

Aminopeptidase: aminopeptidasa para hidrólisis de proteínas, reducción de amargor y desarrollo de sabor

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

Aminopeptidase —aminopeptidasa— es una exopeptidasa que modifica péptidos desde el extremo N-terminal, liberando aminoácidos o fragmentos cortos según la especificidad de la enzima. En procesamiento de proteínas, se usa sobre todo como herramienta de ajuste fino después de una hidrólisis primaria, con aplicaciones en hidrolizados proteicos, reducción de amargor peptídico, desarrollo de sabor y maduración controlada.

Enzymes.bio suministra Aminopeptidase como proveedor B2B en línea, en unidades de 1 kg. Enzymes.bio no es fabricante ni laboratorio; el CoA y la SDS se proporcionan junto con el pedido.

Qué es Aminopeptidase y por qué importa en proteínas hidrolizadas

Aminopeptidase no describe una sola molécula, sino una familia de enzimas que comparten una función: actuar sobre el extremo N-terminal de péptidos o proteínas. Esta posición es el “inicio” químico de la cadena peptídica, donde se encuentra el grupo amino libre. Al cortar el enlace peptídico cercano a ese extremo, la aminopeptidasa puede retirar aminoácidos de forma secuencial o liberar unidades pequeñas, dependiendo de la clase enzimática y de la secuencia del sustrato. Los estudios mecanísticos sobre aminopeptidasas han mostrado que el reconocimiento del sustrato y la catálisis dependen de la arquitectura del sitio activo, no de una ruptura indiscriminada de proteínas ^[1].

En aplicaciones industriales, esta diferencia entre cortar “por dentro” y cortar “desde un extremo” es esencial. Una endoproteasa rompe enlaces internos y produce péptidos de distintos tamaños; una aminopeptidasa trabaja después sobre esos péptidos y modifica su composición terminal. Por eso suele verse como una enzima de refinamiento: no reemplaza a las proteasas primarias, sino que puede completar la hidrólisis, cambiar el perfil de aminoácidos libres y reducir ciertos péptidos asociados a notas amargas o ásperas. La función de los metales en aminopeptidasas, estudiada de forma clásica en leucina aminopeptidasa, ayuda a explicar por qué muchas de estas enzimas son sensibles al entorno químico del proceso ^[2].

Esta familia incluye aminopeptidasas con funciones alimentarias, microbiológicas, fisiológicas y biomédicas. Términos de búsqueda como “**aminopeptidase dünn darm**” suelen referirse al interés por aminopeptidasas del intestino delgado en digestión; en cambio, **Aminopeptidase** para procesamiento de proteínas se refiere a una preparación enzimática usada como herramienta tecnológica. Del mismo modo, búsquedas como “**erap aminopeptidase**” aparecen en literatura biomédica sobre aminopeptidasas del retículo endoplásmico, pero no deben confundirse con una aplicación industrial de desarrollo de sabor.

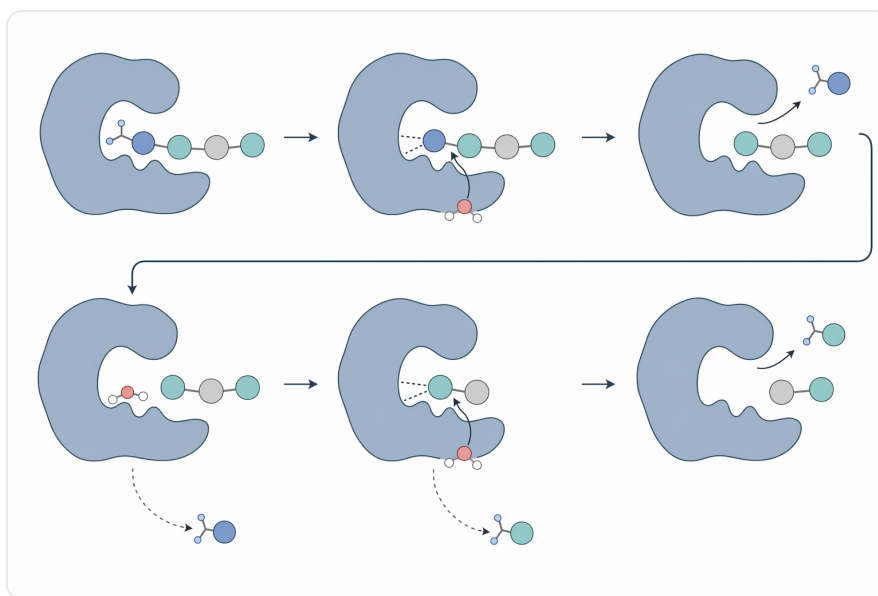


Figure 1. 아미노펩티다아제는 펩타이드 조각의 N-말단에서 아미노산을 순차적으로 방출하는 엑소펩티다아제로 작용한다.

Mecanismo de acción: corte N-terminal y papel del sitio activo

El mecanismo práctico puede resumirse así: el péptido entra en el sitio activo de la enzima, el extremo N-terminal se posiciona mediante interacciones de reconocimiento y el enlace peptídico adyacente se activa para hidrólisis. En una metaloaminopeptidasa, los iones metálicos del sitio activo contribuyen a polarizar el enlace peptídico y a activar una molécula de agua que funciona como nucleófilo; esa agua ataca el carbono carbonílico del enlace peptídico, se forma un estado de transición y finalmente se libera el aminoácido terminal o el fragmento correspondiente. El estudio de aminopeptidasa de *Aeromonas proteolytica* mediante aproximaciones cuánticas y de mecánica molecular investigó precisamente cómo se organiza este proceso catalítico a nivel del sitio activo ^[1].

La consecuencia tecnológica es concreta: la enzima solo puede actuar si el sustrato presenta extremos accesibles y compatibles. Si una proteína está plegada, agregada o poco solubilizada, los extremos peptídicos disponibles serán limitados. Por eso Aminopeptidase suele ser más útil después de una

hidrólisis inicial, cuando una endoproteasa ya ha generado péptidos con extremos expuestos. La aminopeptidasa no “desaparece” el amargor por sí sola; modifica la población de péptidos y aminoácidos que contribuyen al perfil sensorial.

También existen enzimas relacionadas que eliminan no un solo aminoácido, sino unidades más grandes desde el extremo N-terminal. La dipeptidil aminopeptidasa, por ejemplo, se estudió por su mecanismo de acción, su inhibición por derivados de aminoácidos y aminos, y su activación por compuestos aromáticos, lo que ilustra que las aminopeptidasas pueden responder de forma distinta a moléculas pequeñas presentes en el medio [3]. Para procesos alimentarios o técnicos, esto implica que sales, aminoácidos libres, péptidos competidores, compuestos fenólicos u otros ingredientes pueden alterar la velocidad o la dirección práctica de la hidrólisis.

Aminopeptidasa frente a otras proteasas: comparación funcional

En hidrólisis de proteínas, el resultado final rara vez depende de una sola enzima. La tabla siguiente compara la función de Aminopeptidase con otras categorías de proteasas usadas en procesos donde importan sabor, textura, solubilidad y perfil peptídico.

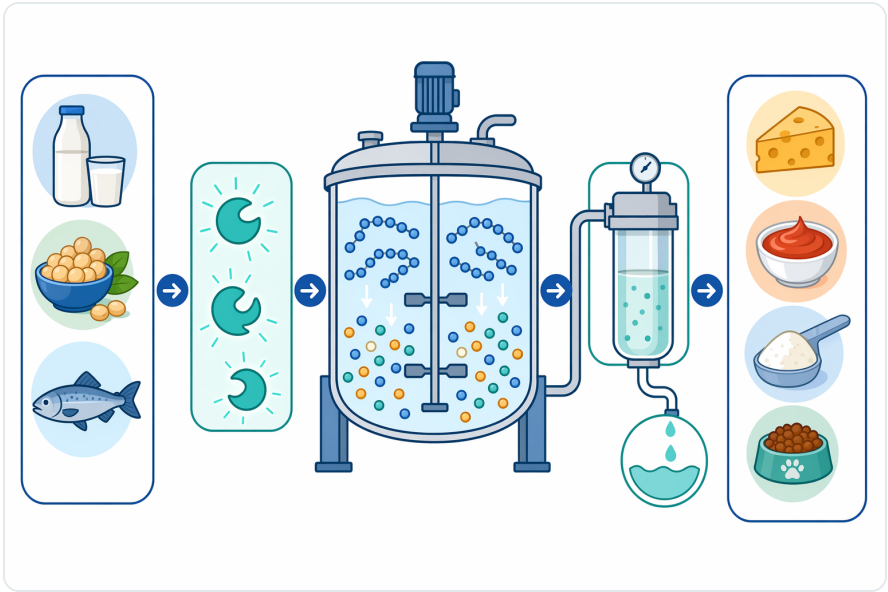


Figure 2. 단백질 가수분해는 일반적으로 엔도프로테아제에 의한 단백질 구조의 개방에서 시작해, 아미노펩티다아제에 의한 펩타이드 마무리 분해와 필요 시 최종 디펩타이드 분해로 진행된다.

Tipo de enzima	Punto principal de corte	Resultado típico en el sustrato	Papel tecnológico más común	Riesgo si se usa sin control
Endoproteasa	Enlaces internos de la cadena	Péptidos de distintos tamaños	Hidrólisis primaria, solubilización,	Generación de péptidos amargos

Tipo de enzima	Punto principal de corte	Resultado típico en el sustrato	Papel tecnológico más común	Riesgo si se usa sin control
			modificación de textura	o perfil demasiado agresivo
Aminopeptidase	Extremo N-terminal	Aminoácidos libres y péptidos acortados	Refinamiento de hidrolizados, desarrollo de sabor, reducción de ciertos péptidos amargos	Hidrólisis excesiva o cambio sensorial no deseado
Dipeptidil aminopeptidasa	Extremo N-terminal, en unidades cortas	Liberación de dipéptidos	Modificación específica del perfil peptídico	Sensibilidad a inhibidores o activadores del medio ^[3]
Carboxipeptidasa	Extremo C-terminal	Aminoácidos liberados desde el extremo opuesto	Ajuste complementario del perfil de aminoácidos	Desequilibrio sensorial si se libera una fracción excesiva
Aminopeptidasas biomédicas como IRAP o ERAP	Procesamiento de péptidos en sistemas celulares	Regulación o recorte de péptidos biológicos	Investigación farmacológica o inmunológica, no equivalente a uso alimentario	Confusión entre literatura biomédica y producto de proceso

La comparación muestra por qué Aminopeptidase suele integrarse al final o en una fase intermedia de una estrategia enzimática. Si se aplica demasiado pronto, puede no encontrar suficientes extremos peptídicos accesibles; si se aplica demasiado tarde o durante demasiado tiempo, puede aumentar en exceso la fracción de aminoácidos libres. El equilibrio depende del sustrato, de la hidrólisis previa, de la matriz y del objetivo sensorial.

Aplicaciones principales en procesamiento de proteínas

Hidrolizados proteicos: ajuste del perfil peptídico

En hidrolizados de proteína vegetal, láctea, marina, animal o microbiana, Aminopeptidase puede utilizarse para modificar la distribución de péptidos generada por proteasas primarias. Su aportación más clara es actuar sobre péptidos ya formados, retirando residuos N-terminales que pueden estar

relacionados con sabor, solubilidad o interacción con otros componentes. Esta función se apoya en la base mecanística de las aminopeptidasas como enzimas que reconocen y procesan extremos peptídicos, no enlaces internos al azar ^[1].

En formulaciones de alto contenido proteico, los péptidos cortos y medianos pueden aportar atributos deseados —solubilidad, cuerpo, velocidad de dispersión— pero también notas amargas. Los aminoácidos hidrofóbicos expuestos en ciertos péptidos son una causa frecuente de amargor en hidrolizados; al recortar los extremos N-terminales, la aminopeptidasa puede cambiar la estructura de esos péptidos y desplazar el equilibrio sensorial. El efecto no es universal, porque un péptido puede dejar de ser amargo, mantenerse igual o transformarse en otro compuesto sensorialmente activo según su secuencia.

Reducción de amargor peptídico

La reducción de amargor es una de las razones más frecuentes para usar aminopeptidasa en ingredientes proteicos. El mecanismo es más específico que un simple “enmascaramiento”: la enzima cambia la composición molecular de la fracción peptídica. Cuando elimina aminoácidos terminales, puede reducir la longitud de péptidos amargos, liberar aminoácidos libres y alterar la hidrofobicidad superficial. En sistemas donde el amargor proviene de péptidos generados por hidrólisis, este enfoque es técnicamente coherente con la acción N-terminal de la familia enzimática ^[2].

Sin embargo, si el amargor procede de oxidación lipídica, alcaloides, polifenoles, sales minerales, compuestos de fermentación o contaminantes de la materia prima, Aminopeptidase tendrá un impacto limitado. Por eso conviene interpretar su uso como una herramienta para amargor peptídico, no como una solución general para todo defecto sensorial. También debe evitarse la idea de que más hidrólisis siempre es mejor: en algunos sistemas, una liberación excesiva de aminoácidos puede introducir notas caldosas, fermentadas, azufradas o residuales que no encajan con el producto final.



Figure 3. 아미노펩티다아제, 트립신형 엔도프로테아제, 카복시펩티다아제, 디펩티다아제는 주로 펩타이드 기질을 절단하는 위치가 다르다.

Desarrollo de sabor en bases saladas, extractos y fermentados

En bases de sabor, caldos, salsas, extractos proteicos, condimentos fermentados y análogos cárnicos, la aminopeptidasa puede contribuir a un perfil más redondeado mediante liberación controlada de aminoácidos. Algunos aminoácidos aportan dulzor suave, otros notas umami o caldosas, y otros funcionan como precursores de reacciones posteriores de sabor. La enzima no sustituye una formulación completa, pero puede desplazar la matriz hacia un perfil menos áspero y más integrado.

El interés por aminopeptidasas en desarrollo de sabor también se relaciona con su selectividad. A diferencia de una hidrólisis fuerte e inespecífica, el recorte N-terminal permite una modificación progresiva de la fracción peptídica. Esto resulta útil cuando el objetivo no es degradar completamente la proteína, sino ajustar el equilibrio entre péptidos, aminoácidos libres y cuerpo sensorial. La sensibilidad de estas enzimas a moléculas presentes en el medio, observada en estudios de dipeptidil aminopeptidasa con inhibidores y activadores, recuerda que el resultado final depende de la composición completa de la matriz ^[3].

Maduración y sistemas lácteos

En productos lácteos y sistemas de maduración, la proteólisis controlada es una parte importante del desarrollo de textura y sabor. Caseínas y péptidos derivados pueden transformarse durante la maduración por acción de cultivos, enzimas endógenas y enzimas añadidas. Aminopeptidase puede participar como herramienta de recorte de péptidos, liberando aminoácidos que contribuyen al perfil sensorial y a rutas posteriores de formación de compuestos aromáticos.

El beneficio realista es el afinado, no la sustitución del proceso de maduración. En un sistema lácteo, la sal, la humedad, el pH, la grasa, la actividad de cultivos y la disponibilidad de péptidos condicionan el acceso de la enzima al sustrato. Además, una hidrólisis demasiado avanzada puede producir notas que no encajan con el estilo del producto. Por eso Aminopeptidase debe entenderse como una herramienta para modular la proteólisis, no como un atajo universal.

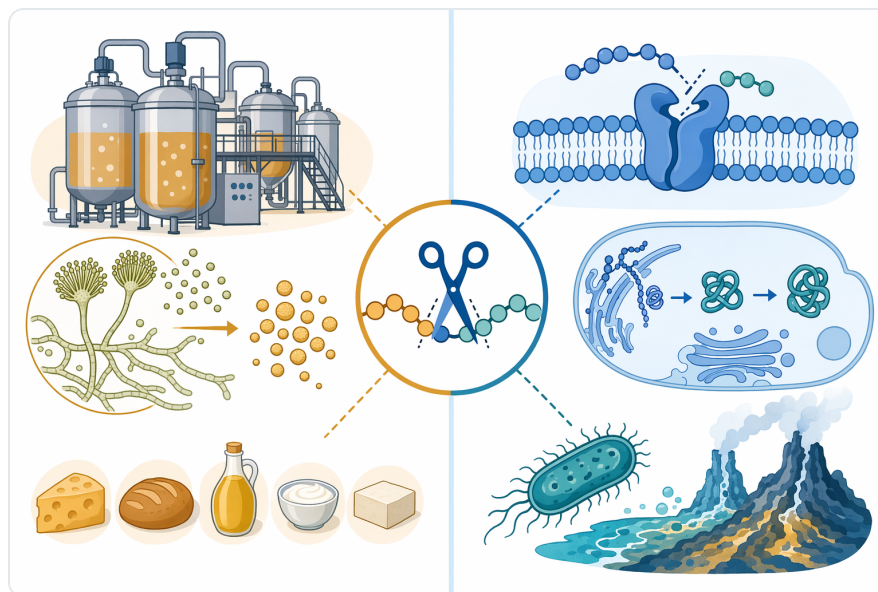


Figure 4. 아미노펩티다아제는 미생물, 동물, 인간 및 극한환경 생물 시스템에 존재하며, 식품 효소 생산에서는 일반적으로 미생물 유래 효소가 중점적으로 활용된다.

Proteínas vegetales y alternativas proteicas

Las proteínas vegetales —soja, guisante, arroz, trigo, patata, haba u otras— pueden presentar notas verdes, amargas, terrosas o astringentes, algunas de origen peptídico y otras ligadas a compuestos no proteicos. Aminopeptidase puede ayudar cuando el problema se relaciona con péptidos generados por hidrólisis o procesamiento. Al liberar aminoácidos y modificar extremos N-terminales, puede suavizar parte del perfil peptídico y facilitar una formulación con menor dependencia de enmascarantes.

En matrices vegetales, la complejidad es mayor que en soluciones proteicas simples. Polifenoles, fibra soluble, fitatos, lípidos oxidados, sales y carbohidratos pueden interferir en la percepción sensorial o en la disponibilidad del sustrato. La enzima actúa sobre enlaces peptídicos accesibles; no elimina directamente compuestos fenólicos ni corrige defectos de oxidación. Esta distinción es importante para establecer expectativas razonables.

Nutrición especializada e ingredientes con péptidos

En ingredientes basados en péptidos, el perfil de hidrólisis puede influir en solubilidad, sabor, viscosidad, claridad y tolerancia sensorial. Aminopeptidase permite empujar el sistema hacia una fracción más rica en aminoácidos libres o péptidos más cortos sin depender solo de endoproteasas. En productos donde la palatabilidad es crítica, como bebidas proteicas, mezclas nutricionales o ingredientes funcionales, este ajuste puede ser relevante para reducir aspereza o amargor.

No obstante, cualquier afirmación nutricional, digestiva o fisiológica debe evaluarse de forma separada según la formulación, el mercado y la regulación aplicable. La existencia de aminopeptidasas en sistemas biológicos —incluidas enzimas intestinales asociadas a búsquedas como “aminopeptidase dünn darm”— no significa que una preparación industrial tenga por sí misma un efecto digestivo en el consumidor. En este documento, la utilidad se plantea como función tecnológica de procesamiento.

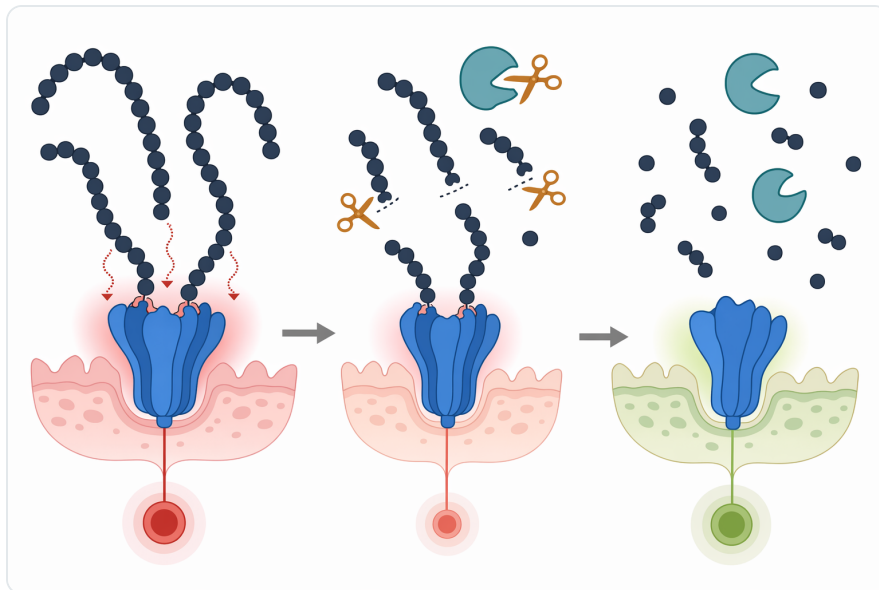


Figure 5. 아미노펩티다아제는 접근 가능한 펩타이드 말단을 다듬어 가수분해 물을 더 짧은 펩타이드와 유리 아미노산 쪽으로 전환함으로써 쓴맛을 줄일 수 있다.

Aminopeptidasas biomédicas: IRAP, ERAP y por qué no deben confundirse con uso industrial

La literatura sobre aminopeptidasas incluye enzimas biomédicas como IRAP, la aminopeptidasa regulada por insulina. Un estudio reciente buscó inhibidores de IRAP mediante cribado de 400.000 compuestos tipo fármaco, lo que muestra la importancia farmacológica de esta subfamilia y el nivel de

especificidad con que se estudian sus ligandos ^[4]. Este dato cuantitativo es útil para dimensionar la investigación biomédica, pero no implica que un producto industrial de Aminopeptidase tenga la misma identidad, finalidad o regulación que IRAP.

Otro estudio sobre IRAP describió la estabilización de una conformación abierta mediante un inhibidor selectivo de sustrato, lo que ilustra que las aminopeptidasas pueden alternar estados conformacionales y que pequeñas moléculas pueden modular el acceso al sitio activo ^[5]. Para aplicaciones de procesamiento, la lección general es que el entorno molecular importa: la estructura de la enzima, la matriz y los compuestos presentes pueden favorecer o limitar la acción catalítica. Aun así, estos estudios pertenecen al ámbito de investigación biomédica, no a la validación de una aplicación alimentaria.

El término **“erap aminopeptidase”** suele aparecer junto a aminopeptidasas implicadas en el procesamiento de péptidos dentro de células. Es relevante para inmunología y biología celular, pero no debe mezclarse con el uso de Aminopeptidase como enzima de proceso para hidrolizados o ingredientes de sabor. La coincidencia de la palabra “aminopeptidase” indica una función general de recorte peptídico, no equivalencia comercial ni funcional entre enzimas.

Factores de proceso que determinan el resultado

El primer factor es la disponibilidad del sustrato. Aminopeptidase necesita extremos N-terminales accesibles; por eso suele rendir mejor cuando una proteasa previa ya ha generado una población de péptidos. Si el sustrato permanece como proteína intacta, insoluble o agregada, el contacto con el sitio activo será limitado. La secuencia también importa: algunas aminopeptidasas prefieren ciertos residuos terminales y procesan peor otros, lo que afecta la velocidad y el perfil final.

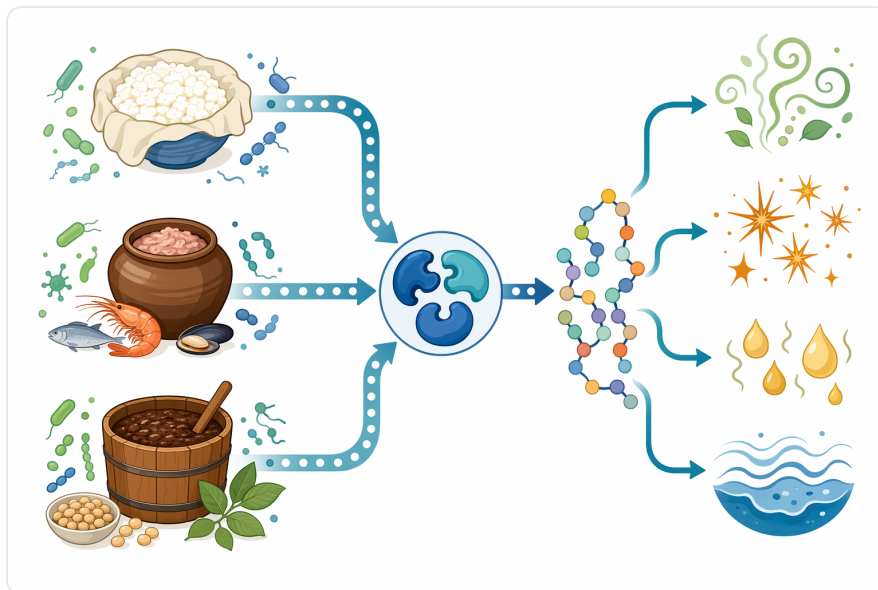


Figure 6. 발효 및 숙성 식품에서 아미노펩티다아제가 방출한 아미노산은 맛에 직접 기여하고 향기 성분 생성의 전구체로 작용할 수 있다.

El segundo factor es el entorno químico. Muchas aminopeptidasas son metaloenzimas o dependen de la geometría del sitio activo estabilizada por metales; por tanto, agentes quelantes, exceso de ciertos iones, fuerza iónica elevada o cambios de pH pueden modificar la actividad. El trabajo clásico sobre leucina aminopeptidasa destacó la importancia del ion metálico en la función catalítica, una idea que sigue siendo relevante para interpretar el comportamiento de estas enzimas en matrices complejas ^[2].

El tercer factor es el tiempo de contacto en relación con el objetivo sensorial. Una exposición breve puede modificar solo una parte de los péptidos más accesibles; una exposición prolongada puede aumentar aminoácidos libres y reducir más la fracción peptídica. El punto adecuado depende de si se busca suavizar amargor, aumentar notas umami, mejorar solubilidad o mantener cuerpo. En términos prácticos, el objetivo no es maximizar la hidrólisis, sino alcanzar el perfil adecuado para el producto.

El cuarto factor es la interacción con otras enzimas. En combinaciones con endoproteasas, carboxipeptidasas u otras exopeptidasas, Aminopeptidase puede cambiar la composición del sistema de forma acumulativa. Un diseño secuencial puede generar primero sustratos accesibles y luego refinarlos; un diseño simultáneo puede producir una hidrólisis más dinámica, pero también más difícil de atribuir a una sola enzima. La elección depende de la matriz y del atributo que se quiera controlar.

Beneficios realistas y límites técnicos

El beneficio más claro de Aminopeptidase es el control del perfil peptídico desde el extremo N-terminal. Esto puede traducirse en menor amargor peptídico, más aminoácidos libres, sabor más redondeado, mayor flexibilidad en hidrolizados y mejor integración de proteínas en matrices

complejas. Su valor aparece especialmente cuando el proceso ya genera péptidos, pero necesita una etapa de acabado más selectiva.

El principal límite es que la enzima no actúa sobre todos los problemas del producto. No corrige por sí sola oxidación, rancidez, notas vegetales no peptídicas, defectos microbiológicos, exceso de sales o interacciones de textura causadas por polisacáridos. Tampoco garantiza el mismo resultado en todas las proteínas: dos hidrolizados con igual grado general de hidrólisis pueden tener secuencias peptídicas muy distintas, y por tanto responder de manera diferente a la aminopeptidasa.

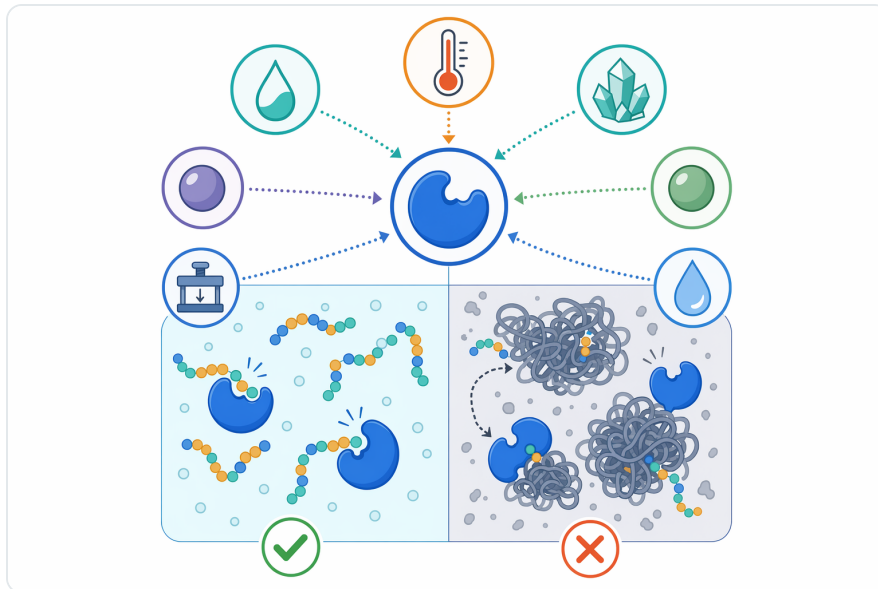


Figure 7. 아미노펩티다아제의 성능은 접근 가능한 N-말단의 존재와 pH, 온도, 염, 금속 이온, 압력, 기질 용해도와 같은 매트릭스 조건에 따라 달라진다.

Otro límite es la posible sobre-hidrólisis. Una matriz puede pasar de amarga a equilibrada, pero también puede desplazarse hacia notas demasiado caldosas, aminoacídicas o fermentadas si la liberación de aminoácidos libres supera el perfil buscado. En ingredientes de sabor esto puede ser positivo; en bebidas neutras o proteínas de sabor suave puede ser indeseable. El control del proceso debe centrarse en el resultado sensorial y funcional, no solo en la conversión enzimática.

Relevancia de aminopeptidasa N y otras funciones biológicas

Aminopeptidasa N es una de las subfamilias más conocidas y aparece tanto en contextos biológicos como en estudios aplicados. Un ejemplo reciente mostró que el knockout de aminopeptidasa N3 en *Aedes aegypti* confiere resistencia a bajas concentraciones de la protoxina Cry4Ba de *Bacillus thuringiensis*, lo que indica que algunas aminopeptidasas también pueden participar como proteínas de

interacción o reconocimiento en sistemas biológicos ^[6]. Este tipo de hallazgos ayuda a entender la diversidad funcional de la familia, pero no debe extrapolarse directamente a una aplicación de procesamiento de proteínas.

La diversidad de funciones explica por qué es importante leer “Aminopeptidase” como una categoría funcional, no como una identidad única. Una aminopeptidasa alimentaria, una aminopeptidasa intestinal, una ERAP, una IRAP y una aminopeptidasa de insecto pueden compartir rasgos de reconocimiento peptídico, pero diferir en estructura, localización, regulación, especificidad y finalidad. Para un cliente B2B, lo relevante es la función tecnológica: recorte N-terminal de péptidos en una matriz de proceso.

Cómo encaja Aminopeptidase de Enzymes.bio en un flujo B2B

Enzymes.bio ofrece Aminopeptidase como producto disponible directamente en línea en unidades de 1 kg. El enfoque es de suministro, no de fabricación ni de servicios de laboratorio. La documentación CoA y SDS se proporciona junto con el pedido, lo que permite disponer de la información asociada al lote y al manejo seguro del producto sin presentar a Enzymes.bio como fabricante o entidad analítica.

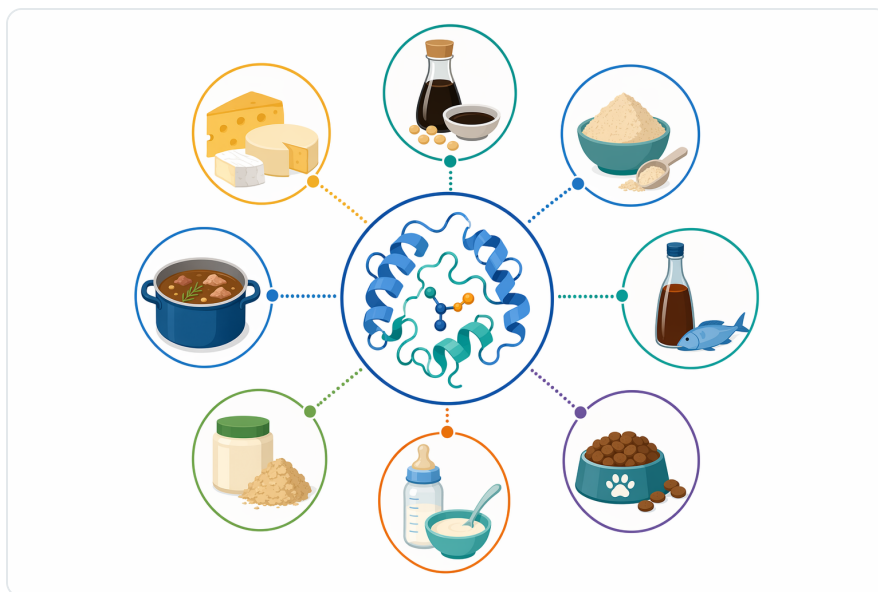


Figure 8. 아미노펩티다아제의 활용 분야에는 단백질 가수분해물, 육류 및 가공류 가공, 유제품 숙성, 식물성 부산물의 고부가가치화, 발효 조미료, 영양 제품 및 사료 원료가 포함된다.

Desde el punto de vista de aplicación, Aminopeptidase encaja en procesos donde ya existe una estrategia de hidrólisis o maduración y se busca afinar el resultado. Los usos más habituales son hidrolizados proteicos, ingredientes de sabor, sistemas fermentados, productos lácteos madurados,

proteínas vegetales y matrices con péptidos. El producto debe integrarse en el flujo de proceso de cada empresa de acuerdo con sus objetivos de calidad, seguridad y cumplimiento regulatorio.

Conclusión

Aminopeptidase es una herramienta enzimática para modificar péptidos desde el extremo N-terminal. Su valor técnico está en el refinamiento: después de que otras proteasas generan péptidos, la aminopeptidasa puede liberar aminoácidos, alterar péptidos amargos y ajustar el perfil sensorial o funcional de un hidrolizado. La base mecanística de esta acción está respaldada por estudios sobre aminopeptidasas y metaloaminopeptidasas, incluyendo el papel del sitio activo y de los iones metálicos en la catálisis ^[1].

Para clientes B2B, la expectativa correcta es considerarla una enzima de proceso dependiente de matriz, no una solución universal. Puede ser muy útil en reducción de amargor peptídico, desarrollo de sabor y maduración controlada, pero su efecto depende del sustrato, de la hidrólisis previa, del entorno químico y del objetivo final del producto. Enzymes.bio la suministra en línea en unidades de 1 kg, con CoA y SDS proporcionados junto con el pedido.

Pedir Aminopeptidase 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 Aminopeptidase →](#)

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. Schürer, G., Lanig, H., & Clark, T. (2004). [Aeromonas proteolytica amino peptidase: an investigation of the mode of action using a quantum mechanical/molecular mechanical approach.](#) *Biochemistry*, 43 18, 5414-27 .
2. Bryce, G., & Rabin, B. (1964). [The function of the metal ion in leucine amino peptidase and the mechanism of action of the enzyme.](#) *Biochemical Journal*, 90 3, 513-8 .
3. Metrione, R. M., & Macgeorge, N. (1975). [The mechanism of action of dipeptidyl amino peptidase. Inhibition by amino acid derivatives and amines; activation by aromatic compounds.](#) *Biochemistry*, 14 24, 5249-52 .

4. Gising, J., Honarnejad, S., Bras, M., Baillie, G. L., McElroy, S. P., Jones, P. S., Morrison, A., ... et al. (2024). The Discovery of New Inhibitors of Insulin-Regulated Aminopeptidase by a High-Throughput Screening of 400,000 Drug-like Compounds. *International Journal of Molecular Sciences*, 25.
5. Mpakali, A., Georgaki, G., Buson, A., Findlay, A., Foot, J., Mauvais, F., Endert, P. M., ... et al. (2024). Stabilization of the open conformation of insulin-regulated aminopeptidase by a novel substrate-selective small-molecule inhibitor. *bioRxiv*, 33.
6. Yang, X., Huang, W., Wei, J., Xu, X., Champer, J., Zhang, L., & Wang, J. (2026). Knockout of aminopeptidase N3 confers resistance to low concentrations of Bacillus thuringiensis Cry4Ba protoxin in Aedes aegypti. *Parasites & Vectors*, 19.

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.