

자일라나아제(Xylanase) for Botanical Extraction: 식물 세포벽 헤미셀룰로오스 분해를 통한 허브·과실·식물 부산물 추출 보조 효소

Enzymes.bio 연구팀 · 뉴질랜드 웰링턴 · June 18, 2026

자일라나아제는 식물 세포벽의 헤미셀룰로오스 성분인 자일란을 절단해, 추출 용매가 식물 조직 내부로 더 쉽게 접근하도록 돕는 효소입니다. Botanical extraction에서는 폴리페놀, 색소, 향기 성분, 단백질, 수용성 기능성 성분처럼 세포벽 안에 갇히거나 세포벽 다당류와 얽힌 성분의 회수 공정을 보조하는 데 사용됩니다. Enzymes.bio의 Xylanase For Botanical Extraction은 1kg 단위로 온라인 직접 구매할 수 있으며, 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공됩니다.

식물 추출에서 자일라나아제가 맡는 역할

Botanical extraction에서 가장 큰 장벽 중 하나는 “성분이 존재하지 않는다”가 아니라 “성분이 세포벽 안쪽 또는 세포벽 매트릭스에 갇혀 있다”는 점입니다. 식물 세포벽은 셀룰로오스 미세섬유, 헤미셀룰로오스, 펙틴, 리그닌, 구조 단백질 등이 서로 얽힌 복합 구조이며, 이 구조는 마이크로미터 수준의 조직 파쇄뿐 아니라 나노스케일 다당류 네트워크까지 추출 효율에 영향을 줍니다 ^[1].

자일라나아제는 이 복합 구조 중 헤미셀룰로오스의 핵심 성분인 자일란을 표적으로 삼습니다. 자일란은 식물 조직에서 셀룰로오스 골격과 다른 세포벽 성분 사이를 연결하는 역할을 하며, 특히 곡물 외피, 줄기, 잎, 과피, 씨앗 껍질, 농산 부산물처럼 섬유질이 많은 원료에서 추출 저항성을 높일 수 있습니다. 자일란 네트워크가 부분적으로 절단되면 조직이 느슨해지고, 물 또는 수용성 용매가 내부로 침투하기 쉬워집니다.

Enzymes.bio의 Xylanase For Botanical Extraction은 이런 세포벽 장벽을 완화하는 보조 효소로 이해하는 것이 적절합니다. Enzymes.bio는 제조사나 분석 실험실이 아니라 효소 공급업체이며, 해당 제품은 1kg 단위로 온라인 직접 판매됩니다. 제품 관련 CoA와 SDS는 주문 시 함께 제공됩니다.

작용 기전: 자일란 주쇄 절단이 추출 접근성을 높이는 방식

자일라나아제의 핵심 작용은 자일란 주쇄의 β -1,4 결합을 절단하는 것입니다. 이 반응은 자일란 고분자를 더 짧은 자일로올리고당 또는 관련 저분자 조각으로 전환하며, 결과적으로 세포벽 내 헤미셀룰로오스 네트워크의 연속성이 약해집니다.

식물 세포벽을 단순한 벽으로 보면 오해하기 쉽습니다. 실제로는 셀룰로오스가 장력과 골격을 제공하고, 헤미셀룰로오스가 그 골격 사이를 연결하며, 펙틴이 수분을 머금은 겔형 매트릭스를 만들고, 리그닌이 조직을 더 단단하고 소수성으로 만드는 구조입니다. 자일라나아제는 이 중 "헤미셀룰로오스 연결망"을 겨냥하기 때문에, 세포벽 전체를 녹이는 효소가 아니라 추출 통로를 열어 주는 특정한 분해 도구에 가깝습니다 [1].

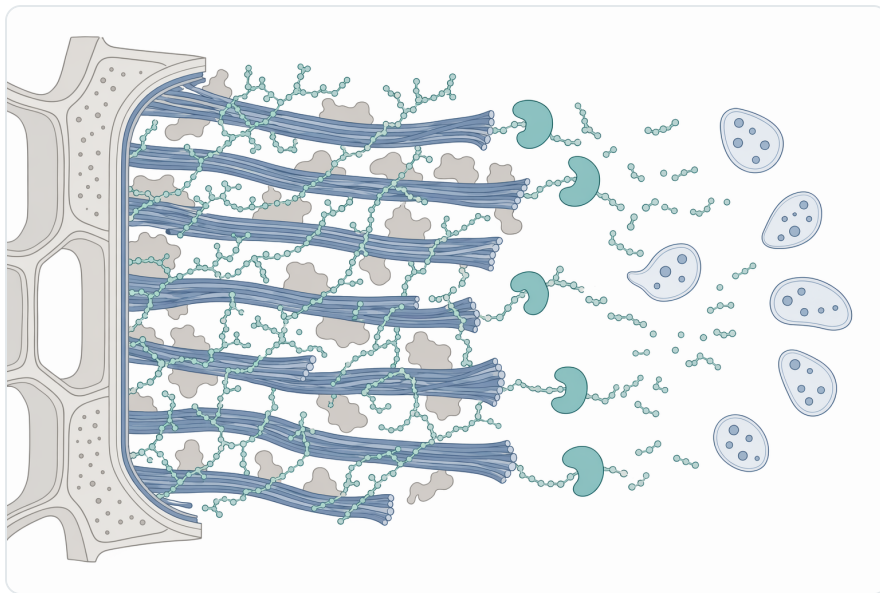


Figure 1. 자일라나아제는 헤미셀룰로오스가 풍부한 세포벽에서 접근 가능한 자일란을 가수분해해 식물성 원료 추출을 개선하며, 이를 통해 용매가 갇혀 있거나 세포벽에 결합된 성분과 더 잘 접촉할 수 있게 합니다.

이 점은 botanical extraction에서 중요합니다. 예를 들어 폴리페놀이나 색소가 세포 내부 액포에 있더라도, 추출 용매가 세포벽과 중간층을 통과해야 충분히 용출됩니다. 또 일부 페놀성 화합물은 세포벽 성분과 물리적으로 결합하거나 흡착되어 있어 단순 침지 추출만으로는 회수가 제한될 수 있습니다. 효소 보조 추출 연구에서 효소 가수분해와 마이크로파 처리를 결합해 안토시아닌과 페놀성 화합물 추출 조건을 최적화한 사례가 보고된 것도, 세포벽 완화가 생리활성 성분 회수와 직접 연결되기 때문입니다 [2].

왜 botanical extraction에서 헤미셀룰로오스가 문제가 되는가

식물 원료의 추출성은 원료의 종류, 건조 이력, 분쇄도, 수분 재흡수성, 세포벽 구성에 따라 크게 달라집니다. 같은 잎 원료라도 어린 잎과 성숙 잎의 세포벽 구성은 다를 수 있고, 같은 과일 부산물이라도 과피, 씨앗, 펄프 잔사에 따라 펙틴-헤미셀룰로오스-리그닌 비율이 달라집니다. 이러한 차이는 추출 수율뿐 아니라 여과성, 점도, 침전 형성, 농축 효율에도 영향을 줍니다 [1].

자일란이 많은 원료에서는 물리적 분쇄만으로 충분하지 않을 수 있습니다. 분쇄는 입자 크기를 줄여 표면적을 늘리지만, 세포벽 다당류 자체를 선택적으로 절단하지는 않습니다. 반면 자일라나아제는 헤미셀룰로오스 고분자를 화학적으로 짧게 만들어 구조적 저항성을 낮추므로, 분쇄와는 다른 방식으로 추출성을 개선할 수 있습니다 .

또한 식물 부산물에는 기능성 성분이 남아 있어도 세포벽 장벽 때문에 경제적으로 회수하기 어려운 경우가 많습니다. 폐기물 또는 저가 부산물을 효소·화학적 가수분해로 고부가가치 원료화하는 접근은 식물 바이오매스 가치화 연구에서 반복적으로 다뤄지고 있습니다 [3]. 자일라나아제는 이러한 흐름 안에서 헤미셀룰로오스 분해를 담당하는 효소로 위치づけ할 수 있습니다.

자일라나아제 단독 처리와 복합 효소 처리의 차이

자일라나아제는 자일란을 표적으로 하므로, 원료의 주요 장벽이 헤미셀룰로오스일 때 가장 논리적으로 맞습니다. 그러나 과일 펄프처럼 펙틴이 많은 원료, 목질화가 강한 줄기·껍질처럼 리그닌 영향이 큰 원료, 단백질 또는 전분 매트릭스가 함께 관여하는 원료에서는 자일라나아제만으로 모든 추출 장벽을 해결하기 어렵습니다 [1].

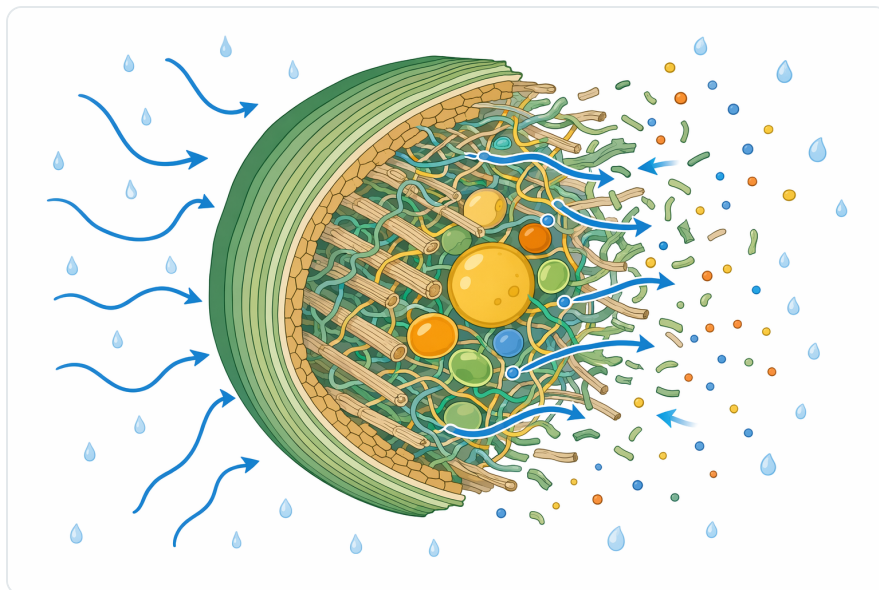


Figure 2. 식물 세포벽은 섬유질 입자에서 젖음, 확산, 용해된 화합물의 외부 이동을 제한해 추출 속도를 늦출 수 있습니다.

식물성 원료 추출에서는 효소의 역할을 “하나의 만능 분해제”가 아니라 “세포벽 구성 성분별로 다른 작용점을 가진 도구”로 보는 편이 정확합니다. 펙틴이 문제라면 펙틴 분해 효소가, 셀룰로오스 골격이 문제라면 셀룰라아제가, 단백질 매트릭스가 문제라면 프로테아제가 더 직접적으로 작용할 수 있습니다. 자일라나아제는 이들 중 헤미셀룰로오스, 특히 자일란성 장벽을 줄이는 역할을 맡습니다 .

주요 세포벽 효소의 botanical extraction 관점 비교

효소 유형	주 표적	추출 공정에서 기대되는 역할	적합한 원료 경향	자일라나아제와의 관계
자일라나아제	자일란, 헤미셀룰로오스	세포벽 연결망 완화, 용매 침투성 개선, 일부 점도 저감	곡물 외피, 잎, 줄기, 과피, 섬유질 부산물	헤미셀룰로오스 장벽이 클 때 핵심 효소
펙틴 관련 효소	펙틴, 펙틴성 겔	조직 연화, 과일·채소 추출액 유동성 개선	과일 펄프, 과피, 채소 조직	펙틴이 많은 원료에서 보완적
셀룰라아제	셀룰로오스	세포벽 골격 약화, 섬유질 분해 보조	섬유질 많은 잎·줄기·잔사	자일라나아제와 함께 구조 완화 가능
프로테아제	단백질	단백질 결합 또는 단백질 매트릭스 완화	씨앗, 단백질성 부산물	단백질 회수 공정에서 별도 역할
산 또는 화학 가수분해	다양한 결합	강한 분해, 빠른 구조 변화 가능	내구성 높은 바이오매스	선택성이 낮을 수 있어 효소 처리와 목적이 다름

효소 보조 추출은 이처럼 원료별 장벽에 맞춰 설계될 때 의미가 큼니다. 예를 들어 해바라기 가공 부산물에서 단백질 추출을 다룬 연구는 식물 부산물의 구조적 특성과 처리 조건이 회수 효율에 영향을 준다는 점을 보여 주며, 특정 효소 하나보다 원료 매트릭스 이해가 중요하다는 사실을 뒷받침합니다 ^[4].

적용 가능한 식물 원료와 공정 목적

허브, 잎, 줄기 원료

허브와 잎 원료는 폴리페놀, 플라보노이드, 방향성 성분, 색소, 수용성 추출물의 공급원으로 널리 사용됩니다. 그러나 건조 과정에서 세포벽이 수축하고 조직이 치밀해지면, 단순 침지 추출로는 내부 성분이 충분히 빠져나오지 않을 수 있습니다. 자일라나아제는 헤미셀룰로오스 네트워크를 절단해 수화와 용매 침투를 돕는 전처리 또는 동시 처리 효소로 고려될 수 있습니다 .

잎과 줄기 원료에서는 리그닌화 정도가 중요한 변수입니다. 어린 잎이나 연한 줄기는 효소 접근성이 상대적으로 높을 수 있지만, 성숙 줄기나 껍질이 많은 원료는 리그닌과 치밀한 섬유 구조가 효소 접근을 제한할 수 있습니다. 식물 세포벽의 효소적 해체가 미세 구조와 나노 구조의 영향을 받는다는 점은, botanical extraction에서도 원료 분쇄와 수화가 효소 반응의 선행 조건이 될 수 있음을 설명합니다 [1].

과피, 과일 부산물, 색소 원료

과피와 과일 부산물은 안토시아닌, 플라보노이드, 페놀산, 향기 전구체 등 다양한 성분을 포함할 수 있습니다. 그러나 펙틴과 헤미셀룰로오스가 함께 작용해 점도와 탁도를 높이고, 세포벽 결합형 성분의 용출을 제한할 수 있습니다. 안토시아닌과 페놀성 화합물 추출에서 효소 가수분해와 물리적 보조 처리를 함께 최적화한 연구는, 색소·페놀성 성분 회수에서 세포벽 분해가 실질적인 공정 변수임을 보여 줍니다 [2].

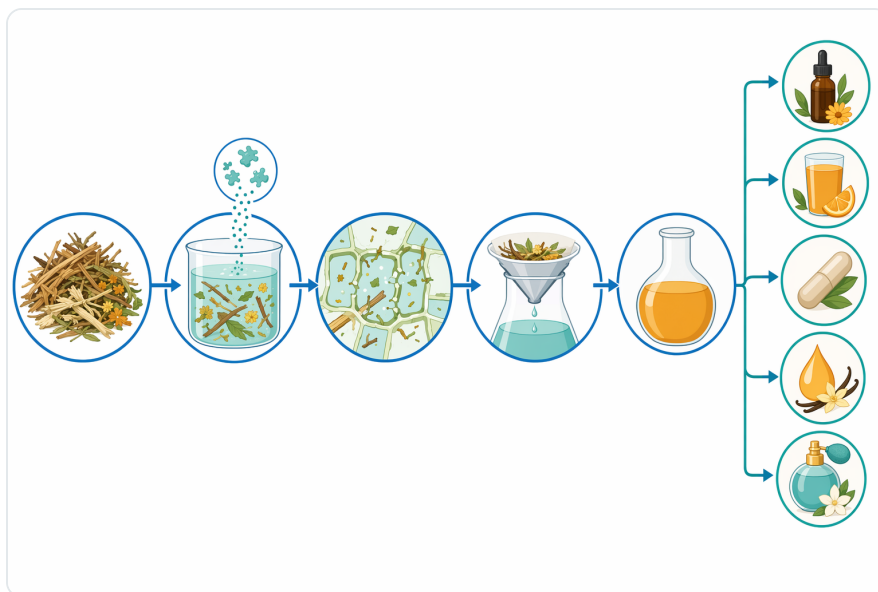


Figure 3. 일반적인 효소 보조 식물성 원료 추출 공정은 분쇄한 바이오매스를 수화하고, 자일라나아제를 분산시킨 뒤, 적합한 조건에서 슬러리를 유지하고, 마지막으로 고형물에서 추출물을 분리하는 방식으로 진행됩니다.

이런 원료에서는 자일라나아제가 단독 주역이라기보다 펙틴 관련 효소와 함께 고려되는 경우가 많습니다. 펙틴이 많은 과실류에서는 펙틴성 겔 구조를 줄이는 것이 우선일 수 있고, 자일라나아제는 헤미셀룰로오스성 연결망을 추가로 완화하는 역할을 합니다. 즉, 과피 추출에서 자일라나아제의 가치는 원료의 자일란 함량과 세포벽 구성에 따라 달라집니다.

씨앗, 껍질, 곡물성 부산물

씨앗 껍질과 곡물성 부산물은 헤미셀룰로오스와 섬유질 비율이 높아 자일라나아제 적용 논리가 비교적 분명한 편입니다. 다만 씨앗 원료는 지질, 단백질, 전분, 페놀성 성분이 복합적으로 존재하기 때문에, 목표 성분이 무엇인지에 따라 효소 선택이 달라집니다. 단백질 회수가 목적이라면 프로테아제 또는 단백질 추출 조건이 중요하고, 섬유질 매트릭스 완화가 목적이라면 자일라나아제와 다른 세포벽 효소의 역할이 커집니다 [4].

곡물 외피와 같은 원료에서는 아라비노자일란 계열 다당류가 공정 점도와 추출성에 관여할 수 있습니다. 자일라나아제는 이러한 자일란성 다당류를 짧게 절단해 유동성과 고형분 분산 상태에 영향을 줄 수 있지만, 실제 결과는 원료의 전처리 상태와 용매 조성에 크게 좌우됩니다 .

농산 부산물과 업사이클링 원료

포도박, 과피, 잎·줄기 잔사, 착즙 후 부산물, 식물 추출 후 잔사에는 여전히 세포벽 결합형 또는 잔존 기능성 성분이 남아 있을 수 있습니다. 이러한 부산물을 단순 폐기하지 않고 기능성 원료, 발효 기질, 추출 원료로 전환하려는 접근은 효소 가수분해와 바이오매스 가치화 연구에서 중요한 흐름입니다 [3].

자일라나아제는 농산 부산물 업사이클링에서 세포벽 접근성을 개선하는 효소로 사용할 수 있습니다. 특히 헤미셀룰로오스가 많은 부산물에서는 자일란 절단이 성분 용출뿐 아니라 후속 여과·압착·고액분리의 물성에도 영향을 줄 수 있습니다. 다만 부산물은 원료 변동성이 크므로, 같은 작물이라도 수확 시기, 건조 조건, 가공 이력에 따라 효소 반응성이 달라질 수 있습니다.

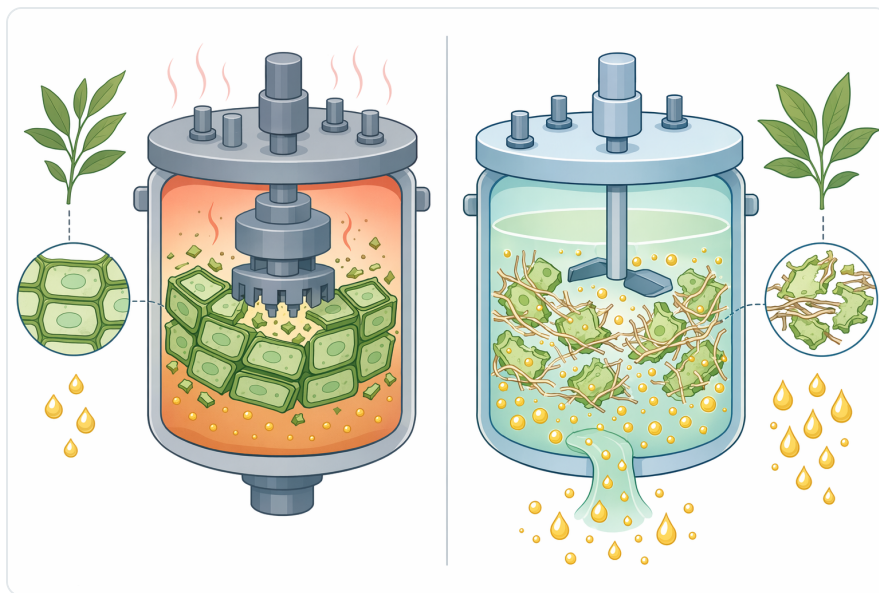


Figure 4. 자일라나아제, 셀룰라아제, 펙티나아제, β -글루카나아제, 보조 에스테라아제는 각각 서로 다른 세포벽 고분자를 표적으로 하므로 서로 다른 추출 장벽을 해결합니다.

추출 공정에서 기대할 수 있는 구체적 효과

추출 용매의 침투성 향상

자일라나아제 처리의 가장 직접적인 기대 효과는 용매 접근성 증가입니다. 세포벽이 느슨해지면 물, 에탄올-물 혼합 용매, 기타 수용성 추출 시스템이 원료 내부까지 확산되기 쉬워집니다. 이 효과는 단순히 "벽을 부순다"기보다, 자일란성 연결망을 절단해 세포벽의 팽윤과 내부 통로 형성을 돕는 방식으로 이해할 수 있습니다 ^[1].

세포벽 결합형 성분의 회수 가능성

일부 페놀성 화합물과 기능성 성분은 세포벽에 흡착되거나 다당류·리그닌성 구조와 가까운 위치에 존재할 수 있습니다. 효소 보조 추출은 이러한 결합형 또는 접근이 어려운 성분을 더 잘 회수하기 위한 전략으로 연구되어 왔으며, 안토시아닌과 페놀성 화합물 추출 조건 최적화에서도 효소 가수분해가 주요 변수로 다뤄졌습니다 ^[2].

점도와 고액분리성 조절

헤미셀룰로오스가 용출되면 추출액의 점도와 여과성이 나빠질 수 있습니다. 자일라나아제는 고분자 자일란을 더 짧은 조각으로 만들어 추출액의 흐름과 고형분 분리 거동을 바꿀 수 있습니다. 다만 점도 변화는 원료 내 펙틴, 전분, 단백질, 미세입자 함량에도 영향을 받으므로, 자일라나아제만의 효과로 단정하기보다는 전체 매트릭스 물성의 일부로 해석해야 합니다 .

온화한 공정 설계와 성분 보존

강한 산·알칼리, 과도한 열, 장시간 추출은 일부 민감한 식물 성분의 분해나 변색, 향 손실을 유발할 수 있습니다. 효소 보조 공정은 상대적으로 선택적인 가수분해를 통해 세포벽 장벽을 완화하므로, 온화한 조건에서 추출성을 높이거나 할 때 검토할 수 있습니다. 폐기물 가치화 연구에서도 효소 가수분해는 화학적 처리와 함께 바이오매스 전환의 주요 방법으로 다뤄집니다 ^[3].

공정 설계에서 중요한 변수

자일라나아제를 botanical extraction에 적용할 때는 효소 자체보다 "효소가 표적에 접근할 수 있는 공정 환경"이 더 중요할 때가 많습니다. 건조 원료는 충분히 수화되어야 하고, 입자가 너무 크면 효소가 내부 세포벽까지 도달하기 어렵습니다. 반대로 과도한 미분쇄는 여과성을 악화시키고 미세입자 손실을 늘릴 수 있어 균형이 필요합니다 ^[1].

pH와 온도는 효소 단백질의 구조 안정성과 반응성에 영향을 줍니다. 자일라나아제는 특정 조건에서 더 잘 작용하지만, botanical extraction에서는 목표 성분의 안정성도 함께 고려해야 합니다. 예를 들어 안토시아닌 같은 색소는 pH와 열에 민감할 수 있으므로, 효소 반응 조건은 세포벽 분해 효율과 성분 보존성 사이에서 조정되어야 합니다 [2].



Figure 5. 자일라나아제는 겨, 껍질, 줄기, 수피, 뿌리, 종피, 과일 부산물, 풀류, 목질 부산물과 같은 섬유질이 많은 식물성 원료에 가장 적합합니다.

용매 조성도 중요합니다. 효소는 일반적으로 물이 관여하는 환경에서 작용하므로, 수분이 부족하거나 효소 단백질을 변성시키는 용매 조건에서는 반응성이 떨어질 수 있습니다. 따라서 자일라나아제 처리는 고농도 유기용매 추출 전에 수화 전처리로 배치하거나, 효소가 견딜 수 있는 수용성 추출 단계와 연결하는 방식으로 설계되는 경우가 많습니다.

반응 시간과 교반은 효소 접근성과 관련됩니다. 너무 짧은 접촉은 세포벽 완화가 충분하지 않을 수 있고, 너무 긴 처리는 공정 시간 증가, 미생물 관리 부담, 원료 성분 변화 가능성을 키울 수 있습니다. 효소 보조 추출 연구들이 조건 최적화를 강조하는 이유는, 효소 처리가 단순 첨가제가 아니라 시간·온도·pH·물성의 영향을 받는 반응 단계이기 때문입니다 [2].

자일라나아제가 특히 적합한 추출 목표

폴리페놀과 플라보노이드 추출

폴리페놀과 플라보노이드는 허브, 과피, 잎, 꽃, 씨앗 껍질 등 다양한 식물 원료에 존재합니다. 이들 성분은 용매에 잘 녹는 형태로 존재하기도 하지만, 일부는 세포벽 내부에 갇히거나 세포벽 성분과 상호작용할 수 있습니다. 자일라나아제는 헤미셀룰로오스 장벽을 줄여 이러한 성분의 용출 경로를 넓히는 데 기여할 수 있습니다 [2].

식물 색소와 수용성 기능성 성분

안토시아닌, 일부 플라보노이드 색소, 수용성 생리활성 성분은 세포벽이 열리면 회수 가능성이 높아질 수 있습니다. 다만 색소는 pH, 산소, 금속 이온, 온도에 민감할 수 있으므로, 자일라나아제 처리는 색소 안정성을 해치지 않는 범위에서 설계되어야 합니다. 효소 가수분해와 마이크로파 보조 추출을 함께 다룬 연구는 색소 추출에서 세포벽 분해와 공정 조건의 상호작용이 중요하다는 점을 보여줍니다 [2].

식물 부산물의 기능성 원료화

착즙 후 남은 과피와 펄프, 농산 가공 잔사, 식물 추출 후 고형 잔사는 여전히 기능성 성분을 포함할 수 있습니다. 자일라나아제는 이러한 부산물의 헤미셀룰로오스 장벽을 완화해 추가 회수 공정의 접근성을 높일 수 있습니다. 이는 폐기물 저감과 원료 가치화라는 관점에서 효소 가수분해가 주목받는 이유와 맞닿아 있습니다 [3].

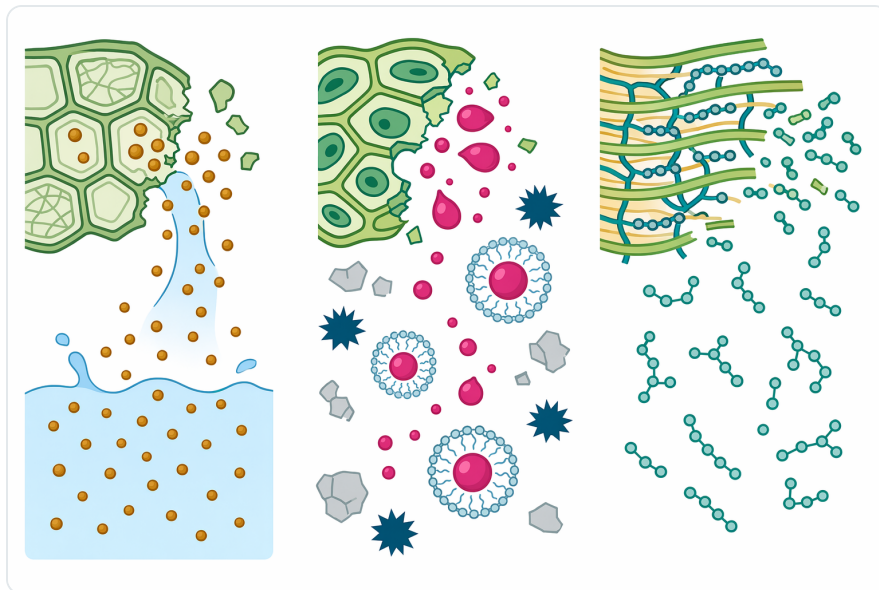


Figure 6. 자일라나아제는 헤미셀룰로오스가 풍부한 장벽을 열어 페놀성 화합물, 색소, 다당류 조각 및 기타 접근 가능한 식물성 성분의 방출을 도울 수 있습니다.

한계: 자일라나아제가 해결하지 못하는 문제

자일라나아제는 자일란을 분해하지만, 리그닌을 직접 제거하지는 않습니다. 목질화가 강한 원료에서는 리그닌이 효소 접근을 막고 세포벽 다당류를 보호하는 역할을 할 수 있습니다. 이런 원료는 분쇄, 수화, 온화한 전처리, 다른 효소와의 조합이 필요할 수 있으며, 자일라나아제 단독 효과는 제한적일 수 있습니다 [1].

펙틴이 지배적인 원료에서도 자일라나아제만으로는 충분하지 않을 수 있습니다. 예를 들어 과일 펄프나 일부 채소 조직에서는 펙틴성 겔이 점도와 조직 유지에 크게 기여합니다. 비트 펄프에서 펙틴 추출 조건을 다룬 연구처럼, 펙틴은 식물 부산물 공정에서 독립적인 주요 표적이 될 수 있으므로 자일란 분해와 별도로 고려해야 합니다 [5].

또한 단백질이나 전분이 목표 성분 또는 방해 성분으로 작용하는 경우, 자일라나아제의 역할은 간접적입니다. 해바라기 가공 부산물에서 단백질 추출을 다룬 연구가 보여 주듯, 식물 부산물의 회수 공정은 세포벽 분해뿐 아니라 단백질 용해성, 입자 구조, pH 조건 등 여러 요인에 의해 결정됩니다 [4].

적용 주장별 근거 수준 요약

적용 주장	근거 수준	해석
자일라나아제는 자일란성 헤미셀룰로오스를 분해한다	높음	자일라나아제의 기본 기능과 산업적 사용 목적이 자일란 분해에 있음
식물 세포벽 분해는 추출 접근성을 높일 수 있다	높음	식물 세포벽의 미세·나노 구조가 효소적 해체와 성분 이동에 영향을 줌 [1]
안토시아닌·페놀성 화합물 추출에서 효소 가수분해가 유용할 수 있다	중간~높음	효소 가수분해와 보조 추출 조건을 최적화한 연구가 보고됨 [2]
농산 부산물 가치화에 자일라나아제가 기여할 수 있다	중간	효소 가수분해는 폐기물 가치화의 주요 접근이나, 원료별 조성 차이가 큼 [3]
모든 식물 원료에서 자일라나아제 단독 처리가 최적이다	낮음	펙틴, 셀룰로오스, 리그닌, 단백질, 전분 등 다른 장벽이 함께 작용함 [1]

Enzymes.bio에서의 제품 이해

Xylanase For Botanical Extraction은 식물성 원료 추출 공정에서 헤미셀룰로오스, 특히 자일란성 세포벽 장벽을 완화하기 위한 자일라나아제 제품입니다. 허브, 잎, 줄기, 과피, 씨앗 껍질, 농산 부산물, 식물 추출 잔사처럼 섬유질 매트릭스가 추출 효율을 제한하는 원료에서 공정 보조 효소로 검토할 수 있습니다 .

Enzymes.bio는 제조사나 실험실이 아니라 B2B 효소 공급업체입니다. 이 제품은 1kg 단위로 온라인 직접 판매되며, 온라인 주문 후 처리됩니다. 제품 관련 CoA와 SDS는 주문 시 함께 제공됩니다.

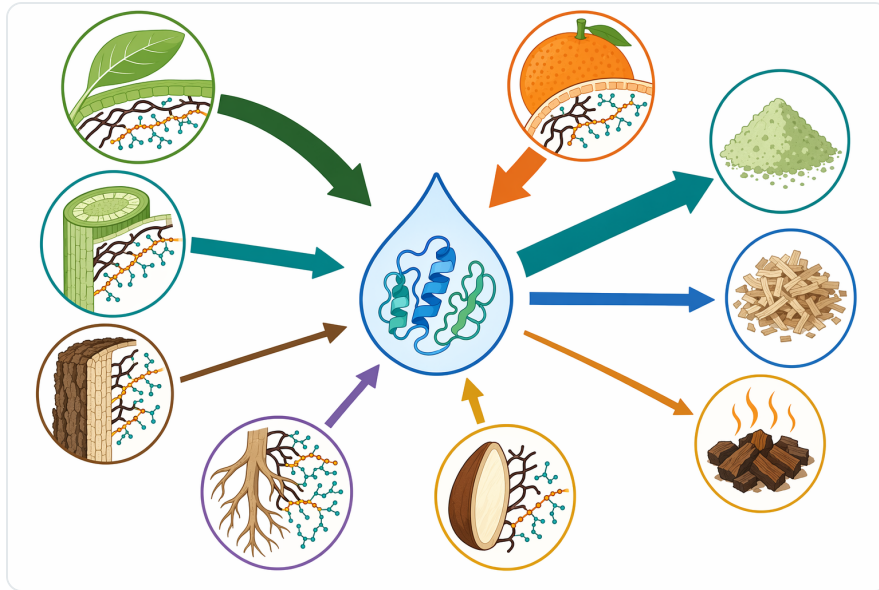


Figure 7. 자일라나아제의 효과는 자일란 함량, 치환 정도, 리그닌과의 결합, 식물 부위, 성숙도, 건조, 분쇄, 사전 열처리가 기질 접근성에 영향을 미치기 때문에 달라집니다.

실제 적용 결과는 원료의 식물학적 특성, 분쇄도, 수분 함량, 용매 조성, pH, 온도, 접촉 시간, 교반, 후속 여과·농축 조건에 따라 달라집니다. 자일라나아제는 자일란을 표적으로 하는 효소이므로, 펙틴이나 셀룰로오스가 주요 장벽인 원료에서는 다른 세포벽 효소와 함께 이해하는 것이 더 정확합니다 [1].

핵심 정리

자일라나아제는 botanical extraction에서 식물 세포벽의 헤미셀룰로오스 장벽을 완화하는 효소입니다. 자일란 주쇄를 절단해 세포벽 구조를 느슨하게 만들고, 추출 용매의 침투와 유효 성분의 이동을 돕는 방식으로 작용합니다 .

이 효소는 폴리페놀, 플라보노이드, 식물 색소, 수용성 기능성 성분, 농산 부산물 가치화 공정에서 특히 의미가 있습니다. 다만 자일라나아제는 모든 세포벽 성분을 분해하는 만능 효소가 아니며, 원료에 따라 펙틴, 셀룰로오스, 리그닌, 단백질, 전분 같은 다른 장벽이 더 중요할 수 있습니다 [1].

따라서 Xylanase For Botanical Extraction은 “강한 화학 처리의 단순 대체제”라기보다, 식물 원료의 헤미셀룰로오스성 구조를 온화하게 조절해 추출 공정의 접근성을 높이는 효소 옵션으로 보는 것이 적절합니다. Enzymes.bio에서는 이 제품을 1kg 단위로 온라인 직접 구매할 수 있으며, 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공됩니다.

Xylanase 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.

[Xylanase 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. Refahi, Y., Zoghalmi, A., Viné, T., Terryn, C., & Paës, G. (2024). Plant Cell Wall Enzymatic Deconstruction: Bridging the Gap Between Micro and Nano Scales. *bioRxiv*.
2. Nguyen, K. D., Nguyen, N., & Dong, T. A. D. (2025). Optimization of Extraction Conditions for Anthocyanin and Phenolic Compounds From Clitoria ternatea L. Assisted by Microwave and Enzyme Hydrolysis. *Journal of food biochemistry*.
3. Szopa, D., Skrzypczak, D., Izydorczyk, G., Chojnacka, K., Moustakas, K., & Witek-Krowiak, A. (2023). Waste Valorization towards Industrial Products through Chemo- and Enzymatic- Hydrolysis. *Bioengineered*, 14.
4. Krylova, I., & Fedorov, A. V. (2025). Enzymatic protein extraction from sunflower processing products. *Processes and Food Production Equipment*.
5. Semenikhin, S. O., Fabritskaya, A., Gorodetsky, V., & Daisheva, N. (2024). STUDY OF THE EFFECTIVENESS OF CITRIC ACID SOLUTIONS ON THE DEGREE OF PECTIN EXTRACTION FROM FERMENTED BEET PULP. *Fruit growing and viticulture of South Russia*.

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