

자일라나아제 헤미셀룰라아제 제빵용 식품 효소: 식빵, 통밀빵, 고섬유 빵 반죽 품질 개선

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

자일라나아제는 밀가루와 곡물 원료의 아라비노자일란을 부분적으로 절단해 반죽의 수분 분포, 점탄성, 가스 보유력, 오븐 스프링 및 크럼 구조에 영향을 주는 제빵용 헤미셀룰라아제입니다. 식빵, 통밀빵, 멀티그레인 빵, 오토브랜 강화 반죽처럼 세포벽 다당류가 품질 변동의 원인이 되는 배합에서 공정 안정성과 제품 균일성을 개선하는 데 활용됩니다

^[1] Enzymes.bio의 **Xylanase Hemicellulase Bread Baking Food Grade Additive**는 1kg 단위 온라인 판매 제품이며, 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공됩니다 .

제품의 기술적 위치: “빵을 부풀리는 효소”보다 “곡물 섬유를 조절하는 효소”

제빵용 자일라나아제는 반죽 안에서 전분이나 글루텐을 직접 주된 표적으로 삼는 효소가 아니라, 밀과 곡물 세포벽에 존재하는 자일란계 헤미셀룰로오스, 특히 아라비노자일란(arabinoxylan, AX)을 표적으로 하는 효소입니다. 밀가루의 대부분은 전분과 단백질이지만, 소량 존재하는 비전분 다당류가 물을 강하게 붙잡고 글루텐 네트워크의 연속성을 방해하면 실제 반죽 물성에는 큰 차이가 생깁니다. 자일라나아제는 이 AX의 고분자 골격을 선택적으로 낮은 분자량으로 바꾸어 반죽 내 물의 위치, 액상 점도, 글루텐-전분 매트릭스의 연결성을 조정합니다 ^[2].

이 효소가 제빵에서 의미를 갖는 이유는 AX가 단순한 “섬유질”이 아니라 반죽의 미세구조에 관여하는 기능성 성분이기 때문입니다. 물에 잘 녹지 않는 AX는 거층이나 세포벽 조각처럼 작용해 글루텐 단백질의 결합과 필름 형성을 방해할 수 있고, 물에 녹는 AX는 반죽 액상의 점도와 계면 안정성에 관여할 수 있습니다. 따라서 자일라나아제의 역할은 AX를 전부 없애는 것이 아니라, 빵 품질에 불리하게 작용하는 고분자·불용성 부분을 적절히 조절해 반죽이 발효 가스를 더 안정적으로 보유하도록 돕는 데 있습니다 ^[3].

Enzymes.bio는 본 제품을 제조하거나 분석하는 실험실이 아니라 온라인 공급업체입니다. 제품은 1kg 단위로 구매할 수 있으며, 개별 주문에 제품 문서인 CoA와 SDS가 함께 제공됩니다 . 이 문서는 특정 활성 단위나 분석법을 설명하기보다, 제빵 공정에서 자일라나아제/헤미셀룰라아제가 어떤 품질 변수와 연결되는지 이해하기 위한 기술 자료로 작성되었습니다.

반죽에서 자일라나아제가 작동하는 구체적 기전

1. 물불용성 아라비노자일란을 부분적으로 가용화한다

밀가루와 통곡물 원료의 AX는 물에 녹는 부분과 잘 녹지 않는 부분으로 나눌 수 있습니다. 물불용성 AX는 수화 중에도 거친 세포벽 네트워크나 미세한 입자 형태로 남아 글루텐 단백질의 연속적인 막 형성을 방해하고, 반죽 내 물을 특정 위치에 묶어 둡니다. 자일라나아제는 자일란 주쇄의 내부 결합을 절단하는 방식으로 고분자 AX의 크기를 낮추며, 그 결과 일부 물불용성 AX가 물추출성 또는 부분 가용성 성분으로 전환됩니다 [2].

이 변화는 반죽을 단순히 “뭉개” 만드는 현상이 아닙니다. 불용성 AX가 과도하게 많을 때는 글루텐 형성을 방해하고 반죽을 뻘뻘하게 만들 수 있지만, 적절히 가용화된 AX는 반죽 액상에서 점도를 형성하고 기포 주변의 얇은 막을 안정화하는 데 기여할 수 있습니다. 즉, 자일라나아제의 유용성은 분해 자체가 아니라 불용성 섬유 장벽을 줄이면서도 반죽 액상의 기능성을 유지하는 균형에서 나옵니다 [3].

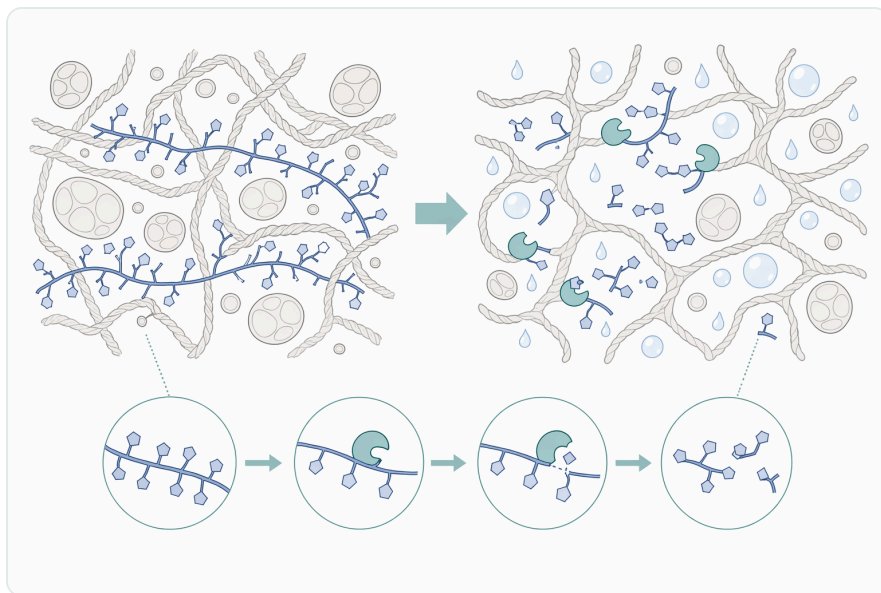


Figure 1. 식품 등급 자일라나아제는 밀 아라비노자일란을 가수분해하여 수분 분포, 반죽 작업성, 빵 부피 및 빵 속 구조를 개선합니다.

2. 반죽 내 물의 “소유권”을 바꾼다

AX는 밀가루 성분 중에서도 물 결합력이 큰 편에 속합니다. 특히 통밀, 오토브랜, 멀티그레인, 섬유 강화 배합에서는 AX와 기타 비전분 다당류가 상당량의 물을 붙잡아 글루텐 단백질과 전분 입자가 이용할 수 있는 수분을 줄일 수 있습니다. 자일라나아제가 AX를 부분 절단하면 고분자 네트워크가 느슨해지고, 일부 물이 반죽의 다른 성분으로 재분배됩니다. 이때 반죽은 더 확장성 있게 변하거나, 성형 중 갈라짐이 줄거나, 믹싱 후 점탄성 균형이 달라질 수 있습니다 [4].

다만 이 효과는 항상 같은 방향으로 나타나지 않습니다. 수분이 충분하지 않은 고섬유 배합에서는 자일라나아제가 물의 재분배를 통해 반죽 발달을 도울 수 있지만, 수분이 이미 높거나 기계적 믹싱이 강한 조건에서는 지나친 연화, 점착성 증가, 성형 안정성 저하가 나타날 수 있습니다. 따라서 자일라나아제는 “물 흡수율을 자동으로 올리는 효소”가 아니라, 원료 섬유와 물의 결합 상태를 조절해 반죽의 실질적인 가공성을 바꾸는 효소로 이해해야 합니다.

3. 발효 가스 보유와 오븐 스프링에 영향을 준다

빵 부피는 효모가 만든 이산화탄소의 양만으로 결정되지 않습니다. 발효 중 생성된 가스를 반죽이 얼마나 오래 붙잡고, 오븐 초기에 얼마나 안정적으로 팽창시키는지 중요합니다. 자일라나아제가 불용성 AX를 줄이고 반죽 액상의 점도와 계면 특성을 바꾸면, 기포 주변의 막이 더 균일하게 형성되고 가스 세포가 조기에 합쳐지거나 터지는 현상이 줄어들 수 있습니다. 상업적 세균성 및 곰팡이성 자일라나아제를 비교한 연구에서도 반죽 레올로지, 빵 부피, AX 구조가 함께 변화하는 것으로 보고되었습니다 [2].

오븐 스프링은 굽기 초반의 빠른 팽창과 단백질-전분 구조의 고정 사이에서 결정됩니다. 자일라나아제가 반죽을 적절히 확장성 있게 만들면 팽창 여지가 커지고, 동시에 기포막의 점탄성이 유지되면 팽창 후 붕괴를 줄일 수 있습니다. 반대로 AX가 지나치게 분해되어 반죽이 느슨해지면 오븐에서 팽창을 유지하지 못하고 퍼짐이나 꺼짐이 발생할 수 있습니다. 이 때문에 제빵용 자일라나아제의 핵심은 강한 분해가 아니라 **제한적·공정 적합적 분해**입니다.

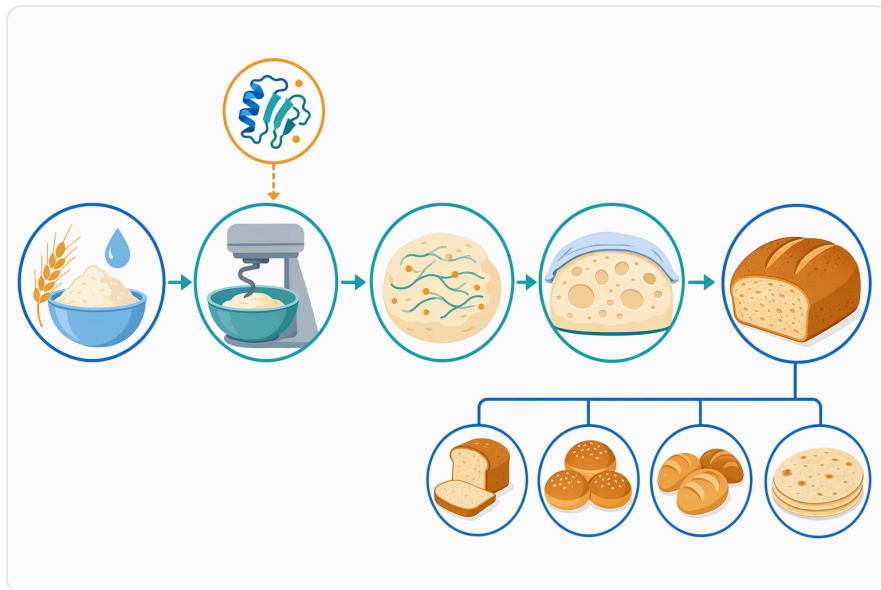


Figure 2. 제빵 과정에서 자일라나아제는 반죽 혼합 단계에 투입되어 반죽 형성과 발효 과정 동안 작용한 뒤, 굽는 동안 열에 의해 불활성화됩니다.

제빵 품질 변수별 기대 효과와 한계

자일라나아제는 여러 품질 지표를 동시에 바꿀 수 있습니다. 반죽 단계에서는 믹싱 중 저항, 확장성, 점착성, 성형성에 영향을 주고, 발효와 굽기 단계에서는 가스 보유력, 팬 내 상승, 오븐 스프링, 최종 부피, 크럼 기공 구조에 영향을 줄 수 있습니다. *Aureobasidium pullulans* 유래 자일라나아제를 활용한 연구에서도 반죽 레올로지와 빵 품질이 함께 평가되었으며, 이는 자일라나아제가 단일 물성보다 전체 공정 흐름과 연결된 효소임을 보여줍니다 [1].

품질 변수	자일라나아제가 관여하는 지점	기대되는 방향	주의해야 할 한계
반죽 확장성	불용성 AX 장벽 완화, 물 재분배	성형성·팬 플로우 개선 가능	과도한 연화 시 점착성 증가
믹싱 안정성	글루텐 형성 중 섬유 간섭 감소	반죽 발달 균일화 가능	밀가루 단백질 품질이 낮으면 효과 제한
가스 보유력	기포막 주변 액상 점도 및 계면 특성 변화	발효 중 기포 안정성 개선 가능	과분해 시 가스 세포 붕괴 가능
오븐 스프링	굽기 초반 팽창성과 구조 고정의 균형	부피 향상 가능	수분·발효 과다 조건에서는 퍼짐 발생 가능
크럼 구조	기포 크기 분포와 기포벽 안정화	더 미세하고 균일한 조직 가능	배합 내 지방·당·유화제 영향과 상호작용
통밀·고섬유 제품	겨층, 브랜, 비전분 다당류 조절	무거운 식감 완화 가능	섬유 원료 종류별 반응 차이 큼

이 표에서 중요한 점은 자일라나아제가 하나의 결과만 만드는 성분이 아니라는 것입니다. 예를 들어 반죽 확장성이 좋아지면 성형은 쉬워질 수 있지만, 같은 조건에서 발효 시간이 길면 반죽이 약해질 수 있습니다. 최종 부피가 늘어나는 경우에도 크럼 기공이 반드시 더 고운 것은 아니며, 물성 변화가 너무 커지면 오히려 기공이 불균일해질 수 있습니다. 따라서 자일라나아제의 효과는 밀가루 품질, 수분 설계, 믹싱 에너지, 발효 관리, 굽기 조건이 함께 맞을 때 가장 안정적으로 나타납니다 [5].

식빵과 팬 브레드에서의 적용 의미

식빵과 팬 브레드는 제빵용 자일라나아제가 가장 이해하기 쉬운 적용 분야입니다. 팬 안에서 일정한 높이로 상승해야 하고, 슬라이스 시 찢어짐이 적어야 하며, 크럼은 지나치게 거칠거나 큰 기공 없이 균일해야 합니다. 이때 반죽의 가스 보유력과 오븐 스프링은 최종 부피뿐 아니라 슬라이스 안정성과 씹힘에도 영향을 줍니다. 효소와 사워도우 조합을 다룬 최근 연구에서도 효소 처리가 글루텐 기반 빵 품질 조절의 한 축으로 다뤄지고 있습니다 [6].

식빵 배합에서 자일라나아제의 기술적 장점은 "같은 발효 조건에서 기포를 더 안정적으로 유지할 가능성"입니다. 반죽이 너무 단단하면 발효 가스가 충분히 확장되지 못하고, 반죽이 너무 약하면 팽창 후 꺼집니다. 자일라나아제는 AX로 인한 물 결합과 섬유 간섭을 조절하여 이 중간 영역을 넓히는데 도움을 줄 수 있습니다. 특히 제분 편차나 원료 배치 차이로 반죽이 약간 무거워지는 경우, 자일라나아제는 성형성, 팬 내 퍼짐, 굽기 초반 팽창을 조정하는 공정 도구가 될 수 있습니다 [2].

식빵에서 주의할 점은 부피만 보고 판단하면 안 된다는 것입니다. 부피가 증가해도 크럼 벽이 약해지거나 슬라이스 중 부스러짐이 늘면 상업적 품질은 개선된 것이 아닙니다. 자일라나아제 적용 후에는 팬 높이, 크럼 기공, 측면 수축, 빵 껍질과 내부의 수분 균형, 냉각 후 절단성을 함께 보아야 합니다. 이는 자일라나아제가 반죽 액상과 글루텐 구조를 동시에 바꾸기 때문입니다.

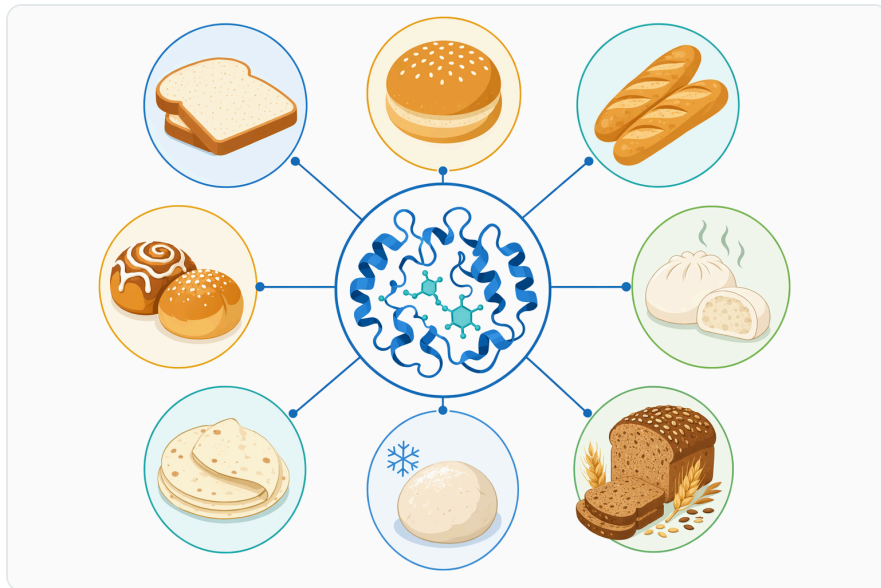


Figure 3. 제빵용 자일라나아제는 식빵, 번, 롤빵, 플랫브레드, 냉동 반죽 및 식이섬유 강화 배합 등 다양한 제품에 사용됩니다.

통밀빵·멀티그레인·고섬유 빵에서 더 크게 체감되는 이유

통밀빵과 멀티그레인 빵은 정제 밀가루 식빵보다 자일라나아제의 효과가 더 분명하게 드러나는 경우가 많습니다. 통밀에는 겨층과 배아 성분이 포함되어 있고, 이들은 글루텐 네트워크를 물리적으로 끊거나 수분을 경쟁적으로 흡수할 수 있습니다. 섬유 강화 빵에서도 타이거넛 부산물, 오토 β-글루칸, 다양한 브랜 원료처럼 물을 강하게 보유하는 성분이 들어가면 크럼 구조, 수분 이동, 저장 중 텍스처 변화가 복잡해집니다 [7].

고섬유 원료의 문제는 단순히 "물이 많이 필요하다"가 아닙니다. 같은 수분을 넣어도 물이 글루텐 발달에 쓰이는지, 섬유 입자 안에 갇히는지, 전분 젤라틴화에 이용되는지에 따라 반죽과 빵 품질이 달라집니다. 자일라나아제는 AX 계열 섬유의 고분자 구조를 낮추어 물의 이동성을 조절하고, 불용

성 세포벽 조각이 만드는 기계적 방해물을 줄일 수 있습니다. 오프브랜 강화 반죽에서 α -아밀라아제, 자일라나아제, 셀룰라아제의 영향을 비교한 연구가 수행된 것도 이러한 고섬유 배합의 레올로지 조절 필요성과 연결됩니다 [4].

그러나 통밀이나 멀티그레인 배합에서 자일라나아제가 만능인 것은 아닙니다. 겨 입자의 크기, 열처리 여부, 수분 흡수 속도, 단백질 함량, 손상 전분, 배합 내 당·지방·유화 성분이 모두 작용합니다. 예를 들어 밀가루 입자 크기와 원료 기원이 빵 구조와 식후 반응에 영향을 줄 수 있다는 연구는, 제빵 품질이 효소 하나가 아니라 원료 물리 특성과 함께 결정된다는 점을 보여줍니다 [8]. 따라서 고섬유 빵에서 자일라나아제는 구조적 부담을 줄이는 도구이지만, 입도 설계와 수분 설계의 대체재는 아닙니다.

오프브랜, β -글루칸, 기타 하이드로콜로이드성 성분과의 상호작용

오프브랜이나 β -글루칸이 포함된 빵에서는 자일라나아제의 해석이 더 정교해야 합니다. 오프 β -글루칸은 물을 붙잡고 점도를 높여 빵의 품질과 저장 안정성에 영향을 줄 수 있으며, 최근 연구에서도 오프 β -글루칸이 밀빵의 구조, 텍스처, 저장 안정성과 연결되어 평가되었습니다 [9]. 이런 배합에서는 AX뿐 아니라 β -글루칸, 전분, 단백질, 기타 섬유가 모두 물을 경쟁적으로 사용합니다.

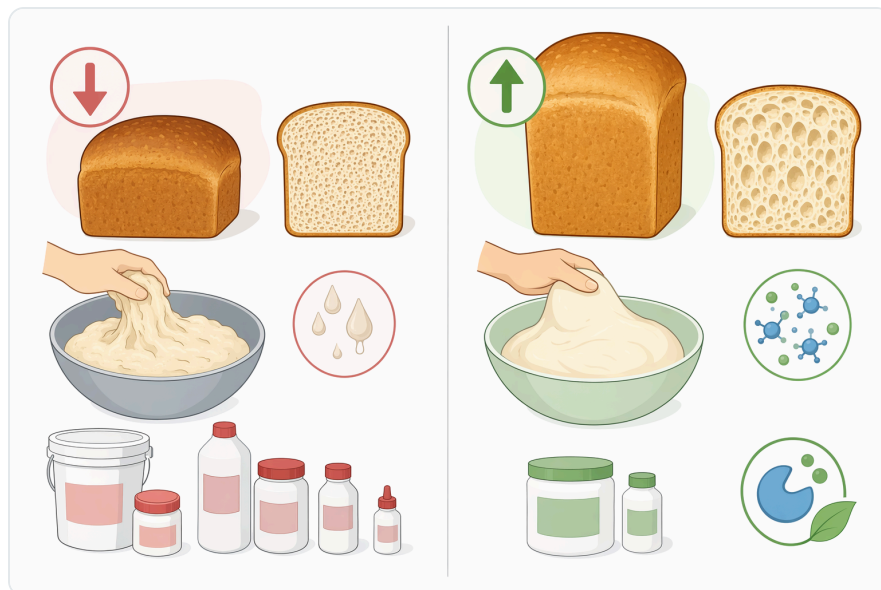


Figure 4. 자일라나아제는 기존 반죽 개량제만 사용했을 때와 비교해, 밀가루의 헤미셀룰로오스를 선택적으로 변형하여 빵 부피와 빵 속의 부드러움을 향상시킬 수 있습니다.

자일라나아제는 β -글루칸을 주 표적으로 하는 효소가 아니므로, 오프 원료에서 발생하는 모든 점도 문제를 직접 해결한다고 보기는 어렵습니다. 하지만 밀가루 AX와 오프브랜 유래 세포벽 성분이 함께 존재하는 반죽에서는 AX 부분 조절만으로도 반죽 흐름, 성형성, 기포 안정성이 달라질 수 있습니다.

다. 실제로 오프브랜 강화 반죽에서 여러 효소가 레올로지에 미치는 영향을 다룬 연구는, 섬유 강화 제품에서 효소 선택이 단일 성분이 아니라 전체 다당류 매트릭스와 연결된다는 점을 시사합니다 [4].

하이드로콜로이드가 별도로 들어가는 배합도 마찬가지입니다. 하이드로콜로이드는 반죽의 물 보유, 점도, 구조 유지에 기여할 수 있지만, 자일라나아제가 AX를 가용화하면 액상 점도와 물 분포가 다시 변합니다. 따라서 구아검, 잔탄검, HPMC 등 점도 조절 성분이 있는 배합에서는 자일라나아제의 효과가 더 부드럽게 나타날 수도 있고, 반대로 점착성이 크게 증가할 수도 있습니다. 이 경우 핵심은 효소와 검류를 “동일 기능 성분”으로 보는 것이 아니라, 하나는 곡물 세포벽을 바꾸고 다른 하나는 연속상 점도를 형성한다는 차이를 이해하는 것입니다.

자일라나아제와 다른 제빵 효소의 기능 차이

제빵에서는 자일라나아제 외에도 α-아밀라아제, 셀룰라아제, 리파아제, 산화효소 등이 사용됩니다. 이 효소들은 모두 “빵 품질 개선”이라는 결과로 묶일 수 있지만, 작용 기질과 공정 효과는 다릅니다. 자일라나아제와 산화효소가 밀 반죽, 글루텐, 베이킹 성능에 미치는 영향을 함께 다룬 연구는 효소 조합이 반죽 구조에 복합적으로 작용함을 보여줍니다 [5].

효소 유형	주된 표적	제빵에서 흔한 품질 연결점	자일라나아제와의 차이
자일라나아제 / 헤미셀룰라아제	아라비노자일란, 자일란계 헤미셀룰로오스	반죽 확장성, 가스 보유, 크럼 균일성, 통밀 품질	곡물 세포벽 다당류와 물 분포를 조절
α-아밀라아제	전분	발효성 당 생성, 크러스트 색, 부드러움	전분 분해가 중심이며 AX 조절과 다름
셀룰라아제	셀룰로오스계 섬유	고섬유 반죽 물성 변화	자일란이 아닌 셀룰로오스 계열에 더 직접적
산화효소	단백질-페놀성 성분의 산화 반응	글루텐 강화, 반죽 탄성, 구조 안정	분해보다 산화적 결합 형성에 가까움
리파아제	지질	크럼 부드러움, 유화 효과, 부피	지질 변환을 통한 구조 안정화가 중심

α-아밀라아제, 자일라나아제, 셀룰라아제가 함께 생성된 효소 조합을 빵 품질 개선제로 평가한 연구처럼, 실제 제빵에서는 단일 효소보다 조합 효과가 중요한 경우가 있습니다 [10]. 그러나 조합이 늘 좋은 것은 아닙니다. 아밀라아제가 전분을 과도하게 분해하면 끈적한 크럼이 생길 수 있고, 자일라나아제가 AX를 과도하게 분해하면 반죽이 약해질 수 있습니다. 산화효소가 글루텐을 강화하는 방향으로 작용하면 자일라나아제의 반죽 연화 효과와 균형을 이룰 수 있지만, 배합에 따라서는 반죽이 지나치게 탄성적이거나 수축성이 커질 수도 있습니다.

실무적으로 자일라나아제를 이해할 때 가장 좋은 기준은 “이 배합에서 문제의 중심이 전분인가, 글루텐인가, 지질인가, 아니면 곡물 세포벽과 물 분포인가”를 구분하는 것입니다. 통밀·브랜·멀티그레인·고섬유 배합처럼 세포벽 다당류가 두드러지는 경우에는 자일라나아제가 더 직접적인 후보가 됩니다. 반면 단순히 당 생성이나 껍질 색이 문제라면 아밀라아제 계열이 더 관련될 수 있습니다.

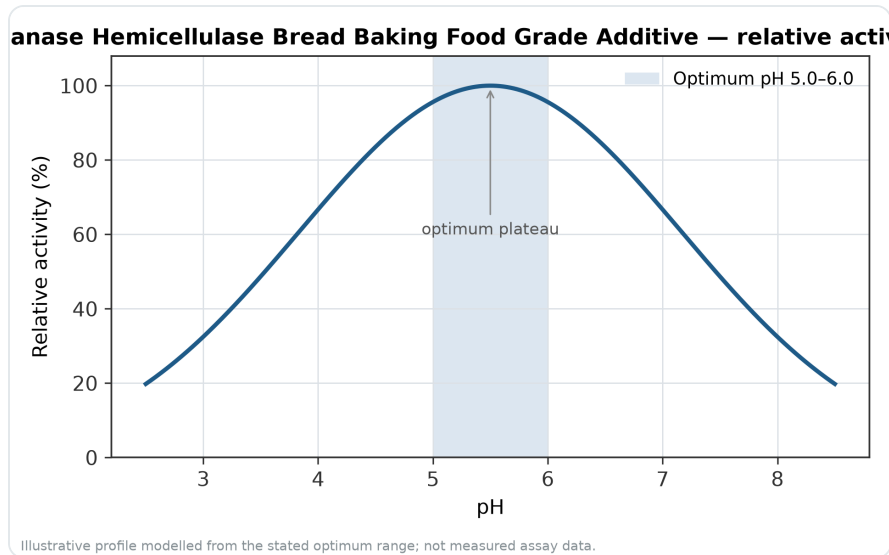


Figure 5. pH에 따른 자일라나아제 헤미셀룰라아제 제빵용 식품 등급 첨가제의 상대 활성으로, pH 5.0~6.0에서 최적 활성 구간이 나타납니다.

글루텐 기반 빵과 글루텐프리 제품에서의 차이

자일라나아제는 전통적으로 밀가루 기반 빵에서 많이 논의되어 왔습니다. 밀 반죽에서는 글루텐 네트워크가 발효 가스를 보유하는 핵심 구조이고, AX는 이 네트워크의 형성과 액상 점도에 영향을 줍니다. 따라서 자일라나아제는 글루텐을 직접 만드는 효소가 아니지만, 글루텐이 더 연속적으로 작동할 수 있는 환경을 조성할 수 있습니다. 글루텐 기반 빵에서 사워도우와 효소 조합이 품질에 미치는 영향을 다룬 연구는 이러한 구조 조절 접근이 현대 제빵 연구에서 계속 다뤄지고 있음을 보여줍니다 [6].

글루텐프리 제품에서는 상황이 다릅니다. 쌀가루, 옥수수 전분, 메밀, 수수, 콩류, 하이드로콜로이드가 구조를 대신 형성하는 경우가 많고, 글루텐막이 없기 때문에 자일라나아제의 효과는 원료 내 자일란계 섬유의 존재 여부와 배합 구조에 따라 제한적으로 나타납니다. 글루텐프리 빵의 구조와 텍스처는 굽기 조건, 수분, 하이드로콜로이드, 전분 젤 구조의 영향을 크게 받는 것으로 보고되어 있습니다 [11].

그렇다고 글루텐프리에서 자일라나아제가 무의미하다는 뜻은 아닙니다. 멀베리와 쌀가루 기반 글루텐프리 쿠키 배합에서 *Aureobasidium pullulans* 유래 자일라나아제를 활용한 연구처럼, 비밀가루 배합에서도 자일란계 성분이 존재하면 반죽 또는 반죽 유사 매트릭스의 물성과 제품 특성이 변할

수 있습니다 [12]. 다만 글루텐프리 빵에서는 “글루텐 네트워크 보조”라는 설명보다 “특정 곡분의 세포벽 다당류 조절”이라는 제한적 설명이 더 정확합니다.

저장 중 텍스처와 신선도에 대한 현실적 해석

빵의 저장 중 경화는 전분 노화, 수분 이동, 글루텐-전분 상호작용, 크럼 기공 구조, 포장 조건이 함께 만든 결과입니다. 자일라나아제는 전분 노화를 직접 억제하는 효소는 아니지만, 굽기 전 반죽의 물 분포와 굽기 후 크럼 구조를 바꾸면 저장 중 질감 변화에 간접적으로 영향을 줄 수 있습니다. 고아밀로스 밀빵의 저장 연구처럼, 빵의 텍스처와 소화성은 저장 조건에 따라 변하며 전분 구조와 수분 상태가 중요한 변수로 작용합니다 [13].

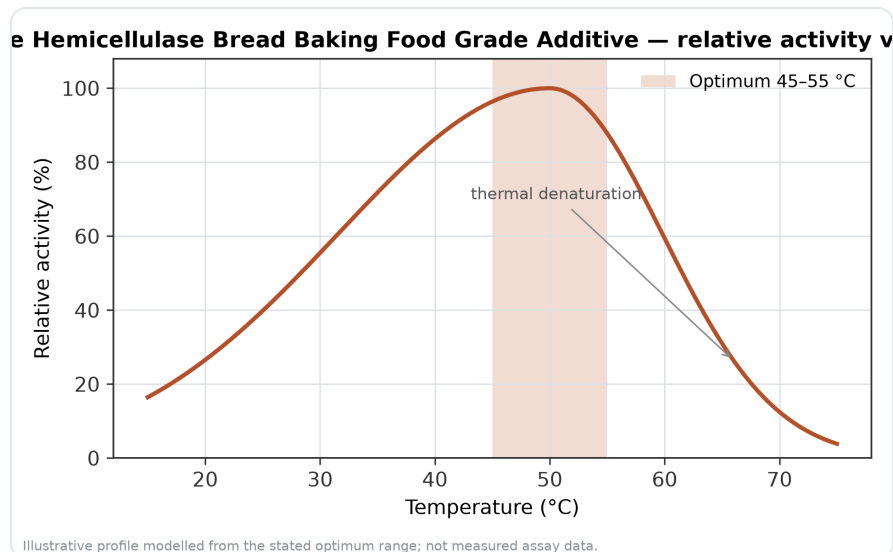


Figure 6. 온도에 따른 자일라나아제 헤미셀룰라아제 제빵용 식품 등급 첨가제의 상대 활성으로, 45~55°C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도를 넘으면 열 변성에 따른 전형적인 활성 감소가 나타납니다.

고섬유 빵에서는 저장 안정성이 더 복잡합니다. 섬유 원료가 수분을 붙잡아 초기 부드러움을 유지하는 데 도움을 줄 수 있지만, 동시에 크럼 구조를 조밀하게 만들거나 씹힘을 거칠게 할 수 있습니다. 타이거넛 우유 부산물을 활용한 섬유 강화 빵 연구는 크럼 구조, 수분, 텍스처 관계가 저장 중 품질을 좌우한다는 점을 보여줍니다 [7]. 자일라나아제는 이 관계에서 AX 계열 섬유를 조절하는 하나의 도구일 뿐, 보습제나 향노화 효소 전체를 대체하는 성분은 아닙니다.

따라서 자일라나아제를 “유통기한 연장제”로 단정하는 표현은 피하는 것이 정확합니다. 더 적절한 표현은, 자일라나아제가 반죽 단계에서 구조와 수분 분포를 조절하고 그 결과 저장 중 질감 변화에 영향을 줄 수 있다는 것입니다. 실제 신선도 유지 효과는 배합 내 지방, 당, 유화 성분, 효소 조합, 포장, 냉각 조건과 함께 판단해야 합니다.

공정 조건에 따라 결과가 달라지는 이유

자일라나아제의 결과가 배합마다 달라지는 첫 번째 이유는 밀가루의 AX 함량과 형태가 다르기 때문입니다. 같은 단백질 함량의 밀가루라도 제분 정도, 회분, 입도, 품종, 손상 전분, 겨 입자 포함 정도가 다르면 자일라나아제가 만나는 기질의 양과 접근성이 달라집니다. 밀가루 입자 크기와 원료 기원이 빵 구조와 생리적 반응에 영향을 준다는 연구는, 원료 물리 특성이 빵 품질의 중요한 축임을 보여줍니다 [8].

두 번째 이유는 믹싱 에너지입니다. 믹싱은 글루텐을 발달시키는 동시에 공기를 포집하고 반죽 온도를 올리며, 효소와 기질이 접촉할 기회를 만듭니다. 반죽기 종류와 총 회전수가 반죽 레올로지와 빵 특성에 영향을 준다는 연구는, 같은 배합이라도 기계적 입력이 달라지면 최종 제품이 달라질 수 있음을 보여줍니다 [14]. 자일라나아제를 사용할 때도 믹싱이 약하면 효소 효과가 충분히 발현되지 않을 수 있고, 믹싱이 강하면 효소에 의한 연화가 더 크게 체감될 수 있습니다.

세 번째 이유는 발효 시간과 온도입니다. 자일라나아제는 반죽이 수화되고 효소가 기질에 접근할 수 있는 시간 동안 작용합니다. 긴 발효나 간접법 반죽에서는 효소가 작용할 시간이 늘어나므로, 직접법과 같은 감각으로 해석하면 결과가 달라질 수 있습니다. 반면 짧은 공정에서는 반죽 초기에 나타나는 수분 재분배와 점탄성 변화가 더 중요하게 작용할 수 있습니다.

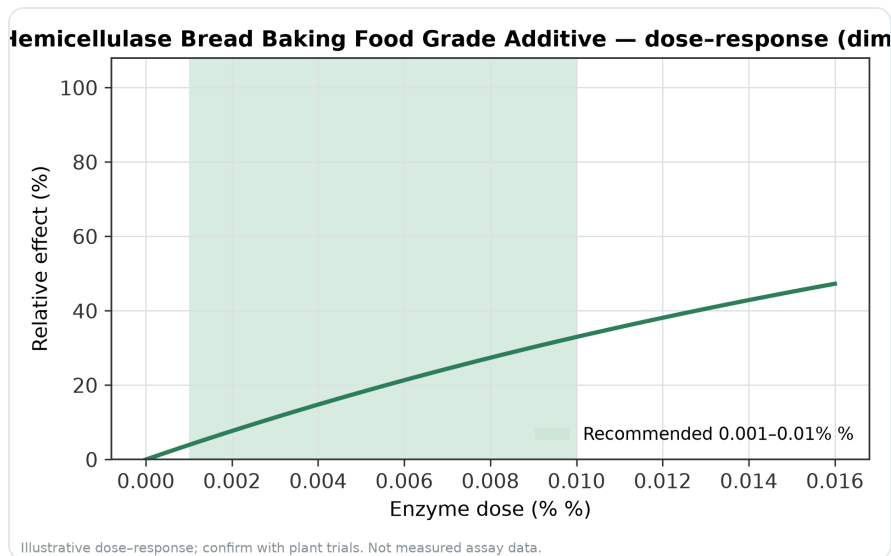


Figure 7. 권장 사용 범위(0.001~0.01%)에서 자일라나아제 헤미셀룰라아제 제빵용 식품 등급 첨가제의 용량-반응 관계를 예시한 그래프입니다.

네 번째 이유는 굽기 조건입니다. 자일라나아제는 굽기 중 열에 의해 점차 활성을 잃지만, 그 전까지 형성된 반죽 구조와 기포 분포가 오븐 스프링에 영향을 줍니다. 굽기 조건이 강하면 표면 고정이 빨라 내부 팽창이 제한될 수 있고, 굽기 조건이 약하면 구조 고정이 늦어져 팽창 후 꺼짐이 커질 수 있습니다. 따라서 자일라나아제의 품질 효과는 반죽 단계뿐 아니라 오븐 프로파일과도 연결됩니다.

식품용 효소로서의 취급과 문서

식품 산업에서 효소는 제빵, 음료, 발효식품 등 다양한 분야에서 공정 특성을 조정하는 도구로 사용되어 왔으며, 산업용 효소는 기질 특이성과 공정 효율성 때문에 식품 가공에서 중요한 기술 요소로 다뤄집니다 [15]. 자일라나아제도 이러한 식품 효소군 중 하나로, 곡물 원료의 헤미셀룰로오스 성분을 조절하는 데 초점이 있습니다.

효소 분말은 일반 식품 원료처럼 보일 수 있지만, 작업장에서는 분진 발생과 흡입 노출을 관리해야 합니다. 특히 분말을 계량하거나 건식 프리믹스에 투입하는 공정에서는 국소 배기, 밀폐 이송, 적절한 보호구, 청소 방식이 중요합니다. 구체적인 취급 지침은 주문 시 제공되는 SDS의 보관, 노출 관리, 보호구, 유출 대응 정보를 기준으로 삼는 것이 적절합니다 .

CoA는 해당 제품 배치와 관련된 품질 문서이고, SDS는 안전 취급 문서입니다. Enzymes.bio는 제조사나 시험기관이 아니므로 이 문서를 제조 분석 서비스처럼 해석해서는 안 됩니다. 제품은 온라인으로 1kg 단위 구매되는 공급 제품이며, 문서는 주문과 함께 제공되는 방식입니다 .

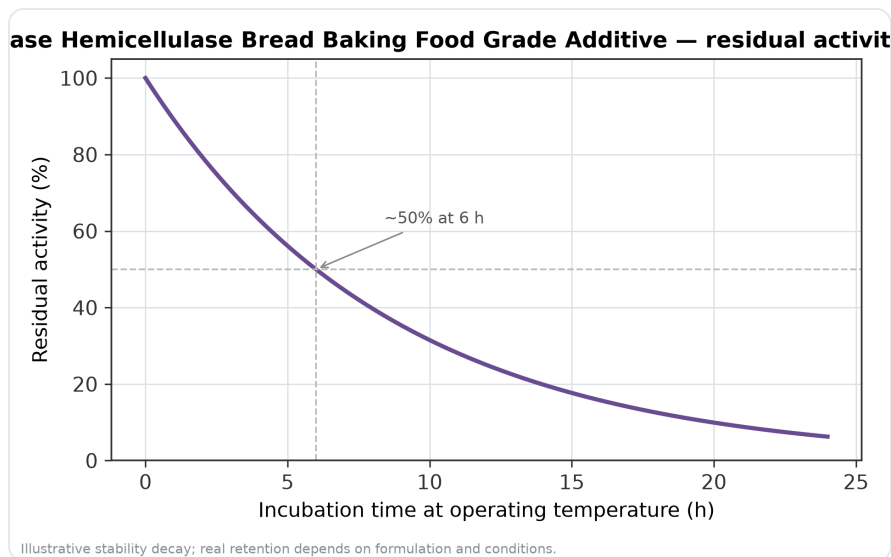


Figure 8. 자일라나아제 헤미셀룰라아제 제빵용 식품 등급 첨가제의 열 안정성 감소 예시로, 작용 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소합니다.

적용 판단을 위한 기술적 요약

자일라나아제 헤미셀룰라아제 제빵용 식품 효소의 핵심 가치는 밀가루와 곡물 원료의 AX를 조절해 반죽의 수분 분포와 미세구조를 바꾸는 데 있습니다. 이 효소는 전분을 주로 분해하는 α -아밀라아제와 다르고, 글루텐을 직접 강화하는 산화효소와도 다릅니다. 자일라나아제는 곡물 세포벽 다당류가 글루텐 형성, 반죽 유동성, 기포 안정성에 미치는 영향을 줄이거나 재배치하는 방식으로 작용합니다 [5].

가장 기대할 수 있는 적용 분야는 식빵과 팬 브레드, 통밀빵, 멀티그레인 빵, 오트브랜 또는 기타 섬유 강화 제품입니다. 특히 반죽이 무겁고 확장성이 낮거나, 발효 가스는 생성되지만 부피가 충분히 나오지 않거나, 크럼 기공이 거칠고 불균일한 경우에 자일라나아제의 작용 원리가 품질 문제와 잘 맞을 수 있습니다. 다만 실제 결과는 밀가루의 AX 특성, 단백질 품질, 수분량, 믹싱 에너지, 발효 조건, 굽기 조건에 따라 달라집니다 [2].

현실적인 한계도 분명합니다. 자일라나아제는 낮은 단백질 품질, 부적절한 수분 설계, 과발효, 잘못된 굽기 조건을 단독으로 해결하지 않습니다. 과도한 AX 분해가 일어나면 반죽이 지나치게 느슨해지고 점착성이 증가하거나 오븐에서 구조를 유지하지 못할 수 있습니다. 따라서 이 효소의 바람직한 기술적 정의는 “빵 부피를 무조건 높이는 첨가제”가 아니라, **아라비노자일란이 중요한 변수인 제빵 배합에서 반죽 구조와 수분 거동을 조절하는 식품용 효소 도구**입니다.

Enzymes.bio의 **Xylanase Hemicellulase Bread Baking Food Grade Additive**는 이러한 목적의 제빵용 자일라나아제/헤미셀룰라아제 제품으로, 1kg 단위 온라인 공급 제품입니다. 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공되며, 사용자는 제품 문서와 자체 공정 조건을 바탕으로 반죽 반응, 성형성, 부피, 크럼 구조, 저장 중 텍스처를 종합적으로 확인하는 방식으로 적용 여부를 판단할 수 있습니다 .

Xylanase Hemicellulase Bread Baking Food Grade Additive 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 Hemicellulase Bread Baking Food Grade Additive 구매하기 →](#)

참고문헌

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

1. Yegin, S., Altinel, B., & Tuluk, K. (2018). A novel extremophilic xylanase produced on wheat bran from *Aureobasidium pullulans* NRRL Y-2311-1: Effects on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*.
2. Souza, P., Quadros, A., Dogan, H., Li, Y., Shi, Y., & Karkle, E. (2026). Exploring Bread Quality through the Use of Commercial Bacterial and Fungal Xylanases: Effects on Dough Rheology, Loaf Volume, and Arabinoxylan Structure. *Journal of Food Science*, 91 2, e70940 .
3. Yue, Y., Zhang, S., Fan, B., Tong, L., Wang, L., Guo, Y., Wang, F., ... et al. (2022). The influence of xylanase and thermal treatment on the composition and interfacial rheology properties of whole wheat dough liquor. *International Journal of Food Science & Technology*.

4. Liu, W., Brennan, M., Tu, D., & Brennan, C. (2023). Influence of α -amylase, xylanase and cellulase on the rheological properties of bread dough enriched with oat bran. *Scientific Reports*, 13.
5. Hilhorst, R., Dunnewind, B., Orsel, R., Stegeman, P., Vliet, T., Gruppen, H., & Schols, H. (1999). Baking Performance, Rheology, and Chemical Composition of Wheat Dough and Gluten Affected by Xylanase and Oxidative Enzymes. *Journal of Food Science*, 64, 808-813.
6. Yahia, D. F., Bourekoua, H., Fetouhi, A., Wójcik, M., Wójtowicz, A., Mitrus, M., Siar, E. H., ... et al. (2025). Impact of Sourdoughs, Enzymes, and Their Combinations on Gluten-Based Bread Quality. *Processes*.
7. Verdú, S., Alava, C., Barat, J., Carrascosa, C., & Grau, R. (2022). Impact of the tiger-nut milk co-product on fibre-enriched bread processing and storage: crumb structure-moisture-texture relationships. *International Journal of Food Science & Technology*.
8. Kanata, M., Yanni, A., Koliaki, C., Anastasiou, I., Tentolouris, N. K., & Karathanos, V. T. (2025). Impact of flour particle size and origin on the bread structure and the postprandial glycemic, insulinemic and appetite responses in healthy adults. *Food & Function*.
9. Lv, S., Wang, Y., Zhang, S., Wu, S., Feng, X., Xu, S., Li, B., ... et al. (2025). Ameliorative impact of oat β -glucan on quality of wheat bread: Insight into structural characteristics, textural properties and storage stability. *Food chemistry: X*, 30.
10. Hmad, I. B., Ghribi, A. M., Bouassida, M., Ayadi, W., Besbes, S., Châabouni, S., & Gargouri, A. (2024). Combined effects of α -amylase, xylanase, and cellulase coproduced by *Stachybotrys microspora* on dough properties and bread quality as a bread improver. *International Journal of Biological Macromolecules*, 134391 .
11. Puerta, P., Gárzon, R., Rosell, C., Fiszman, S., Laguna, L., & Tárrega, A. (2021). Modifying gluten-free bread's structure using different baking conditions: Impact on oral processing and texture perception. *Lwt - Food Science and Technology*, 140, 110718.
12. Yegin, S., Altinel, B., & Tuluk, K. (2024). Exploitation of *Aureobasidium pullulans* NRRL Y-2311-1 xylanase in mulberry and rice flours-based gluten-free cookie formulation: Effects on dough properties and cookie characteristics. *Journal of Food Science*.
13. Corrado, M., Zafeiriou, P., Ahn-Jarvis, J. H., Savva, G., Edwards, C., & Hazard, B. (2022). Impact of storage on starch digestibility and texture of a high-amylose wheat bread. *bioRxiv*.
14. Venturi, M., Cappelli, A., Pini, N., Galli, V., Lupori, L., Granchi, L., & Cini, E. (2021). Effects of kneading machine type and total element revolutions on dough rheology and bread characteristics: A focus on straight dough and indirect (biga) methods. *LWT*.
15. Shakilanishi, S., & Shanthi, C. (2024). An overview on preparation of enzymes for industrial use. *Biocatalysis and Biotransformation*, 42, 485 - 496.


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