화 안정성, 다당류 분자량, 단백질 용해도, 오일의 유화 상태가 함께 바뀔 수 있습니다. 감자 펄프 수용성 식이섬유 연구와 쌀겨 식이섬유 연구가 물리화학적·기능적 특성을 함께 평가한 이유도 여기에 있습니다 [2].

향기 성분이나 정유에서는 세포벽 완화가 방출을 돕는 동시에, 처리 조건이 휘발성 성분 손실 또는 조성 변화에 영향을 줄 수 있습니다. 라벤더 셀룰레이스 보조 수증기 증류 연구처럼 정유 추출에 셀룰레이스를 결합할 때는 추출량뿐 아니라 향기 프로파일과 비용 구조까지 고려됩니다 [10].

오일 추출에서는 지질 회수율뿐 아니라 지방산 조성, 항산화 활성, 산화 안정성, 유리 지방산, 색상, 유화 잔류물 등이 품질 판단에 포함될 수 있습니다. 호박 종자유의 수성 효소 추출 연구가 지방산 조성, 항산화·약리 활성을 함께 평가한 것은, 효소 추출물이 단순 원료 회수물이 아니라 기능성 식품 소재로 해석될 수 있기 때문입니다 [12].

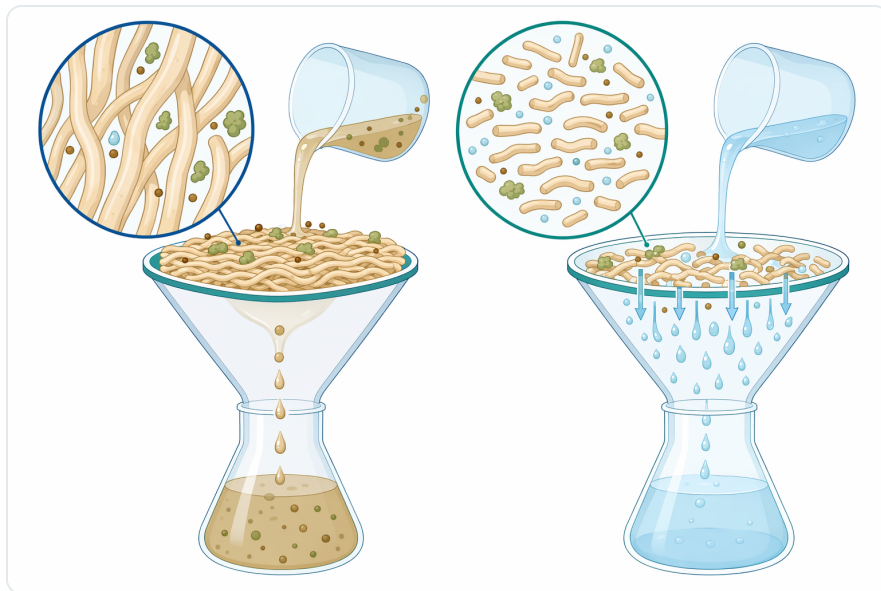


Figure 8. 여과 저항과 혼탁이 셀룰로오스가 풍부한 조각들로 인해 발생할 때, 셀룰라아제는 섬유질 네트워크의 결합성을 낮추어 더 깨끗한 분리를 돕습니다.

Enzymes.bio 제품의 공급 형태와 문서의 범위

Food-Grade Cellulase Enzyme for Botanical Extraction은 Enzymes.bio에서 식물 추출, 향미 방출, 올리고당 생산 지원, 식물성 원료 가공에 사용할 수 있는 셀룰레이스 제품으로 온라인 제공됩니다. Enzymes.bio는 제조사 또는 분석 실험실이 아니라 공급업체이며, 이 제품은 1 kg 단위로 온라인에서 직접 구매하는 방식으로 판매됩니다. CoA와 SDS는 주문 시 함께 제공됩니다 .

이 문서는 특정 원료에서 일정한 수율 향상을 보장하는 공정 보증서가 아니라, 셀룰레이스가 식물 추출에서 왜 사용되는지 설명하는 기술 문서입니다. 실제 결과는 원료의 품종, 수확 시기, 건조·분쇄 상태, 용매, pH, 온도, 처리 시간, 후속 분리 방식에 따라 달라집니다. 효소 보조 추출 연구 전반이 보여주는 공통점은, 셀룰레이스가 식물 세포벽이라는 물리적 장벽을 낮추는 데 의미가 있지만 최종 추출 성과는 전체 공정 설계와 함께 결정된다는 점입니다 [1].

결론: 식물 세포벽이 병목일 때 유효한 추출 보조 효소

Food-Grade Cellulase Enzyme for Botanical Extraction의 핵심 가치는 식물 세포벽의 셀룰로오스 구조를 완화해 용매 접근성, 성분 방출, 조직 처리성을 개선하는 데 있습니다. 폴리페놀, 플라보노이드, 정유, 식물성 오일, 수용성 식이섬유, 다당류, 단백질, 해조류 색소와 같은 다양한 성분군에서 효소 보조 추출 연구가 축적되어 있으며, 셀룰레이스는 그중 세포벽 개방을 담당하는 대표적 효소입니다 [6].

가장 현실적인 해석은 이 효소를 “범용 수율 증가제”가 아니라 “셀룰로오스성 장벽을 낮추는 공정 보조제”로 보는 것입니다. 셀룰로오스가 추출 병목인 허브, 잎, 줄기, 껍질, 종자, 식물 부산물에서는 의미가 크지만, 펙틴·전분·단백질 결합이 지배적인 원료에서는 다른 효소 또는 물리적 보조 기술과의 조합이 더 중요할 수 있습니다. Enzymes.bio는 해당 제품을 1 kg 단위로 온라인 공급하며, 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공됩니다 .

Food-Grade Cellulase Enzyme For Botanical Extraction 온라인 주문

1kg 단위로 판매되며 재고 보유, 즉시 출고됩니다. 온라인 스토어에서 바로 결제하시면 주문을 처리해 드립니다. 모든 주문에는 시험성적서(CoA)와 물질안전보건자료(SDS)가 포함됩니다.

[Food-Grade Cellulase Enzyme For Botanical Extraction 구매하기 →](#)

참고문헌

최초 인용 순서로 번호를 매겼습니다. 모든 출처는 발행 시점에 접근 가능 여부를 확인한 오픈 액세스 자료이며, 본문의 인용 번호가 이곳으로 연결됩니다.

1. Łubek-Nguyen, A., Ziemichód, W., & Olech, M. (2022). Application of Enzyme-Assisted Extraction for the Recovery of Natural Bioactive Compounds for Nutraceutical and Pharmaceutical Applications. *Applied Sciences*.
2. Cheng, L., Xian-Zhang, Hong, Y., Li, Z., Li, C., & Zheng-Gu (2017). Characterisation of physicochemical and functional properties of soluble dietary fibre from potato pulp obtained by enzyme-assisted extraction. *International Journal of Biological Macromolecules*, 101, 1004-1011 .

3. Guo, P., Chen, H., Ma, J., Zhang, Y., Chen, H., Ting-Wei, Gao, D., ... et al. (2023). Enzyme-assisted extraction, characterization, and in vitro antioxidant activity of polysaccharides from *Potentilla anserina* L. *Frontiers in Nutrition*, 10.
4. Shawky, E., Zhu, W., & Tian, J. (2025). A review of innovative extraction technologies for protein recovery from plant-based by-products: A step toward zero-waste processing. *International Journal of Biological Macromolecules*, 144301 .
5. Macedo, G. A., Barbosa, P. D. P. M., Dias, F. F. G., Crawford, L., Wang, S. C., & Bell, J. L. N. D. M. (2023). Optimizing the Integration of Microwave Processing and Enzymatic Extraction to Produce Polyphenol-Rich Extracts from Olive Pomace. *Foods*, 12.
6. Yin, H., Zhang, Y., Hu, T., Li, W., Deng, Y., Wang, X., Tang, H., ... et al. (2023). Optimization of Cellulase-Assisted Extraction of Total Flavonoids from *Equisetum* via Response Surface Methodology Based on Antioxidant Activity. *Processes*.
7. Boulila, A., Hassen, I., Haouari, L., Mejri, F., Amor, I. B., Casabianca, H., & Hosni, K. (2015). Enzyme-assisted extraction of bioactive compounds from bay leaves (*Laurus nobilis* L.). *Industrial Crops and Products*, 74, 485-493.
8. Septiani, D., Utami, M. R., Sholih, M. G., Nurayuni, T., & Khairunnisa, S. (2026). Enzyme-assisted extraction (EAE): efficient and effective green extraction on turmerik (*Curcuma longa* L.) and temulawak (*Curcuma xanthorriza* Roxb.) rhizomes for higher yield and content of curcumin. *Pharmaciana*.
9. Wang, C., Liu, X., Zhang, M., Shao, H., Zhang, M., Wang, X., Wang, Q., ... et al. (2019). Efficient Enzyme-Assisted Extraction and Conversion of Polydatin to Resveratrol From *Polygonum cuspidatum* Using Thermostable Cellulase and Immobilized β -Glucosidase. *Frontiers in Microbiology*, 10.
10. Wainer, J., Thomas, A., Chimhau, T., & Harding, K. (2022). Extraction of Essential Oils from *Lavandula x intermedia* 'Margaret Roberts' Using Steam Distillation, Hydrodistillation, and Cellulase-Assisted Hydrodistillation: Experimentation and Cost Analysis. *Plants*, 11.
11. Nguyen, H., Vuong, D., Nguyen, N. T., Nguyen, N. P., Su, C., Wang, F., & Juan, H. (2020). Aqueous enzymatic extraction of polyunsaturated fatty acid-rich *sacha inchi* (*Plukenetia volubilis* L.) seed oil: An eco-friendly approach. *Lwt - Food Science and Technology*, 133, 109992.
12. Prommaban, A., Kuanchoom, R., Seepuan, N., & Chaiyana, W. (2021). Evaluation of Fatty Acid Compositions, Antioxidant, and Pharmacological Activities of Pumpkin (*Cucurbita moschata*) Seed Oil from Aqueous Enzymatic Extraction. *Plants*, 10.
13. Mechqoq, H., Yaagoubi, M. E., Momchilova, S., Msanda, F., & Aouad, N. E. (2021). Comparative study on yields and quality parameters of argan oils extracted by conventional and green extraction techniques. *Grain & Oil Science and Technology*.
14. Shaikh, J. R., Chakraborty, S., Odaneth, A. A., & Annapure, U. (2024). A sequential approach of alkali enzymatic extraction of dietary fiber from rice bran: Effects on structural, thermal, crystalline properties, and food application. *Food Research International*, 193, 114847 .
15. Phuong, H., Masse, A., Dumay, J., Vandanjon, L., Mith, H., Legrand, J., & Arhaliass, A. (2022). Enhanced Liberation of Soluble Sugar, Protein, and R-Phycoerythrin Under Enzyme-Assisted Extraction on Dried

and Fresh *Gracilaria gracilis* Biomass. *Frontiers in Chemical Engineering*, 4.

16. Pliego-Cortés, H., Wijesekara, I., Lang, M., Bourgougnon, N., & Bedoux, G. (2020). Current knowledge and challenges in extraction, characterization and bioactivity of seaweed protein and seaweed-derived proteins.
17. Akyüz, A., & Ersus, S. (2020). Optimization of enzyme assisted extraction of protein from the sugar beet (*Beta vulgaris* L.) leaves for alternative plant protein concentrate production. *Food Chemistry*, 335, 127673 .
18. Dutt, M., Zalewska, M., Moczowska-Wyrwicz, M., Wyrwicz, J., & Kurek, M. (2026). Green and Efficient Extraction Strategies for Anthocyanins From Purple Plant Sources: Advances, Challenges, and Functional Potential. *Journal of food processing and preservation*.
19. Cioancă, O., Lungu, I., Mita-Baciu, I., Robu, S., Burlec, A. F., Hăncianu, M., & Crivoi, F. (2024). Extraction and Purification of Catechins from Tea Leaves: An Overview of Methods, Advantages, and Disadvantages. *Separations*.
20. Jiang, T., Ghosh, R., & Charcosset, C. (2021). Extraction, purification and applications of curcumin from plant materials-A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*.

Enzymes.bio 문의

주문에 관해 궁금한 점이 있으신가요? 기꺼이 도와드리겠습니다.

이메일 wholesale@enzymes.bio

전화 (미국) **+1 (507) 428-6057**

[문의하기 →](#)

 **400+** B2B 고객사

 **60+** 대학 연구 파트너

 **54** 전 세계 54개국 공급

© 2026 Enzymes.bio · 산업용 및 식품 가공용 효소 공급 · 인체 섭취 또는 소매 판매용이 아님