

Amilasa maltogénica para panificación: frescura de miga, antienviejamiento del pan y mejora de vida útil

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

La amilasa maltogénica para panificación es una enzima usada para retrasar el endurecimiento de la miga en panes, bollería y otros productos horneados ricos en almidón. Su efecto principal consiste en modificar parcialmente el almidón gelatinizado durante el horneado, reduciendo la reorganización de la amilopectina que contribuye a la retrogradación y a la pérdida de suavidad durante el almacenamiento ^[1].

En aplicaciones B2B, **Maltogenic Amylase For Baking** se entiende mejor como un ingrediente funcional de control de textura: no “conserva” el pan por sí sola frente a mohos, pero ayuda a mantener una miga más blanda, elástica y agradable durante la vida útil del producto. Enzymes.bio suministra esta enzima para uso industrial y de procesamiento alimentario, con venta directa en línea en unidades de 1 kg; el CoA y la SDS se proporcionan junto con el pedido .

Qué es la amilasa maltogénica y por qué se usa en panificación

La amilasa maltogénica —también llamada maltogenic amylase o maltogenic α -amylase— pertenece al grupo de enzimas que actúan sobre enlaces glucosídicos del almidón. A diferencia de una alfa-amilasa panadera convencional, cuyo efecto suele asociarse a la generación de azúcares fermentables y al ajuste de la actividad amilásica de la harina, la amilasa maltogénica se valora sobre todo por su capacidad de ralentizar el envejecimiento de la miga después del horneado ^[1].

En panificación, el envejecimiento del pan no es un único fenómeno. Incluye pérdida de humedad percibida, endurecimiento de la miga, disminución de resiliencia, cambios de aroma y, en etapas posteriores, riesgo microbiológico. La amilasa maltogénica actúa principalmente sobre la fracción de almidón y, por tanto, su contribución más clara se observa en atributos de textura: firmeza, elasticidad, cohesividad y sensación de frescura durante el almacenamiento ^[2].

La literatura científica describe la maltogenic amylase como una herramienta tecnológica relevante en productos basados en almidón porque puede modificar las cadenas de amilosa y amilopectina, generar oligosacáridos de menor tamaño y alterar la tendencia del almidón a reorganizarse. Estas

modificaciones explican por qué la enzima se estudia no solo en pan, sino también en matrices de almidón de maíz, arroz, trigo y batata, donde la estructura molecular determina propiedades físicas como viscosidad, gelificación, retrogradación y digestibilidad [3].

Mecanismo de acción: cómo reduce el endurecimiento de la miga

Durante el amasado y la fermentación, el almidón de la harina permanece en gran medida como gránulos parcialmente hidratados. El cambio decisivo ocurre durante el horneado: al aumentar la temperatura y haber suficiente agua disponible, los gránulos se hinchan, pierden parte de su orden interno y se gelatinizan. En ese estado, las cadenas de almidón quedan más accesibles a la acción enzimática [1].

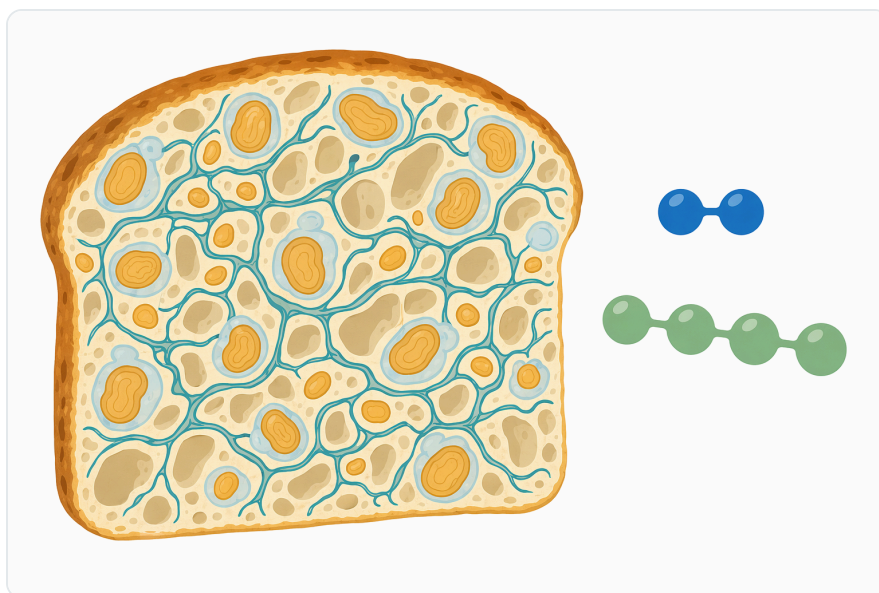


Figure 1. 말토제닉 아밀레이스는 젤라틴화된 전분을 일반적인 전분 절단 효소처럼 무작위로 분해하기보다, 말토스가 풍부한 짧은 단편으로 변형한다.

La amilasa maltogénica actúa sobre enlaces α -1,4 del almidón y tiende a liberar maltosa y maltooligosacáridos cortos a partir de cadenas más largas. En panificación, el objetivo no es licuar el almidón de forma intensa, sino “recortar” de manera controlada determinadas cadenas, en especial de la amilopectina, para que después del horneado tengan menor capacidad de alinearse y cristalizar durante el enfriamiento y el almacenamiento [4].

La retrogradación de la amilopectina es una de las causas centrales del endurecimiento progresivo de la miga. Tras salir del horno, el pan se enfría, el sistema pierde movilidad y las ramas de amilopectina pueden reorganizarse en dominios más ordenados. Esa reorganización incrementa la firmeza y reduce

la sensación de elasticidad. Cuando la amilasa maltogénica acorta parte de esas cadenas, disminuye la longitud efectiva disponible para formar estructuras cristalinas estables, lo que ayuda a mantener una miga más flexible [5].

Este mecanismo explica por qué la enzima se considera un agente antienviejamiento del pan, no simplemente un “ablandador”. Su efecto aparece durante la vida útil, cuando un pan sin tratamiento enzimático tiende a endurecerse con mayor rapidez. En estudios sobre pan blanco de trigo, las amilasas maltogénicas han sido evaluadas precisamente por su influencia en el proceso de staling y en la evolución de la textura de la miga durante el almacenamiento [6].

La acción debe ser equilibrada. Una hidrólisis insuficiente puede no generar una mejora perceptible, mientras que una hidrólisis excesiva puede alterar la estructura de la miga, aumentar la pegajosidad o modificar la mordida. Por eso, en desarrollo de formulaciones se evalúa la enzima dentro del sistema completo: harina, hidratación, grasa, azúcar, fibra, fermentación, horneado, enfriamiento y empaque [7].

Evidencia científica sobre calidad de pan y vida útil

Los estudios específicos sobre amilasa maltogénica de *Bacillus licheniformis* R-53 muestran que esta clase de enzimas puede mejorar la calidad del pan y extender su vida útil sensorial mediante una textura de miga más estable. En una investigación publicada en 2020, una nueva maltogenic amylase de esta cepa fue descrita como capaz de mejorar significativamente la calidad del pan y prolongar su frescura durante almacenamiento [8].

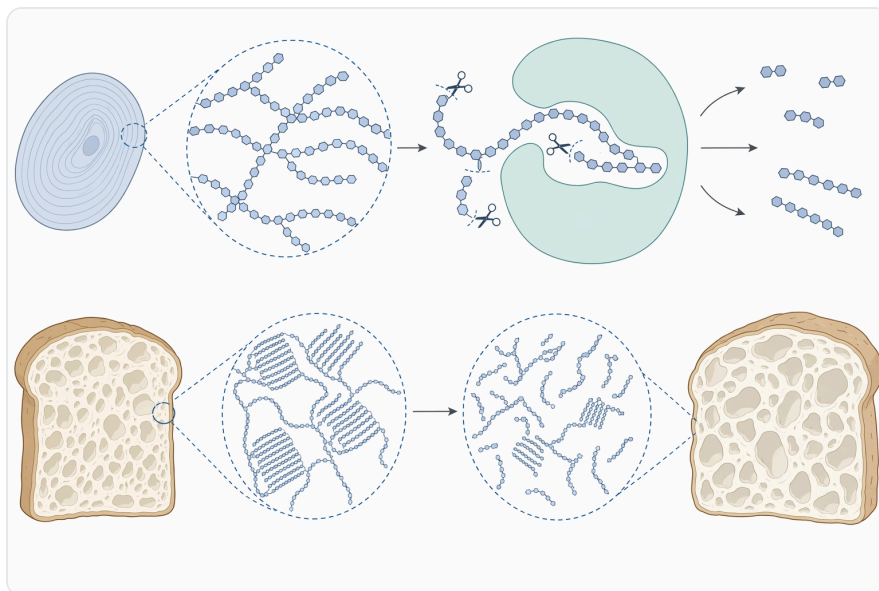


Figure 2. 빵 속살은 저장 중 단단해지는데, 이는 젤라틴화와 냉각 이후 아밀로펙틴 가지들이 다시 결합해 더 질서 있는 영역을 형성하기 때문이다.

Un trabajo posterior aplicó evolución dirigida a la misma enzima para mejorar su actividad y termoestabilidad, con el objetivo de reforzar su desempeño en panificación. La relevancia tecnológica es clara: el horneado somete a las enzimas a un perfil térmico exigente, de modo que una mayor tolerancia al calor puede aumentar la ventana en la que la enzima actúa sobre el almidón gelatinizado antes de quedar inactivada [9].

La evidencia no se limita a una sola enzima o cepa. Un estudio sobre panes de molde elaborados con transglutaminasa, xilanasa bacteriana y maltogenic α -amilase evaluó la vida útil y las características sensoriales, lo que refleja un enfoque industrial realista: en panificación, las enzimas rara vez se consideran de forma aislada, sino como parte de sistemas de mejoradores que buscan volumen, estructura, suavidad y estabilidad de miga [7].

También se ha estudiado el impacto de la amilasa maltogénica exógena sobre la liberación de azúcares en pan de trigo. Este punto importa porque los productos de hidrólisis del almidón pueden influir en dulzor percibido, coloración de corteza, fermentación residual del sistema y perfil de carbohidratos del producto final, aunque la magnitud del efecto depende de la formulación y del proceso [4].

En estudios de funcionalidad del almidón en pan blanco de trigo, la adición de maltogenic amylase o amyloamylase se ha relacionado con cambios en la estructura del almidón y en su comportamiento durante el almacenamiento. Esto confirma que el efecto antienviejamiento no es solo una observación sensorial, sino una consecuencia de cambios medibles en el componente mayoritario de la miga: el almidón [5].

Comparación con otras estrategias de frescura en pan

La vida útil del pan combina textura, sabor, humedad, seguridad microbiológica y aceptación del consumidor. La amilasa maltogénica se enfoca principalmente en la textura asociada al almidón; otras estrategias, como masa madre, empaques, recubrimientos o hidrocoloides, actúan por vías diferentes. La comparación siguiente ayuda a situar su función dentro de una estrategia integral de panificación.

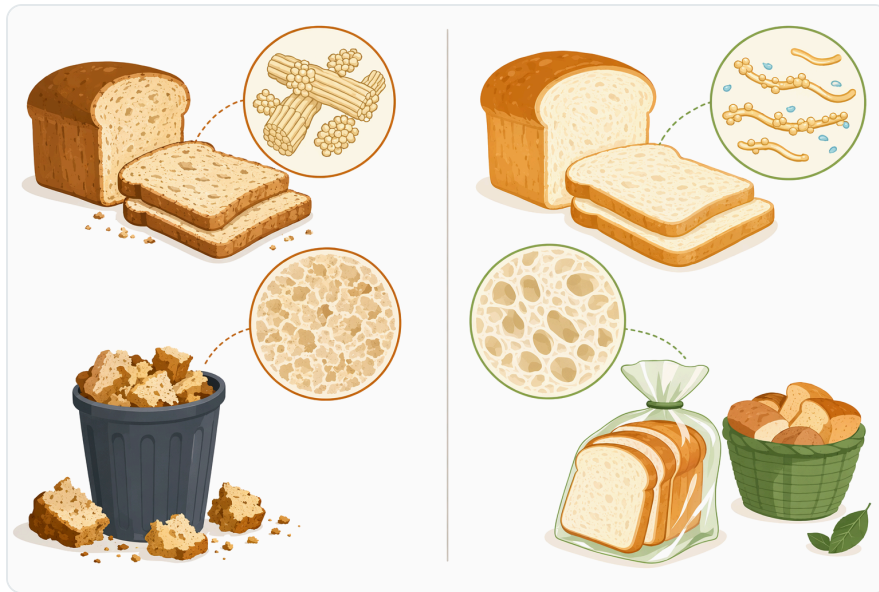


Figure 3. 서로 다른 제빵용 아밀레이스는 서로 다른 전분 단편 프로파일을 만들어내므로, 빵에서 각기 다른 기능적 효과를 제공한다.

Estrategia	Mecanismo principal	Beneficio típico	Limitación técnica
Amilasa maltogénica	Modificación parcial de cadenas de almidón gelatinizado; menor retrogradación de amilopectina	Miga más suave y resiliente durante almacenamiento	No sustituye el control de mohos ni corrige por sí sola defectos de proceso ^[1]
Xilanasas y otras enzimas de masa	Modificación de arabinosilanos y componentes de pared celular; cambios en manejo de masa y volumen	Mejor tolerancia de masa, estructura y volumen según harina	El efecto sobre frescura puede depender de la harina y de la combinación enzimática ^[10]
Transglutaminasa	Formación de enlaces entre proteínas; refuerzo de red proteica	Cambios en elasticidad, estructura y rebanabilidad	Puede endurecer o modificar la mordida si no se equilibra con el resto de la fórmula ^[7]
Masa madre	Acidificación, metabolismo microbiano y generación de compuestos aromáticos	Mejora de sabor, textura y vida útil en ciertos panes	Afecta proceso, acidez, tiempos y perfil sensorial ^[11]
Empaque	Control de pérdida de humedad, intercambio gaseoso y exposición ambiental	Conserva textura y reduce deterioro externo	No detiene por sí solo la retrogradación interna del almidón ^[12]
Recubrimientos o aditivos antimicrobianos	Barrera superficial o inhibición de crecimiento fúngico	Retraso del deterioro por mohos	No reemplaza el control de formulación y textura de la miga ^[13]

Esta comparación muestra por qué la amilasa maltogénica suele integrarse con otras tecnologías. Un pan puede mantenerse blando gracias al control de retrogradación, pero perder aceptabilidad por aroma, humedad superficial, moho o empaque inadecuado. Del mismo modo, un buen empaque puede reducir la pérdida de agua, pero no elimina la reorganización interna del almidón que endurece la miga ^[12].

Aplicaciones principales en productos horneados

Pan de molde y pan blanco industrial

El pan de molde es la aplicación más representativa para la amilasa maltogénica. En este formato, el consumidor espera rebanadas suaves, flexibles y uniformes durante varios días. La miga debe recuperar forma después de la compresión, soportar rebanado y embolsado, y conservar una mordida tierna hasta el final de la vida útil declarada ^[6].

En pan blanco de trigo, el almidón es el componente estructural dominante de la miga una vez que el gluten ha fijado la estructura durante el horneado. Por ello, cualquier tecnología que modifique la retrogradación del almidón puede tener un impacto notable en firmeza. La amilasa maltogénica se aplica precisamente en esa fase crítica: cuando el almidón se ha gelatinizado y aún existe movilidad molecular suficiente para modificar cadenas antes de que el sistema se enfríe ^[5].

Bollos, rolls y panes enriquecidos

En bollería fermentada, rolls y panes enriquecidos, la percepción de frescura depende de una combinación de suavidad, humedad percibida, elasticidad y aroma. La grasa y el azúcar ya contribuyen a retrasar ciertos cambios de textura, pero no eliminan la retrogradación del almidón. En estos sistemas, la amilasa maltogénica puede complementar el efecto de los ingredientes enriquecedores al actuar directamente sobre las cadenas de almidón ^[7].

El ajuste es especialmente importante en productos dulces o enriquecidos porque la actividad de agua, la disponibilidad de agua para el almidón, el nivel de grasa y el perfil térmico pueden cambiar la accesibilidad del sustrato. Una misma dosis tecnológica no necesariamente produce el mismo efecto en un pan blanco magro que en un bollo con grasa, azúcar, huevo, fibras o rellenos ^[4].

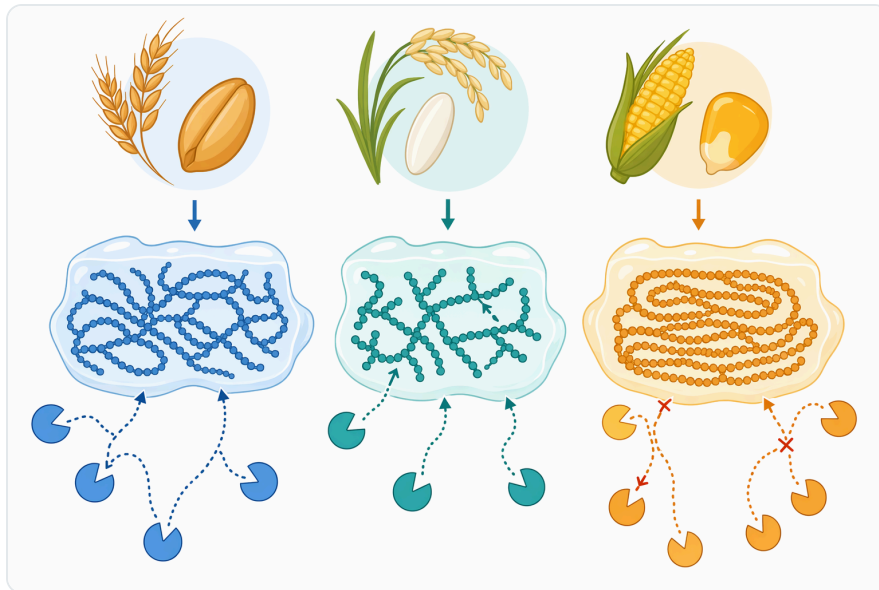


Figure 4. 쌀, 옥수수 및 모밀 전분 연구는 기질의 구조와 접근성이 말토제닉 아밀레이스의 변형 작용에 영향을 미친다는 것을 보여준다.

Panes integrales y formulaciones con fibra

Los panes integrales y con alto contenido de fibra suelen presentar mayor firmeza inicial, mayor absorción de agua y una estructura de miga más compleja. El salvado y las partículas fibrosas pueden interrumpir la red de gluten, competir por agua y modificar la gelatinización del almidón. En este contexto, la amilasa maltogénica puede ayudar a controlar la firmeza asociada al almidón, aunque no corrige por sí sola los efectos mecánicos de la fibra sobre la estructura ^[14].

En formulaciones integrales, el objetivo técnico no debe ser solo “ablandar”, sino conservar una textura coherente con el producto: miga tierna, pero no gomosa; rebanadas flexibles, pero no frágiles; y sensación de humedad sin pegajosidad. La interacción entre almidón, fibra y agua hace que el equilibrio de proceso sea más sensible que en panes blancos estándar ^[15].

Panes con masa madre y sistemas fermentados

La masa madre puede mejorar aroma, acidez, complejidad sensorial y, en algunos casos, vida útil. Sin embargo, su mecanismo no es equivalente al de la amilasa maltogénica. La fermentación con bacterias lácticas produce ácidos orgánicos, metabolitos aromáticos y cambios en proteínas y polisacáridos; la amilasa maltogénica, en cambio, actúa directamente sobre el almidón para modular la retrogradación ^[11].

Cuando se combinan masa madre y enzimas, el sistema debe considerarse de forma integrada. La acidez puede afectar la funcionalidad de proteínas, la fermentación, la percepción de sabor y la cinética de otros ingredientes. Estudios recientes sobre incorporación de bacterias lácticas muestran que el

modo de uso influye en extensibilidad de masa, textura del pan y calidad de sabor durante la vida útil, lo que confirma que la frescura del pan depende de múltiples variables simultáneas [16].

Panes sin gluten y matrices ricas en almidón

En productos sin gluten, la estructura depende más directamente de almidones, hidrocoloides, proteínas alternativas y procesos de gelatinización. Aunque la evidencia específica debe evaluarse por matriz, el principio de la amilasa maltogénica es relevante porque estas formulaciones suelen tener alta proporción de almidón y pueden endurecerse rápidamente durante almacenamiento [17].

La aplicación en panes sin gluten requiere cautela técnica. Sin una red de gluten, una hidrólisis excesiva del almidón puede comprometer estructura, volumen o mordida. Por tanto, el valor potencial de la amilasa maltogénica en estos productos se encuentra en un rango estrecho: suficiente modificación del almidón para retardar firmeza, pero sin debilitar el andamiaje que sostiene la miga [18].

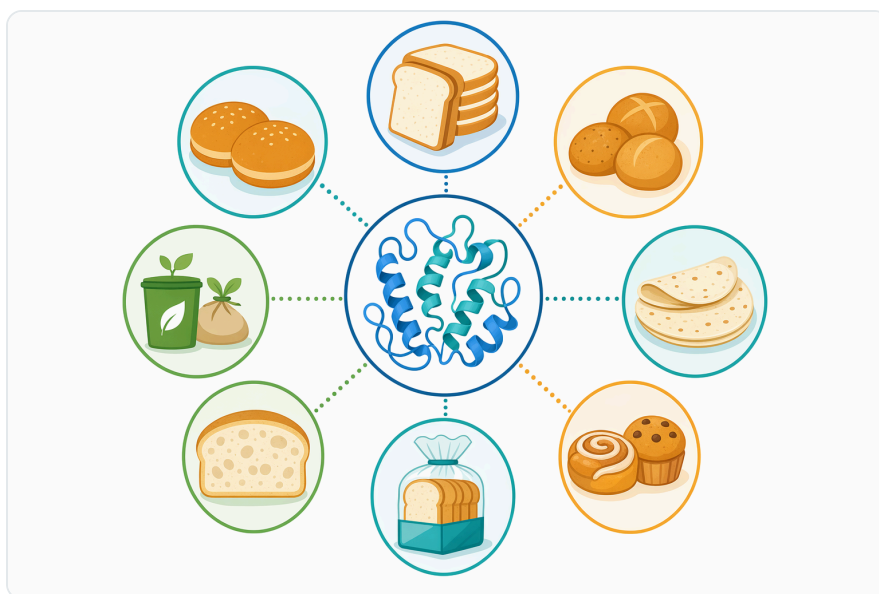


Figure 5. 말토제닉 아밀레이스는 부드러움, 유연성, 노화 지연이 품질 목표인 전분이 풍부한 구운 식품에서 가장 중요하다.

Interacciones con otras enzimas e ingredientes

La amilasa maltogénica puede trabajar junto con otras enzimas panaderas, pero cada combinación cambia el equilibrio de masa y miga. Las alfa-amilasas convencionales pueden aumentar azúcares fermentables y modificar viscosidad; las xilanasas pueden mejorar el manejo de masa al actuar sobre arabinoxilanos; las celulasas pueden alterar fracciones fibrosas; y las proteasas, cuando se usan,

afectan extensibilidad. Un estudio sobre efectos combinados de α -amilasa, xilanasas y celulasas como mejorador panario muestra que las mezclas enzimáticas pueden modificar propiedades de masa y calidad de pan de manera conjunta [10].

Las enzimas que modifican ramificaciones del almidón ofrecen otro punto de comparación. Las branching enzymes pueden cambiar la arquitectura molecular del almidón, mientras que la amilasa maltogénica acorta cadenas y genera oligosacáridos. En investigaciones sobre enzimas ramificantes, se ha observado que diferentes mecanismos producen efectos distintos en calidad del pan, lo que subraya que no todas las tecnologías “antistaling” actúan igual [19].

También existen amilasas formadoras de maltotetraosa y otras enzimas que liberan perfiles específicos de oligosacáridos. Un estudio reciente sobre una amilasa formadora de maltotetraosa en almidón de trigo la relacionó con retraso de retrogradación y mejora de calidad de pan, lo que confirma que la longitud de los productos de hidrólisis es un factor importante en la textura final [18].

Los emulsificantes, grasas y azúcares pueden modificar la disponibilidad de agua, la gelatinización y la interacción entre almidón y proteínas. Por ello, la amilasa maltogénica no debe evaluarse como un sustituto automático de emulsificantes o mejoradores. Puede contribuir a reformulaciones orientadas a textura, pero el resultado depende del sistema completo y de la compatibilidad con ingredientes ya presentes [2].

Efecto en digestibilidad y perfil de carbohidratos: qué se puede afirmar

El tratamiento enzimático del almidón puede alterar no solo textura, sino también digestibilidad in vitro y distribución de carbohidratos. Estudios sobre panes de trigo con amilasa maltogénica o amyloamylase han investigado la funcionalidad del almidón y su digestibilidad, lo que indica que la modificación enzimática puede tener consecuencias más allá de la firmeza de miga [5].

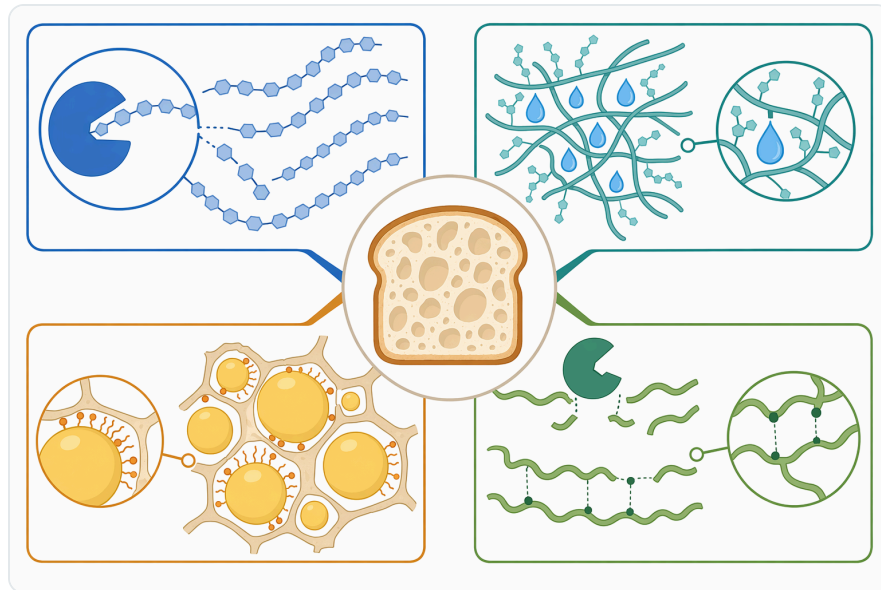


Figure 6. 말토제닉 아밀레이스는 전분에 작용하는 반면, 다른 제빵용 효소와 원료는 수분 분포, 지질 또는 단백질 네트워크에 영향을 준다.

Sin embargo, no conviene convertir este punto en una alegación nutricional general. La digestibilidad depende de receta, tipo de harina, proceso térmico, enfriamiento, almacenamiento y estructura final del alimento. En panes con alto contenido de amilosa, por ejemplo, el almacenamiento afecta simultáneamente textura y digestibilidad del almidón, lo que demuestra que la matriz alimentaria completa determina el resultado ^[14].

En matrices extruidas de maíz, la combinación de amilasa maltogénica con enzimas ramificantes se ha estudiado para producir estructuras moleculares y supramoleculares más resistentes a la digestión. Estos trabajos son útiles para entender mecanismos, pero no deben trasladarse automáticamente a panes comerciales sin validación específica, porque extrusión, horneado y formulación panaria generan estructuras muy diferentes ^[20].

Lo que la amilasa maltogénica no hace

La amilasa maltogénica no es un conservante antimicrobiano. Su función principal no es impedir el crecimiento de mohos, levaduras alterantes o bacterias, sino modular la textura asociada al almidón. Para controlar deterioro microbiológico se requieren otras estrategias: formulación, higiene, actividad de agua, acidez, empaque, atmósfera, recubrimientos o ingredientes con función antimicrobiana cuando sean apropiados ^[13].

Tampoco compensa un proceso de panificación mal controlado. Si la masa tiene hidratación incorrecta, fermentación deficiente, horneado insuficiente, enfriamiento inadecuado o empaque prematuro, la enzima puede no resolver los defectos resultantes. La calidad de vida útil depende de la interacción

entre tecnología de ingredientes y disciplina de proceso [12].

No todos los productos necesitan el mismo nivel de intervención antienviejamiento. Un pan artesanal de consumo rápido puede priorizar corteza, aroma y fermentación; un pan de molde empacado necesita estabilidad de miga; un bollo enriquecido exige ternura y elasticidad; y una tortilla o pan plano requiere flexibilidad. La utilidad de la amilasa maltogénica debe interpretarse según el atributo crítico de cada producto [21].

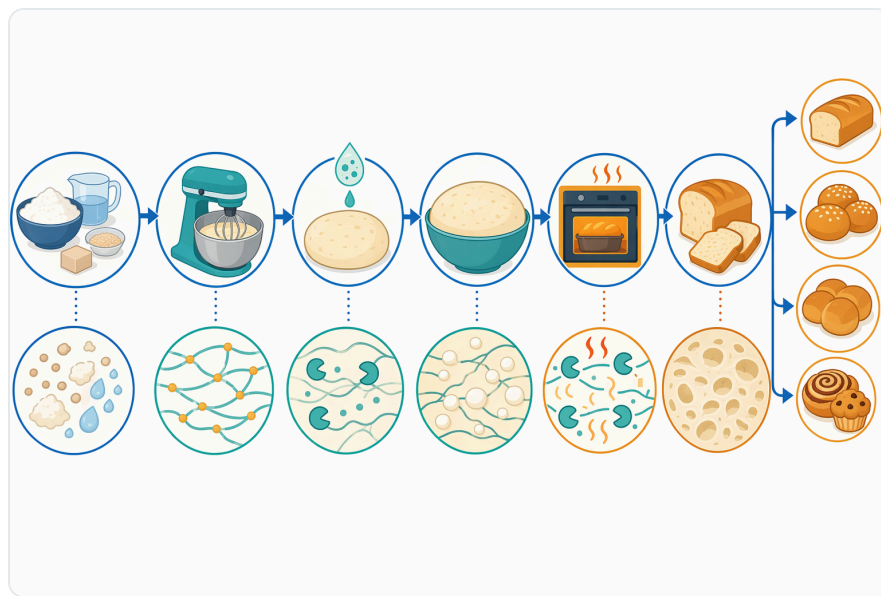


Figure 7. 말토제닉 아밀레이스의 성능은 빵 속살 구조가 완전히 자리 잡기 전에 열과 수분이 전분을 접근 가능하게 만드는 가공 구간에 좌우된다.

Consideraciones de formulación y uso en proceso

En la práctica, la amilasa maltogénica se incorpora a la formulación como parte de la fase seca o durante el mezclado, de modo que se distribuya de forma homogénea en la masa. Su desempeño depende de la disponibilidad de agua y de la accesibilidad del almidón durante el calentamiento. El momento decisivo de acción se produce cuando la temperatura permite gelatinización y movilidad del almidón antes de que la enzima pierda funcionalidad por el tratamiento térmico [9].

Los factores más influyentes son el tipo de harina, el daño del almidón, la absorción de agua, la presencia de azúcares y grasas, el tiempo de fermentación, el perfil de horneado y las condiciones de almacenamiento. Por ejemplo, una harina con distinto comportamiento de gelatinización o una fórmula con alta competencia por agua puede cambiar la fracción de almidón accesible para la enzima [4].

El exceso de acción enzimática puede generar una miga demasiado húmeda o pegajosa, especialmente en productos con alto nivel de azúcar, grasa o hidrocoloides. La aplicación correcta busca un punto intermedio: suficiente reducción de firmeza durante la vida útil, sin perder estructura, rebanabilidad ni limpieza de mordida [7].

En líneas industriales, la evaluación suele centrarse en la evolución de textura durante el almacenamiento, la percepción sensorial y la estabilidad del producto empacado. La amilasa maltogénica tiene mayor valor cuando se juzga a lo largo de la vida útil, no solo el día de elaboración, porque su ventaja se expresa en la reducción de la velocidad de endurecimiento de la miga [6].

Perfil de suministro de Enzymes.bio

Enzymes.bio ofrece **Maltogenic Amylase For Baking** como producto para aplicaciones de panificación y control de envejecimiento de miga. Enzymes.bio actúa como proveedor; no debe interpretarse como fabricante ni laboratorio. El producto se vende directamente en línea en unidades de 1 kg, y la documentación del producto, incluido CoA y SDS, se proporciona junto con el pedido .

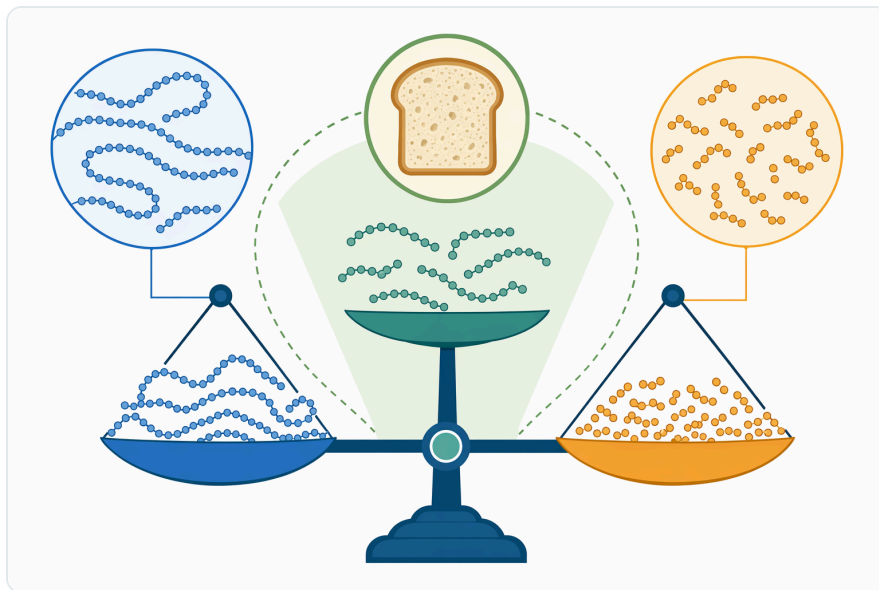


Figure 8. 과도한 제빵 효과는 빵 속살을 약화시키지 않으면서 노화를 늦추는 조절된 전분 변형이다.

Este posicionamiento es relevante para clientes B2B porque el uso correcto de una enzima alimentaria depende de la formulación, del proceso y de los requisitos regulatorios aplicables en el mercado de destino. La documentación que acompaña el pedido debe revisarse junto con los procedimientos internos de calidad, etiquetado y seguridad alimentaria de cada empresa .

Conclusión técnica

La amilasa maltogénica para panificación es una herramienta bien establecida para retrasar el endurecimiento de la miga mediante modificación controlada del almidón gelatinizado. Su mecanismo se basa en acortar cadenas de almidón, especialmente en la fracción de amilopectina, reduciendo la tendencia a la retrogradación que provoca pérdida de suavidad y resiliencia durante el almacenamiento ^[1].

La evidencia disponible respalda su uso en pan de trigo y productos de miga donde la textura durante la vida útil es un atributo crítico. Estudios sobre enzimas maltogénicas de *Bacillus licheniformis*, panes de molde y sistemas de almidón muestran mejoras de calidad, frescura y estabilidad cuando la enzima se integra correctamente en la formulación ^[8].

Su valor práctico aumenta cuando se combina con una estrategia completa de panificación: harina adecuada, hidratación equilibrada, fermentación controlada, horneado suficiente, enfriamiento correcto y empaque apropiado. Usada de forma equilibrada, **Maltogenic Amylase For Baking** puede ayudar a producir panes y productos horneados con miga más suave, textura más estable y mejor percepción de frescura a lo largo de la vida útil.

Pedir Maltogenic Amylase For Baking 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 Maltogenic Amylase For Baking →](#)

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. Liu, P., Ma, L., Duan, W., Gao, W., Fang, Y., Guo, L., Yuan, C., ... et al. (2023). Maltogenic amylase: Its structure, molecular modification, and effects on starch and starch-based products. *Carbohydrate Polymers*, 319, 121183 .
2. Purhagen, J., Sjöo, M., & Eliasson, A. (2011). Starch affecting anti-staling agents and their function in freestanding and pan-baked bread. *Food Hydrocolloids*, 25, 1656-1666.
3. Roman, L., Martinez, M. M., Rosell, C., & Gómez, M. (2017). Changes in physicochemical properties and in vitro starch digestion of native and extruded maize flours subjected to branching enzyme and maltogenic α -amylase treatment.

4. Rebholz, G. F., Sebald, K., Dirndorfer, S., Dawid, C., Hofmann, T., & Scherf, K. (2021). Impact of exogenous maltogenic α -amylase and maltotetraogenic amylase on sugar release in wheat bread. *European Food Research and Technology*, 247, 1425 - 1436.
5. Korompokis, K., Deleu, L. J., Brier, N. D., & Delcour, J. (2021). Investigation of starch functionality and digestibility in white wheat bread produced from a recipe containing added maltogenic amylase or amyloamylase. *Food Chemistry*, 362, 130203 .
6. Amigo, J., Olmo, A. D., Engelsen, M. M., Lundkvist, H., & Engelsen, S. (2019). Staling of white wheat bread crumb and effect of maltogenic α -amylases. Part 2: Monitoring the staling process by using near infrared spectroscopy and chemometrics. *Food Chemistry*, 297, 124946 .
7. Pinto, L., Steel, C., & Ganancio, J. R. (2019). Shelf-life and sensory evaluation of pan breads produced with transglutaminase, bacterial xylanase and maltogenic alpha-amylase. *Revista dos Trabalhos de Iniciação Científica da UNICAMP*.
8. Ying-Ruan, Xu, Y., Zhang, W., & Zhang, R. (2020). A new maltogenic amylase from *Bacillus licheniformis* R-53 significantly improves bread quality and extends shelf life. *Food Chemistry*, 128599 .
9. Ying-Ruan, Zhang, R., & Xu, Y. (2022). Directed evolution of maltogenic amylase from *Bacillus licheniformis* R-53: Enhancing activity and thermostability improves bread quality and extends shelf life. *Food Chemistry*, 381, 132222 .
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. Hernández-Figueroa, R., Mani-López, E., Palou, E., & López-Malo, A. (2023). Sourdoughs as Natural Enhancers of Bread Quality and Shelf Life: A Review. *Fermentation*.
12. Ilmia, R., & Mahmudah, N. A. (2024). EVALUATING THE IMPACT OF PACKAGING TYPES ON BREAD QUALITY AND SHELF LIFE. *Journal of Innovation Food and Animal Science (JIFAS)*.
13. Deseta, M. L., Sponton, O. E., Erben, M., Osella, C., Frisón, L., Fenoglio, C., Piagentini, A., ... et al. (2021). Nanocomplexes based on egg white protein nanoparticles and bioactive compounds as antifungal edible coatings to extend bread shelf life. *Food Research International*, 148, 110597 .
14. 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*.
15. Singh, P., Yadav, V., Sahu, D., Kumar, K., Kim, D., Yang, D., Jayaraman, S., ... et al. (2024). Exploring Chitosan Lactate as a Multifunctional Additive: Enhancing Quality and Extending Shelf Life of Whole Wheat Bread. *Foods*, 13.
16. Dong, Y., Chidar, E., & Karboune, S. (2024). Investigation of in situ and ex situ mode of lactic acid bacteria incorporation and the effect on dough extensibility, bread texture and flavor quality during shelf-life. *Food chemistry: X*, 24.
17. Keramari, S., Nouska, C., Hatzikamari, M., Biliaderis, C., & Lazaridou, A. (2024). Impact of Sourdough from a Commercial Starter Culture on Quality Characteristics and Shelf Life of Gluten-Free Rice Breads Supplemented with Chickpea Flour. *Foods*, 13.

18. Yu-Wang, Ning, H., Yan, Q., Liu, H., Li, Y., & Jiang, Z. (2024). Enzymatic modification of wheat starch by a novel maltotetraose-forming amylase from *Atopomonas hussainii* to retard retrogradation and improve bread quality. *Carbohydrate Polymers*, 348 Pt B, 122909 .
19. Tran, P. L., Park, E., Hong, J., Chang-Lee, Kang, T., & Park, J. (2023). Mechanism of action of three different glycogen branching enzymes and their effect on bread quality. *International Journal of Biological Macromolecules*, 128471 .
20. Martinez, M. M., Pico, J., & Gómez, M. (2016). Synergistic maltogenic α -amylase and branching treatment to produce enzyme-resistant molecular and supramolecular structures in extruded maize matrices. *Food Hydrocolloids*, 58, 347-355.
21. Gauchez, H., Loiseau, A., Schlich, P., & Martin, C. (2020). Impact of aging on the overall liking and sensory characteristics of sourdough breads and comparison of two methods to determine their sensory shelf life. *Journal of Food Science*.

Contactar con Enzymes.bio

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

CORREO ELECTRÓNICO 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.