

Alpha Amylase Distillers' Enzyme: 고수율 발효 전 전분을 당으로 전환하는 증류·에탄올 공정용 α -아밀라아제

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

직접 답변: Alpha Amylase Distillers' Enzyme은 곡물, 카사바, 감자, 밀 전분 등 전분성 원료를 발효 전에 액화하여 점도를 낮추고, 전분 사슬을 덱스트린·말토올리고당·발효성 당 전구체로 전환하는 α -아밀라아제입니다. 이 효소는 전분 내부의 α -1,4 글리코시드 결합을 절단해 효모가 직접 다루기 어려운 고분자 전분을 후속 당화와 알코올 발효에 적합한 형태로 바꾸는 데 쓰입니다 ^[1]. Enzymes.bio는 제조사나 분석 실험실이 아니라 온라인 효소 공급업체이며, 해당 제품은 1kg 단위로 온라인 직접 판매되고 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공됩니다.

증류·에탄올 공정에서 α -아밀라아제가 맡는 정확한 위치

증류주와 연료용 에탄올 생산에서 전분성 원료는 에너지 밀도가 높지만, 효모가 전분 고분자를 그대로 발효할 수 없다는 제약이 있습니다. 전분은 아밀로오스와 아밀로펙틴으로 구성되며, 이 중 아밀로오스는 주로 선형 α -1,4 결합 사슬이고 아밀로펙틴은 α -1,4 사슬에 α -1,6 분지가 결합된 가지형 구조입니다. α -아밀라아제는 이 전분 사슬 내부의 α -1,4 결합을 절단하는 엔도형 효소로, 액화 단계에서 긴 전분 사슬을 짧은 덱스트린과 말토올리고당으로 나누어 매시의 점도를 낮춥니다 ^[1].

“Alpha Amylase Distillers' Enzyme For Conversion Of Starch Into Sugar Before High Yield Fermentation”이라는 표현에서 핵심은 **발효 전 전환**입니다. α -아밀라아제는 알코올을 만드는 효소가 아니라, 알코올을 만드는 효모가 사용할 수 있는 기질을 준비하는 효소입니다. 특히 옥수수, 밀, 쌀, 보리, 감자, 카사바처럼 전분 비율이 높은 원료에서는 가열로 전분을 젤라틴화한 뒤 α -아밀라아제로 사슬을 끊어야 후속 당화 효소와 발효 단계가 안정적으로 진행됩니다. 카사바 전분 기반 에탄올 공정에서도 전분 가수분해와 발효를 분리해 설계하는 접근이 연구되어 왔으며, 이는 전분을 먼저 당화 가능한 형태로 만드는 단계가 수율과 공정성에 중요하다는 점을 보여줍니다 ^[2].

다만 “전분을 당으로 전환”한다는 문구를 α -아밀라아제 단독으로 포도당까지 완전 분해한다는 뜻으로 이해하면 부정확합니다. α -아밀라아제의 주 기능은 액화와 내부 절단이며, 포도당 생성 극대화가 목표인 경우에는 글루코아밀라아제 같은 당화 효소가 뒤따르는 공정 설계가 일반적입니다. 손상 밀

전분을 대상으로 한 2단계 효소 가수분해 연구처럼, 전분 원료를 발효성 당으로 전환할 때는 액화와 당화가 순차적으로 최적화되는 경우가 많습니다 [3].

전분 구조와 액화: 왜 매시가 묽어지는가

전분 매시의 점도는 단순히 고형분이 많아서만 높아지는 것이 아닙니다. 가열 중 전분 입자가 물을 흡수하면 결정성 영역이 느슨해지고, 입자가 팽윤하면서 아밀로오스가 용출됩니다. 이때 긴 사슬들이 물속에서 얽히면서 매시의 점도가 급격히 증가합니다. α -아밀라아제는 이 긴 사슬을 내부에서 절단하여 분자량을 낮추므로, 같은 고형분 조건에서도 흐름성이 좋아지고 교반·펌핑·열전달이 쉬워집니다. 고온 안정성과 산업적 관련성을 다룬 α -아밀라아제 연구들은 이러한 효소가 전분 처리, 식품, 발효 및 바이오공정에서 중요한 이유를 전분 가수분해 기능과 연결해 설명합니다 [1].

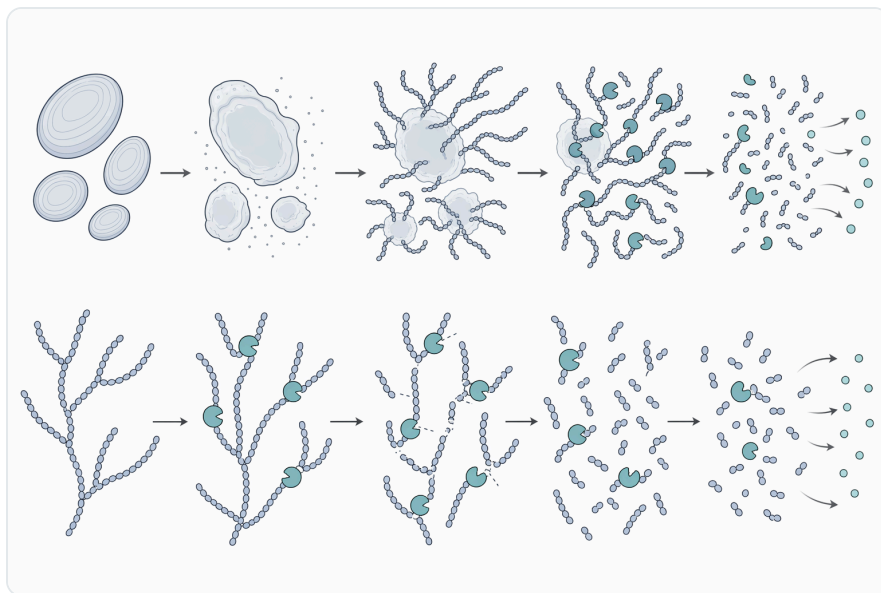


Figure 1. 알파-아밀레이스는 아밀로스 및 아밀로펙틴의 내부 α -1,4 결합을 가수분해하여 덱스트린과 더 작은 수용성 탄수화물을 만들며, α -1,6 가지 결합 부위는 다른 효소가 작용하도록 남겨 둡니다.

전분 액화에서 중요한 점은 α -아밀라아제가 외부 말단부터 한 단위씩 제거하는 효소가 아니라, 사슬 중간의 결합을 끊는 엔도 작용을 한다는 점입니다. 이 때문에 반응 초기에는 포도당 농도보다 점도 변화가 먼저 두드러질 수 있습니다. 긴 아밀로오스 사슬과 아밀로펙틴 외부 사슬이 빠르게 짧아지면 매시가 묽어지고, 이후 남은 덱스트린과 올리고당이 추가 당화 효소에 의해 더 작은 발효성 당으로 전환됩니다. 전분 액화 공정에서 말토올리고당 생산과 α -아밀라아제의 고온 작용 메커니즘을 분석한 연구도, α -아밀라아제가 전분 액화의 중심 효소로 기능한다는 점을 다룹니다 [4].

전분 원료가 모두 같은 방식으로 반응하는 것은 아닙니다. 감자, 카사바, 밀, 옥수수, 쌀의 전분 입자 크기와 결정형, 아밀로오스 비율, 지질·단백질과의 상호작용이 다릅니다. 또한 분쇄 정도와 가열 이력에 따라 효소 접근성이 달라집니다. 완전히 젤라틴화된 전분은 효소가 접근하기 쉽지만, 원전분

또는 저수분·불완전 가열 상태의 전분은 입자 내부까지 효소가 도달하기 어렵습니다. 저항성 전분의 효소 가수분해 저항 메커니즘을 분석한 연구는 전분의 다층 구조와 효소 접근성이 분해성에 큰 영향을 준다는 점을 보여줍니다 [5].

α -아밀라아제와 당화 효소의 역할 차이

증류·에탄올 공정에서 자주 혼동되는 부분은 α -아밀라아제와 글루코아밀라아제의 차이입니다. α -아밀라아제는 전분 내부의 α -1,4 결합을 무작위성에 가깝게 절단해 덱스트린과 말토올리고당을 만들고, 글루코아밀라아제는 주로 비환원 말단에서 포도당을 단계적으로 방출합니다. 따라서 α -아밀라아제는 “액화 효소”, 글루코아밀라아제는 “당화 효소”로 설명되는 경우가 많습니다. 전분을 발효성 당으로 전환하는 연구들이 2단계 효소 가수분해 또는 분리 가수분해·발효를 다루는 이유도 이 역할 분담과 관련이 있습니다 [3].

이 차이는 실무적으로 매우 중요합니다. α -아밀라아제가 충분히 작동하지 않으면 매시 점도가 높아져 열전달과 혼합이 나빠지고, 후속 당화 효소가 접근할 수 있는 사슬 말단과 용해성 기질이 줄어듭니다. 반대로 액화는 잘 되었지만 당화가 부족하면 덱스트린은 남고, 효모가 사용할 수 있는 포도당·말토오스 등 발효성 당의 비율이 기대보다 낮을 수 있습니다. 카사바 전분을 이용한 에탄올 생산의 공정·경제성 연구에서도 전분 가수분해와 발효를 별도 단계로 다루며, 전분을 발효 가능한 당으로 바꾸는 전처리가 에탄올 생산성 평가의 핵심 요소로 취급됩니다 [2].

효모의 당 이용성도 공정 설계에 영향을 줍니다. 일부 효모는 포도당을 우선적으로 소비하고, 말토오스나 말토트리오스 이용성은 균주와 조건에 따라 달라질 수 있습니다. 따라서 “고수율 발효”를 목표로 할 때 α -아밀라아제만을 과도하게 강조하기보다, 액화 이후 어떤 당 조성으로 발효조에 들어가는지가 중요합니다. 원료가 카사바처럼 전분 함량이 높은 경우에도, 전분 가수분해와 발효 조건의 조합이 최종 에탄올 생산에 영향을 준다는 점은 동시 아밀라아제 생산·원전분 가수분해·에탄올 생산을 결합한 연구에서 확인됩니다 [6].

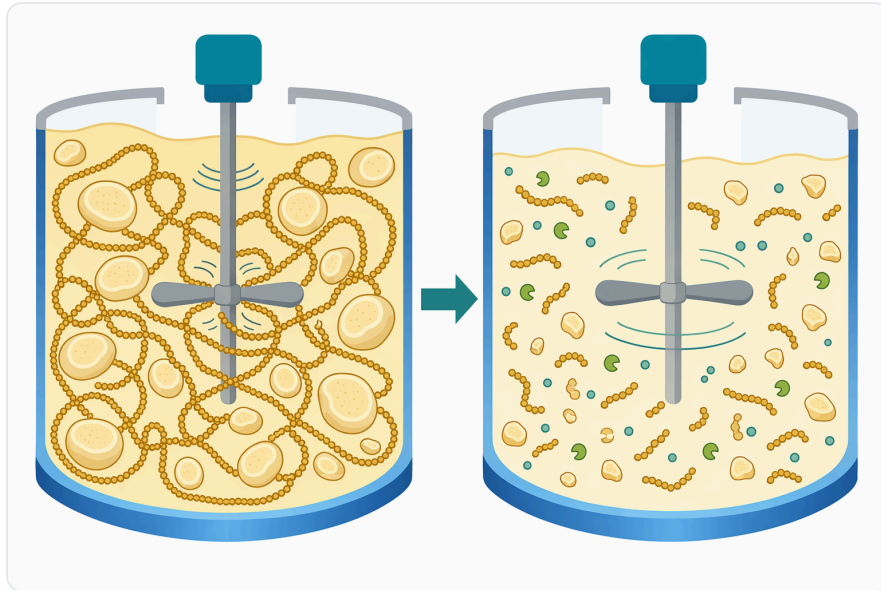


Figure 2. 긴 호화 전분 사슬을 더 짧은 조각으로 절단하면 고분자 사슬의 얽힘이 줄어들어 매시의 점도가 눈에 띄게 낮아집니다.

공정 흐름 속에서 보는 Alpha Amylase Distillers' Enzyme

일반적인 전분 기반 증류 또는 에탄올 공정은 원료 분쇄, 물과 혼합, 가열, 액화, 당화, 냉각, 발효, 증류의 순서로 이해할 수 있습니다. Alpha Amylase Distillers' Enzyme은 이 중 가열된 전분 슬러리가 효소 접근성을 얻은 뒤, 점성이 높은 매시를 더 유동적인 액화물로 전환하는 단계에 배치됩니다. 젤라틴화가 충분히 일어나면 전분 사슬이 노출되고, α -아밀라아제가 사슬 내부를 절단하여 후속 당화 효소가 처리하기 쉬운 덱스트린 풀을 형성합니다 [4].

액화 단계의 성패는 효소 자체뿐 아니라 전처리 상태에 크게 좌우됩니다. 분쇄가 너무 거칠면 전분 입자가 물과 열에 충분히 노출되지 않을 수 있고, 가열이 부족하면 입자 내부 결정성 영역이 남아 효소 접근성이 떨어질 수 있습니다. 반대로 과도한 열이나 장시간 유지 조건은 원료 성분의 변성, 점착성 변화, 에너지 비용 증가로 이어질 수 있습니다. 고구마 과립 전분을 발효성 당으로 전환하는 연구는 전분성 식물 원료의 효소 전환 가능성을 다루며, 기질 형태와 효소 작용성이 발효성 당 생산과 연결된다는 점을 보여줍니다 [7].

원료가 카사바인 경우에는 전분이 풍부하고 비교적 순도 높은 탄수화물 공급원이 될 수 있지만, 원료 처리 잔사나 폐전분을 사용할 때는 입자 상태와 불순물 구성이 달라집니다. 카사바 전분 가공 잔사를 효소 가수분해해 발효성 당을 생산한 연구는, 전분성 부산물도 적절한 효소 처리로 발효 기질화할 수 있음을 보여줍니다 [8]. 페카사바 전분에서 포도당 시럽을 생산하는 연구 역시 α -아밀라아제가 전분성 폐자원을 당류 제품으로 전환하는 데 활용될 수 있음을 뒷받침합니다 [9].

비교 표: α -아밀라아제, 당화 효소, 효모 발효의 기능 구분

공정 요소	주된 작용 대상	주요 기능	생성물 또는 결과	증류·에탄올 공정상 의미
α -아밀라아제	젤라틴화되거나 노출된 전분의 α -1,4 결합	전분 사슬 내부 절단, 액화, 점도 저감	덱스트린, 말토올리고당, 일부 짧은 당류	매시를 묽게 만들고 후속 당화가 가능한 기질 풀 형성
글루코아밀라아제 등 당화 효소	덱스트린과 올리고당의 말단 결합	포도당 등 발효성 당 방출	포도당 중심의 발효성 당	효모가 사용할 수 있는 당 농도와 발효 진행성 개선
효모	포도당, 말토오스 등 발효성 당	당 대사와 알코올 발효	에탄올, 이산화탄소, 발효 부산물	최종 알코올 생성 단계
열·혼합 전처리	전분 입자와 원료 매트릭스	젤라틴화, 분산, 효소 접근성 확보	효소가 접근 가능한 전분 슬러리	액화 효율과 점도 제어의 전제 조건

이 표에서 보듯 α -아밀라아제는 발효 수율에 영향을 주지만, 발효 수율을 단독으로 결정하지는 않습니다. 액화가 충분하면 당화와 발효가 쉬워질 가능성이 커지지만, 당화 효소 조합, 효모 균주, 발효 온도, 영양 상태, 오염 관리, 증류 손실 등이 모두 최종 알코올 회수량을 좌우합니다. 따라서 이 제품은 "고수율 발효용 효소"라기보다, 더 정확히는 "고수율 발효를 가능하게 하는 전분 액화·당화 준비 효소"로 이해하는 것이 적절합니다 [2].

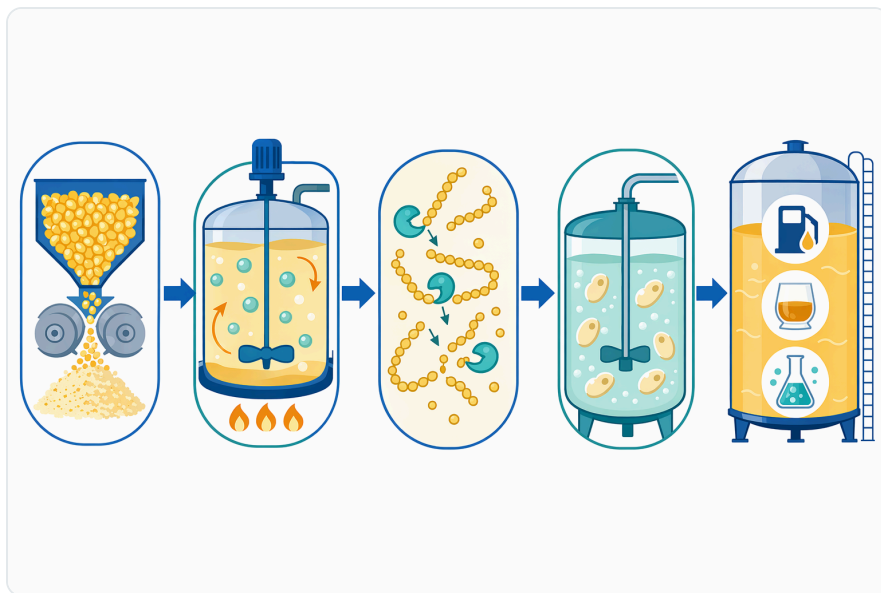


Figure 3. 알파-아밀레이스는 제분, 수화, 가열을 통해 전분 구조가 열렸을 때 가장 효과적입니다. 접근 가능한 호화 전분이 액화를 위한 더 많은 α -1,4 결합을 노출하기 때문입니다.

원료별 적용 관점: 곡물, 카사바, 감자, 부산물

옥수수과 밀 같은 곡물 원료에서는 전분이 단백질·섬유·지질과 함께 매트릭스 안에 존재합니다. 분쇄와 가열이 충분해야 효소가 전분에 접근할 수 있으며, 점도 상승 구간에서 α -아밀라아제가 빠르게 작용하면 교반 부하와 국부 과열 위험을 줄이는 데 도움이 됩니다. 손상 밀 전분을 발효성 당으로 전환한 2단계 효소 가수분해 연구는, 밀 전분 기반 원료에서도 순차적 효소 처리와 반응 조건 최적화가 중요하다는 점을 보여줍니다 [3].

카사바와 감자 계열 원료는 전분 함량이 높고 과립 특성이 뚜렷해 효소 접근성과 젤라틴화 조건이 공정성에 영향을 줍니다. 카사바 전분 기반 에탄올 생산 연구는 분리 가수분해와 발효 방식으로 공정을 구성해 스케일업과 경제성을 검토했으며, 이는 전분 액화·당화 단계가 단순 보조 공정이 아니라 전체 생산 체계의 핵심임을 시사합니다 [2]. 페카사바 전분을 α -아밀라아제로 처리해 포도당 시럽을 생산한 연구도 카사바계 전분의 효소 전환 가능성을 보여줍니다 [9].

고구마, 손상 곡물, 전분 가공 잔사 같은 부산물은 비용과 자원 활용 측면에서 매력적이지만, 원료 균일성이 낮을 수 있습니다. 입도, 수분, 섬유질, 열처리 이력, 미생물 부하가 달라지면 같은 α -아밀라아제라도 점도 저감 속도와 당 전환 양상이 달라질 수 있습니다. 고구마 과립 전분을 발효성 당으로 전환하는 연구는 식물성 전분 원료의 효소 전환 가능성과 함께, 원료 특성에 맞는 접근이 필요함을 보여줍니다 [7].

α -아밀라아제의 기원과 산업적 특성

산업용 α -아밀라아제는 *Bacillus* 계열 세균이나 *Aspergillus* 계열 곰팡이에서 유래한 효소가 널리 연구되어 왔습니다. *Bacillus amyloliquefaciens*를 이용한 아밀라아제 생산 최적화 연구, *Aspergillus oryzae*를 이용한 고체발효 α -아밀라아제 생산 연구 등은 서로 다른 미생물 기원과 발효 방식이 효소 생산에 활용될 수 있음을 보여줍니다 [10]. 이러한 연구들은 특정 판매 제품의 성능 수치를 보증하는 자료가 아니라, α -아밀라아제 효소군이 산업적으로 폭넓게 개발되어 온 배경을 설명하는 근거로 보는 것이 적절합니다.

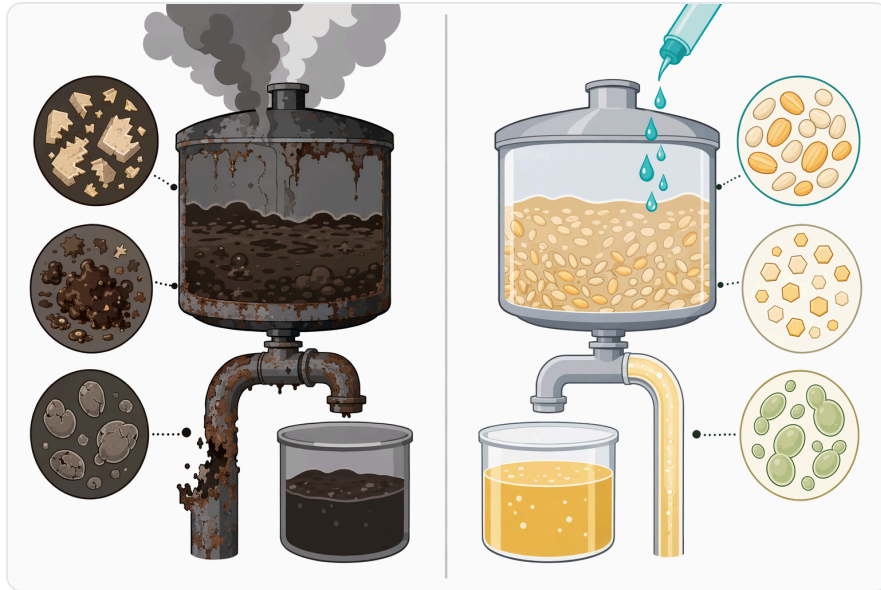


Figure 4. 서로 다른 전분 전환 효소들은 상호 보완적인 역할을 하며, 알파-아밀레이스는 전분을 액화하고 다른 효소들은 당화나 가지 제거 반응을 이 어갑니다.

효소 기원이 달라지면 내열성, pH 적응성, 기질 선호성, 금속 이온 의존성, 안정성 프로파일이 달라 질 수 있습니다. 예를 들어 내열성 α -아밀라아제 연구는 고온 공정에서 효소 안정성과 산업적 적용 성이 중요한 평가 요소임을 다룹니다 [1]. 증류-에탄올 공정에서는 전분 젤라틴화와 액화가 발효보다 높은 온도에서 진행되는 경우가 많으므로, 효소가 어느 온도 구간에서 실질적으로 작동하는지는 공 정 결과에 직접적인 영향을 줄 수 있습니다.

Aspergillus oryzae 유래 α -아밀라아제는 식품·발효 분야에서 오랫동안 연구되어 온 효소균입니다. 농산업 폐기물을 이용해 *Aspergillus oryzae*로 α -아밀라아제를 생산한 연구는, 고체발효와 저가 기 질을 활용한 효소 생산 가능성을 다루며 아밀라아제가 농산업 자원 전환과 연결될 수 있음을 보여 줍니다 [11]. 다만 Enzymes.bio는 이러한 효소를 직접 제조하거나 균주 배양을 수행하는 기관이 아니므로, 본 문서의 목적은 효소균의 기능과 적용 맥락을 설명하는 데 있습니다.

“고수율 발효”라는 표현을 공정적으로 해석하기

고수율 발효는 하나의 효소를 넣는 행위가 아니라, 전분 접근성 확보, 액화, 당화, 효모 대사, 오염 억 제, 열관리, 영양 균형이 함께 맞아떨어진 결과입니다. α -아밀라아제가 액화 단계에서 실패하면 점 도가 높아지고 덱스트린 생성이 부족해 후속 단계가 제한될 수 있습니다. 그러나 액화가 잘되더라도 당화가 부족하거나 효모 활력이 낮으면 에탄올 수율은 낮아질 수 있습니다. 카사바 전분의 분리 가 수분해·발효 공정 연구는 이러한 단계별 설계가 에탄올 생산성과 경제성 평가에 중요하다는 점을 보 여줍니다 [2].

또한 “발효 가능한 당”은 단일 물질이 아닙니다. 포도당, 말토오스, 말토트리오스, 짧은 덱스트린은 효모 균주에 따라 이용성이 다르며, 당 조성은 발효 속도와 잔당 수준에 영향을 줍니다. α -아밀라아제가 만들어내는 산물은 주로 덱스트린과 말토올리고당이므로, 높은 포도당 농도를 목표로 하는 경우에는 당화 효소와의 연계가 중요합니다. 전분 액화에서 말토올리고당 생산을 다룬 연구는 α -아밀라아제의 절단 패턴이 최종 당 조성에 영향을 줄 수 있음을 시사합니다 [4].

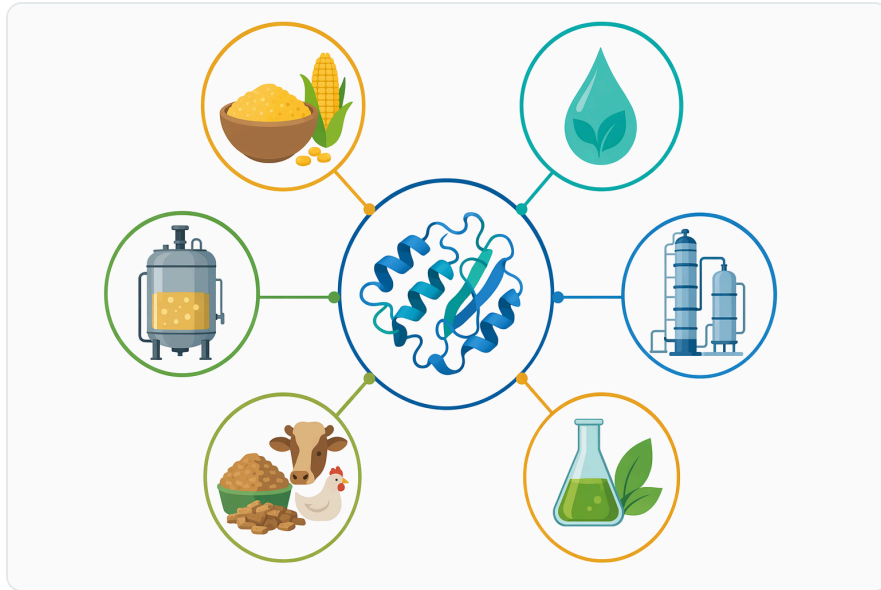


Figure 5. 동일한 전분 절단 화학 반응은 증류, 양조용 부원료 처리, 섬유 호발 제거, 식품 및 제빵 개질, 기타 전분 가공 응용 분야에 활용됩니다.

원료 자체의 저항성도 수율을 제한합니다. 일부 전분은 지질과 복합체를 이루거나 결정성이 높아 효소 접근이 어렵고, 입자 표면만 부분적으로 분해될 수 있습니다. 저항성 전분의 효소 가수분해 저항 메커니즘 연구는 전분 구조, 효소 접근성, 입자 다층 구조가 분해성의 차이를 만든다는 점을 분석합니다 [5]. 따라서 고수율 발효를 목표로 할 때 α -아밀라아제는 핵심 도구이지만, 원료 전처리와 전체 효소 시스템을 함께 고려해야 합니다.

액화 성능에 영향을 주는 공정 변수

전분 액화의 첫 번째 변수는 원료의 물리적 노출도입니다. 분쇄가 충분하면 표면적이 증가하고 물과 열이 전분 입자에 더 균일하게 전달됩니다. 그러나 지나치게 미세한 분쇄는 점도 상승, 여과성 저하, 분진 문제를 일으킬 수 있습니다. 효소 관점에서는 전분이 물속에 잘 분산되고 젤라틴화 구간에서 사슬이 노출되는 것이 중요합니다. 전분 과립 구조와 효소 접근성의 차이를 다룬 연구들은 가수분해 경로에 따라 전분의 다층 구조와 물성 변화가 달라질 수 있음을 보여줍니다 [12].

두 번째 변수는 열 이력입니다. α -아밀라아제가 작용하려면 전분 입자가 충분히 열과 수분을 받아 효소 접근 가능한 상태가 되어야 하지만, 효소 자체는 단백질이므로 지나친 조건에서는 안정성이 낮아질 수 있습니다. 내열성 α -아밀라아제 연구가 산업적으로 중요한 이유는 바로 이 점점 때문입니

다. 액화 단계는 전분을 열어야 하는 온도 조건과 효소가 기능을 유지해야 하는 조건 사이의 균형을 요구합니다 [1].

세 번째 변수는 pH와 이온 환경입니다. α -아밀라아제는 효소 기원에 따라 선호 pH와 안정성 범위가 다르고, 원료의 완충능·무기질·유기산 생성 여부에 영향을 받을 수 있습니다. 증류용 매시는 곡물, 카사바, 감자, 부산물에 따라 pH 변화 양상이 다르며, 발효 전후로 미생물 활동까지 개입할 수 있습니다. 다양한 미생물 유래 아밀라아제 생산 및 최적화 연구는 효소 특성과 공정 조건이 서로 맞아야 한다는 점을 반복적으로 보여줍니다 [10].

Enzymes.bio에서의 제품 이해와 주문 단위

Enzymes.bio는 효소를 직접 제조하거나 시험하는 실험실이 아니라, 산업·식품·발효 관련 효소 제품을 온라인으로 공급하는 업체입니다. Alpha Amylase Distillers' Enzyme은 전분성 원료를 사용하는 증류·에탄올 공정에서 발효 전 액화와 당 전환 준비를 목적으로 이해할 수 있는 제품이며, 1kg 단위로 온라인 직접 판매됩니다. 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공되므로, 사용자는 제품 문서와 라벨 정보를 바탕으로 자신의 공정 조건에 맞춰 적용해야 합니다.

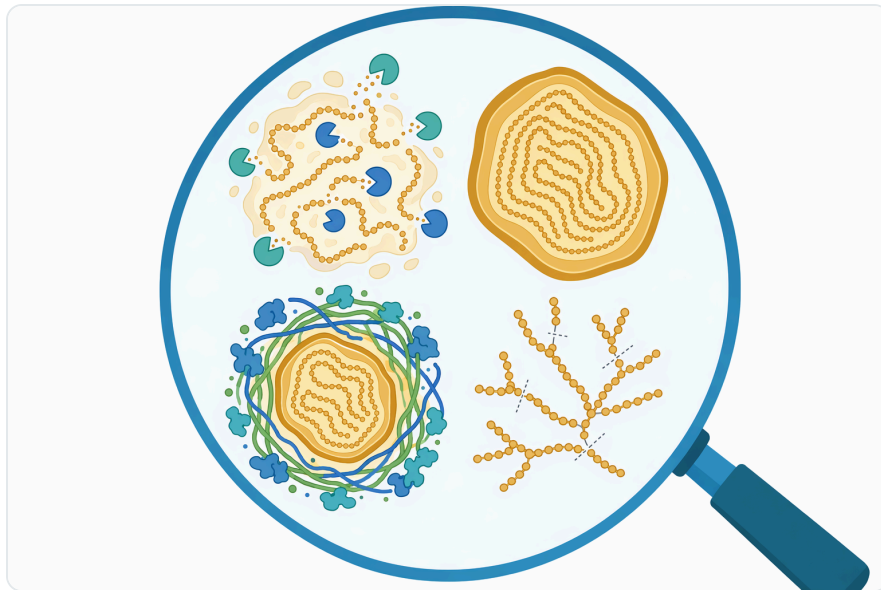


Figure 6. 관찰되는 액화 정도는 전분의 접근성, 입자 구조, 수화, 호화, 그리고 단백질, 섬유질, 가지 달린 덱스트린의 존재 여부에 따라 달라집니다.

이 문서는 조달 체크리스트나 시험법 안내가 아니라, 제품 페이지를 읽는 고객이 α -아밀라아제의 역할을 기술적으로 이해하도록 돕는 설명 자료입니다. 따라서 특정 활성 단위, 분석법, 등급, 단위 정의를 제시하지 않으며, Enzymes.bio가 생산 균주를 배양하거나 공정 시험을 수행한다는 의미로 해석되어서는 안 됩니다. 본 제품의 산업적 의미는 α -아밀라아제라는 효소균이 전분 액화, 점도 저감, 후속 당화 준비에 기여한다는 확립된 생화학적 기능에 있습니다 [1].

핵심 정리: 전분 액화가 발효 수율의 출발점이다

Alpha Amylase Distillers' Enzyme의 실질적 가치는 전분성 원료를 효모 친화적인 발효 기질로 바꾸는 첫 단계에 있습니다. α -아밀라아제는 젤라틴화되거나 노출된 전분의 α -1,4 결합을 내부에서 절단해 매시를 액화하고, 덱스트린과 말토올리고당을 형성하며, 후속 당화 효소가 더 쉽게 작용할 수 있는 기질을 만듭니다. 이러한 기능은 전분 액화, 말토올리고당 형성, 발효성 당 생산을 다루는 여러 연구와 일관되게 연결됩니다 [4].

그러나 최종 알코올 수율은 α -아밀라아제 하나로 보장되지 않습니다. 원료 전분의 구조, 젤라틴화 정도, 효소 접근성, 당화 효소 조합, 효모의 당 이용성, 발효 관리가 모두 결과를 결정합니다. 특히 카사바 전분과 같은 고전분 원료의 에탄올 생산에서도 가수분해와 발효를 어떻게 구성하느냐가 스케일업과 경제성 판단의 핵심이 됩니다 [2]. 따라서 이 제품은 "고수율 발효 전 전분을 당으로 전환하기 위한 증류용 α -아밀라아제"로 이해하되, 그 역할은 전체 공정 중 액화와 당화 준비에 집중된다고 보는 것이 가장 정확합니다.

Alpha Amylase Distillers' Enzyme For Conversion Of Starch Into Sugar Before High Yield Fermentation 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.

[Alpha Amylase Distillers' Enzyme For Conversion Of Starch Into Sugar Before High Yield Fermentation 구매하기 →](#)

참고문헌

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

1. George, R., & George, J. J. (2020). Thermostable Alpha-Amylase and Its Activity, Stability and Industrial Relevance Studies. *Social Science Research Network*.
2. Choo, B. C., Ismail, K. S., & Ma'Radzi, A. H. (2021). Scaling-up and techno-economics of ethanol production from cassava starch via separate hydrolysis and fermentation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 765.
3. Sirohi, R., Pandey, J., Goel, R., Singh, A., Lohani, U., & Kumar, A. (2020). Two-Stage Enzymatic Hydrolysis for Fermentable Sugars Production from Damaged Wheat Grain Starch with Sequential Process Optimization and Reaction Kinetics. *Starch-starke*, 2000082.

4. Liao, M., Dong, R., Li, L., Liu, X., Ya-Wang, Ying-Bai, Luo, H., ... et al. (2023). High Production of Maltooligosaccharides in the Starch Liquefaction Process: A Study on the Hyperthermophilic Mechanism of α -Amylase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.
5. Zhong, H., She, Y., Yang, X., Wen, Q., Chen, L., Wang, X., & Chen, Z. (2024). Analysis of the mechanism of resistance to enzymatic hydrolysis of RS-5 resistant starch. *Food Chemistry*, 452, 139570 .
6. Roble, N., Ogbonna, J., & Tanaka, H. (2020). Simultaneous amylase production, raw cassava starch hydrolysis and ethanol production by immobilized *Aspergillus awamori* and *Saccharomyces cerevisiae* in a novel alternating liquid phase–air phase system. *Process Biochemistry*, 95, 115-121.
7. Pereira, C. R., Resende, J., Guerra, E., Lima, V., Martins, M. D., & Knob, A. (2017). Enzymatic conversion of sweet potato granular starch into fermentable sugars: Feasibility of sweet potato peel as alternative substrate for α -amylase production. *Biocatalysis and agricultural biotechnology*, 11, 231-238.
8. Souto, L. F., Caliari, M., Júnior, M. S. S., Fiorda, F. A., & Garcia, M. C. (2016). Utilization of residue from cassava starch processing for production of fermentable sugar by enzymatic hydrolysis. *Food Science and Technology International*, 37, 19-24.
9. Aderibigbe, F. A., Babatunde, E. O., Ochapa, S. O., & Saka, H. (2024). Green Synthesis for the Production of Glucose Syrup from Waste Cassava Starch Using Alpha-Amylase. *FUOYE Journal of Engineering and Technology*.
10. Saeed, S., Shakir, H. A., & Qazi, J. (2025). Statistical optimization of amylase production from *Bacillus amyloliquefaciens* using agro-industrial waste (mango peels) under submerged fermentation by response surface methodology. *Journal of Microbiological Methods*, 107208 .
11. Melnichuk, N., Braia, M., Anselmi, P., Meini, M., & Romanini, D. (2020). Valorization of two agroindustrial wastes to produce alpha-amylase enzyme from *Aspergillus oryzae* by solid-state fermentation. *Waste Management*, 106, 155-161 .
12. Zhang, B., Bai, Y., Li, X., Dong, J., Wang, Y., & Jin, Z. (2025). Mechanism analysis for the differences in multi-level structure, enzyme accessibility and pasting properties of starch granules caused by different hydrolysis pathways of maltogenic α -amylase. *Food Chemistry*, 471, 142789 .


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