

Proteasa neutra para productos de destilación: aplicaciones en fermentación, maceración y manejo de materias primas proteicas

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

La **proteasa neutra para productos de destilación** es una enzima de proceso que hidroliza proteínas de cereales, maltas, adjuntos y otras materias primas fermentables en péptidos y aminoácidos más pequeños. En destilería, su función principal no es producir alcohol directamente, sino mejorar la disponibilidad de nitrógeno y modificar la fracción proteica del mosto o macerado antes o durante la fermentación. Enzymes.bio la suministra como proveedor en línea en unidades de **1 kg**, con CoA y SDS incluidos junto con el pedido .

Qué es una proteasa neutra en el contexto de la destilación

Una proteasa es una enzima que cataliza la ruptura de enlaces peptídicos en proteínas. En el contexto de bebidas espirituosas, alcohol base o fermentaciones destinadas a destilación, la proteasa neutra se utiliza como **coadyuvante de proceso** en etapas previas al alambique: preparación de la materia prima, maceración, tratamiento del mosto, acondicionamiento de nutrientes para levadura o fermentación temprana. No sustituye a las amilasas ni a las glucoamilasas, porque no convierte almidón en azúcares fermentables; su sustrato principal es la fracción proteica.

El término “neutra” indica que su diseño de uso se orienta a condiciones cercanas a la neutralidad, a diferencia de proteasas ácidas o alcalinas empleadas en otros ambientes de proceso. Esta distinción es importante porque las proteasas industriales no son una sola familia química: existen proteasas bacterianas, fúngicas, serínicas, aspárticas, metaloproteasas y otras clases con mecanismos y tolerancias distintas. La literatura sobre proteasas bacterianas destaca precisamente su diversidad de aplicaciones industriales y comerciales, pero también la necesidad de seleccionar el tipo de proteasa según el entorno de proceso ^[1].

En una destilería, la enzima actúa antes de la destilación y no debe entenderse como un componente funcional del destilado final. Durante la fermentación y las etapas térmicas posteriores, la relevancia funcional de una proteína enzimática añadida disminuye; además, la destilación separa compuestos

volátiles de una matriz líquida o semisólida donde quedan la mayoría de macromoléculas. Por ello, la proteasa neutra debe evaluarse como una herramienta para mejorar el comportamiento de la fermentación y del macerado, no como un aditivo de acabado del producto destilado.

Mecanismo bioquímico: cómo la proteasa transforma la fracción proteica

Las proteínas de materias primas como maíz, trigo, cebada, arroz, sorgo, malta, leguminosas o subproductos agrícolas están formadas por cadenas de aminoácidos. La proteasa neutra reconoce regiones accesibles de esas cadenas y cataliza la hidrólisis de enlaces peptídicos, generando péptidos de menor tamaño y, en algunos casos, aminoácidos libres. Esta reducción de tamaño modifica la solubilidad, la accesibilidad nutricional y la interacción de las proteínas con otros componentes del mosto.

La química exacta depende del tipo de proteasa. Los estudios estructurales sobre proteasas han mostrado que los sitios activos aceleran la ruptura del enlace peptídico estabilizando estados intermedios o aductos de alta energía, lo que explica por qué una reacción lenta en agua puede volverse útil en escala de proceso cuando se cataliza enzimáticamente [2]. Aunque esos estudios no describen necesariamente el producto comercial específico, sí aclaran el principio central: una proteasa no “disuelve” proteínas de forma inespecífica, sino que reduce barreras energéticas para cortes peptídicos concretos.

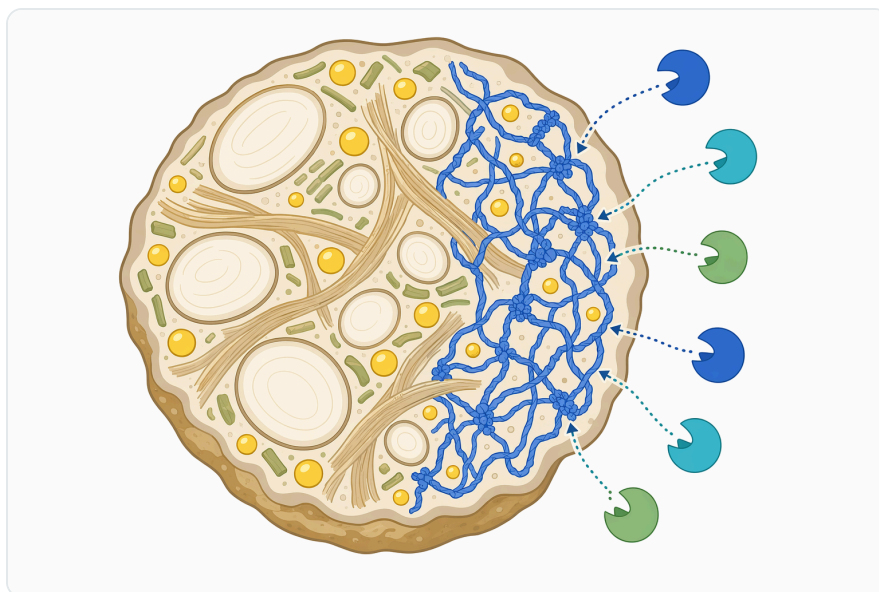


Figure 1. 중성 프로테아제는 전분 전환 효소를 대체하는 것이 아니라 곡물 기반 증류 공정 흐름의 단백질 분획에 작용합니다.

En matrices reales de destilación, la proteína no está aislada. Está asociada a gránulos de almidón, paredes celulares, fibra, lípidos, minerales y compuestos fenólicos. Por eso, la eficacia de una proteasa no depende solo de su actividad intrínseca: también depende del acceso físico al sustrato, la hidratación de la matriz, la mezcla, la temperatura de proceso, el pH, la presencia de sales y la secuencia de adición junto con otras enzimas. La teoría general de acción enzimática subraya que la catálisis ocurre dentro de un entorno físico-químico concreto, no en abstracto [3].

Por qué una destilería puede usar proteasa neutra

Disponibilidad de nitrógeno para levaduras

La levadura necesita nitrógeno asimilable para sintetizar proteínas celulares, mantener su metabolismo y completar fermentaciones estables. En materias primas con baja proporción de malta, alto uso de adjuntos o variabilidad agrícola significativa, parte del nitrógeno puede estar presente como proteína intacta, menos accesible para la levadura. La proteasa neutra ayuda a convertir una parte de esa proteína en péptidos y aminoácidos, que pueden integrarse mejor en la nutrición microbiana.

La relación entre enzimas exógenas y estado fisiológico de levaduras alcohólicas ha sido estudiada en trabajos que evaluaron proteasa y fitasa durante el cultivo de levadura alcohólica. Ese tipo de investigación es relevante porque conecta la modificación enzimática del medio con variables de desempeño de la levadura, aunque cada mosto de destilería tenga composición propia y requiera validación operativa interna [4].

Manejo de materias primas variables

Las materias primas agrícolas cambian por variedad, campaña, secado, almacenamiento, molienda y proporción de adjuntos. Dos lotes del mismo cereal pueden presentar diferencias en proteína total, fracciones solubles, estructura del endospermo y comportamiento durante la maceración. Una proteasa neutra puede reducir parte de esa variabilidad al actuar sobre proteínas de reserva y proteínas estructurales, generando una matriz más uniforme para la fermentación.

La utilidad de proteasas en matrices proteicas complejas está respaldada por estudios de hidrólisis simultánea de residuos industriales ricos en proteína. Aunque esos residuos no equivalen a un mosto de destilería, demuestran que una proteasa puede transformar sustratos proteicos heterogéneos en fracciones más manejables y potencialmente valorizables [5].

Reducción de problemas asociados a proteínas residuales

Las proteínas no hidrolizadas pueden contribuir a turbidez, formación de espuma, sedimentación irregular o interacción con polifenoles y otros componentes del mosto. En destilación, estos problemas no siempre afectan al destilado de la misma manera que en cerveza o alimentos terminados, pero sí pueden influir en bombeo, transferencia, separación de sólidos y estabilidad de fermentación. Una proteólisis controlada puede cambiar el tamaño y la solubilidad de las proteínas presentes.

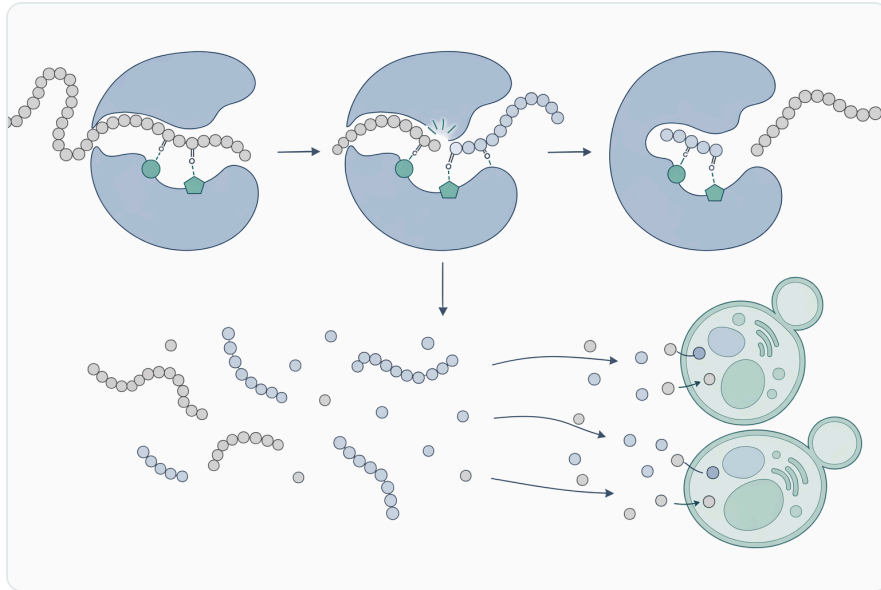


Figure 2. 중성 프로테아제는 물을 이용해 펩타이드 결합을 가수분해하여 큰 단백질을 더 작은 펩타이드와 아미노산을 포함한 조각으로 분해합니다.

En alimentos proteicos, la hidrólisis enzimática se ha asociado con cambios medibles en propiedades estructurales y funcionales de hidrolizados, como se ha observado en trabajos con colágenos bovinos tratados con sistemas enzimáticos. La matriz es distinta, pero el principio tecnológico es comparable: cortar proteínas modifica su comportamiento físico y funcional [6].

Formación de precursores de aroma y sabor

La proteólisis genera aminoácidos y péptidos que pueden participar en rutas metabólicas de la levadura o en reacciones posteriores durante procesos térmicos. En fermentaciones alimentarias, la actividad enzimática se relaciona con el desarrollo de compuestos volátiles y perfiles de sabor. En destilación, esta relación debe tratarse con cautela, porque la destilación selecciona compuestos volátiles y el perfil final depende también de cepa de levadura, cortes, tipo de alambique, maduración y matriz.

La evidencia de fermentaciones de pasta de soja muestra que las actividades enzimáticas se relacionan con compuestos de sabor durante la fermentación, lo que apoya la idea de que la proteólisis puede influir en precursores sensoriales. No obstante, esos resultados no deben trasladarse como garantía directa de un perfil aromático concreto en bebidas destiladas [7].

Aplicaciones principales en productos de destilación

Fermentaciones de cereales y maltas

En mashes de cereales, la proteasa neutra se aplica para actuar sobre proteínas de reserva y fracciones asociadas al almidón. En procesos basados en maíz, trigo, cebada, arroz, sorgo o mezclas con malta, puede ayudar a liberar nitrógeno soluble y mejorar la homogeneidad del macerado. Su papel es complementario al de enzimas amilolíticas: mientras estas generan azúcares fermentables, la proteasa modifica la fracción nitrogenada.

La complementariedad entre sistemas enzimáticos es común en fermentaciones complejas. Estudios sobre starters compuestos para pasta Pixian de soja se han centrado en mejorar la composición del sistema enzimático, lo que ilustra cómo diferentes actividades —no una sola enzima aislada— pueden contribuir al desempeño fermentativo de una matriz rica en macromoléculas [8].

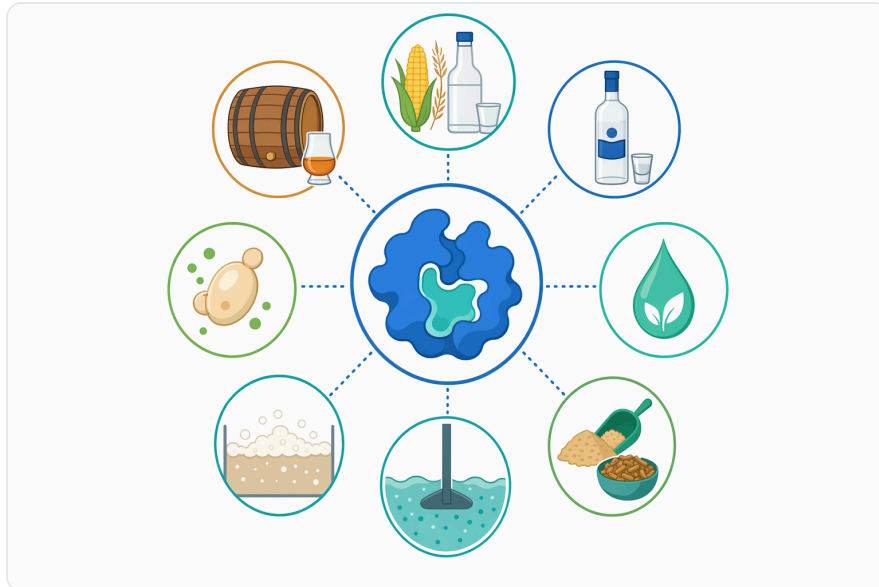


Figure 3. 단백질 가수분해는 공정에 따라 효모 영양, 거품 거동, 부유 고형물, 침전물, 증류 잔액의 구성에 영향을 줄 수 있습니다.

Mostos con adjuntos o baja contribución de malta

Cuando la receta contiene altos niveles de adjuntos no malteados, puede haber menos aporte natural de enzimas y menor disponibilidad de nitrógeno amino libre. En esos casos, una proteasa neutra puede emplearse para compensar parcialmente la baja hidrólisis proteica natural. Esto no implica que siempre aumente el rendimiento alcohólico; su beneficio principal es mejorar la nutrición y el comportamiento de fermentación si la proteína disponible es una limitación.

Los estudios sobre enzimas exógenas añadidas a paja de arroz, aunque pertenecen al ámbito de fermentación *in vitro* y degradabilidad, muestran que la adición de enzimas puede alterar características fermentativas de sustratos lignocelulósicos o agrícolas. Esa evidencia es indirecta para destilería, pero útil para entender por qué los tratamientos enzimáticos deben evaluarse según la matriz concreta ^[9].

Materias primas vegetales ricas en proteína

Algunas formulaciones de destilación incorporan granos con mayor contenido proteico, subproductos de molienda, leguminosas, tortas vegetales u otras corrientes agrícolas. En estos casos, la proteasa neutra puede tener un papel más marcado, porque existe mayor sustrato proteico disponible. La hidrólisis puede generar péptidos que cambian la solubilidad, la viscosidad aparente y la disponibilidad de nitrógeno.

Un estudio reciente sobre *Bacillus amyloliquefaciens* LX-6 se centró en mejorar la actividad de proteasa neutra y aplicarla en fermentación de harina de soja. Ese trabajo es especialmente relevante porque combina una proteasa neutra con una matriz vegetal rica en proteína, aunque no sea un ensayo de destilación ^[10].

Fermentación temprana y propagación de levadura

La proteasa neutra puede utilizarse en etapas tempranas, cuando todavía existe una ventana de pH y temperatura compatible con la enzima y antes de que la fermentación acidifique demasiado el medio. También puede ser útil en la preparación del medio de propagación, si la intención es generar una fracción nitrogenada más disponible para el crecimiento de levadura. El momento de aplicación suele ser tan importante como la cantidad añadida, porque la enzima necesita contacto con proteínas accesibles antes de perder actividad.

Los trabajos sobre proteasa y fitasa en cultivo de levadura alcohólica refuerzan la relación entre tratamiento enzimático del medio y fisiología de la levadura. Para una destilería, la conclusión práctica es que la proteasa debe evaluarse dentro del diseño completo de fermentación, no como intervención aislada ^[11].

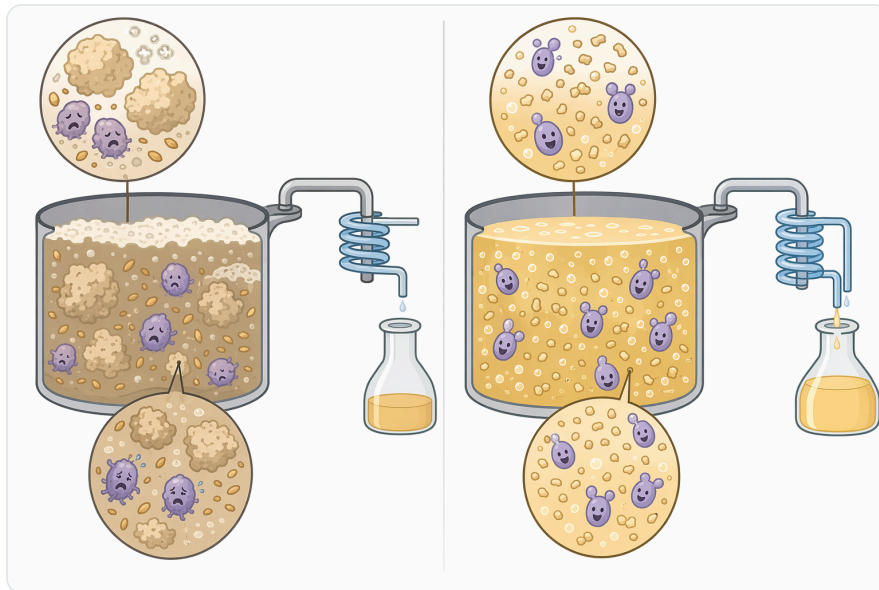


Figure 4. 산성, 중성, 알칼리성 프로테아제는 단백질 가수분해 활성이 가장 유용하게 작용하는 공정 pH 환경에 따라 구분됩니다.

Comparación funcional con otras enzimas de proceso

Enzima de proceso	Sustrato principal	Función en fermentaciones destinadas a destilación	Resultado esperado	Límite técnico
Proteasa neutra	Proteínas de cereales, maltas, adjuntos y subproductos	Hidrolizar proteínas en péptidos y aminoácidos	Mayor disponibilidad de nitrógeno y modificación de la matriz proteica	No convierte almidón en azúcar y puede alterar el perfil de péptidos si se usa fuera de control
Enzimas amilolíticas	Almidón y dextrinas	Generar azúcares fermentables	Aporte de sustrato para producción de alcohol	No resuelven por sí solas limitaciones de nitrógeno proteico
Fitasa	Fitatos asociados a minerales y fósforo	Modificar disponibilidad de fósforo/minerales y reducir efectos de fitatos	Medio potencialmente más favorable para levadura	No hidroliza proteínas como función principal

Enzima de proceso	Sustrato principal	Función en fermentaciones destinadas a destilación	Resultado esperado	Límite técnico
Sistemas multienzimáticos	Varias fracciones de la matriz	Actuar sobre almidón, proteína, fibra u otros componentes	Tratamiento más completo de materias primas complejas	Mayor necesidad de compatibilidad entre condiciones de proceso

Esta comparación ayuda a ubicar la proteasa neutra dentro del proceso. No debe seleccionarse esperando el efecto de una amilasa, ni evaluarse solo por rendimiento alcohólico. Su indicador práctico es la transformación de la fracción proteica y sus consecuencias en fermentación, manejo de sólidos y nutrición de levadura. La investigación en fermentaciones con sistemas enzimáticos múltiples muestra que la composición del sistema enzimático puede cambiar el desempeño de la fermentación y el perfil de metabolitos ^[12].

Evidencia científica aplicable y nivel de transferencia a destilación

Área de evidencia	Qué demuestra	Transferencia a destilación	Fuente
Proteasa neutra en fermentación de soja	Una proteasa neutra puede aplicarse a una matriz vegetal rica en proteína	Alta para entender hidrólisis proteica vegetal; moderada para alcohol por diferencia de proceso	[10]
Proteasa y levadura alcohólica	Enzimas como proteasa y fitasa pueden afectar el estado fisiológico de levaduras alcohólicas	Alta para fermentación; requiere ajuste por materia prima	[4]
Enzimas y compuestos de sabor en fermentaciones tradicionales	Las actividades enzimáticas se relacionan con compuestos volátiles y sabor	Moderada; útil para precursores, no para predecir destilado final	[7]
Hidrólisis de matrices proteicas complejas	Las proteasas pueden transformar residuos ricos en proteína	Moderada; útil para subproductos y matrices difíciles	[5]
Enzimas en productos lácteos modificados	Proteasas y sistemas enzimáticos pueden modificar propiedades de calidad y sabor	Indirecta; demuestra impacto proteolítico en alimentos	[13]

La evidencia más directa para destilación se concentra en la relación entre tratamiento enzimático y levadura alcohólica, mientras que la evidencia sobre matrices vegetales y alimentos fermentados respalda el mecanismo de hidrólisis y generación de compuestos nitrogenados. Es importante diferenciar entre evidencia de mecanismo, evidencia de aplicación en una matriz similar y evidencia directa en una planta de destilación concreta. Solo esta última puede confirmar beneficios operativos específicos.

Condiciones de proceso que determinan el desempeño

La proteasa neutra requiere una ventana compatible de pH, temperatura, hidratación y tiempo de contacto. Si el medio se vuelve demasiado ácido o si la enzima se expone a calor excesivo antes de actuar sobre el sustrato, la hidrólisis proteica puede ser limitada. Del mismo modo, una mezcla insuficiente puede generar zonas de macerado tratadas de forma desigual, con proteínas intactas en unas partes y mayor hidrólisis en otras.

La composición mineral también puede influir, especialmente en proteasas que dependen de iones metálicos o cuya estructura se estabiliza por componentes del medio. Sin embargo, no conviene asumir que todos los iones son beneficiosos o perjudiciales en todos los casos: el efecto depende de la enzima, la concentración, la matriz y la interacción con otros ingredientes. La existencia de metaloproteinasas neutras en biología ilustra que algunas proteasas pueden depender de metales para su función, aunque esa característica no debe atribuirse automáticamente a todo producto comercial sin documentación específica ^[14].

El orden de adición con otras enzimas también merece atención. Una proteasa puede hidrolizar proteínas del sustrato, pero en determinadas condiciones también podría afectar otras proteínas presentes en la mezcla. En sistemas con amilasas, fitasas u otros coadyuvantes, la compatibilidad práctica se decide por el proceso completo: cuándo se añade cada enzima, cuánto tiempo permanece activa y qué condiciones se aplican después.



Figure 5. 상업용 중성 프로테아제는 일반적으로 박테리아와 곰팡이 같은 미생물 원료에서 생산됩니다.

Impacto en perfil sensorial: oportunidad y cautela

En fermentaciones alimentarias, la proteólisis suele tener relación con formación de sabor porque los aminoácidos son precursores de compuestos volátiles y porque los péptidos influyen en percepción sensorial. En destilación, parte de esos compuestos puede pasar al destilado si son volátiles o si generan metabolitos volátiles durante fermentación. Sin embargo, una mayor proteólisis no significa automáticamente mejor aroma: puede cambiar el equilibrio metabólico de la levadura y la composición de precursores.

La producción de quesos modificados con enzimas, incluyendo proteasas y lipasas, demuestra que la proteólisis puede utilizarse para mejorar o ajustar propiedades de calidad y sabor en alimentos. Esa evidencia es útil para comprender el poder sensorial de las proteasas, pero debe extrapolarse con prudencia a bebidas destiladas, donde la separación por destilación cambia radicalmente la matriz final [13].

Los estudios sobre queso cheddar modificado con sistemas enzimáticos y extractos libres de células profundizan en el mecanismo molecular de compensación de sabor por acción sinérgica de sistemas enzimáticos. Para destilería, el mensaje técnico no es que la proteasa produzca un sabor específico, sino que la proteólisis puede interactuar con otras rutas enzimáticas y microbianas para modificar precursores sensoriales [15].

Manejo de subproductos y corrientes posteriores

Después de la fermentación y destilación, quedan vinazas, granos agotados, sólidos y otras corrientes con proteína residual, fibra y minerales. Si la proteasa se utiliza antes o durante fermentación, puede modificar parcialmente la composición de estas corrientes. Esto puede influir en su bombeabilidad, separación, uso como ingrediente animal, tratamiento biológico o valorización posterior, dependiendo del proceso y la normativa aplicable.

Los estudios sobre hidrólisis de residuos industriales ricos en proteína respaldan el interés de las proteasas para transformar corrientes orgánicas complejas. En una destilería, ese potencial debe evaluarse junto con objetivos de gestión de coproductos y no confundirse con un beneficio automático en rendimiento de alcohol ^[5].

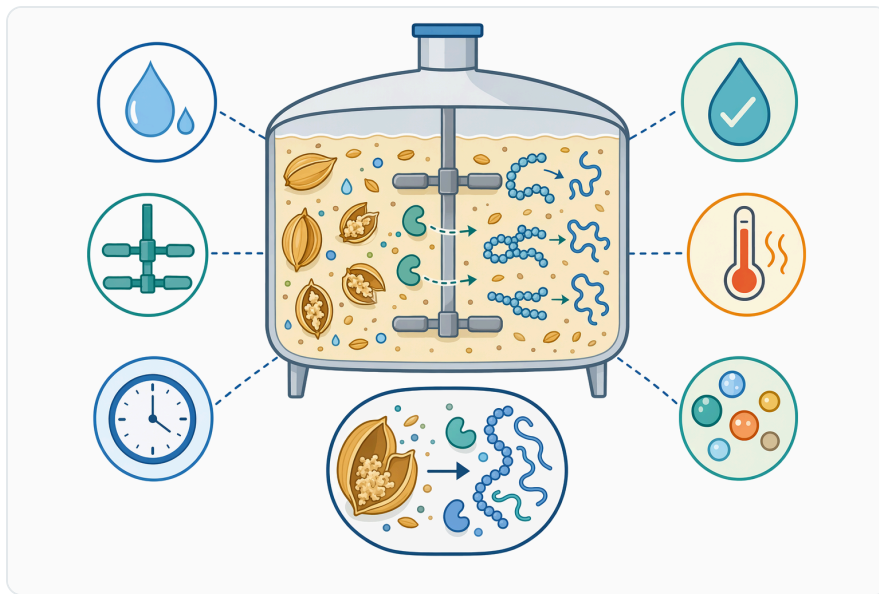


Figure 6. 중성 프로테아제의 성능은 기질 접근성, 적합한 pH, 온도, 수분, 혼합, 미네랄, 접촉 시간에 따라 달라집니다.

Formulación, estabilidad y enzimas inmovilizadas: qué conviene no asumir

La estabilidad operacional es un tema importante para cualquier enzima industrial. Existen estrategias como la inmovilización para mejorar reutilización, resistencia o separación de enzimas en ciertos procesos. Revisiones recientes discuten la inmovilización como disciplina madura pero con matices: sus beneficios dependen de soporte, enzima, difusión, coste y operación real ^[16].

Esto no significa que la proteasa neutra suministrada por Enzymes.bio sea inmovilizada ni que se deba operar como un sistema reutilizable. Para el usuario de destilación, la implicación práctica es más simple: la enzima debe dispersarse adecuadamente y emplearse en condiciones compatibles con su

función, sin asumir propiedades no documentadas como resistencia extrema, reutilización o tolerancia universal. Las revisiones sobre inmovilización por adsorción muestran que estas tecnologías pueden mejorar rendimiento de biocatalizadores en algunos casos, pero no sustituyen la compatibilidad básica entre enzima y proceso ^[17].

Limitaciones técnicas y expectativas realistas

La proteasa neutra no corrige por sí sola problemas de molienda, gelatinización insuficiente, contaminación, levadura debilitada, deficiencias severas de nutrientes, mala transferencia de calor o conversión incompleta de almidón. Si el cuello de botella real es la sacarificación, el oxígeno en propagación, la higiene o la temperatura de fermentación, una proteasa puede tener poco efecto observable. Su aplicación tiene sentido cuando la fracción proteica y la disponibilidad de nitrógeno son variables relevantes.

Tampoco debe asumirse que una mayor hidrólisis siempre es mejor. En fermentaciones alimentarias, los sistemas enzimáticos pueden mejorar sabor y características de procesamiento, como se ha observado en péptidos de pepino de mar obtenidos mediante fermentación probiótica combinada con hidrólisis enzimática dual. Pero ese resultado depende de controlar la matriz y la secuencia de proceso; una destilería debe interpretar la proteólisis como una variable de formulación, no como una mejora lineal ilimitada ^[18].

La extrapolación desde alimentos fermentados a destilados requiere prudencia. En pasta de soja, koji, queso o hidrolizados proteicos, el producto final conserva gran parte de la matriz proteica o peptídica. En destilación, en cambio, el producto final es una fracción volátil separada. Por ello, los beneficios más defendibles de la proteasa neutra están en fermentación, manejo de materia prima y coproductos, más que en promesas sensoriales directas.

Uso comercial y documentación de Enzymes.bio

Enzymes.bio actúa como **proveedor** de la proteasa neutra para productos de destilación; no debe describirse como fabricante ni como laboratorio de desarrollo. El producto se vende directamente en línea en unidades de **1 kg**, lo que encaja con usuarios que necesitan incorporar la enzima a procesos de fermentación o maceración sin un esquema de compra basado en formulaciones a medida. El certificado de análisis y la ficha de datos de seguridad se proporcionan junto con el pedido .

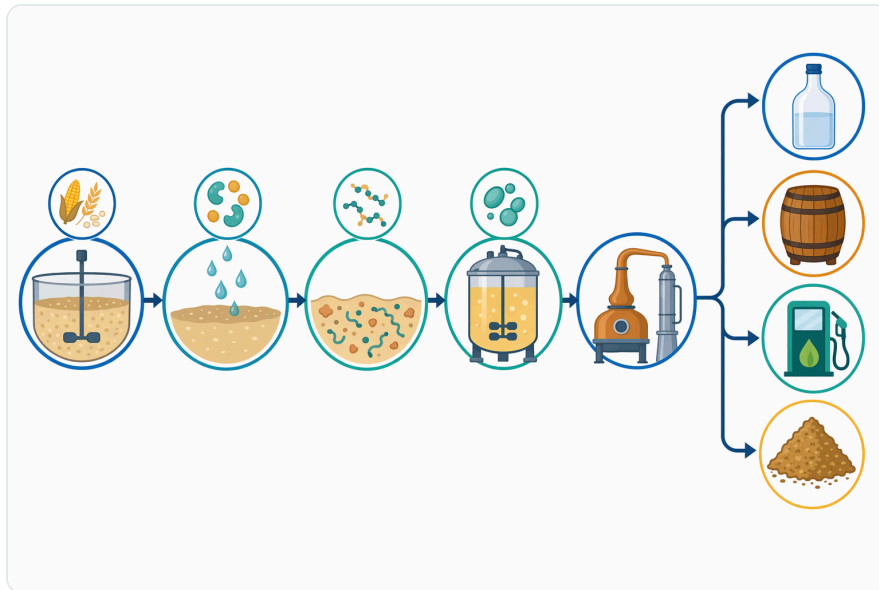


Figure 7. 증류 효소 프로그램에서 아밀라아제는 전분을, 섬유 분해 효소는 비전분 다당류를, 중성 프로테아제는 단백질을 표적으로 합니다.

La documentación de acompañamiento debe utilizarse para identificar el lote recibido, las condiciones generales de seguridad y la información comercial asociada al producto. Este artículo no sustituye esa documentación ni define especificaciones analíticas, métodos de ensayo o unidades de actividad. Desde el punto de vista técnico, la decisión de uso debe integrarse con la receta, la materia prima, la levadura y las condiciones reales de proceso.

Conclusión

La **proteasa neutra para productos de destilación** es una herramienta enzimática orientada a transformar la fracción proteica de materias primas fermentables. Su valor técnico se basa en liberar péptidos y aminoácidos, mejorar la disponibilidad de nitrógeno para levaduras y modificar el comportamiento de matrices vegetales o malteadas antes de la destilación.

La evidencia científica respalda con mayor fuerza la capacidad general de las proteasas para hidrolizar proteínas, modificar propiedades funcionales de matrices alimentarias y participar en sistemas fermentativos. La evidencia directa sobre destilación debe interpretarse de forma específica para cada proceso, pero los estudios en levadura alcohólica, fermentaciones vegetales y residuos ricos en proteína ofrecen una base razonable para su aplicación controlada ^[4].

Enzymes.bio suministra este producto como proveedor en línea en unidades de 1 kg, con CoA y SDS incluidos con el pedido. Para destilerías y usuarios B2B, la expectativa adecuada es considerarla una enzima complementaria de proceso: útil cuando la proteína y el nitrógeno son variables críticas, pero no una solución universal para rendimiento alcohólico, sabor final o estabilidad de fermentación.

Pedir Neutral Protease Enzyme For Distillation Products 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 Neutral Protease Enzyme For Distillation Products →](#)

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. Hamza, T. A. (2017). Bacterial Protease Enzyme : Safe and Good Alternative for Industrial and Commercial Use.
2. Hunkapiller, M., Smallcombe, S., & Richards, J. (1975). Mechanism of serine protease action. Ionization behavior of tetrahedral adduct between α -lytic protease and tripeptide aldehyde studied by carbon-13 magnetic resonance. *Magnetic Resonance in Chemistry*, 7, 262-265.
3. Kuby, S. (1991). Mechanism of enzyme action.
4. Ковалева, С., Агафонов, Г. В., Яковлев, А. Н., Яковлева, С. Ф., Kovaleva, T., Agafonov, G. V., Yakovlev, A. N., ... et al. (2020). Effect of protease and phytase on the physiological state of alcoholic yeast in cultivation. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*.
5. Ariaeenejad, S., Kavousi, K., Mamaghani, A., Ghasemitabesh, R., & Salekdeh, G. (2022). Simultaneous hydrolysis of various protein-rich industrial wastes by a naturally evolved protease from tannery wastewater microbiota. *Science of the Total Environment*, 152796 .
6. Vidal, A., Ferreira, T. E., Mello, R., Schmidt, M. M., Kubota, E. H., Demiate, I., Zielinski, A., ... et al. (2018). Effects of enzymatic hydrolysis (Flavourzyme®) assisted by ultrasound in the structural and functional properties of hydrolyzates from different bovine collagens. *Food Science and Technology*.
7. Fu, W., Ren, J., Li, S., Ren, D., Li, X., Ren, C., Zhao, X., ... et al. (2023). Effect of Peony (Paeonia ostii) Seed Meal Supplement on Enzyme Activities and Flavor Compounds of Chinese Traditional Soybean Paste during Fermentation. *Foods*, 12.
8. Biao, X. (2012). Pixian soybean paste compound bacteria starter-making improve enzyme system composition research. *China Brewing*.
9. Eun, J., Beauchemin, K., Hong, S., & Bauer, M. (2006). Exogenous enzymes added to untreated or ammoniated rice straw : Effects on in vitro fermentation characteristics and degradability. *Animal Feed Science and Technology*, 131, 87-102.
10. Zhu, Y., Huang, X., Han, T., Wang, J., Yu, X., & Ma, Z. (2025). Improvement of neutral protease activity of Bacillus amyloliquefaciens LX-6 by combined ribosome engineering and medium optimization and its application in soybean meal fermentation. *Journal of Zhejiang University SCIENCE B*, 26, 805 - 812.

11. Ковалева, Т. С., Агафонов, Г. В., Яковлев, А. Н., & Яковлева, С. Ф. (2020). Влияние протеазы и фитазы на физиологическое состояние спиртовых дрожжей при культивировании.
12. Jeon, S., Youn, Y., Jeong, D., & Kim, Y. (2020). Enzyme activities and volatile compounds of Rhizopus oligosporus 'Koji'. *Korean Journal of Food Preservation.*
13. Li, L., Pei, Y., Cheng, K., Deng, Y., Dong, X., Fang, R., Chu, B., ... et al. (2023). Production and evaluation of enzyme-modified cheese adding protease or lipase to improve quality properties.. *Journal of Bioscience and Bioengineering.*
14. Semple, J., Lang, Y., Speck, E., & Delovitch, T. (1992). Processing and presentation of insulin. III. Insulin degrading enzyme: a neutral metalloendoproteinase that is non-homologous to classical endoproteinases mediates the processing of insulin epitopes for helper T cells.. *International Immunology*, 4 10, 1161-7 .
15. Fan, X., Zhao, Y., Mao, W., Zhang, H., Li, M., Luo, Y., Zhou, H., ... et al. (2024). Preparation of a novel enzyme-modified cheddar cheese: Molecular mechanism of cheese flavor compensation by synergistic action of cell-free extracts and enzyme systems.. *Food Chemistry*, 467, 142281 .
16. Bolívar, J. M., Woodley, J., & Fernández-Lafuente, R. (2022). Is enzyme immobilization a mature discipline? Some critical considerations to capitalize on the benefits of immobilization.. *Chemical Society Reviews.*
17. Ishak, S. N. H., Saad, A. H., Latip, W., Rahman, R. N. Z. R. A., Salleh, A., Kamarudin, N., Leow, A., ... et al. (2025). Enhancing industrial biocatalyst performance and cost-efficiency through adsorption-based enzyme immobilization: A review.. *International Journal of Biological Macromolecules*, 144278 .
18. Wu, S., Han, G., Chen, G., Sui, W., Jin, Y., Zhang, M., & Wu, T. (2025). Probiotic Fermentation Combined with Dual Enzyme Hydrolysis Improves the Flavor and Processing Characteristics of Sea Cucumber Peptides. *Food Biophysics*, 20.

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.