

Acid Protease For Breaking The Protein Down On Tobacco-Leaves: proteasa ácida para degradación de proteínas, acondicionamiento y bioprocesamiento de hojas de tabaco

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

Acid Protease For Breaking The Protein Down On Tobacco-Leaves es una preparación de proteasa ácida ofrecida por Enzymes.bio para procesos donde se busca romper proteínas presentes en hojas de tabaco y convertirlas en péptidos más pequeños y aminoácidos. Su utilidad técnica se basa en una reacción concreta: la hidrólisis de enlaces peptídicos bajo condiciones ácidas o moderadamente ácidas, siempre que la humedad, el contacto enzima-sustrato y el tiempo de proceso permitan que la enzima alcance la fracción proteica de la hoja. Enzymes.bio actúa como proveedor en línea; el producto se vende en unidades de 1 kg y el CoA y la SDS se proporcionan junto con el pedido .

Qué es una proteasa ácida para hojas de tabaco

Una proteasa es una enzima que cataliza la ruptura de enlaces peptídicos, es decir, los enlaces que unen aminoácidos dentro de una proteína. En una hoja de tabaco, la fracción proteica no está aislada: se encuentra dentro de una matriz vegetal compuesta por paredes celulares, membranas, polisacáridos, compuestos fenólicos, sales, agua ligada y otros constituyentes. Por eso, el uso industrial de una proteasa ácida no debe entenderse como una “disolución” completa de la hoja, sino como una modificación dirigida de la fracción proteica accesible durante una etapa de acondicionamiento, humidificación, fermentación o tratamiento previo.

El término “ácida” indica que la enzima está formulada para actuar preferentemente en un entorno de pH bajo o moderadamente bajo. En la práctica, esto importa porque el pH modifica tres elementos al mismo tiempo: la ionización del sitio catalítico de la enzima, la carga superficial de las proteínas de la hoja y la estructura física de la matriz vegetal. La literatura sobre proteasas microbianas destaca precisamente que pH, temperatura, especificidad de sustrato y estabilidad operacional son variables centrales para decidir la aplicación de una proteasa en procesos industriales ^[1].

En el caso de hojas de tabaco, el objetivo habitual es reducir proteínas de alto peso molecular o proteínas parcialmente insolubles a fragmentos más pequeños. Esos fragmentos pueden comportarse de manera distinta: pueden volverse más solubles, quedar más disponibles para microorganismos durante una fermentación o participar en transformaciones químicas posteriores. La ciencia de las proteasas muestra que estas enzimas no actúan como reactivos inespecíficos que destruyen todo el material orgánico; actúan sobre enlaces peptídicos accesibles, con preferencias determinadas por su estructura y por el entorno de reacción ^[2].

Por qué degradar proteínas en hojas de tabaco puede ser útil

Las hojas de tabaco son tejido vegetal, y como tal contienen proteínas estructurales, enzimas endógenas, proteínas asociadas a membranas y proteínas presentes en orgánulos celulares. Durante el curado, almacenamiento o fermentación, estas proteínas pueden transformarse de manera natural, pero la velocidad y la dirección de esa transformación dependen de la humedad, la temperatura, el pH, la microbiota y el estado físico de la hoja. En plantas, las proteasas participan de forma normal en procesos de reciclaje celular, muerte celular programada y autofagia, lo que confirma que la degradación de proteínas es una vía biológica fundamental dentro del tejido vegetal ^[3].

Desde un punto de vista tecnológico, romper proteínas puede tener varias consecuencias. Primero, reduce el tamaño molecular de la fracción proteica, lo que puede aumentar la fracción soluble o dispersable. Segundo, libera péptidos y aminoácidos que pueden servir como nutrientes para microorganismos en procesos de fermentación controlada. Tercero, cambia el equilibrio de compuestos nitrogenados disponibles para reacciones posteriores durante secado, almacenamiento o calentamiento. En otros sistemas fermentados, la proteólisis se ha relacionado con cambios en compuestos de sabor y mejora sensorial, aunque esos resultados no deben trasladarse automáticamente al tabaco sin validación del proceso ^[4].

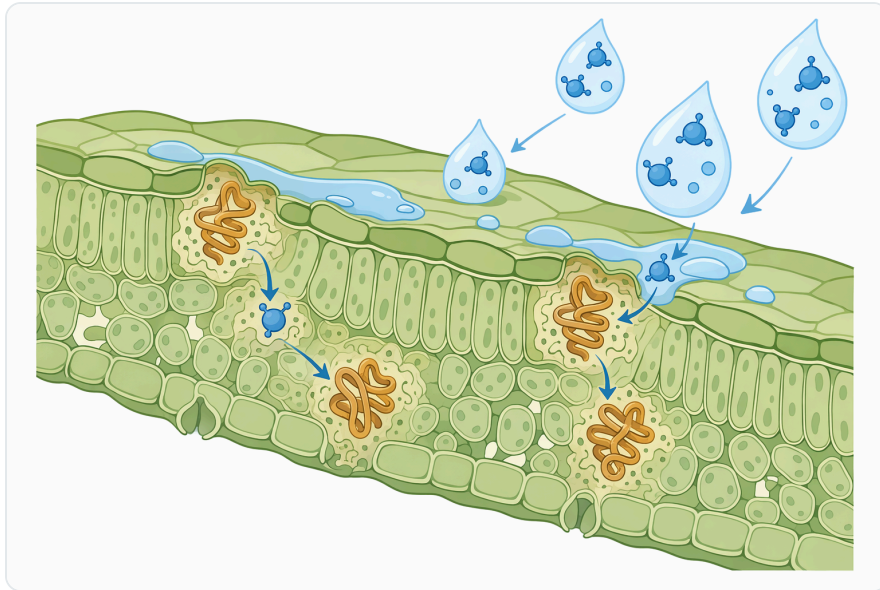


Figure 1. 산성 프로테아제는 수화된 담배 잎 단백질이 효소와 물리적으로 접촉할 수 있는 부위에서만 작용할 수 있다.

También hay una diferencia importante entre degradación espontánea y degradación enzimática dirigida. En un proceso espontáneo, las enzimas propias de la hoja y los microorganismos presentes actúan de manera variable; en un tratamiento con proteasa ácida, se añade una actividad proteolítica con una función definida. Esto no elimina la necesidad de control de proceso, pero permite orientar una parte de la transformación hacia la fracción proteica. Las revisiones sobre proteasas microbianas describen su uso en alimentos, fermentaciones, tratamiento de residuos, detergencia, cuero y biotecnología precisamente porque permiten modificar proteínas bajo condiciones menos severas que muchas alternativas químicas [5].

Mecanismo: cómo la proteasa ácida rompe la proteína de la hoja

El primer requisito mecánico es el contacto. La enzima debe hidratarse, difundirse en la fase acuosa disponible y alcanzar proteínas accesibles dentro o sobre la superficie del material vegetal. Si la hoja está demasiado seca, la movilidad molecular disminuye y la enzima tiene pocas oportunidades de encontrar su sustrato. Si el agua está mal distribuida, unas zonas reciben un tratamiento intenso y otras apenas se modifican. Por eso, en materiales vegetales, la geometría de la hoja, el grado de picado o laminado y la homogeneidad de la humedad son tan relevantes como la propia enzima.

Una vez que la proteasa alcanza una proteína, la reacción ocurre en el sitio activo. De forma simplificada, la enzima posiciona un segmento de la proteína, polariza el enlace peptídico que se va a cortar y facilita el ataque de agua sobre ese enlace. El resultado es la separación de una cadena larga en dos fragmentos más cortos; con más tiempo y suficiente accesibilidad, esos fragmentos pueden

seguir cortándose en péptidos menores. Los estudios de mecanismos de proteasas muestran que el reconocimiento del sustrato y la orientación del enlace susceptible son pasos decisivos para que la hidrólisis ocurra con eficiencia [6].

El pH ácido no es un detalle secundario. En muchas proteasas ácidas, la actividad depende de que determinados grupos químicos del sitio catalítico estén en un estado de protonación compatible con la hidrólisis. Al mismo tiempo, el pH modifica la carga de las proteínas de la hoja: una proteína más cargada puede hincharse, dispersarse o exponer regiones que antes estaban menos accesibles; una proteína cerca de su punto de mínima solubilidad puede agregarse y volverse más difícil de atacar. En proteínas vegetales, se ha documentado que pH, temperatura e inhibidores de proteasa influyen de forma importante en la cinética y el mecanismo de agregación, lo que ayuda a explicar por qué el entorno de proceso cambia el resultado de una hidrólisis [7].

El producto final de la proteólisis no es un único compuesto. Es una mezcla de péptidos de distintos tamaños, aminoácidos libres en diferentes proporciones y proteínas residuales no hidrolizadas. Esa mezcla depende de la proteína original, de la accesibilidad física, del tiempo de contacto y de la especificidad de la proteasa. En matrices complejas, la hidrólisis no avanza de manera uniforme: las proteínas expuestas o solubles se degradan primero, mientras que las atrapadas en paredes celulares, agregados o zonas poco hidratadas se modifican más lentamente.

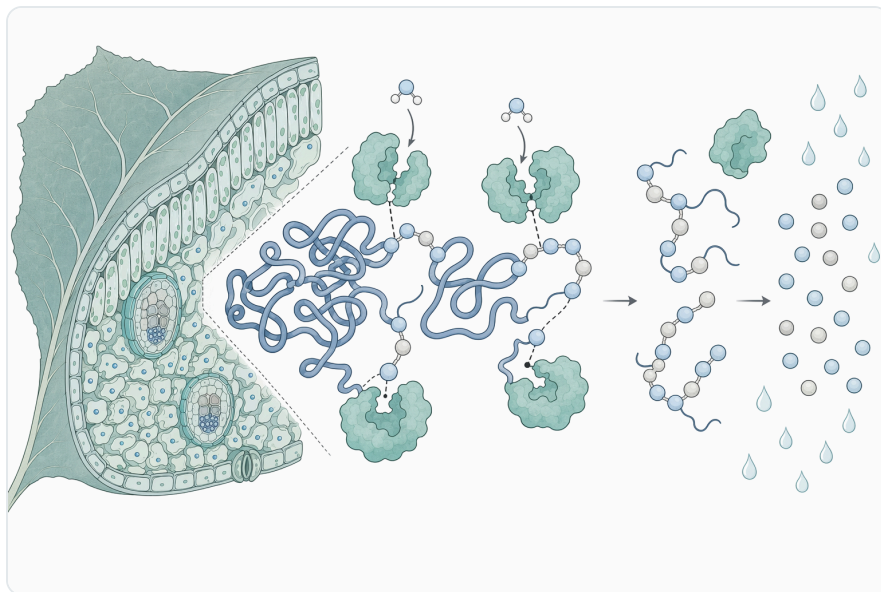


Figure 2. 산성 프로테아제는 잎 단백질에서 접근 가능한 펩타이드 결합을 가수 분해하여 더 짧은 펩타이드와 아미노산을 포함한 조각을 형성한다.

VARIABLES DE PROCESO QUE DETERMINAN EL RESULTADO EN TABACO

La primera variable es la humedad efectiva, no solo la humedad total. Una hoja puede contener agua, pero si esa agua está ligada en zonas poco accesibles o distribuida de forma desigual, la enzima no se dispersa bien. En una operación de acondicionamiento, la proteasa necesita una fase acuosa continua suficiente para moverse, pero un exceso de agua puede alterar la estructura de la hoja, favorecer lixiviación de compuestos solubles o cambiar el equilibrio microbiano. En bioprocesos de sustratos sólidos, como fermentaciones sobre salvado o materiales vegetales, la disponibilidad de agua y la estructura del sustrato son factores centrales para la conversión biológica [8].

La segunda variable es el pH del microentorno. No basta con ajustar el pH del líquido añadido si la hoja posee zonas con diferente capacidad tampón, sales o compuestos que modifican localmente la acidez. La proteasa ácida puede funcionar mejor cuando la matriz se mantiene en un intervalo compatible con su conformación activa, pero condiciones demasiado ácidas para la hoja o para el proceso posterior pueden generar efectos no deseados. La investigación sobre nieblas ácidas y tejido vegetal muestra que ambientes ácidos pueden afectar el crecimiento y la fisiología de plantas, lo que subraya la necesidad de tratar la acidez como una variable de proceso y no como un simple acelerador [9].

La tercera variable es la temperatura. Al aumentar la temperatura, muchas reacciones enzimáticas se aceleran hasta cierto punto; si se supera la estabilidad de la proteína enzimática, la estructura se desnaturaliza y la actividad cae. La temperatura también cambia la flexibilidad de las proteínas del tabaco, la solubilidad de compuestos y la actividad microbiana si el proceso no es estéril. En proteínas vegetales como las de patata, se ha demostrado que la temperatura interactúa con pH e inhibidores para modificar la agregación, un fenómeno relevante porque la agregación puede ocultar enlaces peptídicos y limitar la hidrólisis [7].

La cuarta variable es el tiempo de contacto. Un tratamiento corto puede generar solo una hidrólisis superficial; uno demasiado largo puede producir cambios excesivos en la fracción nitrogenada, mayor liberación de aminoácidos o alteraciones en textura y olor. La lógica industrial es buscar una hidrólisis parcial y reproducible, no necesariamente la conversión máxima de toda la proteína disponible. La proteólisis aplicada a alimentos fermentados de alta salinidad muestra que las proteasas pueden contribuir a transformaciones prolongadas de sabor y textura, pero también que el contexto del proceso define qué grado de degradación es deseable [10].



Figure 3. 산성, 중성, 알칼리성 프로테아제는 활성 부위가 가장 유용하게 유지 되는 가공 환경이 서로 다르다.

La quinta variable es la presencia de inhibidores o compuestos que interfieren. Muchas plantas contienen metabolitos capaces de interactuar con enzimas, proteínas o metales; además, algunas matrices alimentarias contienen inhibidores de proteasa que sobreviven parcial o totalmente a la digestión. Aunque la situación en hoja de tabaco debe evaluarse en su propio contexto, la literatura sobre inhibidores de proteasa derivados de alimentos confirma que las moléculas vegetales pueden reducir, modular o alterar la actividad proteolítica ^[11].

Variable de proceso	Mecanismo que afecta la proteólisis	Implicación práctica en hojas de tabaco
Humedad efectiva	Permite difusión de la enzima y contacto con proteínas accesibles	La distribución homogénea de agua es crítica para evitar zonas subtratadas
pH ácido o moderadamente ácido	Modifica la protonación del sitio activo y la carga de las proteínas	Debe ser compatible con la enzima y con la integridad de la hoja
Temperatura	Acelera reacción hasta el límite de estabilidad de la enzima	Un exceso puede desnaturalizar la proteasa o alterar la matriz
Tiempo de contacto	Determina el grado de hidrólisis acumulado	La hidrólisis parcial suele ser más controlable que la exposición indefinida
Estructura física de la hoja	Controla accesibilidad a proteínas internas	Material picado, laminado o bien acondicionado suele ofrecer mayor contacto
Compuestos inhibidores o interferentes	Pueden unirse a enzima o sustrato y reducir actividad	La respuesta real depende de la composición de cada lote vegetal

Aplicaciones industriales razonables

Acondicionamiento enzimático de hojas y fracciones de hoja

La aplicación más directa es introducir la proteasa ácida durante una etapa húmeda de acondicionamiento de hojas, tiras, láminas o material vegetal picado. El propósito es iniciar una hidrólisis parcial de proteínas antes de una etapa posterior de secado, mezcla, fermentación o maduración. Esta estrategia es más razonable cuando el proceso ya incluye humedad controlada y mezcla suficiente, porque la enzima necesita contacto físico con la fracción proteica.

En términos de mecanismo, la proteasa puede reducir proteínas superficiales o parcialmente solubles, liberar péptidos y aumentar la cantidad de nitrógeno orgánico de bajo peso molecular. Eso no significa que todas las proteínas de la hoja desaparezcan, ni que el resultado sensorial sea automáticamente positivo. En otros materiales biológicos, las proteasas se aplican de forma selectiva precisamente porque transforman una fracción del sustrato y dejan el resto de la matriz bajo control del proceso global ^[1].

Apoyo a fermentación y maduración

En una fermentación, los microorganismos requieren fuentes de carbono, nitrógeno, minerales y agua. La proteólisis puede aumentar la disponibilidad de péptidos y aminoácidos, que ciertos microorganismos utilizan como nutrientes o precursores metabólicos. En matrices vegetales fermentadas, la biomodificación enzimática y microbiana se usa para transformar sustratos complejos en productos con propiedades tecnológicas diferentes, como se observa en investigaciones sobre bases vegetales fermentadas ^[12].

Para tabaco, esto se traduce en una hipótesis técnica clara: una proteasa ácida puede preparar la fracción proteica antes o durante una etapa fermentativa, pero el efecto final dependerá de la microbiota, la aireación, la acidez, la humedad y el perfil químico de la hoja. Si la fermentación es espontánea, la liberación de nitrógeno puede favorecer microorganismos distintos a los esperados; si es controlada, puede apoyar rutas metabólicas deseadas. Por tanto, la enzima debe integrarse dentro de una estrategia de proceso, no añadirse como corrección aislada.

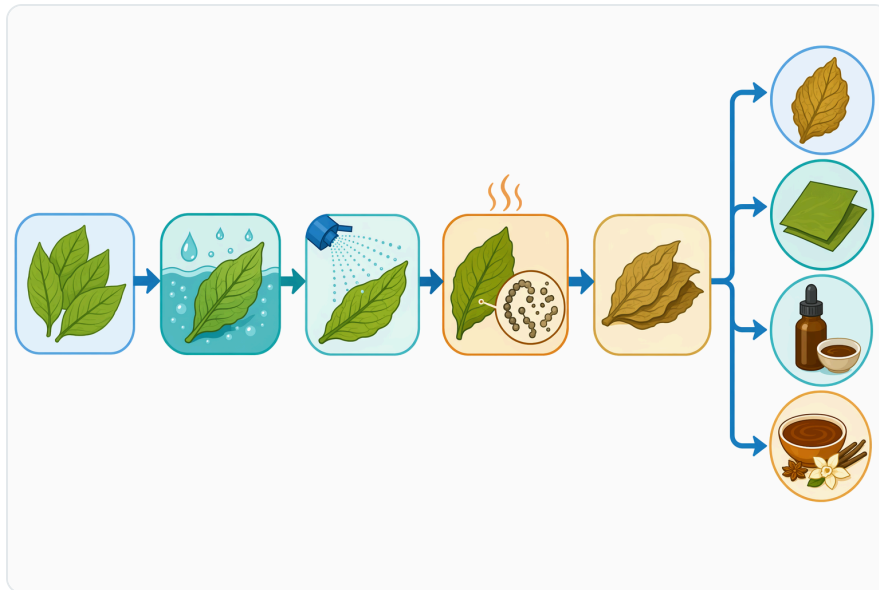


Figure 4. 프로테아제를 제어하여 사용하면 전반적인 담배 컨디셔닝, 발효, 숙성 과정 속에서 단백질의 부분 가수분해를 돕는다.

Valorización de subproductos de tabaco

Los recortes, polvos, nervaduras finas o lotes de hoja fuera de especificación pueden considerarse biomasa vegetal con fracciones orgánicas aprovechables. En este contexto, la proteasa ácida puede utilizarse para generar hidrolizados proteicos, reducir proteínas residuales o preparar el sustrato para transformaciones posteriores. La bioprospección y aplicación de proteasas microbianas se estudia en múltiples sectores justamente por su capacidad para convertir residuos proteicos en corrientes más manejables o de mayor valor ^[13].

La valorización no implica necesariamente uso alimentario ni farmacéutico; en tabaco, cualquier destino debe evaluarse según regulación, seguridad y composición del residuo. Sin embargo, desde el punto de vista técnico, la hidrólisis enzimática es una alternativa más específica que tratamientos químicos severos cuando el objetivo es romper proteínas sin degradar indiscriminadamente otros componentes. Las revisiones sobre aplicaciones de proteasas resaltan su utilidad en tratamiento de residuos y recuperación de materiales proteicos, siempre ajustando condiciones a la matriz concreta ^[5].

Preparación de extractos o corrientes solubles

Cuando se trabaja con extractos acuosos o suspensiones derivadas de hoja de tabaco, la proteasa ácida puede utilizarse para reducir turbidez asociada a proteínas, disminuir agregación o convertir proteínas en péptidos más pequeños. La ventaja frente al tratamiento de hoja entera es que, en una fase líquida o semilíquida, la accesibilidad del sustrato suele ser mayor. La desventaja es que también pueden extraerse compuestos que afecten la actividad enzimática o el perfil final del extracto.

Esta aplicación se parece conceptualmente a otras operaciones de modificación de proteínas vegetales, donde la hidrólisis se usa para alterar solubilidad, funcionalidad o comportamiento coloidal. La estructura de polisacáridos, gomas y mucílagos vegetales puede influir en viscosidad, formación de película y difusión, por lo que la fracción no proteica de la hoja también condiciona la velocidad de contacto entre enzima y sustrato [14].

Comparación con otras rutas de transformación de proteínas

La proteasa ácida no es la única forma de modificar proteínas en hojas o subproductos de tabaco. Existen transformaciones espontáneas, fermentaciones microbianas y tratamientos químicos. La diferencia principal está en el nivel de selectividad, control y complejidad del proceso.

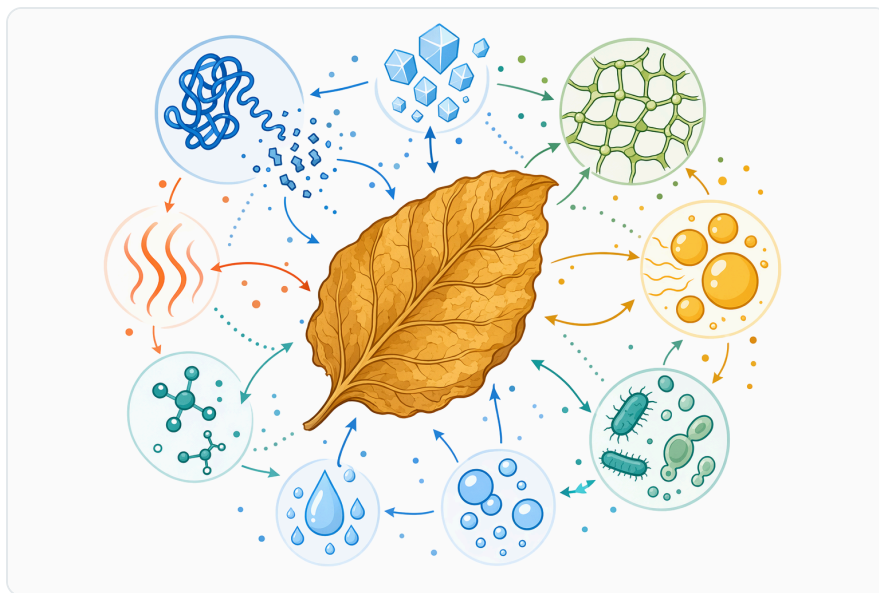


Figure 5. 단백질 가수분해는 담배 잎의 발효와 숙성 중 동시에 일어나는 여러 생화학적 변화 중 하나의 경로이다.

Enfoque	Qué transforma	Ventajas técnicas	Límites principales
Envejecimiento o maduración espontánea	Proteínas, carbohidratos, lípidos y compuestos volátiles según microbiota y condiciones	Bajo nivel de intervención; compatible con procesos tradicionales	Lento, variable y difícil de atribuir a una reacción específica
Fermentación microbiana	Múltiples fracciones: proteínas, azúcares, ácidos, lípidos y metabolitos secundarios	Puede generar transformaciones complejas y perfiles aromáticos	Depende de microbiota, contaminación, humedad y control ambiental

Enfoque	Qué transforma	Ventajas técnicas	Límites principales
Proteasa ácida añadida	Principalmente enlaces peptídicos accesibles en proteínas	Más dirigida hacia la fracción proteica; aplicable en etapas húmedas	No sustituye el control global; requiere contacto y condiciones compatibles
Hidrólisis química	Proteínas y otros componentes según acidez, alcalinidad o temperatura	Puede ser intensa y rápida	Menor selectividad; mayor riesgo de degradación no deseada de la matriz

La fermentación microbiana puede generar proteasas, carbohidrasas, lipasas y metabolitos al mismo tiempo. Esto puede ser una ventaja si se busca una transformación integral, pero dificulta saber qué reacción causó cada cambio. En alimentos fermentados tradicionales de alta salinidad, por ejemplo, las proteasas microbianas contribuyen a la degradación de proteínas y a la formación de compuestos de sabor, pero interactúan con muchas otras rutas bioquímicas ^[10].

La enzima añadida ofrece un enfoque más focalizado. Si el problema tecnológico está asociado a la fracción proteica, una proteasa ácida permite dirigir la intervención hacia ese componente sin depender por completo del crecimiento microbiano. Aun así, una hoja de tabaco no es un sustrato purificado; el resultado final será una suma de hidrólisis proteica, difusión, cambios de humedad, posibles reacciones endógenas y condiciones de almacenamiento.

Qué evidencia respalda el uso de proteasas en matrices vegetales

La evidencia más sólida para este tipo de aplicación proviene de la bioquímica general de proteasas y de su uso en matrices vegetales, fermentadas y residuales. Las proteasas microbianas son una de las familias enzimáticas más usadas industrialmente porque pueden hidrolizar proteínas bajo condiciones controlables y adaptarse a sectores muy distintos. Las revisiones recientes agrupan aplicaciones en alimentos, piensos, detergentes, cuero, residuos y biomedicina, lo que confirma que la degradación enzimática de proteínas es una herramienta industrial consolidada ^[1].

En matrices vegetales, la accesibilidad del sustrato suele ser el factor limitante. Las proteínas pueden estar encapsuladas en células, asociadas a membranas o atrapadas en una red de polisacáridos. Por eso, la preparación física del material y la hidratación influyen tanto como la elección de la enzima. La literatura sobre biomodificación de bases vegetales y fermentación muestra que los procesos exitosos suelen combinar cambios físicos, enzimáticos y microbianos para transformar la materia prima de manera reproducible ^[12].

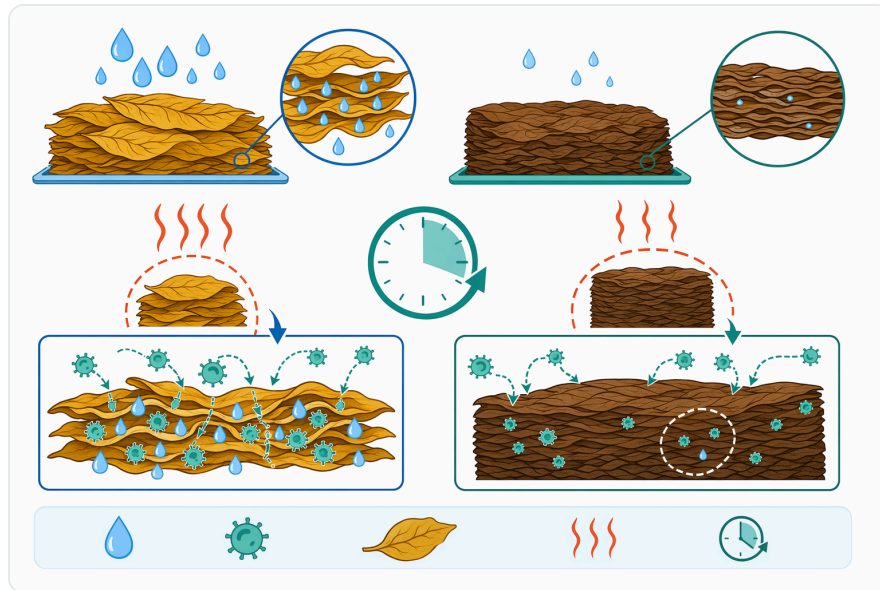


Figure 6. 수분 분포, 접촉, 온도, 시간, 잎의 준비 상태가 산성 프로테아제가 얼마나 균일하게 작용할 수 있는지를 결정한다.

La evidencia también advierte que los resultados no deben generalizarse sin control. En una matriz animal curada, la proteólisis puede mejorar ciertos atributos de sabor; en una matriz vegetal, puede mejorar solubilidad o disponibilidad de nitrógeno; en tabaco, el objetivo puede ser acondicionamiento, maduración o valorización. El mecanismo común es la ruptura de enlaces peptídicos, pero el efecto tecnológico depende del entorno. Los estudios de proteólisis en productos curados muestran que la degradación de proteínas puede correlacionarse con cambios sensoriales, aunque cada matriz tiene rutas químicas propias ^[4].

Límites técnicos y precauciones de interpretación

El primer límite es la accesibilidad. Una proteasa ácida no puede hidrolizar proteínas a las que no llega. En hojas enteras, nervaduras compactas o material poco hidratado, parte de la proteína puede permanecer protegida. La reducción del tamaño de partícula o una etapa de acondicionamiento homogéneo puede mejorar el contacto, pero también cambia la manipulación del material y puede afectar el proceso posterior.

El segundo límite es la selectividad real dentro de una matriz compleja. Aunque la enzima esté dirigida a enlaces peptídicos, los productos de la hidrólisis —péptidos y aminoácidos— modifican el equilibrio químico de la hoja. Estos compuestos pueden participar en rutas microbianas o reacciones de pardeamiento si las condiciones posteriores lo permiten. La bibliografía sobre proteasas confirma que la transformación de proteínas no termina en el corte enzimático: los productos generados pueden tener funciones tecnológicas y biológicas propias ^[5].

El tercer límite es la interacción con pH y temperatura. Condiciones demasiado suaves pueden producir poco efecto; condiciones demasiado agresivas pueden desactivar la enzima o alterar la hoja de forma no deseada. En proteínas vegetales, los cambios de pH y temperatura no solo modifican la enzima, sino también la estructura del sustrato, favoreciendo exposición o agregación según el caso ^[7].

El cuarto límite es regulatorio y de destino de uso. El tratamiento de hojas de tabaco, extractos o residuos debe evaluarse según las normas aplicables al producto final y al país de comercialización. Una enzima de proceso no convierte automáticamente un residuo en un ingrediente permitido ni garantiza un perfil químico específico. El papel de la proteasa es técnico: hidrolizar proteínas bajo condiciones compatibles con su actividad.

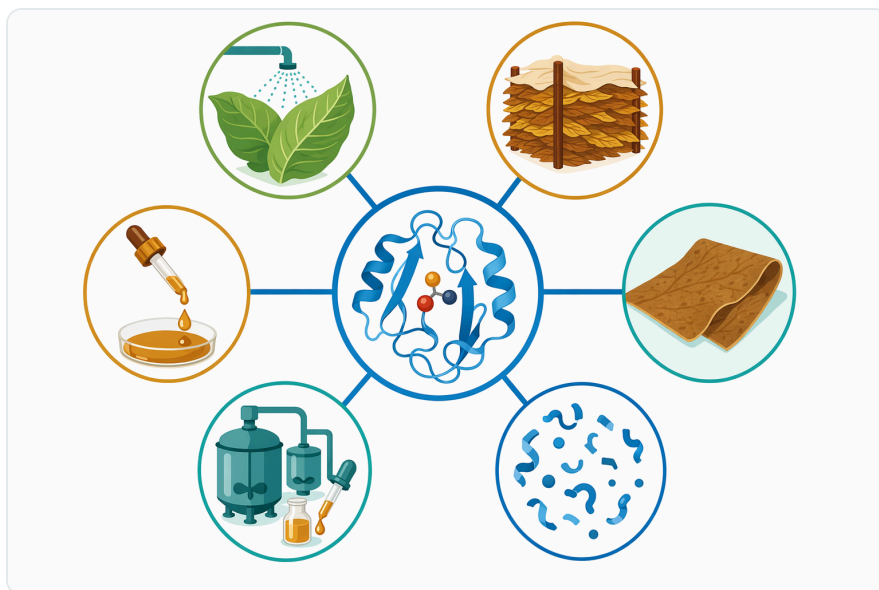


Figure 7. 여기서 논의된 주요 담배 가공 용도는 컨디셔닝, 발효 지원, 그리고 제어된 숙성 또는 품질 조정 작업이다.

Cómo encaja el producto de Enzymes.bio

Enzymes.bio ofrece **Acid Protease For Breaking The Protein Down On Tobacco-Leaves** como producto disponible para compra directa en línea en unidades de 1 kg. Enzymes.bio debe entenderse como proveedor: no se presenta aquí como fabricante ni como laboratorio, y este artículo no sustituye la documentación del producto ni la evaluación interna del usuario. El certificado de análisis y la ficha de datos de seguridad se proporcionan junto con el pedido .

Para un usuario industrial, el valor de esta enzima está en su función definida: apoyar la degradación de proteínas en hojas de tabaco o fracciones derivadas bajo condiciones ácidas compatibles con el proceso. La forma más técnica de integrarla es tratarla como una herramienta de bioprocesamiento: se

incorpora donde haya humedad, mezcla y tiempo de contacto suficientes, y se evalúa el resultado según el objetivo del proceso, ya sea acondicionamiento de hoja, preparación para fermentación, modificación de extractos o valorización de subproductos.

Conclusión técnica

La proteasa ácida para romper proteínas en hojas de tabaco actúa mediante un mecanismo bioquímico claro: hidroliza enlaces peptídicos y convierte proteínas accesibles en péptidos y aminoácidos. En una matriz vegetal como la hoja de tabaco, su eficacia depende de la humedad efectiva, el pH, la temperatura, el tiempo de contacto, la estructura física del material y posibles compuestos interferentes. La evidencia general sobre proteasas microbianas y matrices vegetales respalda la plausibilidad técnica de esta aplicación, aunque el resultado específico debe interpretarse según el proceso y no como un efecto universal ^[1].

Usada con expectativas realistas, **Acid Protease For Breaking The Protein Down On Tobacco-Leaves** puede ser una herramienta útil para acondicionamiento enzimático, apoyo a fermentación o maduración, preparación de corrientes solubles y valorización de biomasa de tabaco. Su función no es reemplazar todo el proceso de curado o fermentación, sino añadir una etapa dirigida a la fracción proteica dentro de un esquema de bioprocesamiento controlado. Enzymes.bio la suministra como proveedor en línea en unidades de 1 kg, con CoA y SDS incluidos junto con el pedido .

Pedir Acid Protease For Breaking The Protein Down On Tobacco-Leaves 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 Acid Protease For Breaking The Protein Down On Tobacco-Leaves →](#)

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. Song, P., Zhang, X., Wang, S., Xu, W., Wang, F., Fu, R., & Wei, F. (2023). Microbial proteases and their applications. *Frontiers in Microbiology*, 14.
2. Tang, S., Beattie, A. T., Kafková, L., Petris, G., Huguenin-Dezot, N., Fiedler, M., Freeman, M., ... et al. (2022). Mechanism-based traps enable protease and hydrolase substrate discovery. *Nature*, 602, 701 - 707.

3. Wleklík, K., & Borek, S. (2023). Vacuolar Processing Enzymes in Plant Programmed Cell Death and Autophagy. *International Journal of Molecular Sciences*, 24.
4. Zhou, C., Wu, X., Pan, D., Xia, Q., Sun, Y., Geng, F., & Cao, J. (2023). TMT-labeled quantitative proteomic reveals the mechanism of proteolysis and taste improvement of dry-cured bacon with Staphylococcus co-inoculation. *Food Chemistry*, 436, 137711 .
5. Fasiku, S., Afolabi, F., & Odeyale, C. I. (2026). Applications of Microbial Proteases: A Review. *Journal multidisciplinary science*.
6. Xin, S., Zhang, H., Sun, J., & Mao, X. (2024). Characterization and Hydrolysis Mechanism Analysis of a Cold-Adapted Trypsin-Like Protease from Antarctic Krill. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.
7. Andlinger, D. J., Röscheisen, P., Hengst, C., & Kulozik, U. (2021). Influence of pH, Temperature and Protease Inhibitors on Kinetics and Mechanism of Thermally Induced Aggregation of Potato Proteins. *Foods*, 10.
8. Zhang, Y., Wang, P., Kong, Q., & Cotty, P. (2020). Biotransformation of aflatoxin B1 by Lactobacillus helveticus FAM22155 in wheat bran by solid-state fermentation. *Food Chemistry*, 341 Pt 1, 128180 .
9. Shafiq, M., Iqbal, M., & Athar, M. (2023). THE EFFECTS OF ACID MIST ENVIRONMENT ON PLANT GROWTH: A REVIEW. *Journal of Plant Development*.
10. Yao, H., Liu, S., Liu, T., Ren, D., Zhou, Z., Yang, Q., & Mao, J. (2023). Microbial-derived salt-tolerant proteases and their applications in high-salt traditional soybean fermented foods: a review. *Bioresources and Bioprocessing*, 10.
11. Kårlund, A., Paukkonen, I., Gómez-Gallego, C., & Kolehmainen, M. (2021). Intestinal Exposure to Food-Derived Protease Inhibitors: Digestion Physiology- and Gut Health-Related Effects. *Healthcare*, 9.
12. Buchilina, A., Gunkova, P., Trofimov, A., Barakova, N., Maksimiuk, N., Smyatskaya, Y., Moskvichev, A., ... et al. (2025). Biomodification of a plant base from cereal flour to produce an alternative fermented drink. *Bioactive Compounds in Health and Disease*.
13. Satapathy, A., & Panigrahi, G. K. (2026). Bioprospecting microbial proteases: methods and multisector applications. *Preparative Biochemistry & Biotechnology*, 1-17 .
14. Shiam, M. A. H., Islam, M. S., Ahmad, I., & Haque, S. (2025). A review of plant-derived gums and mucilages: Structural chemistry, film forming properties and application. *Journal of Plastic Film & Sheet*, 41, 195 - 237.

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

