

Xilanasa hemicelulasa para panificación: aditivo alimentario para pan, masas integrales, masas con fibra y productos horneados

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

La xilanasa hemicelulasa para panificación es una enzima alimentaria que modifica parcialmente los arabinosilanos y otras hemicelulosas de la harina, ayudando a mejorar hidratación, extensibilidad, volumen y suavidad de miga en sistemas de pan. Su utilidad es especialmente clara en masas con harina integral, salvado, centeno, teff, cebada u otras materias primas ricas en fibra, donde los polisacáridos de pared celular compiten por agua e interfieren con la red de gluten. Enzymes.bio suministra este producto como proveedor en línea en formato de 1 kg, con CoA y SDS incluidos junto con el pedido .

Qué es la xilanasa hemicelulasa para panificación

La xilanasa hemicelulasa es un aditivo enzimático de grado alimentario usado en panificación para actuar sobre fracciones de hemicelulosa presentes en cereales. En trigo, centeno y otros granos panificables, la fracción más relevante suele ser la de los arabinosilanos: polisacáridos no amiláceos formados por una cadena de xilosa con sustituciones laterales, principalmente arabinosa. La xilanasa corta enlaces de la cadena principal del xilano; otras actividades hemicelulásicas pueden complementar esta acción al modificar ramificaciones o polisacáridos relacionados, aunque el efecto tecnológico final depende de la formulación y del proceso.

En términos de uso industrial, el producto se sitúa dentro de los mejoradores enzimáticos para pan, pan de molde, panes integrales, masas con salvado, formulaciones con alto contenido de fibra, masas refrigeradas o congeladas y mezclas de harina con cereales alternativos. La literatura sobre panificación muestra que las enzimas pueden mejorar propiedades de masa y pan cuando se seleccionan para una matriz concreta, pero también que su respuesta no es universal: harina, hidratación, tiempo de fermentación y otros ingredientes condicionan el resultado ^[1].

Enzymes.bio no debe entenderse como fabricante ni como laboratorio de desarrollo; actúa como proveedor en línea de enzimas para aplicaciones alimentarias e industriales. Para este producto de panificación, la presentación comercial se ofrece directamente en unidades de 1 kg, y la documentación

asociada —certificado de análisis y ficha de datos de seguridad— se proporciona junto con el pedido .

Por qué las hemicelulosas importan en la masa de pan

La harina no es únicamente almidón y proteínas formadoras de gluten. También contiene fibra y polisacáridos de pared celular, entre ellos arabinosilanos, β -glucanos y otras fracciones de hemicelulosa. Aunque estas fracciones aparecen en menor proporción que el almidón, pueden tener un efecto desproporcionado sobre la absorción de agua, la viscosidad de la fase líquida, la formación de la red de gluten y la expansión de la masa durante la fermentación.

Los arabinosilanos se dividen, de forma funcional, en fracciones más solubles y menos solubles. Las fracciones insolubles pueden retener agua y quedar asociadas a partículas de pared celular o salvado; las fracciones solubles pueden aumentar la viscosidad de la fase acuosa. Cuando se formulan panes integrales o enriquecidos con salvado, estas fracciones aumentan y pueden generar masas más densas, menos extensibles, con menor volumen y una miga más firme si no se equilibran adecuadamente.

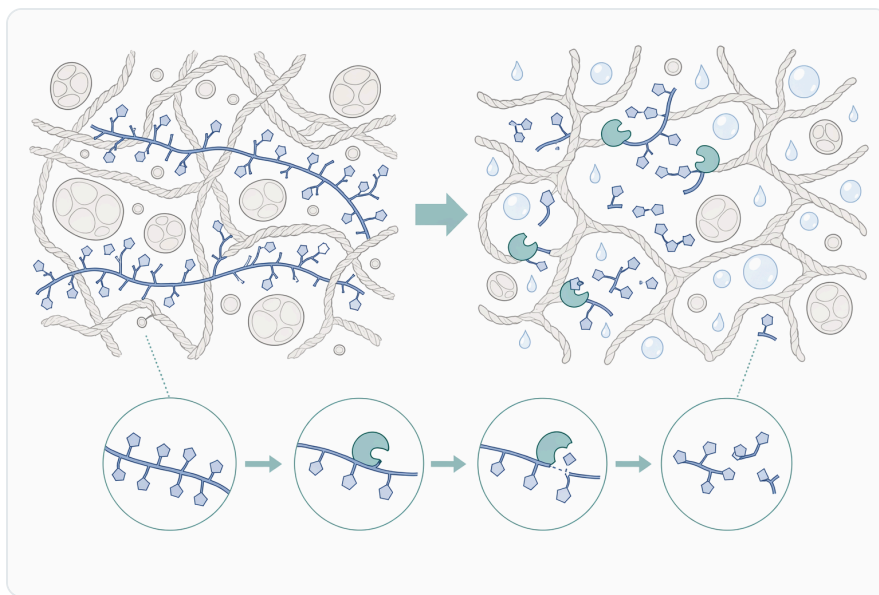


Figure 1. 식품 등급 자일라나아제는 밀 아라비노자일란을 가수분해하여 수분 분포, 반죽 취급성, 빵 부피 및 빵결 구조를 개선합니다.

La xilanasas actúa reduciendo el tamaño molecular de parte de los arabinosilanos. Este corte parcial no busca eliminar la fibra, sino cambiar su comportamiento tecnológico: liberar parte del agua retenida, modificar la viscosidad, favorecer una distribución más equilibrada del agua entre gluten y almidón, y reducir el efecto físico disruptivo de algunas partículas de pared celular. En panes integrales, la producción in situ de oligosacáridos derivados de arabinosilanos se ha estudiado precisamente porque la xilanasas puede transformar parte de la matriz de fibra durante el proceso de panificación ^[2].

El efecto es más visible en masas donde la fibra limita la expansión. El salvado, por ejemplo, puede interrumpir la continuidad de la red de gluten, absorber agua de forma competitiva y generar puntos de tensión que favorecen una miga compacta. La modificación enzimática de la fracción hemicelulósica puede reducir parte de ese efecto, aunque no sustituye a un buen balance de hidratación, amasado y fermentación.

Mecanismo técnico: cómo la xilanasa cambia la masa

La xilanasa corta enlaces internos de la cadena de xilano en los arabinoxilanos. Al reducir la longitud de estas cadenas, disminuye la capacidad de ciertas fracciones para atrapar agua o generar estructuras rígidas alrededor de partículas de fibra. En una masa de trigo, este cambio puede aumentar la disponibilidad de agua para proteínas y almidón, lo que permite que el gluten se hidrate de forma más uniforme y que la matriz de masa se expanda con menor resistencia.

El mecanismo puede describirse en cuatro efectos conectados. Primero, la enzima modifica los arabinoxilanos insolubles, lo que puede disminuir su interferencia mecánica con la red de gluten. Segundo, genera fragmentos más solubles que cambian la viscosidad de la fase acuosa. Tercero, al redistribuir agua, puede mejorar la extensibilidad y la tolerancia de la masa. Cuarto, si el equilibrio es adecuado, la masa retiene mejor el gas de fermentación y se obtiene mayor volumen y una estructura de miga más regular.

Este mecanismo explica por qué la xilanasa no se comporta como una amilasa. La amilasa actúa sobre almidón y dextrinas; la xilanasa actúa sobre hemicelulosas. Por ello, su valor técnico se aprecia sobre todo cuando la limitación principal de la masa está relacionada con arabinoxilanos, salvado, fibra o cereales con alto contenido de polisacáridos no amiláceos. Las revisiones sobre ingeniería de xilanasas GH11 resaltan precisamente el interés industrial de enzimas dirigidas a xilanos, incluida su adaptación a condiciones de proceso más exigentes ^[3].

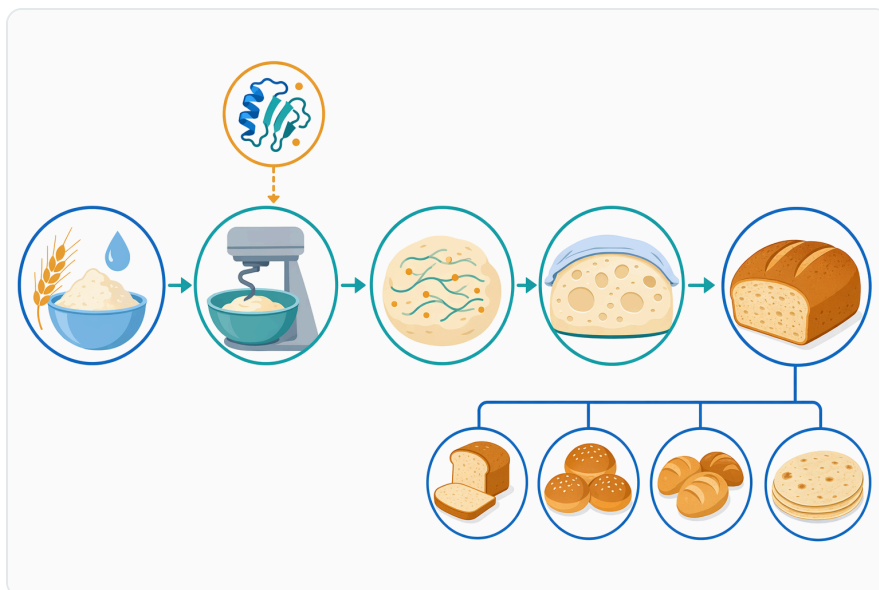


Figure 2. 제빵에서 자일라나아제는 반죽 혼합 단계에서 투입되며, 반죽 발달과 발효 과정 동안 작용한 뒤 굽는 과정의 열에 의해 비활성화됩니다.

Sin embargo, la hidrólisis debe ser parcial. Si la acción enzimática es insuficiente, el impacto tecnológico puede ser limitado; si es excesiva para esa harina o proceso, la masa puede volverse pegajosa, demasiado extensible o menos estable. En panificación, la mejora no procede de “romper más”, sino de alcanzar un punto donde la matriz de gluten, la fase acuosa y la fracción de fibra trabajen de forma coordinada.

Aplicaciones principales en panificación

Pan blanco y pan de molde

En pan blanco, la xilanas hemicelulasa se utiliza para mejorar manejabilidad de la masa, volumen, regularidad de alveolado y suavidad de miga. Aunque la harina refinada contiene menos salvado que la integral, todavía conserva arabinoxilanos que influyen en la absorción y en la viscosidad de la masa. Cuando la harina muestra variabilidad entre lotes, una enzima dirigida a hemicelulosas puede ayudar a reducir diferencias prácticas de comportamiento.

En panes de molde, donde se busca volumen uniforme, rebanabilidad y textura suave, la xilanas puede contribuir a una miga menos cerrada y más homogénea. Su efecto suele evaluarse junto con otros sistemas de panificación, como amilasas, emulsificantes o lípidos funcionales, porque la textura final depende de varios mecanismos simultáneos. La investigación sobre uso combinado de aditivos funcionales para mejorar harina panificable respalda la idea de que la calidad del pan suele optimizarse mediante sistemas de ingredientes, no con un único componente aislado ^[4].

Pan integral, salvado y formulaciones altas en fibra

La aplicación más evidente de la xilanasa hemicelulasa está en pan integral y productos con salvado. Al aumentar el contenido de fibra, la masa absorbe más agua y puede perder extensibilidad; además, las partículas de salvado pueden cortar o interrumpir la red de gluten. Esto reduce la retención de gas y genera panes más densos. La modificación de arabinosilanos ayuda a compensar parte de ese efecto, especialmente cuando el proceso ajusta hidratación y fermentación.

El salvado de trigo pre-fermentado se ha investigado como estrategia para mejorar características de masa y pan, lo que confirma la relevancia tecnológica de tratar la fracción de salvado antes o durante la panificación [5]. En sistemas de este tipo, la xilanasa puede integrarse para modificar hemicelulosas y facilitar que la fibra aporte valor nutricional sin penalizar en exceso volumen y textura.

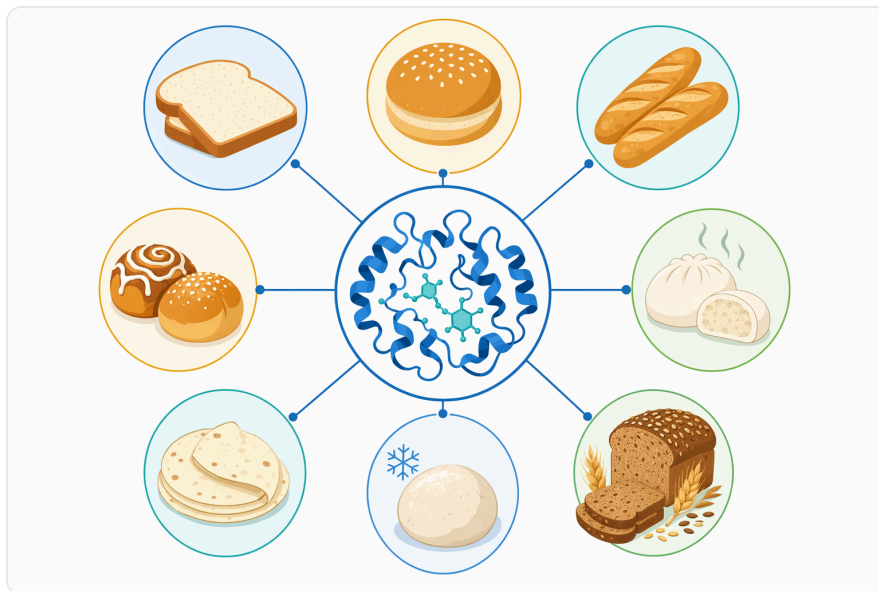


Figure 3. 제빵용 자일라나아제는 식빵, 번, 롤, 플랫브레드, 냉동 반죽 및 식이섬유 강화 배합에 폭넓게 사용됩니다.

En panes enriquecidos con materiales ricos en arabinosilanos, la xilanasa también puede generar oligosacáridos de arabinosilano dentro de la propia masa. Este enfoque se ha estudiado en panes integrales y panes enriquecidos con materiales ricos en arabinosilanos con interés por su potencial prebiótico, además de sus efectos tecnológicos [2]. Para una panificadora, esto no significa que cualquier formulación pueda declararse funcional sin validación regulatoria, pero sí muestra que la enzima transforma sustratos relevantes de forma medible durante el proceso.

Panes con teff, cebada, centeno y mezclas de cereales

La xilanasa hemicelulasa también es útil en panes que incorporan cereales alternativos o mezclas con menor fuerza panadera. El teff, por ejemplo, es nutricionalmente interesante pero plantea desafíos de estructura en panificación por su composición y ausencia de una red de gluten comparable a la del trigo. La combinación de enzimas en panificación directa y con masa madre se ha estudiado para mejorar panes con teff, lo que ilustra la importancia de adaptar la estrategia enzimática a cereales distintos del trigo común ^[6].

En mezclas de cebada y trigo, los β -glucanos y arabinoxilanos pueden elevar viscosidad y modificar la estructura de masa. Un trabajo sobre sinergia xilanasa/ β -glucanasa en mezclas de cebada de altura y trigo se enfoca precisamente en mejorar estructura de masa y calidad de pan mediante la acción combinada sobre polisacáridos no amiláceos ^[7]. Esto es relevante porque muchas formulaciones modernas combinan trigo con cereales ricos en fibra, donde una sola actividad enzimática puede no cubrir todos los sustratos.

El centeno es otro caso importante. En pan de centeno, los arabinoxilanos tienen un papel estructural mayor que en pan blanco de trigo, y la calidad depende menos de una red de gluten fuerte y más de la interacción entre pentosanos, almidón y acidez. Por ello, una xilanasa debe aplicarse con especial equilibrio: puede mejorar manejabilidad y volumen, pero una hidrólisis excesiva puede afectar la estructura del pan.

Masas refrigeradas, congeladas y procesos con almacenamiento

En masas refrigeradas o congeladas, la red de masa se somete a estrés físico y temporal. La refrigeración prolongada y la congelación pueden afectar la estabilidad de la matriz, la actividad fermentativa y la retención de gas. En estos sistemas, la xilanasa puede ayudar al manejo de agua y a la estructura de masa, pero su acción continúa mientras la enzima esté activa y existan condiciones favorables antes del horneado.

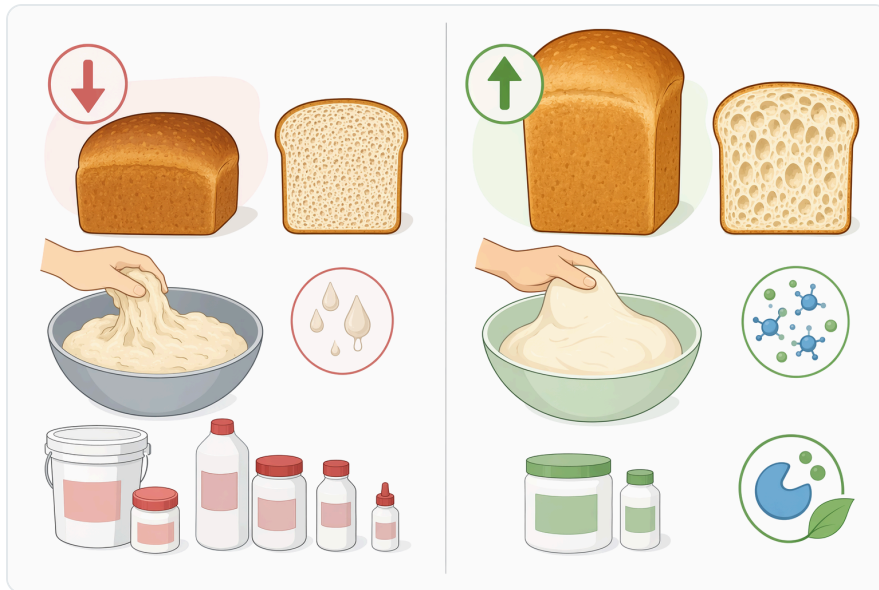


Figure 4. 기존 반죽 개량제만 사용하는 경우와 비교할 때, 자일라나아제는 밀가루의 헤미셀룰로오스를 선택적으로 변형하여 빵 부피와 빵결의 부드러움을 향상시킬 수 있습니다.

La calidad de masas integrales refrigeradas se ha estudiado en relación con el contenido de proteína de la harina, lo que subraya que la respuesta de una masa almacenada depende de la combinación entre proteína, fibra, hidratación y proceso ^[8]. En este contexto, la xilanasa no compensa por sí sola una harina inadecuada, pero puede formar parte de una estrategia para estabilizar textura y expansión cuando el contenido de fibra aumenta.

Evidencia científica aplicable a clientes B2B

La evidencia disponible no debe interpretarse como una promesa automática de desempeño, sino como una base técnica para decidir cuándo tiene sentido usar xilanasa hemicelulasa. En estudios de panificación, las enzimas modifican parámetros como desarrollo de masa, fermentación, volumen, textura y aceptación sensorial, pero los resultados dependen de la receta, del cereal y de la interacción con otros ingredientes ^[1].

En panes con teff, la combinación de enzimas se ha estudiado tanto en procesos directos como en masa madre, con el objetivo de mejorar la calidad de panes nutricionalmente ricos ^[6]. Este tipo de investigación es importante para desarrolladores B2B porque muestra que los sistemas con cereales no convencionales requieren enfoques formulativos específicos; no basta con trasladar una solución de pan blanco a una matriz rica en fibra o sin el mismo comportamiento proteico.

En panes integrales y enriquecidos con arabinosilanos, la xilanasas puede producir oligosacáridos dentro de la propia masa, además de modificar propiedades tecnológicas. El trabajo sobre producción in situ de oligosacáridos de arabinosilano en panes integrales demuestra que la enzima actúa sobre sustratos reales de panificación y no solo sobre sustratos purificados de laboratorio [2]. Esto respalda su uso en formulaciones donde la fracción de pared celular es un objetivo funcional claro.

En mezclas de cebada y trigo, la evidencia sobre sinergia entre xilanasas y β -glucanasas es especialmente relevante para panes con cereales ricos en polisacáridos no amiláceos [7]. La razón es concreta: la xilanasas reduce arabinosilanos, mientras que la β -glucanasas actúa sobre β -glucanos; si ambos polímeros contribuyen a viscosidad o absorción de agua, la combinación puede resultar más lógica que una enzima aislada.

En formulaciones de trigo donde se combinan varios mejoradores, la literatura también muestra que los aditivos funcionales pueden interactuar. Esto puede ser positivo —por ejemplo, cuando se equilibran volumen y textura— o negativo si se excede la modificación de la masa. Por eso, el desarrollo debe centrarse en el desempeño del sistema completo, no en el efecto teórico de una enzima individual [4].

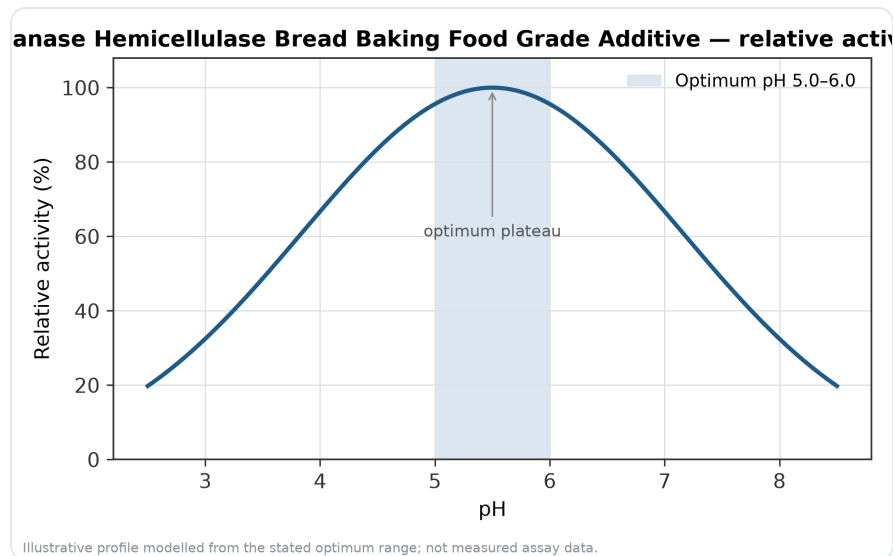


Figure 5. pH에 따른 자일라나아제 헤미셀룰라아제 제빵용 식품 등급 첨가제의 상대 활성으로, pH 5.0~6.0에서 최적 활성 구간이 나타납니다.

Tabla comparativa: dónde aporta más valor la xilanasa hemicelulasa

Aplicación de panificación	Problema tecnológico habitual	Papel concreto de la xilanasa hemicelulasa	Evidencia relacionada
Pan blanco y pan de molde	Variación de absorción, volumen insuficiente, miga cerrada	Modifica arabinoxilanos de harina refinada, mejora distribución de agua y extensibilidad	Estudios generales de preparaciones enzimáticas en fermentación y calidad de pan [1]
Pan integral	Salvado compite por agua e interrumpe gluten	Reduce impacto de arabinoxilanos insolubles y mejora manejo de masas ricas en fibra	Producción de oligosacáridos de arabinoxilano en panes integrales [2]
Pan con salvado de trigo	Miga firme, menor volumen, textura áspera	Modifica hemicelulosas del salvado y puede facilitar una estructura más abierta	Investigación sobre salvado de trigo pre-fermentado y calidad de pan [5]
Pan con teff	Menor estructura panadera frente al trigo	Funciona como parte de sistemas enzimáticos adaptados a cereales nutricionalmente ricos	Mejora de panes con teff mediante combinación de enzimas [6]
Mezclas cebada-trigo	Viscosidad elevada por polisacáridos no amiláceos	Actúa sobre arabinoxilanos; puede complementarse con β -glucanasa cuando hay β -glucanos relevantes	Sinergia xilanasa/ β -glucanasa en mezclas cebada-trigo [7]
Masas refrigeradas o congeladas	Pérdida de estabilidad, cambios de textura y expansión	Ayuda a gestionar agua y estructura antes del horneado, dentro de un sistema formulativo	Efecto del contenido proteico en masas integrales refrigeradas [8]

Interacción con otros ingredientes y enzimas

La xilanasa suele utilizarse dentro de sistemas de panificación que también pueden incluir amilasas, lipasas, oxidantes permitidos, emulsificantes, hidrocoloides, masa madre o fermentos. Su función es distinta de la de estos componentes, por lo que la compatibilidad depende de qué limitación se quiera corregir. Si el problema es falta de azúcares fermentables o color de corteza, una amilasa puede ser más directa; si el problema es rigidez por fibra y baja extensibilidad, la xilanasa suele ser más pertinente.

La combinación con β -glucanasa es lógica en cereales donde los β -glucanos contribuyen de forma importante a la viscosidad. La investigación en mezclas de cebada y trigo muestra que abordar simultáneamente diferentes polisacáridos de pared celular puede mejorar estructura de masa y

calidad de pan [7]. En cambio, en una harina blanca de trigo con baja presencia de β -glucanos, la prioridad puede estar más centrada en arabinosilanos y gluten.

La interacción con masa madre también merece atención. La fermentación ácida cambia pH, actividad microbiana, proteólisis, viscosidad y disponibilidad de sustratos. En panes con teff y otros cereales, la combinación de enzimas y masa madre se ha estudiado como vía para mejorar calidad tecnológica y sensorial [6]. En la práctica, esto significa que una enzima puede comportarse de forma diferente en panificación directa que en procesos con fermentación prolongada.

Beneficios realistas para panificadoras y formuladores

El beneficio más inmediato de una xilanasa hemicelulasa bien aplicada es la mejora de la manejabilidad de la masa. Una masa demasiado rígida puede ganar extensibilidad; una formulación integral puede mostrar mejor expansión; una mezcla con salvado puede producir una miga menos compacta. Estos cambios se explican por la modificación de arabinosilanos y la redistribución de agua, no por un aumento artificial de gluten.

El segundo beneficio es el potencial aumento de volumen. Cuando la masa se expande con menor resistencia y conserva mejor las burbujas de gas, el pan puede alcanzar una estructura más abierta. La evidencia sobre preparaciones enzimáticas en fermentación y calidad de pan respalda que la intervención enzimática puede influir en etapas críticas antes del horneado [1].

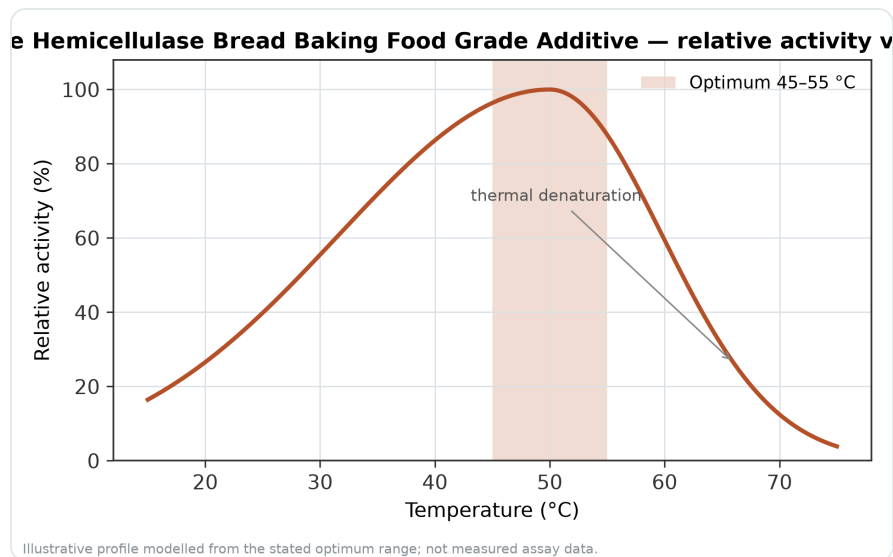


Figure 6. 온도에 따른 자일라나아제 헤미셀룰라아제 제빵용 식품 등급 첨가제의 상대 활성으로, 45~55°C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도 이상에서는 열변성에 따른 전형적인 활성 저하가 나타납니다.

El tercer beneficio es la mejora de textura, especialmente en panes ricos en fibra. La miga de panes integrales puede endurecerse o percibirse seca si el agua queda inmovilizada por salvado y hemicelulosas. Al modificar estas fracciones, la xilanasa puede contribuir a una sensación de miga más suave y menos quebradiza, siempre que la formulación mantenga equilibrio entre hidratación, amasado y fermentación.

El cuarto beneficio es la flexibilidad para desarrollar productos con mejor perfil de fibra. El interés por panes integrales, panes con salvado y mezclas multicereal crea un reto: aumentar valor nutricional sin sacrificar volumen y textura. La producción de oligosacáridos de arabinosilano en panes integrales muestra que la xilanasa puede participar en una reformulación más sofisticada de la fracción de fibra [2].

Límites técnicos y riesgos de sobreactuación

La xilanasa no debe presentarse como solución universal. Su efecto puede ser pequeño en harinas con baja fracción de arabinosilanos problemáticos, y puede ser excesivo en masas sensibles o procesos largos. El objetivo no es maximizar la hidrólisis, sino ajustar la estructura para que la masa sea más estable y extensible.

El signo más claro de una aplicación excesiva suele ser una masa demasiado pegajosa, blanda o con pérdida de tolerancia al proceso. Esto ocurre porque la reducción excesiva de polímeros de pared celular puede alterar la viscosidad y liberar agua de forma que la matriz pierde cohesión. En panificación industrial, este problema puede afectar divisado, boleado, laminado, formado o transporte de masa.

También debe considerarse la variabilidad de harina. Dos harinas con el mismo contenido proteico pueden diferir en calidad de gluten, nivel de cenizas, daño de almidón, fracción de salvado y composición de arabinosilanos. Por eso, una aplicación que mejora una harina integral puede no dar el mismo resultado en otra. La investigación sobre masas integrales refrigeradas muestra precisamente que el contenido y calidad de proteína condicionan la calidad final junto con otros factores de formulación [8].

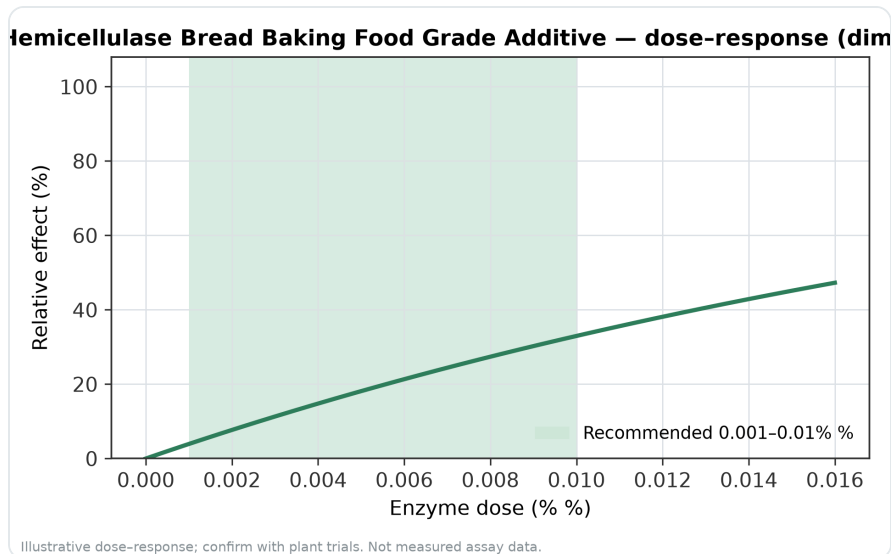


Figure 7. 권장 사용 범위(0.001~0.01%)에서 자일라나아제 헤미셀룰라아제 제빵용 식품 등급 첨가제의 예시적 용량-반응 관계.

Consideraciones de formulación y proceso

La xilanas hemicelulosa suele incorporarse de forma que actúe durante hidratación, amasado y fermentación, antes de que el horneado inactive la actividad enzimática. En esa ventana de proceso, el agua, la temperatura de masa, el tiempo de fermentación y la acidez influyen en la velocidad y alcance de la modificación. Procesos más largos pueden intensificar el efecto, especialmente en masas con alta hidratación o fermentación retardada.

En formulación, la respuesta debe evaluarse sobre el producto final y no solo sobre la masa cruda. Una masa que parece más extensible puede no producir mejor pan si pierde retención de gas; una masa más firme puede ser deseable para ciertos procesos mecánicos; una miga muy abierta puede ser positiva en panes artesanales, pero no siempre en pan de molde. La selección de enzimas y aditivos funcionales debe alinearse con el tipo de producto, como muestran los estudios sobre mejora de calidad de harina mediante combinaciones de ingredientes ^[4].

En panes ricos en fibra, la hidratación es especialmente crítica. Si la xilanas libera agua desde arabinosilanos insolubles, la masa puede requerir ajustes de absorción o de tiempo de desarrollo. En mezclas con cebada, teff o salvado, también conviene considerar otras fracciones de pared celular y la posible interacción con masa madre, β -glucanasa u otros componentes del sistema.

Producto, documentación y uso responsable

El producto Xylanase Hemicellulase Bread Baking Food Grade Additive de Enzymes.bio está orientado a aplicaciones de panificación de grado alimentario y se comercializa directamente en línea en unidades de 1 kg . Enzymes.bio también ofrece hemicelulasa en polvo para panificación, dentro de la misma lógica de enzimas alimentarias destinadas a modificar hemicelulosas en masas .

La documentación CoA y SDS se proporciona junto con el pedido. El CoA ayuda a la trazabilidad del lote suministrado y la SDS orienta sobre manipulación segura, almacenamiento y precauciones operativas. Como con cualquier enzima en polvo, el manejo debe evitar la generación innecesaria de polvo y seguir las indicaciones de seguridad incluidas en la documentación del producto.

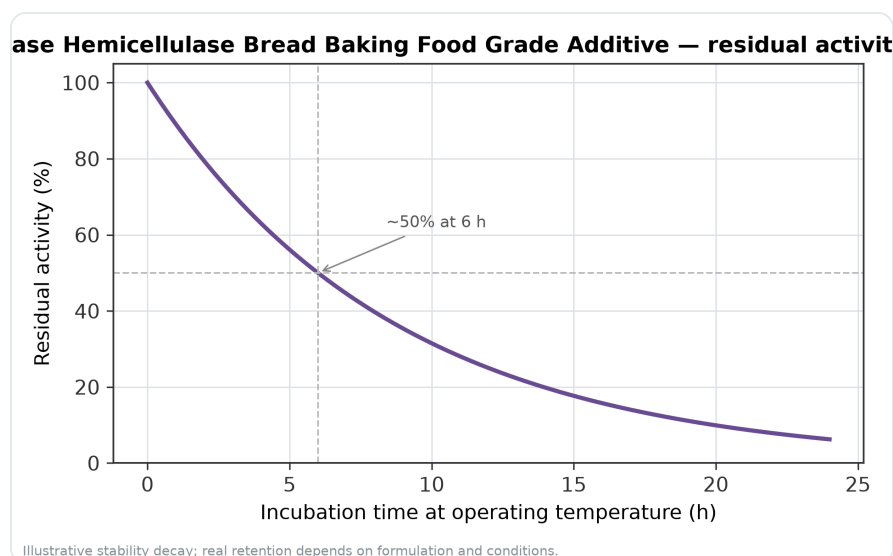


Figure 8. 작동 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소하는 자일라나아제 헤미셀룰라아제 제빵용 식품 등급 첨가제의 예시적 열 안정성 감소.

El cumplimiento regulatorio final corresponde al usuario que fabrica el alimento en su mercado. La clasificación de uso, declaración en etiqueta, límites normativos y estatus como ingrediente o coadyuvante tecnológico pueden variar según país, receta y proceso. Por ello, la xilanasas hemicelulasa debe integrarse dentro del sistema de calidad y asuntos regulatorios de cada empresa.

Conclusión

La xilanasas hemicelulasa para panificación es una herramienta técnica para modificar arabinoxilanos y otras hemicelulosas de la harina, con impacto potencial en hidratación, extensibilidad, volumen, estructura de miga y textura. Su valor es mayor en panes integrales, masas con salvado, mezclas multicereal, pan con teff o cebada, pan de molde con requerimientos de suavidad y procesos refrigerados o congelados donde el control de agua y estructura resulta crítico.

La evidencia científica respalda el principio tecnológico: las enzimas pueden mejorar propiedades de masa y pan, la xilanasas puede generar oligosacáridos de arabinoxilano en panes integrales, y las combinaciones con otras enzimas pueden ser útiles cuando la matriz contiene varios polisacáridos de pared celular ^[6]. Al mismo tiempo, su aplicación requiere equilibrio, porque una modificación excesiva puede producir masas pegajosas o poco estables.

Para clientes B2B, el enfoque más fiable es tratar la xilanasas hemicelulosa como un mejorador de formulación dirigido a un problema concreto: fibra que inmoviliza agua, salvado que interfiere con gluten, masas integrales densas o mezclas de cereales con viscosidad elevada. Enzymes.bio la suministra como proveedor en línea en formato de 1 kg, con la documentación del pedido incluida, para que el usuario la integre en su propio sistema de formulación, calidad y cumplimiento .

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

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. Oliinyk, S., Samokhvalova, O., Zaparenko, A., Shidakova-Kamenyuka, E., & Chekanov, M. (2016). Research into the impact of enzyme preparations on the processes of grain dough fermentation and bread quality. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3, 46-53.
2. Damen, B., Pollet, A., Dornez, E., Broekaert, W., Haesendonck, I. V., Trogh, I., Arnaut, F., ... et al. (2012). Xylanase-mediated in situ production of arabinoxylan oligosaccharides with prebiotic potential in whole meal breads and breads enriched with arabinoxylan rich materials. *Food Chemistry*, 131, 111-118.
3. Kim, B. S., & Kim, I. J. (2025). Strategies and Recent Trends in Engineering Thermostable GH11 Xylanases. *Catalysts*.
4. Iqbal, S., Arif, S., Khurshid, S., Iqbal, H. M., Akbar, Q., Ali, T. M., & Mohiuddin, S. (2023). A combined use of different functional additives for improvement of wheat flour quality for bread making. *The Journal of the Science of Food and Agriculture*.
5. Messia, M., Reale, A., Maiuro, L., Candigliota, T., Sorrentino, E., & Marconi, E. (2016). Effects of pre-fermented wheat bran on dough and bread characteristics. *Journal of Cereal Science*, 69, 138-144.

6. Alaunyte, I., Stojceska, V., Plunkett, A., Ainsworth, P., & Derbyshire, E. (2012). Improving the quality of nutrient-rich Teff (*Eragrostis tef*) breads by combination of enzymes in straight dough and sourdough breadmaking. *Journal of Cereal Science*, 55, 22-30.
7. Zong, M., Wang, J., Wu, T., Ma, W., Kang, J., & Wang, J. (2026). Xylanase/ β -Glucanase Synergy: Enhancing Dough Structure and Bread Quality in Highland Barley–Wheat Blend. *Foods*, 15.
8. Malalgoda, M., Stefanson, R., Swaminathan, I., Valsalan, A., Malunga, L., & García, I. G. (2025). Evaluating the Impact of Flour Protein Content on the Quality of Wholegrain Refrigerated Dough. *Cereal Chemistry*.


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.