

Pullulanase Enzyme Liquid für Stärkehydrolyse in Glukose- und Maltosesirup

Enzymes.bio Research-Team · Wellington, Neuseeland · June 18, 2026

Pullulanase ist ein flüssiges Entzweigungsenzym für die Stärkeverzuckerung: Es spaltet gezielt α -1,6-glykosidische Bindungen an Verzweigungsstellen von Amylopektin und Grenzdextrinen. In Glukose- und Maltosesirup-Prozessen macht diese Entzweigung verzweigte Dextrine für Glucoamylase, β -Amylase oder andere stärkeabbauende Enzyme besser zugänglich und unterstützt dadurch ein höheres Maß an kontrollierter Hydrolyse ^[1].

Enzymes.bio bietet Pullulanase Enzyme Liquid als 1-kg-Einheit zur direkten Online-Bestellung an. Enzymes.bio ist Lieferant, nicht Hersteller und nicht Labor; Analysezertifikat und Sicherheitsdatenblatt werden bei der Bestellung mitgeliefert.

Warum Pullulanase in der Stärkehydrolyse eingesetzt wird

Stärke ist kein einheitlich lineares Polymer. Sie besteht im Wesentlichen aus Amylose und Amylopektin: Amylose ist überwiegend linear über α -1,4-Bindungen aufgebaut, während Amylopektin zusätzlich α -1,6-Verzweigungspunkte enthält. In vielen Stärken liegt der Amylopektinanteil grob im Bereich von 70–80 %, während Amylose häufig etwa 20–30 % ausmacht; die genaue Verteilung hängt von botanischer Herkunft und Sorte ab ^[2].

Diese Verzweigungsstellen sind der Grund, warum ein reiner Abbau entlang linearer Ketten nicht ausreicht. α -Amylasen schneiden vor allem innerhalb von α -1,4-verknüpften Ketten und verkürzen Stärke zu Dextrinen; Glucoamylasen setzen Glukose bevorzugt von nichtreduzierenden Enden frei. An α -1,6-Verzweigungen entstehen jedoch sogenannte Grenzdextrine, weil die linearen Angriffswege der Enzyme dort eingeschränkt sind ^[1].

Pullulanase adressiert genau diesen Engpass. Das Enzym gehört funktional zu den Entzweigungsenzymen und wird der EC-Nummer 3.2.1.41 zugeordnet; seine charakteristische Reaktion ist die Hydrolyse von α -1,6-glykosidischen Bindungen in Pullulan, Amylopektin und verwandten

verzweigten Dextrinen [3]. Dadurch entstehen weniger verzweigte, besser zugängliche Kohlenhydratketten, die im nächsten Schritt weiter in Glukose, Maltose oder andere gewünschte Zuckerprofile überführt werden können.

Für industrielle Sirupprozesse ist diese Funktion besonders wichtig, weil das Produktprofil nicht nur von der Gesamtmenge hydrolysiertes Stärke abhängt, sondern auch davon, welche Dextrinstrukturen am Ende übrig bleiben. Ohne ausreichende Entzweigung können verzweigte Oligosaccharide die Glukoseausbeute begrenzen oder bei maltoseorientierten Prozessen unerwünschte Restdextrine erhöhen [4].

Der konkrete Mechanismus: Spaltung von α -1,6-Bindungen

Pullulanase erkennt Verzweigungsstellen, an denen eine Glukoseeinheit über eine α -1,6-Bindung an eine ansonsten α -1,4-verknüpfte Kette angebunden ist. In Amylopektin entstehen dadurch baumartige Strukturen mit vielen kurzen Seitenketten; in Grenzdextrinen bleiben nach der Einwirkung anderer Amylasen genau solche verzweigten Reste zurück [1].

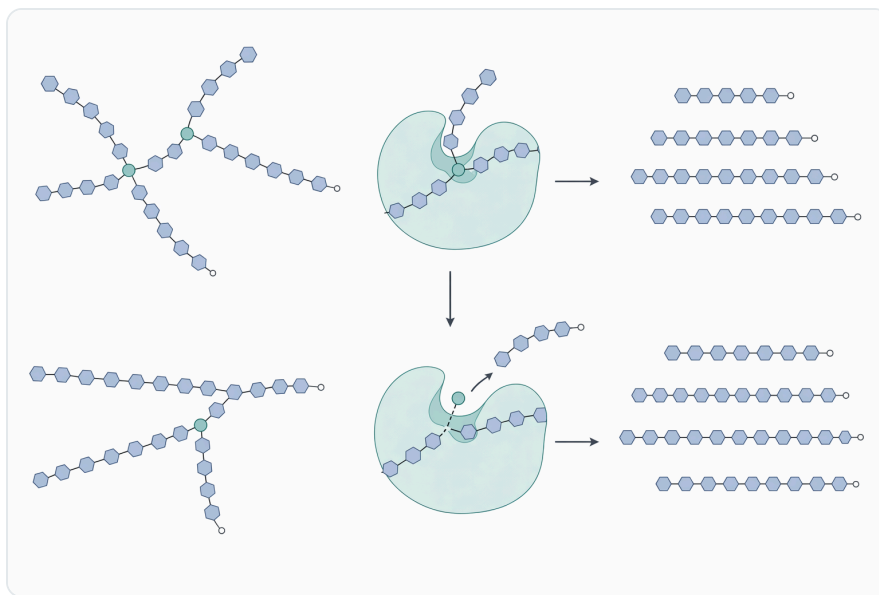


Figure 1. 풀룰라나아제는 아밀로펙틴 유래 덱스트린의 α -1,6 분지 결합을 절단하여, 이후 가수분해에 이용될 수 있는 더 선형적인 글루칸 사슬을 생성한다.

Das Modellsusbrat Pullulan erklärt die Spezifität gut. Pullulan besteht aus Maltotriose-Einheiten, die über α -1,6-Bindungen miteinander verbunden sind. Pullulanase spaltet diese α -1,6-Verknüpfungen und setzt dadurch vor allem Maltotriose-Einheiten frei; bei Stärkehydrolysaten ist der wichtigste technische Effekt jedoch nicht die Maltotriosebildung an sich, sondern die Entzweigung von Amylopektin-Fragmenten [1].

Der Mechanismus ist daher nicht mit einer allgemeinen „Stärkespaltung“ gleichzusetzen. Pullulanase schneidet nicht wahllos jede glykosidische Bindung, sondern wirkt an einer definierten strukturellen Schwachstelle verzweigter Dextrine. Deshalb ist sie in der Praxis meist kein Ersatz für α -Amylase oder Glucoamylase, sondern eine Ergänzung innerhalb eines Enzymsystems [3].

Ein nützliches Bild für die Prozesslogik: α -Amylase verkürzt ein großes Stärkemolekül in lösliche Dextrine, Pullulanase entfernt Verzweigungen aus diesen Dextrinen, und Glucoamylase oder maltosebildende Enzyme arbeiten anschließend effizienter an den nun besser zugänglichen Kettenenden. Diese Arbeitsteilung ist der Kern ihres Einsatzes in Glukose- und Maltosesirup-Prozessen [4].

Einordnung im industriellen Stärkeprozess

Industrielle Stärkehydrolyse wird typischerweise mehrstufig geführt. Zunächst wird Stärke aufgeschlossen und verflüssigt, damit aus gequollener oder gelöster Stärke kürzere, pump- und filtrierbare Dextrine entstehen. Danach folgt die Verzuckerung, bei der die Dextrine enzymatisch in definierte Zuckerprofile umgewandelt werden [2].

Pullulanase ist vor allem in der Verzuckerungsphase relevant, weil dort die Zusammensetzung der Dextrine über Ausbeute und Sirupprofil entscheidet. Nach der Verflüssigung enthalten Hydrolysate lineare und verzweigte Oligosaccharide; die verzweigten Anteile sind für Glucoamylase schwerer vollständig bis zur Glukose abzubauen. Durch die Entfernung der α -1,6-Verknüpfungen entstehen zusätzliche lineare Angriffspunkte [1].

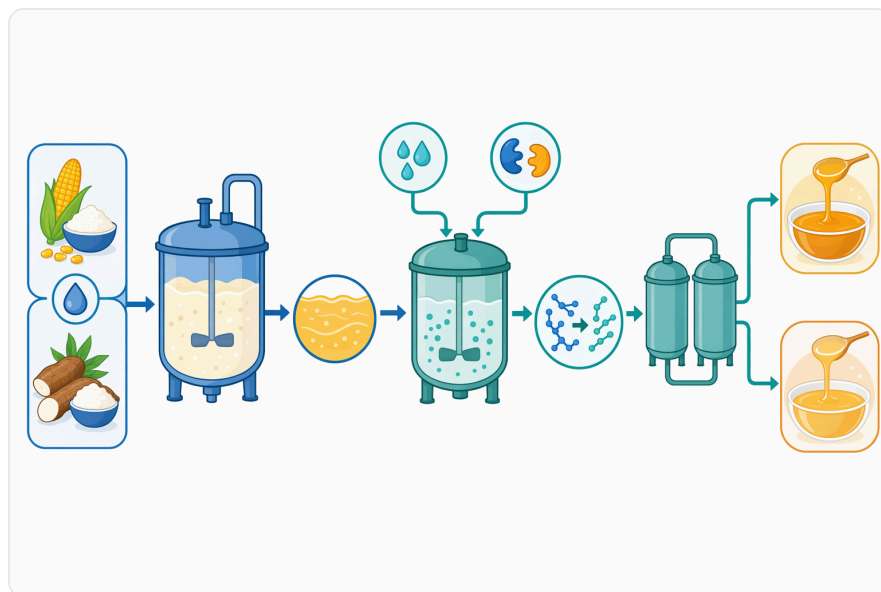


Figure 2. 전분 시럽 가공에서 풀룰라나아제는 일반적으로 호화과 액화 이후 단계에 투입되며, 이때 용해된 분자 덩스트린이 탈분지와 당화에 이용될 수 있다.

In Glukosesirup-Prozessen wird Pullulanase daher häufig zusammen mit Glucoamylase betrachtet. Glucoamylase kann α -1,4-Bindungen von nichtreduzierenden Enden her hydrolysieren und auch α -1,6-Bindungen nur deutlich langsamer oder eingeschränkt umsetzen; Pullulanase entlastet diesen Schritt, indem sie die Verzweigungen gezielt entfernt [4].

In maltoseorientierten Prozessen ist die Logik anders, aber die Strukturfrage dieselbe. Maltosebildende Enzyme profitieren von linearen Kettenabschnitten, während Verzweigungen die Bildung hoher Maltoseanteile begrenzen können. Pullulanase kann deshalb in Enzymkombinationen eingesetzt werden, wenn ein Sirup mit hohem Maltoseanteil oder ein kontrolliertes Kohlenhydratprofil angestrebt wird [1].

Vergleich: Pullulanase und andere Enzyme der Stärkehydrolyse

Die folgende Tabelle ordnet Pullulanase im Verhältnis zu typischen Enzymfunktionen der Stärkehydrolyse ein. Sie ersetzt keine Prozessspezifikation, zeigt aber, warum Pullulanase eine spezialisierte Rolle hat und nicht einfach als „weitere Amylase“ verstanden werden sollte [2].

Enzymfunktion	Hauptangriffspunkt	Typischer Beitrag im Stärkeprozess	Relevanz für Glukose- oder Maltosesirup
α-Amylase	Innere α -1,4-Bindungen in Stärke und Dextrinen	Verflüssigung; schnelle Reduktion der Kettenlänge	Erzeugt lösliche Dextrine als Ausgangspunkt der Verzuckerung
Glucoamylase	Nichtreduzierende Enden, vor allem α -1,4-Bindungen	Verzuckerung zu Glukose	Zentrales Enzym für Glukosesirup; Wirkung wird durch verzweigte Grendextrine begrenzt
Pullulanase	α -1,6-Bindungen an Verzweigungspunkten	Entzweigung von Amylopektin- und Grendextrinstrukturen	Unterstützt Glukosebildung mit Glucoamylase und kann maltosereiche Profile begünstigen
β-Amylase / maltosebildende Systeme	Nichtreduzierende Enden linearer α -1,4-Ketten	Freisetzung von Maltose aus linearen Dextrinen	Wichtig für maltoseorientierte Sirupe; profitiert von entzweigten Ketten
Isoamylase	α -1,6-Bindungen, andere Substratpräferenzen als Pullulanase	Ebenfalls Entzweigung, je nach Dextrinstruktur	Technisch verwandt, aber nicht identisch mit Pullulanase

Der praktische Unterschied zwischen Pullulanase und Glucoamylase ist besonders wichtig. Glucoamylase ist das Enzym, das in der Glukosesirupherstellung den Großteil der Glukosefreisetzung übernimmt; Pullulanase erhöht die strukturelle Zugänglichkeit, indem sie Verzweigungspunkte entfernt. Die Wirkung entsteht also aus der Kombination, nicht aus einer isolierten Einzelreaktion [4].

Auch die Abgrenzung zu Isoamylase ist relevant. Beide Enzymgruppen werden als Entzweigungsenzyme beschrieben, unterscheiden sich jedoch in Substratpräferenz und praktischer Prozessführung. Pullulanase ist vor allem für die Spaltung von α -1,6-Bindungen in Pullulan und bestimmten Grenzdextrinen charakteristisch [1].

Anwendung in der Glukosesirup-Produktion

Bei der Herstellung von Glukosesirup ist das Ziel eine möglichst weitgehende Umwandlung von Stärkehydrolysaten in Glukose. Nach der Verflüssigung enthalten die Dextrine jedoch Verzweigungen aus dem Amylopektinanteil der Stärke. Diese α -1,6-Strukturen führen dazu, dass Glucoamylase zwar lineare Abschnitte abbaut, aber an verzweigten Resten langsamer oder unvollständiger vorankommt [2].

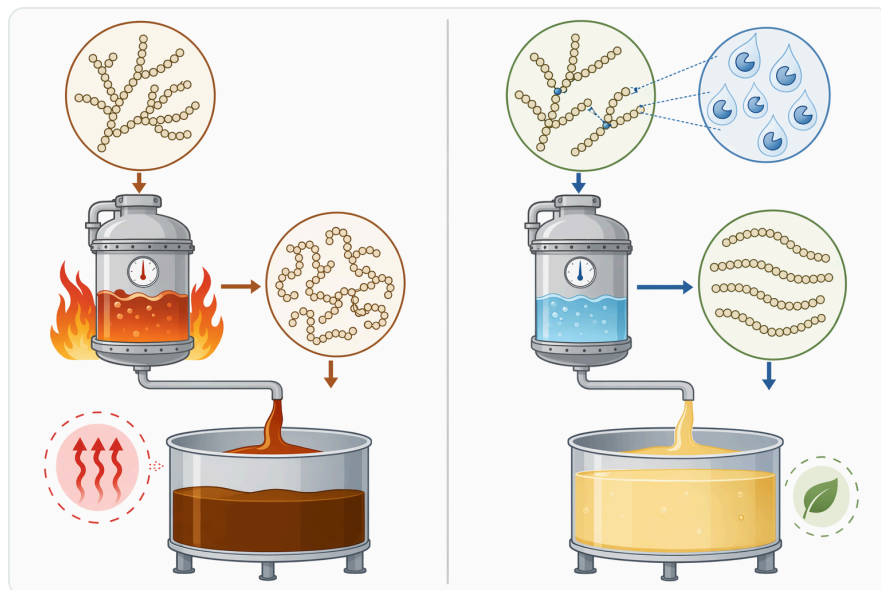


Figure 3. α -아밀라아제, 풀룰라나아제, 글루코아밀라아제 및 말토스 생성 효소는 전분의 서로 다른 구조적 특징에 작용하므로 시럽 생산에서 상호 보완적인 역할을 한다.

Pullulanase verbessert hier die Prozesslogik, indem sie Grenzdextrine entzweigt. Sobald die α -1,6-Bindung gespalten ist, entstehen zusätzliche lineare Kettenenden und kürzere lineare Segmente. Glucoamylase kann diese Strukturen anschließend besser bis zur Glukose hydrolysieren [1].

Technisch bedeutet das: Pullulanase kann die Menge hartnäckiger verzweigter Restdextrine senken und die Kohlenhydratverteilung in Richtung stärkerer Verzuckerung verschieben. Die konkreten Effekte hängen allerdings stark von Rohstoff, Verflüssigungsgrad, Enzymkombination, pH-Wert, Temperaturführung und Reaktionszeit ab; allgemeingültige Leistungswerte lassen sich aus der Enzymfunktion allein nicht seriös ableiten [4].

Für Anwender ist entscheidend, die Rolle realistisch zu formulieren. Pullulanase „macht“ Glukosesirup nicht allein. Sie beseitigt eine strukturelle Barriere, damit Glucoamylase und der Gesamtprozess effizienter in Richtung Glukose arbeiten können [3].

Anwendung in der Maltosesirup-Produktion

Bei Maltosesirup steht nicht die vollständige Glukosefreisetzung im Vordergrund, sondern die Erzeugung eines Zuckerprofils mit hohem Maltoseanteil. Maltose entsteht vor allem aus linearen α -1,4-verknüpften Kettenabschnitten, die von maltosebildenden Enzymen schrittweise abgebaut werden können. Verzweigungen stören diesen Ablauf, weil sie die kontinuierliche Abspaltung von Maltoseeinheiten unterbrechen [1].

Pullulanase kann in solchen Prozessen die Bildung geeigneter linearer Dextrine unterstützen. Durch die Spaltung von α -1,6-Verzweigungen werden Kettenabschnitte verfügbar, die für β -Amylase oder andere maltosebildende Enzymsysteme besser zugänglich sind. Dadurch kann die Entzweigung ein Baustein für maltosereiche Sirupe sein [4].

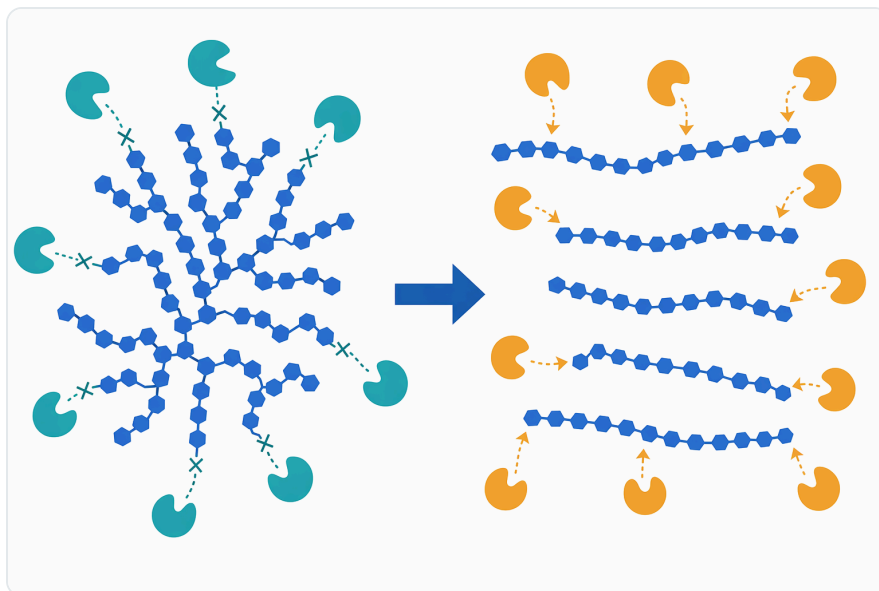


Figure 4. 탈분지는 분지 장벽을 제거하고 접근 가능한 선형 사슬 영역을 늘림으로써 덱스트린 집합의 구조적 형태를 변화시킨다.

Wichtig ist auch hier die Abgrenzung: Pullulanase erzeugt nicht automatisch einen hohen Maltoseanteil. Das Zielprofil entsteht aus der Kombination von Substrat, Vorbehandlung, Enzymauswahl und Prozessführung. Pullulanase liefert die strukturelle Voraussetzung, indem sie verzweigte Dextrine in besser verwertbare lineare Fragmente überführt [2].

In der Praxis kann der Nutzen besonders dann relevant sein, wenn nach der Verflüssigung ein hoher Anteil verzweigter Dextrine verbleibt oder wenn ein enges Sirupprofil mit begrenzten Restdextrinen gewünscht wird. Ohne anwendungsspezifische Prozessdaten sollte Pullulanase daher als plausibler Entzweigungsbaustein, nicht als alleinige Garantie für ein bestimmtes Maltoseprofil beschrieben werden [1].

Welche Prozessvariablen die Wirkung beeinflussen

Die Wirkung von Pullulanase hängt nicht nur vom Enzym selbst ab, sondern von der Struktur des Substrats. Waxy-Stärken mit sehr hohem Amylopektinanteil, normale Mais- oder Weizenstärken und amylosebetonte Stärken liefern nach Verflüssigung unterschiedliche Dextrinmuster. Je höher der relevante Anteil verzweigter Grenzdextrine, desto größer kann der strukturelle Nutzen eines Entzweigungsenzyms sein [2].

Auch der Zustand nach der Verflüssigung ist entscheidend. Wenn α -Amylase zu sehr langen, schlecht löslichen Fragmenten führt, ist die weitere Verzuckerung anders begrenzt als bei stark verkürzten Dextrinen. Pullulanase wirkt am besten dort, wo ihre Substrate — verzweigte Dextrine mit zugänglichen α -1,6-Bindungen — tatsächlich vorliegen [1].

pH-Wert und Temperatur müssen zur jeweiligen Enzymkombination passen. Da Pullulanase häufig zusammen mit Glucoamylase oder maltosebildenden Enzymen eingesetzt wird, ist nicht nur das Optimum eines einzelnen Enzyms relevant, sondern die gemeinsame Arbeitsfähigkeit des Systems. In technischen Beschreibungen von Pullulanasen werden deshalb Prozessfenster immer im Zusammenhang mit Anwendung, Enzymursprung und Formulierung betrachtet [4].

Die Reihenfolge der Enzymzugabe kann ebenfalls eine Rolle spielen. Manche Prozesse setzen Entzweigung und Verzuckerung simultan ein, andere trennen Schritte stärker. Simultane Führung kann sinnvoll sein, wenn Pullulanase laufend neue lineare Substrate für Glucoamylase erzeugt; getrennte Führung kann gewählt werden, wenn das Dextrinprofil vor der Hauptverzuckerung gezielt vorbereitet werden soll [2].

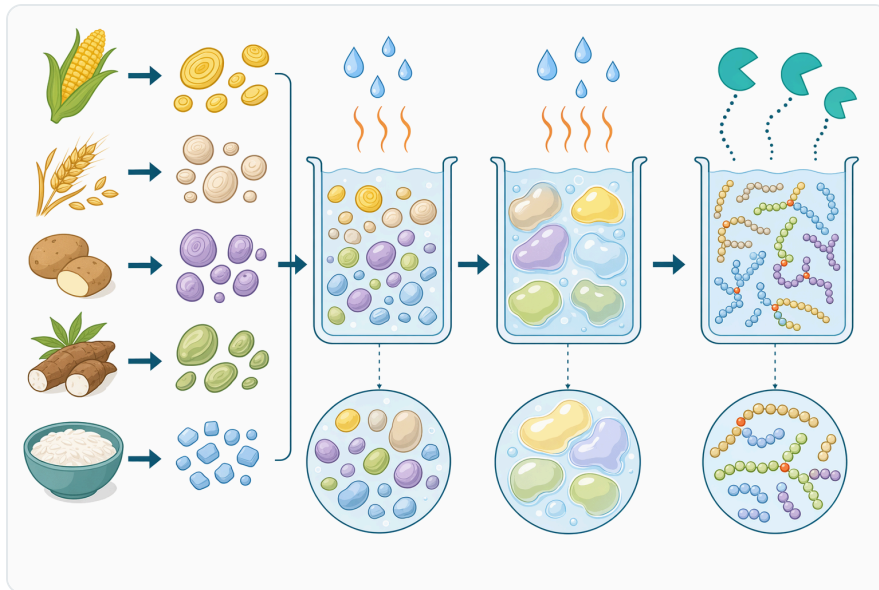


Figure 5. 식물 유래 전분의 구조와 전처리 방식은 α -1,6 분지 결합이 풀룰라나 아제에 얼마나 쉽게 접근되는지에 영향을 미친다.

Erwartbare Vorteile — und ihre Grenzen

Der wichtigste belegbare Vorteil ist die gezielte Entzweigung. Pullulanase spaltet α -1,6-Bindungen, die in Amylopektin und Grenzextrinen die strukturelle Verzweigung verursachen. Diese Reaktion ist klar definiert und erklärt, warum das Enzym in Stärkehydrolysaten eine besondere Rolle spielt ^[1].

Ein zweiter Vorteil ist die bessere Zusammenarbeit mit Glucoamylase. Durch Entzweigung entstehen zusätzliche lineare Kettenbereiche und nichtreduzierende Enden, sodass Glucoamylase mehr Substrat in der für sie günstigen Form vorfindet. Das ist die biochemische Grundlage für den Einsatz in Glukosesirup-Prozessen ^[4].

Ein dritter Vorteil liegt in der Steuerung von Sirupprofilen. In maltoseorientierten Prozessen kann Pullulanase dazu beitragen, verzweigte Restdextrine zu reduzieren und lineare Fragmente für maltosebildende Enzyme bereitzustellen. Das ist besonders relevant, wenn nicht nur „mehr Hydrolyse“, sondern ein bestimmtes Verhältnis von Maltose, Glukose und höheren Sacchariden angestrebt wird ^[2].

Die Grenzen sind ebenso wichtig. Pullulanase kann keine mangelhafte Stärkegelatinisierung, unpassende Verflüssigung oder ungeeignete Prozessbedingungen kompensieren. Außerdem ersetzt sie nicht die Enzyme, die α -1,4-Bindungen abbauen oder gezielt Glukose beziehungsweise Maltose freisetzen ^[3].

Qualität, Dokumentation und Verwendung des 1-kg-Produkts von Enzymes.bio

Enzymes.bio liefert Pullulanase Enzyme Liquid als 1-kg-Einheit zur direkten Online-Bestellung. Das Produkt ist für Kunden gedacht, die ein flüssiges Entzweigungsenzym für Stärkehydrolyse, Glukosesirup- oder Maltosesirup-Prozesse beschaffen möchten. CoA und SDS werden bei der Bestellung mitgeliefert.

Enzymes.bio ist dabei Lieferant, nicht Hersteller und nicht Labor. Deshalb werden in diesem Dokument keine herstellereigene Aktivitätsangaben, Analyseverfahren oder internen Freigabemethoden beschrieben. Für die technische Einordnung ist stattdessen die belegte Enzymfunktion entscheidend: Spaltung von α -1,6-Verzweigungen in geeigneten Stärkehydrolysaten ^[1].



Figure 6. 동일한 풀룰라나아제의 탈분지 작용은 함께 사용되는 효소 시스템에 따라 포도당 시럽, 말토스 시럽 또는 발효 가능한 당류 흐름의 생산을 지원할 수 있다.

Für betriebliche Anwendungen sollte Pullulanase als Prozesskomponente innerhalb eines validierten Enzymsystems betrachtet werden. Die tatsächliche Wirkung hängt vom vorhandenen Dextrinprofil, der Kombination mit anderen Enzymen und den festgelegten Prozessparametern ab. Eine Übertragung allgemeiner Literaturmechanismen auf eine konkrete Anlage erfordert daher immer anwendungsspezifische Bewertung ^[2].

Sicherheit und regulatorischer Kontext

Pullulanase wird in der Lebensmittel- und Stärkeindustrie als technisches Enzym beschrieben, insbesondere für Stärkeverzuckerung, Glukosesirup und verwandte Prozesse. TransGEN ordnet Pullulanase als Enzym zur Spaltung von Stärkeverzweigungen ein und beschreibt den Einsatz in der Stärkeverarbeitung, einschließlich der Verbesserung der Umwandlung von Stärke zu Glukose beziehungsweise Sirupen ^[3].

Lebensmittelenzyme unterliegen je nach Zielmarkt regulatorischen Anforderungen. In der EU werden Lebensmittelenzyme grundsätzlich hinsichtlich Sicherheit, technologischer Notwendigkeit und möglicher Irreführung bewertet; die konkrete Zulässigkeit hängt von Enzympräparat, Anwendung und Rechtslage ab. Allgemeine Enzymbeschreibungen ersetzen daher keine lebensmittelrechtliche Prüfung für ein bestimmtes Endprodukt ^[3].

Auch die Herkunft industrieller Enzyme ist regulatorisch zu unterscheiden. Viele technische Enzyme werden heute mikrobiell erzeugt; dabei können Produktionsorganismen je nach Enzympräparat klassisch selektiert, optimiert oder biotechnologisch entwickelt sein. Entscheidend für die Verwendung ist nicht eine pauschale Aussage zur Enzymklasse, sondern die Dokumentation des konkreten Präparats und die geltenden Anforderungen des Zielmarkts ^[2].

Für Kunden bedeutet das: Pullulanase kann technologisch sinnvoll sein, wenn verzweigte Dextrine ein Prozesshindernis darstellen. Ob und wie sie in einem Lebensmittel-, Getränke- oder Fermentationsprozess eingesetzt werden darf, richtet sich nach dem jeweiligen regulatorischen Rahmen und der produktbezogenen Dokumentation.

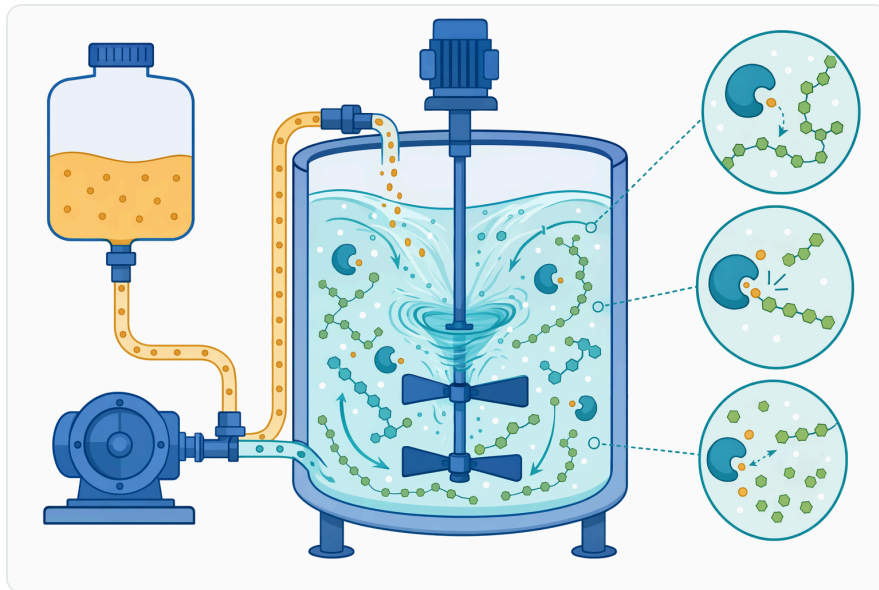


Figure 7. 액상 풀룰라나아제 제형은 수성 전분 가수분해 공정 흐름에 정량 주입하고 분산시키는 데 적합하다.

Technische Kernaussage für Entscheider

Pullulanase ist dann besonders relevant, wenn die Stärkehydrolyse nicht an linearen Ketten, sondern an Verzweigungen limitiert ist. Das betrifft vor allem Amylopektin- und Grenzextrinstrukturen, deren α -1,6-Bindungen von vielen klassischen Stärkeenzymen nicht effizient genug abgebaut werden ^[1].

In der Glukosesirupherstellung unterstützt Pullulanase die Glucoamylase, indem sie verzweigte Dextrine in besser hydrolysierbare lineare Strukturen überführt. In der Maltosesirupherstellung kann derselbe Entzweigungsmechanismus helfen, lineare Kettenabschnitte für maltosebildende Enzyme bereitzustellen ^[4].

Der wirtschaftliche Nutzen ergibt sich also nicht aus einem unspezifischen „Mehr an Enzym“, sondern aus einer klaren mechanistischen Ergänzung: Pullulanase entfernt α -1,6-Verzweigungen, während andere Enzyme α -1,4-Ketten weiter abbauen. Diese Arbeitsteilung macht das Enzym zu einem spezialisierten Baustein für kontrollierte Stärkehydrolyse ^[2].

Fazit

Pullulanase Enzyme Liquid für Stärkehydrolyse in Glukose- und Maltosesirup-Prozessen ist ein flüssiges Entzweigungsenzym, das α -1,6-glykosidische Bindungen in verzweigten Stärkedextrinen spaltet. Damit adressiert es einen konkreten strukturellen Engpass der Stärkeverzuckerung: die Verzweigungen aus Amylopektin, die ohne Entzweigung als Grenzextrine bestehen bleiben können ^[1].

Für Glukosesirup liegt der Hauptnutzen in der besseren Zusammenarbeit mit Glucoamylase; für Maltosesirup liegt er in der Bereitstellung linearerer Dextrinstrukturen für maltosebildende Enzymsysteme. Enzymes.bio liefert das Produkt als 1-kg-Einheit online; CoA und SDS werden bei der Bestellung mitgeliefert.

Pullulanase Enzyme Liquid For Starch Hydrolysis In Glucose And Maltose Syrup Production online bestellen

Verkauf in 1 kg-Einheiten, ab Lager und versandbereit. Bestellen Sie direkt in unserem Shop — bezahlen Sie online, wir bearbeiten Ihre Bestellung. Ein Analysenzertifikat und ein Sicherheitsdatenblatt liegen jeder Bestellung bei.

[Pullulanase Enzyme Liquid For Starch Hydrolysis In Glucose And Maltose Syrup Production kaufen](#)
→

Referenzen

Nummeriert nach Reihenfolge der Erstzitation. Open-Access-Quellen, jeweils zum Veröffentlichungszeitpunkt auf Erreichbarkeit geprüft; die Zitationsnummern im Text verlinken hierher.

1. [Checking your browser - reCAPTCHA](#). *PubMed Central*.
2. [Pmc10337586](#). *PubMed Central*.
3. [2012.Pullulanase](#). *Transgen*.
4. [Lebensmittelenzym Pullulanase Spaltung Dextrine Staerkehhydrolyse](#). *Biotech-enzymes*.


Enzymes.bio kontaktieren


Fragen zu einer Bestellung? Unser Team hilft Ihnen gerne weiter.

E-MAIL wholesale@enzymes.bio

TELEFON (USA) **+1 (507) 428-6057**

[Kontakt aufnehmen →](#)

 **400+** B2B-Kunden

 **60+** universitäre Forschungspartner

 **54** weltweit beliefert

© 2026 Enzymes.bio · Enzymlieferant für Industrie & Lebensmittelverarbeitung · Nicht zum menschlichen Verzehr oder für den Einzelverkauf.