

# Pullulanase Enzyme Liquid para hidrólisis de almidón: aplicaciones en jarabe de glucosa y jarabe de maltosa

Equipo de investigación de Enzymes.bio · Wellington, Nueva Zelanda · June 21, 2026

**Pullulanase Enzyme Liquid** es una enzima desramificante usada en hidrólisis de almidón para romper enlaces de ramificación y mejorar la conversión de dextrinas hacia jarabes de glucosa o maltosa. En procesos industriales, su valor principal no es sustituir a la alfa-amilasa, glucoamilasa o enzimas maltogénicas, sino hacer que el sustrato ramificado sea más accesible para ellas y facilitar perfiles de azúcar más controlados <sup>[1]</sup>.

Enzymes.bio suministra este producto en formato líquido para uso en procesos de almidón, con venta directa en línea en unidades de 1 kg. Enzymes.bio actúa como proveedor, no como fabricante ni laboratorio; el Certificado de Análisis y la Ficha de Datos de Seguridad se proporcionan junto con el pedido .

## Qué es la pullulanasa y por qué importa en la hidrólisis de almidón

La pullulanasa es una enzima desramificante que hidroliza enlaces glucosídicos asociados a los puntos de ramificación de polisacáridos como el pullulano, la amilopectina y dextrinas ramificadas derivadas del almidón. En términos de proceso, esto significa que puede convertir una fracción del sustrato que resulta estructuralmente difícil para otras enzimas en cadenas más lineales, mejorando la accesibilidad para etapas posteriores de sacarificación <sup>[1]</sup>.

El almidón industrial está formado principalmente por amilosa y amilopectina. La amilosa es predominantemente lineal, mientras que la amilopectina contiene muchas ramificaciones; durante la licuefacción, la alfa-amilasa reduce la viscosidad al cortar enlaces internos, pero no elimina por completo las estructuras ramificadas que limitan la conversión final. La pullulanasa actúa precisamente sobre ese cuello de botella: abre las ramificaciones para que la glucoamilasa, beta-amilasa o enzimas maltogénicas puedan producir glucosa, maltosa u otros sacáridos con mayor eficiencia <sup>[2]</sup>.

En la producción de jarabe de glucosa, la pullulanasa se utiliza como enzima auxiliar dentro de sistemas enzimáticos combinados. La glucoamilasa libera glucosa desde extremos no reductores, pero su avance puede verse restringido por puntos de ramificación; al reducir esas barreras, la pullulanasa

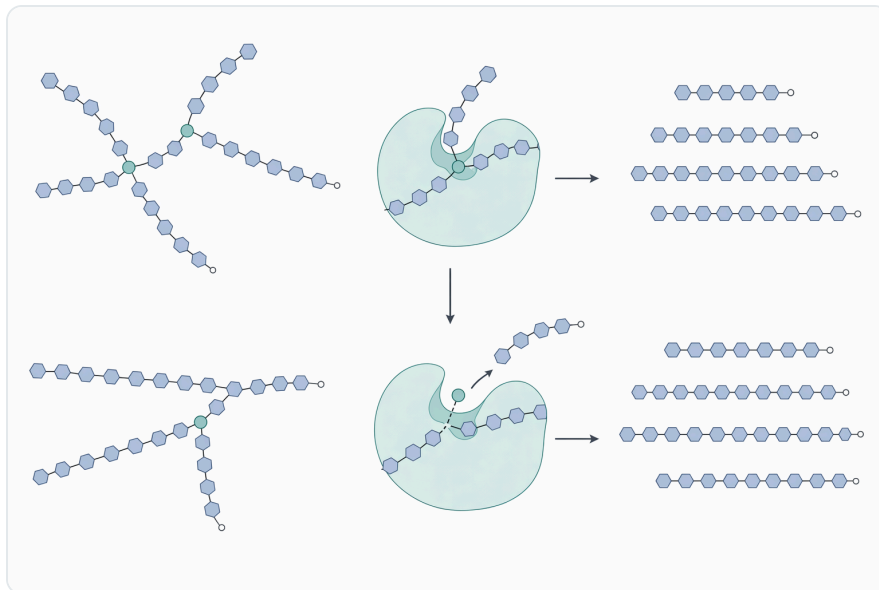
favorece una sacarificación más completa de dextrinas licuadas [3].

En la producción de jarabe de maltosa, el objetivo no suele ser maximizar glucosa, sino favorecer disacáridos y limitar una conversión excesiva. En ese contexto, la desramificación permite generar cadenas más lineales que pueden ser aprovechadas por beta-amilasas o enzimas maltogénicas, ayudando a orientar el perfil de carbohidratos hacia maltosa y maltodextrinas de menor ramificación [4].

## Mecanismo de acción: desramificación concreta, no “hidrólisis genérica”

El mecanismo de la pullulanasa se entiende mejor observando la arquitectura de la amilopectina. Las cadenas de glucosa están unidas principalmente por enlaces lineales, pero aparecen puntos de ramificación que crean una estructura compacta y menos accesible. La alfa-amilasa rompe enlaces internos en regiones disponibles, pero deja dextrinas límite ramificadas; esas dextrinas tienen menos extremos útiles y obstaculizan el avance de enzimas que trabajan de forma progresiva [1].

Cuando la pullulanasa elimina puntos de ramificación, una molécula que antes tenía forma de “arbusto” se transforma en cadenas más parecidas a “hilos”. Esa modificación no convierte automáticamente el almidón en glucosa o maltosa, pero aumenta el número y la continuidad de segmentos lineales disponibles. Por eso la pullulanasa se describe como una enzima de apoyo estructural: prepara el sustrato para que otras enzimas hagan la conversión principal [5].



**Figure 1.** 풀룰라나아제는 아밀로펙틴 유래 덱스트린의  $\alpha$ -1,6 분지 결합을 절단하여, 후속 가수분해에 적합한 더 선형적인 글루칸 사슬을 생성합니다.

En un proceso típico de jarabe de glucosa, la secuencia conceptual es: gelatinización del almidón, reducción de viscosidad mediante licuefacción, sacarificación con enzimas productoras de glucosa y, cuando corresponde, desramificación para reducir dextrinas límite. La literatura sobre jarabes de glucosa a partir de diferentes fuentes de almidón confirma que la conversión enzimática se basa en la combinación de etapas y enzimas, no en una sola reacción aislada [6].

En jarabe de maltosa, la lógica cambia: se busca liberar unidades de maltosa de cadenas lineales y evitar una hidrólisis excesiva hacia glucosa. La pullulanasa ayuda porque las ramificaciones detienen o ralentizan a enzimas que avanzan por cadenas lineales; al eliminar esas bifurcaciones, el sistema puede producir una distribución de azúcares más adecuada para jarabes maltosos [7].

## **Encaje de Pullulanase Enzyme Liquid dentro de un proceso industrial**

Pullulanase Enzyme Liquid se integra normalmente en procesos acuosos de hidrólisis de almidón ya licuado o parcialmente convertido, cuando las dextrinas ramificadas están disponibles para ser desramificadas. Su uso tiene más sentido cuando el objetivo técnico es mejorar la conversión de dextrinas resistentes, reducir fracciones de mayor peso molecular o ajustar el perfil de glucosa y maltosa en combinación con otras enzimas amilolíticas .

La enzima no debe interpretarse como sustituto de la alfa-amilasa. La alfa-amilasa cumple una función crítica al reducir la viscosidad del almidón gelatinizado y producir dextrinas manejables; sin esa etapa, la mezcla puede ser demasiado viscosa y heterogénea para una sacarificación eficiente. La pullulanasa complementa esa función atacando las ramificaciones que permanecen después de la licuefacción [2].

Tampoco sustituye a la glucoamilasa en jarabes de glucosa. La glucoamilasa es la responsable de liberar glucosa desde las cadenas disponibles, mientras que la pullulanasa mejora el acceso a cadenas que antes estaban bloqueadas por ramificaciones. Esta relación explica por qué los estudios sobre producción de jarabe de glucosa suelen evaluar combinaciones de alfa-amilasa y amiloglicosidasa, y por qué una enzima desramificante puede añadir valor cuando la amilopeptina o las dextrinas límite reducen la conversión [8].

En jarabes de maltosa, la pullulanasa se combina con enzimas que favorecen la liberación de maltosa. La producción de jarabes altos en maltosa a partir de materias primas como arroz ha sido estudiada mediante rutas enzimáticas, y la desramificación es relevante porque la estructura ramificada de la amilopeptina limita la continuidad de las cadenas desde las cuales se libera maltosa [4].



**Figure 2.** 전분 시럽 가공에서 풀룰라나아제는 일반적으로 호화 및 액화 단계 이후에 투입되며, 이때 용해된 분지형 덱스트린이 탈분지와 당화에 이용될 수 있습니다.

## Comparación funcional con otras enzimas de almidón

Enzima o grupo enzimático	Función principal en almidón	Papel en jarabe de glucosa	Papel en jarabe de maltosa	Limitación si se usa sin desramificación
Alfa-amilasa	Corta enlaces internos y reduce viscosidad durante la licuefacción	Genera dextrinas que luego pueden sacarificarse	Prepara el sustrato para enzimas productoras de maltosa	Puede dejar dextrinas ramificadas difíciles de convertir
Glucoamilasa / amiloglicosidasa	Libera glucosa desde extremos de cadenas	Enzima clave para jarabes ricos en glucosa	Puede aumentar glucosa si no se controla el perfil	Su avance se ve limitado por ramificaciones
Beta-amilasa y enzimas maltogénicas	Favorecen liberación de maltosa desde cadenas lineales	Menos centrales si se busca máxima glucosa	Claves para jarabes maltosos	Las ramificaciones frenan la liberación regular de maltosa
Pullulanasa	Rompe puntos de ramificación	Apoya conversión más completa hacia glucosa	Aumenta disponibilidad de cadenas lineales para maltosa	No produce por sí sola el perfil final; necesita enzimas complementarias

Esta comparación resume por qué la pullulanasa se valora como enzima de proceso y no como solución única. Su función es eliminar restricciones estructurales; el perfil final depende de qué enzimas actúen después o al mismo tiempo, del sustrato, de la severidad de licuefacción y de los objetivos de carbohidratos del jarabe [1].

## Evidencia científica sobre pullulanasa en jarabes y sacarificación

---

La revisión de Naik y colaboradores describe la pullulanasa como una enzima con aplicaciones prometedoras en alimentos, especialmente por su capacidad para desramificar polisacáridos y mejorar procesos relacionados con almidón. En el contexto de jarabes, la importancia de esa desramificación radica en que las ramificaciones de la amilopeptina generan dextrinas límite que reducen la eficiencia de sacarificación [1].

Un estudio sobre hidrólisis sinérgica de almidón de arrurruz evaluó la combinación de alfa-amilasa, glucoamilasa y pullulanasa para producción de jarabe de glucosa. La relevancia de ese trabajo para aplicaciones industriales es que demuestra el principio de cooperación enzimática: la alfa-amilasa reduce el tamaño del polímero, la pullulanasa elimina ramificaciones y la glucoamilasa favorece la formación de glucosa [3].

La investigación sobre jarabe de glucosa a partir de batata morada confirma que las concentraciones relativas de alfa-amilasa y amiloglicosidasa influyen en las características del jarabe final. Aunque ese estudio no se centra exclusivamente en pullulanasa, muestra que la calidad del jarabe depende del equilibrio de enzimas y de la conversión controlada del almidón, que es precisamente el escenario donde una enzima desramificante puede tener utilidad [8].

La revisión sistemática sobre producción de jarabe de glucosa mediante métodos enzimáticos y por hidrólisis ácida señala que las rutas enzimáticas son ampliamente estudiadas con distintas fuentes de almidón. Para usuarios industriales, esta comparación es importante porque los procesos enzimáticos permiten mayor especificidad de reacción que la hidrólisis ácida, y la pullulanasa añade especificidad sobre ramificaciones que otros sistemas no abordan de la misma manera [6].

También se han estudiado materias primas no convencionales para producción de jarabes de glucosa, incluidas fuentes amiláceas alternativas. La revisión sobre conversión enzimática de materiales no convencionales destaca que la composición, la estructura granular y la accesibilidad del almidón condicionan la hidrólisis, por lo que una enzima desramificante puede ser más o menos valiosa según la materia prima [9].

## Aplicación en producción de jarabe de glucosa

En jarabe de glucosa, el objetivo es convertir la mayor parte posible de las cadenas disponibles en glucosa o en un perfil con alto contenido de azúcares fermentables, según la aplicación final. La pullulanasa ayuda porque las ramificaciones residuales reducen el acceso de la glucoamilasa a las regiones internas de las dextrinas; al desramificar, aumenta la fracción de cadenas que pueden seguir siendo hidrolizadas [3].

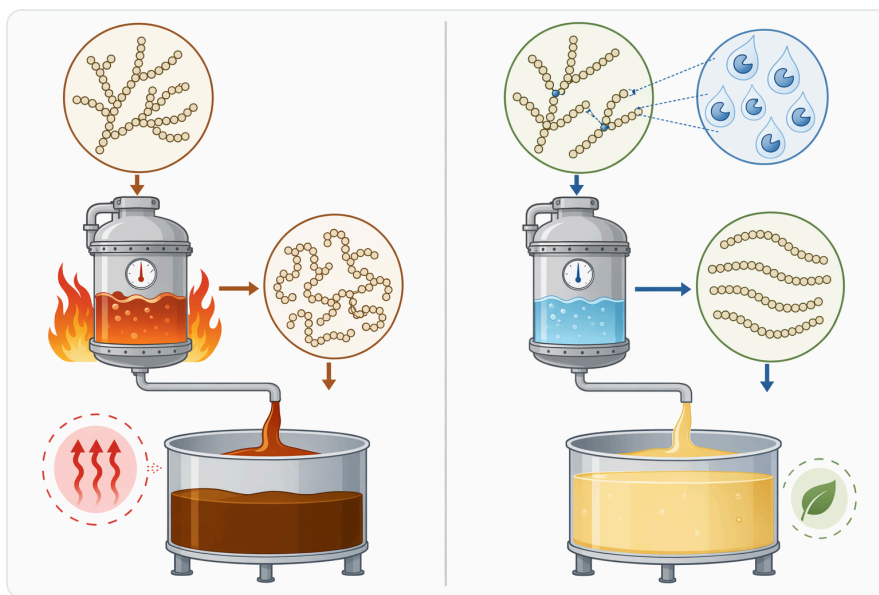


Figure 3.  $\alpha$ -아밀라아제, 풀룰라나아제, 글루코아밀라아제, 말토스 생성 효소는 전분의 서로 다른 구조적 특징에 작용하므로 시럽 생산에서 상호 보완적인 역할을 합니다.

Este papel es especialmente importante cuando la materia prima contiene una proporción significativa de amilopectina o cuando la licuefacción genera muchas dextrinas límite. En esos casos, la sacarificación con glucoamilasa puede estancarse no porque falte enzima productora de glucosa, sino porque parte del sustrato conserva una estructura ramificada que impide la conversión completa [1].

La producción de jarabe de glucosa a partir de residuos o subproductos ricos en almidón, como almidón de yuca residual, también ilustra la importancia de diseñar procesos enzimáticos según la fuente. Los estudios sobre rutas más sostenibles de conversión de almidón muestran que la hidrólisis enzimática puede transformar materias primas amiláceas en jarabes, pero el rendimiento depende de la accesibilidad y preparación del sustrato [10].

En aplicaciones fermentativas, un jarabe con mayor disponibilidad de glucosa puede actuar como fuente de carbono más directa. No obstante, la pullulanasa no determina por sí sola la fermentabilidad: su contribución se manifiesta en la reducción de dextrinas ramificadas y en el apoyo a un perfil de

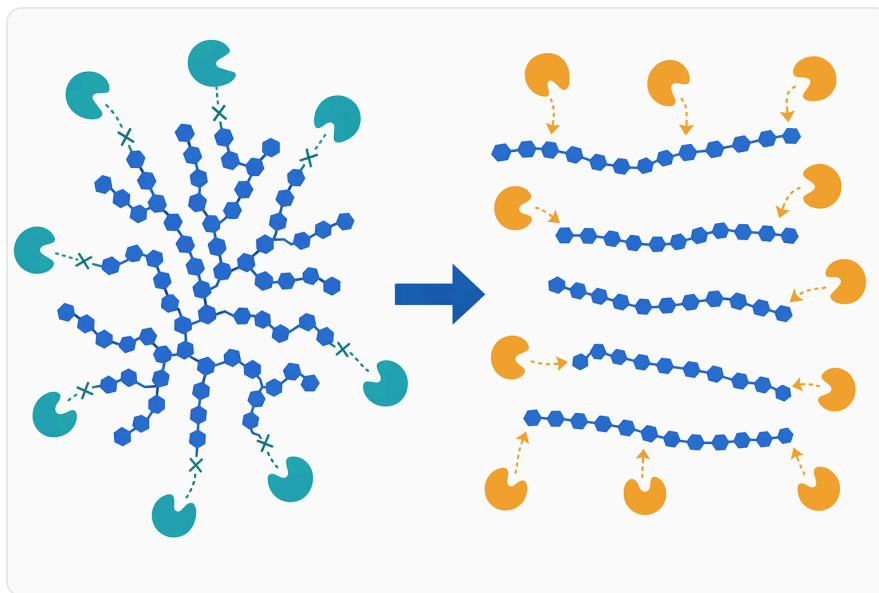
azúcares más utilizable por el microorganismo o proceso posterior [2].

## Aplicación en producción de jarabe de maltosa

En jarabe de maltosa, la estrategia enzimática busca liberar maltosa desde cadenas lineales sin llevar la hidrólisis hasta glucosa como producto dominante. La pullulanasa es útil porque las enzimas productoras de maltosa trabajan mejor cuando encuentran cadenas lineales continuas; las ramificaciones interrumpen ese avance y dejan fracciones residuales menos convertibles [4].

Los estudios sobre alfa-amilasas orientadas a producción de jarabe de maltosa muestran que la estabilidad y el desempeño de las enzimas amilolíticas influyen en la producción de jarabes maltosos. La pullulanasa encaja en ese contexto como una enzima complementaria que mejora la geometría del sustrato antes o durante la acción de enzimas maltogénicas [7].

Una ventaja técnica de la desramificación en jarabe de maltosa es que puede aumentar la eficiencia de uso de la amilopectina, que de otro modo no se comporta como una cadena lineal extensa. Al convertir regiones ramificadas en segmentos más accesibles, se generan más oportunidades para que el sistema enzimático libere maltosa de forma regular [4].



**Figure 4.** 탈분지는 분지 장벽을 제거하고 접근 가능한 선형 사슬 영역을 늘려 덱스트린 풀의 구조적 형태를 변화시킵니다.

El perfil final del jarabe dependerá de la combinación de enzimas y del tiempo de conversión. Si el proceso incluye enzimas muy activas hacia glucosa, la proporción de glucosa puede aumentar; si se favorecen enzimas maltogénicas y se controla la conversión, la pullulanasa puede apoyar un perfil más maltoso sin ser la enzima que define sola el resultado [4].

## Materias primas compatibles: maíz, arroz, yuca, batata y almidones alternativos

---

La pullulanasa puede aplicarse conceptualmente a cualquier flujo de almidón donde existan dextrinas ramificadas accesibles, pero la respuesta del proceso cambia con la materia prima. El almidón de maíz, arroz, yuca, trigo, batata u otras fuentes difiere en proporción de amilosa y amilopectina, gelatinización, organización granular y presencia de componentes no amiláceos <sup>[9]</sup>.

En arroz, se ha estudiado la producción de jarabes y productos ricos en maltosa mediante rutas enzimáticas, lo que muestra que esta materia prima puede transformarse en perfiles de carbohidratos útiles cuando se controla la hidrólisis. Para jarabes de maltosa, la desramificación puede ser relevante porque el arroz, como otros almidones, contiene amilopectina con ramificaciones que limitan la liberación continua de maltosa <sup>[4]</sup>.

En arroz integral germinado, las condiciones de germinación y maceración influyen en la actividad amilolítica y en el grado de sacarificación durante la producción de jarabe. Este tipo de evidencia refuerza que el perfil de enzimas presentes o añadidas y el tratamiento térmico del sustrato afectan directamente la conversión de almidón <sup>[11]</sup>.

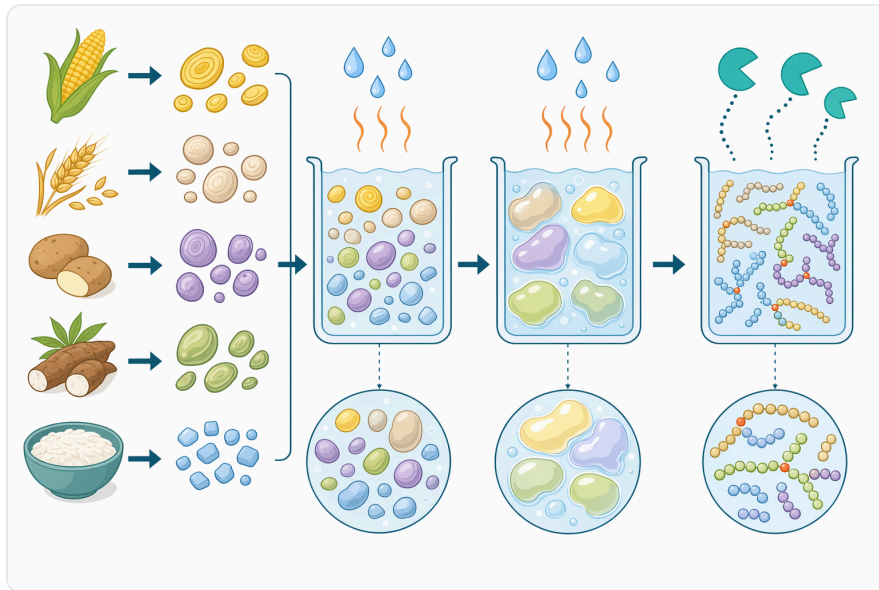
En batata morada, la optimización de alfa-amilasa y amiloglucosidasa para jarabe de glucosa muestra que las materias primas con pigmentos, fibra u otros componentes asociados al tubérculo pueden requerir ajustes específicos. La pullulanasa, en ese escenario, debe considerarse como parte de una estrategia de conversión completa, no como un corrector universal de variaciones de materia prima <sup>[8]</sup>.

En yuca y residuos ricos en almidón, los enfoques de síntesis o conversión más sostenibles han mostrado interés por producir jarabes mediante alfa-amilasa y otras enzimas. La pullulanasa puede ser relevante cuando el objetivo sea mejorar la conversión de fracciones ramificadas, pero su impacto real depende del grado de gelatinización, licuefacción y sacarificación alcanzado <sup>[10]</sup>.

## Beneficios industriales realistas de usar pullulanasa líquida

---

El beneficio más directo es la reducción de dextrinas ramificadas que permanecen después de la licuefacción. Estas dextrinas pueden elevar viscosidad residual, limitar la formación de glucosa o maltosa y generar un perfil de carbohidratos menos consistente; al desramificarlas, la pullulanasa aumenta la fracción del sustrato disponible para enzimas sacarificantes <sup>[1]</sup>.



**Figure 5.** 식물성 전분의 구조와 전처리 방식은  $\alpha$ -1,6 분지 결합이 풀룰라나아제에 얼마나 잘 접근되는지에 영향을 미칩니다.

Un segundo beneficio es la mejora potencial del rendimiento de conversión cuando se usa junto con enzimas compatibles. En los sistemas sinérgicos de alfa-amilasa, glucoamilasa y pullulanasa, cada enzima resuelve una parte distinta del problema estructural del almidón, lo que puede permitir una hidrólisis más profunda que la obtenida con un sistema incompleto [3].

Un tercer beneficio es la flexibilidad para orientar el perfil de jarabe. Si el proceso se configura para glucosa, la pullulanasa apoya a la glucoamilasa; si se configura para maltosa, apoya a enzimas que liberan maltosa desde cadenas lineales. La misma acción de desramificación puede servir a objetivos distintos porque modifica el sustrato, no el producto final de forma aislada [4].

El formato líquido también es práctico para procesos acuosos, ya que facilita la incorporación al flujo de proceso sin necesidad de una etapa adicional de dispersión de polvo. Esta ventaja logística no elimina la necesidad de validar compatibilidad con las condiciones reales de la línea, pero puede simplificar el manejo operativo dentro de una planta que ya dosifica enzimas líquidas .

## Limitaciones técnicas y expectativas correctas

La pullulanasa no corrige una gelatinización deficiente. Si los gránulos de almidón no se abren adecuadamente o si la matriz vegetal restringe el acceso, la enzima no podrá actuar de forma eficiente sobre las ramificaciones internas. Por eso, la preparación del sustrato sigue siendo una condición previa fundamental en la conversión de almidón [9].

Tampoco reemplaza una licuefacción adecuada. Un almidón demasiado viscoso limita mezcla, transferencia de masa y contacto enzima-sustrato; en ese punto, la alfa-amilasa cumple una función esencial antes de que la desramificación y la sacarificación puedan expresarse plenamente [2].

La pullulanasa no garantiza un porcentaje específico de glucosa o maltosa en el jarabe final. La composición depende de la materia prima, la etapa de licuefacción, las enzimas acompañantes, el tiempo de reacción, la temperatura, el pH del proceso y la estrategia de inactivación o finalización. La literatura muestra tendencias y mecanismos, pero no sustituye la validación en el sistema real del usuario [6].

También conviene distinguir entre evidencia de modificación de almidón y evidencia de producción de jarabes. Muchos estudios demuestran que la pullulanasa cambia propiedades estructurales del almidón, pero no todos evalúan jarabes comerciales; para esta aplicación, las conclusiones más relevantes son las que conectan desramificación con sacarificación, glucosa, maltosa o dextrinas residuales [5].



Figure 6. 동일한 풀룰라나아제의 탈분지 작용도 함께 사용하는 효소 시스템에 따라 포도당 시럽, 말토스 시럽 또는 발효성 당류 생산 흐름을 지원할 수 있습니다.

## Seguridad, documentación y uso alimentario

La seguridad de las enzimas alimentarias depende de la fuente de producción, el proceso de obtención, la pureza, el uso previsto y la regulación aplicable en cada mercado. La evaluación de una pullulanasa procedente de una cepa modificada de *Bacillus licheniformis* por parte de EFSA ilustra cómo las

autoridades analizan aspectos como origen de la enzima, exposición dietaria y ausencia de preocupaciones toxicológicas bajo condiciones evaluadas <sup>[12]</sup>.

Esa evidencia no significa que todas las pullulanases comerciales sean idénticas ni que una aprobación en una jurisdicción se transfiera automáticamente a otra. Para aplicaciones alimentarias, el usuario debe confirmar que el producto, el proceso y el uso final cumplen las normas locales aplicables a auxiliares tecnológicos o enzimas alimentarias <sup>[12]</sup>.

Enzymes.bio proporciona el CoA y la SDS junto con el pedido. El CoA permite relacionar el producto recibido con su lote y especificación comercial, mientras que la SDS aporta información de manejo seguro; esta documentación acompaña el suministro, pero no convierte a Enzymes.bio en fabricante ni laboratorio de análisis .

## Uso responsable en desarrollo de proceso

---

La forma más robusta de incorporar pullulanasa es entender primero qué fracción del problema corresponde a ramificación y qué fracción corresponde a otros factores del proceso. Si el límite principal está en la viscosidad inicial, la prioridad es la licuefacción; si el límite está en dextrinas ramificadas residuales, la desramificación puede aportar valor; si el problema es un perfil de azúcares mal orientado, debe revisarse la combinación completa de enzimas <sup>[2]</sup>.

En procesos de glucosa, la pullulanasa suele evaluarse junto con glucoamilasa porque la desramificación aumenta cadenas disponibles para liberación de glucosa. En procesos de maltosa, se evalúa junto con beta-amilasa o enzimas maltogénicas porque la desramificación aumenta la continuidad de cadenas lineales desde las que puede liberarse maltosa <sup>[3]</sup>.

La validación debe realizarse con la materia prima real y el perfil de jarabe objetivo. Los datos publicados sobre arrurruz, arroz, batata, yuca u otras fuentes demuestran que la conversión enzimática del almidón es sensible al origen del sustrato, por lo que extrapolar resultados sin ajuste puede llevar a perfiles de carbohidratos distintos de los esperados <sup>[9]</sup>.

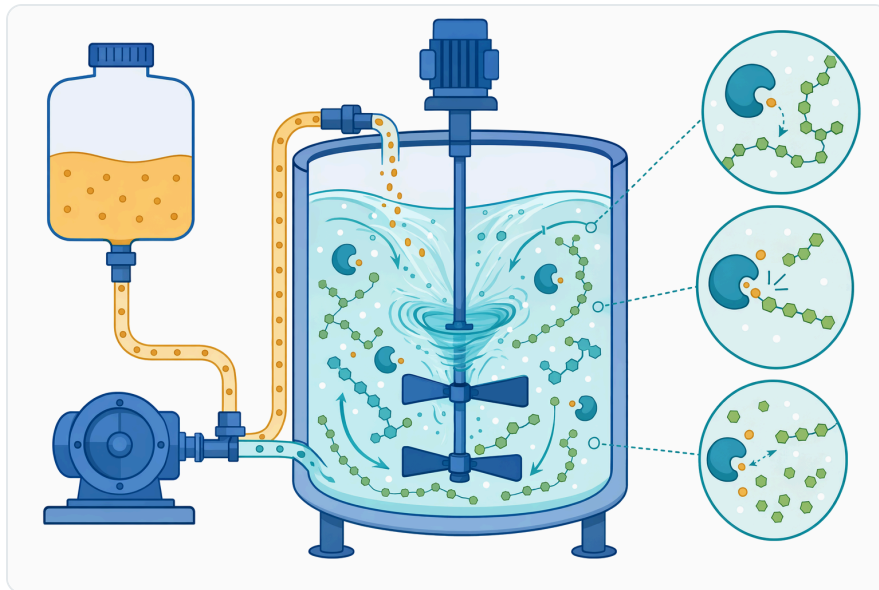


Figure 7. 액상 풀룰라나아제 제형은 수성 전분 가수분해 공정 흐름에 계량 투입하고 분산시키는 데 적합합니다.

## Contexto del producto suministrado por Enzymes.bio

Pullulanase Enzyme Liquid For Starch Hydrolysis In Glucose And Maltose Syrup Production está orientado a usuarios que necesitan una enzima desramificante líquida para integrar en procesos de conversión de almidón. Su aplicación natural se encuentra en líneas donde ya se emplean enzimas amilolíticas y se desea mejorar la accesibilidad de dextrinas ramificadas para producir jarabes de glucosa o maltosa .

El producto se vende directamente en línea en unidades de 1 kg. Esta presentación es adecuada para usuarios que desean adquirir el producto de forma directa a través de la plataforma, con la documentación correspondiente entregada junto con el pedido, sin que ello implique servicios de fabricación, formulación personalizada o análisis por parte de Enzymes.bio .

Desde una perspectiva técnica, el valor del producto debe evaluarse por su función en el sistema completo: preparación del almidón, licuefacción, desramificación, sacarificación y perfil final de carbohidratos. La pullulanasa aporta una función clara y específica, pero su desempeño depende de cómo se integre con las demás enzimas y con la materia prima <sup>[1]</sup>.

## Conclusión

La pullulanasa líquida es una enzima desramificante útil para procesos de hidrólisis de almidón en los que las ramificaciones de amilopectina y dextrinas límite reducen la eficiencia de producción de jarabes. Al romper puntos de ramificación, facilita que glucoamilasa, beta-amilasa o enzimas

maltogénicas transformen el sustrato en perfiles más adecuados de glucosa o maltosa <sup>[1]</sup>.

Para jarabe de glucosa, su principal contribución es apoyar una sacarificación más completa al reducir barreras estructurales que frenan a la glucoamilasa. Para jarabe de maltosa, ayuda a generar cadenas más lineales que favorecen la liberación de maltosa por enzimas apropiadas <sup>[3]</sup>.

Pullulanase Enzyme Liquid de Enzymes.bio debe entenderse como una herramienta de proceso dentro de una estrategia enzimática completa, no como una enzima única para producir el jarabe final. Enzymes.bio suministra el producto en línea en unidades de 1 kg y proporciona CoA y SDS junto con el pedido, manteniendo su papel como proveedor y no como fabricante ni laboratorio .

### **Pedir Pullulanase Enzyme Liquid For Starch Hydrolysis In Glucose And Maltose Syrup Production en línea**

Se vende en unidades de 1 kg, en stock y listo para enviar. Haga su pedido directamente en nuestra tienda: pague en línea y procesaremos su pedido. Con cada pedido se incluyen un Certificado de Análisis y una Ficha de Datos de Seguridad.

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

## **Referencias**

Numeradas por orden de primera cita. Fuentes de acceso abierto, verificadas como disponibles en el momento de publicación; los números de cita en el texto enlazan aquí.

1. Naik, B., Kumar, V., Goyal, S., Tripathi, A. D., Mishra, S., Saris, P. E. J., Kumar, A., ... et al. (2023). [Pullulanase: unleashing the power of enzyme with a promising future in the food industry](#). *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 11.
2. Kumar, A., Dhiman, S., Krishan, B., Samtiya, M., Kumari, A., Pathak, N., Kumari, A., ... et al. (2024). [Microbial enzymes and major applications in the food industry: a concise review](#). *Food Production, Processing and Nutrition*, 6.
3. Yunianta, Y., Sulisty, T., Apriliastuti, A., Estiasih, T., & Wulan, S. N. (2012). [Synergistic Hydrolysis of Arrowroot \(Marantha arundinaceae L.\) Starch by -Amylase, Glucoamylase, and Pullulanase for Glucose Syrup Production](#).
4. Shaw, J., & Sheu, J. (1992). [Production of High-maltose Syrup and High-protein Flour from Rice by an Enzymatic Method](#). *Bioscience, biotechnology and biochemistry*, 56 7, 1071-3 .
5. Anshory, L., Andrianto, D., Setiarto, R., & Wardana, A. A. (2025). [Utilisation of immobilised pullulanase enzyme for starch debranching on an industrial scale: A Review](#). *IOP Conference Series: Earth and Environment*, 1549.
6. Musdalifa, M., Laga, A., & Rahman, A. N. (2024). [Glucose syrup production through enzymatic methods and acid hydrolysis using different starch sources: a systematic review](#). *Journal of Food Measurement & Characterization*, 18,

8976 - 8992.

7. Aleem, B., Rashid, M., Zeb, N., Saqib, A., Ihsan, A., Iqbal, M., & Ali, H. (2018). Random mutagenesis of super Koji (*Aspergillus oryzae*): improvement in production and thermal stability of  $\alpha$ -amylases for maltose syrup production. *BMC Microbiology*, 18.
8. Sukamto, Cahya, O. E., Sudiyono, & Suprihana (2025). Optimisation of  $\alpha$ -Amylase and Amyloglucosidase Enzyme Concentration on Glucose Syrup Characteristics from Purple Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L var. Antin 2). *European Journal of Agriculture and Food Sciences*.
9. Borges, L. A., Ramos, K., Felisberto, M. H. F., & Efrain, P. (2025). Towards enzymatic conversion of non-conventional starchy materials for glucose syrup production: A review. *Food Research International*, 218, 116907 .
10. 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*.
11. Wunthunyarat, W., Wong, E., Jinn, J., Wang, Y., & Mauromoustakos, A. (2019). Effect of Germination Conditions and Mashing Temperature on the Amylolytic Enzyme Activity and Degree of Starch Saccharification of Brown Rice Cultivars During Syrup Production. *Journal of Food Science*.
12. Lambré, C., Baviera, J. M. B., Bolognesi, C., Coconcelli, P., Crebelli, R., Gott, D., Grob, K., ... et al. (2022). Safety evaluation of the food enzyme pullulanase from the genetically modified *Bacillus licheniformis* strain NZYM-LU. *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 20.

## Contactar con Enzymes.bio

¿Tiene preguntas sobre un pedido? Nuestro equipo estará encantado de ayudarle.

CORREO ELECTRÓNICO [wholesale@enzymes.bio](mailto:wholesale@enzymes.bio)

TELÉFONO (EE. UU.) **+1 (507) 428-6057**

[Contáctenos →](#)



**400+** Clientes B2B



**60+** socios universitarios de investigación



**54** atendidos en todo el mundo

© 2026 Enzymes.bio · Suministro de enzimas industriales y para procesamiento de alimentos · No apto para consumo humano ni venta minorista.