

Tannase: enzima para té, jugos, clarificación de bebidas y biotransformación de taninos

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

La **tannase** o **tannin acyl hydrolase** es una enzima que hidroliza enlaces éster y depsídicos en taninos hidrolizables y compuestos galloilados, liberando ácido gálico y derivados fenólicos de menor tamaño. En procesamiento de alimentos y bebidas se utiliza para reducir turbidez, sedimentos, amargor y astringencia en matrices ricas en polifenoles, especialmente té, jugos, extractos vegetales y bebidas fermentadas ^[1].

Qué es la tannase y por qué importa en alimentos y bebidas

La tannase es una esterasa especializada en taninos. Su sustrato típico no es “cualquier polifenol”, sino moléculas con grupos galloil unidos por enlaces susceptibles de hidrólisis: gallotaninos, algunos elagitaninos y catequinas galloiladas presentes en té y otros extractos vegetales. Al romper esos enlaces, la enzima convierte compuestos fenólicos de mayor reactividad coloidal en moléculas más pequeñas, como ácido gálico, glucosa, ácido elágico o catequinas desgaloiladas, según la estructura original del sustrato ^[2].

Esta distinción es importante porque los taninos no forman una sola familia química. Los **taninos hidrolizables** contienen enlaces éster que la tannase puede atacar; los **taninos condensados** o proantocianidinas se basan sobre todo en enlaces carbono-carbono entre unidades flavanólicas, por lo que no se degradan del mismo modo por acción directa de tannase. En una bebida real pueden coexistir ambas familias, de modo que el resultado tecnológico depende de la fracción de taninos efectivamente hidrolizable y de las interacciones con proteínas, cafeína, polisacáridos, minerales y otros sólidos solubles ^[1].

En la industria alimentaria, la relevancia de la tannase no se limita a “reducir taninos”. Los taninos participan en complejos coloidales que pueden producir turbidez, precipitado, pérdida de brillo, cambios de color, sensación de sequedad en boca y amargor persistente. La hidrólisis enzimática modifica esos compuestos en origen, por lo que puede mejorar la estabilidad visual y el perfil sensorial sin depender exclusivamente de adsorbentes, filtración intensa o correcciones posteriores ^[3].

Enzymes.bio suministra tannase como producto enzimático para aplicaciones de procesamiento; no debe interpretarse como fabricante ni como laboratorio de ensayo. El producto se vende directamente en línea en unidades de **1 kg**, y la documentación de producto, como **CoA** y **SDS**, se proporciona junto con el pedido. La página de producto identifica la tannase como una enzima en polvo orientada a la hidrólisis de enlaces entre ácido gálico y polifenoles, con aplicaciones en bebidas de té, jugos y otras matrices alimentarias .

Mecanismo de acción: qué enlaces rompe y qué cambia en la matriz

El mecanismo central de la tannase es la hidrólisis de enlaces éster entre ácido gálico y grupos alcohol de azúcares, catequinas u otros núcleos fenólicos. En gallotaninos, por ejemplo, varios residuos galloil pueden estar unidos a una glucosa; la tannase corta esos enlaces y libera ácido gálico junto con un núcleo más polar y menos capaz de formar complejos coloidales extensos. También puede actuar sobre enlaces depsídicos entre unidades de ácido gálico, reduciendo el tamaño y la capacidad de asociación de estructuras fenólicas complejas ^[2].

En té verde y té negro, el interés práctico se relaciona con catequinas galloiladas como epigallocatequina galato y epicatequina galato. Cuando la tannase elimina el grupo galloil, se generan catequinas desgaloiladas y ácido gálico. Este cambio altera la solubilidad, la afinidad por proteínas y la interacción con cafeína, tres factores directamente implicados en la formación de “tea cream”, el precipitado o enturbiamiento que aparece al enfriar extractos de té concentrados ^[3].

La reducción de astringencia se explica por una interacción molecular concreta. Los taninos con múltiples grupos fenólicos pueden unirse a proteínas salivales mediante puentes de hidrógeno e interacciones hidrofóbicas, generando agregados que reducen la lubricación en boca. Al cortar grupos galloil y disminuir la multivalencia de los taninos, la tannase puede reducir la capacidad de esas moléculas para precipitar proteínas, lo que se percibe como menor sequedad o aspereza ^[1].

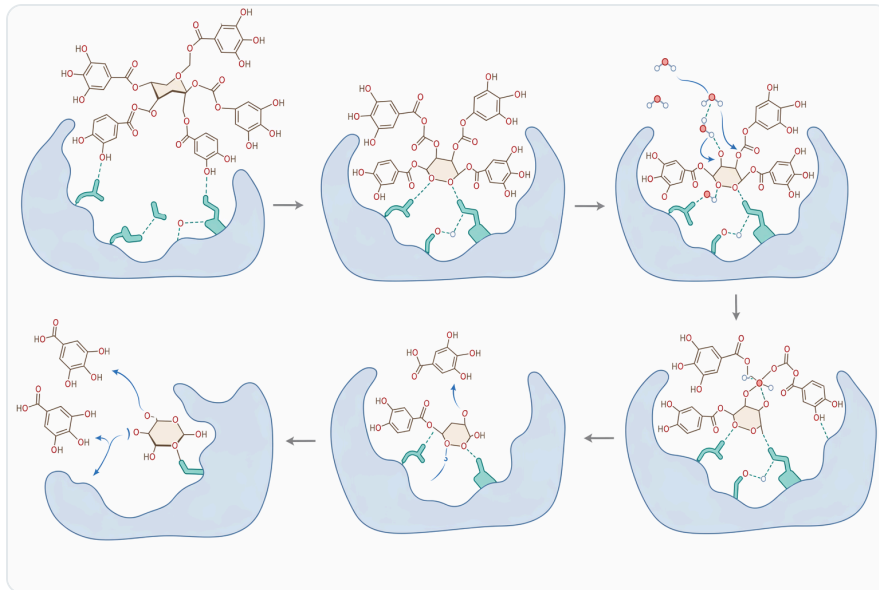


Figure 1. 탄나아제는 큰 가수분해성 탄닌과 갈레이트 에스터를 갈산과 같은 더 작은 페놀성 화합물로 전환하여 불용성 복합체를 형성하는 경향을 줄입니다.

La reducción de turbidez sigue una lógica similar, pero aplicada a sistemas alimentarios. En bebidas, los complejos entre polifenoles, proteínas, cafeína y otros componentes pueden crecer hasta dispersar luz o sedimentar. La tannase no “blanquea” ni “filtra” la bebida; modifica la estructura química de los polifenoles para que formen menos agregados insolubles o agregados más fáciles de manejar dentro del proceso de clarificación [4].

Aplicaciones principales de la tannase en procesamiento B2B

Té listo para beber, té instantáneo y extractos de té

La aplicación más documentada de la tannase se encuentra en la industria del té. Los extractos de té contienen catequinas, teaflavinas, tearubiginas, cafeína, aminoácidos y otros sólidos que cambian de solubilidad con la temperatura y la concentración. Al enfriarse, una parte de esos componentes puede asociarse y formar turbidez visible; la hidrólisis de compuestos galloilados por tannase reduce una de las causas químicas del fenómeno [3].

En té instantáneo, concentrados y bebidas listas para beber, la ventaja práctica es mejorar la estabilidad visual durante almacenamiento y distribución. Un extracto más estable puede presentar menor precipitado, mejor transparencia o una turbidez más controlada, dependiendo de si el producto final busca ser claro o naturalmente opalescente. La literatura sobre encapsulación de tannase para hidrólisis de taninos de té muestra que el tratamiento enzimático de estos sustratos ha sido investigado específicamente como una vía para controlar taninos en sistemas de té [4].

Los avances recientes en tannase para té no solo tratan de aplicar la enzima, sino de mejorar su desempeño en condiciones reales de proceso. La investigación sobre diseño racional y mutagénesis dirigida ha explorado la mejora de termoestabilidad de nuevas tannases para infusión de té verde, lo que confirma que la estabilidad térmica y la especificidad de sustrato son variables técnicas relevantes en esta aplicación ^[5].

Jugos de frutas y bebidas vegetales ricas en taninos

En jugos y purés de frutas, la tannase se usa cuando la astringencia o la turbidez provienen de taninos hidrolizables o compuestos galloilados. Frutas como anacardo, caqui, granada, guayaba y ciertas bayas pueden contener perfiles fenólicos complejos; en estos sistemas, la enzima puede disminuir la reactividad de los taninos y modificar el equilibrio entre compuestos fenólicos solubles, insolubles y sensorialmente activos ^[6].

El caso del polvo de manzana de anacardo ilustra que la hidrólisis enzimática puede combinarse con operaciones posteriores como secado convectivo, y que el seguimiento de polifenoles, ácido ascórbico, remoción de taninos y propiedades físicas es relevante para entender el resultado final. Esto muestra que la tannase no debe evaluarse solo por “desaparición de taninos”, sino por su efecto integrado sobre composición, estabilidad y atributos físicos del ingrediente procesado ^[6].

En bebidas vegetales, la reducción de astringencia debe equilibrarse con la preservación de identidad sensorial. Un tratamiento excesivo puede alterar notas características, mientras que un tratamiento insuficiente puede no corregir la sensación secante. La mejor aplicación industrial suele buscar una hidrólisis parcial y controlada, suficiente para reducir complejos indeseados sin eliminar por completo la estructura fenólica que aporta cuerpo, color o perfil antioxidante a la matriz ^[1].



Figure 2. 탄나아제는 펙틴, 단백질, 셀룰로오스 또는 전분이 아니라 탄닌의 에스터 결합과 뎀사이드 결합을 표적으로 한다는 점에서 펙티나아제, 프로테아제, 셀룰라아제, 아밀라아제와 구별됩니다.

Vino, cerveza y bebidas fermentadas

En cerveza, vino y otras bebidas fermentadas, los polifenoles influyen en color, estabilidad de espuma, cuerpo, oxidación y turbidez. Cuando los taninos forman complejos con proteínas u otros coloides, pueden aparecer velos, sedimentos o inestabilidad durante almacenamiento. La tannase puede reducir la fracción de compuestos galloilados que participa en esas interacciones, apoyando estrategias de clarificación y estabilidad coloidal [2].

En bebidas fermentadas vegetales, la acción de microorganismos puede coexistir con hidrólisis de taninos. Un estudio sobre fermentación de col con cultivos mixtos de *Saccharomyces cerevisiae* y *Acetobacter aceti* evaluó la hidrólisis de taninos en una matriz vegetal fermentada, lo que refuerza la importancia de considerar el metabolismo microbiano y las transformaciones fenólicas en conjunto [7].

Producción de ácido gálico y biotransformación de polifenoles

La producción de ácido gálico es una aplicación clásica de la tannase. Cuando los taninos hidrolizables se tratan enzimáticamente, el ácido gálico liberado puede recuperarse o permanecer como parte del perfil fenólico del extracto, según el objetivo del proceso. Estudios con *Aspergillus awamori* han evaluado simultáneamente la biosíntesis de tannase y la hidrólisis de taninos para obtener ácido gálico, mostrando la conexión directa entre producción enzimática y conversión de sustratos tánicos [8].

La biotransformación de polifenoles también puede ser útil en ingredientes funcionales, extractos botánicos y formulaciones donde se busca cambiar la proporción entre compuestos galloilados y no galloilados. La evidencia disponible respalda que la tannase modifica perfiles fenólicos; sin embargo, cualquier afirmación nutricional o de salud sobre el producto final debe validarse con datos propios y cumplir la normativa aplicable del mercado de destino ^[3].

Integración con otros procesos enzimáticos

La tannase puede mejorar el desempeño de otras enzimas cuando los taninos inhiben su actividad. Un trabajo reciente evaluó la mitigación del efecto inhibitor de taninos sobre β -glucosidasa mediante tannase de *Lactiplantibacillus plantarum*, lo que sugiere utilidad en procesos donde la liberación de aromas, compuestos glicosilados o azúcares fermentables se ve limitada por polifenoles reactivos ^[9].

Este punto es relevante para extractos vegetales complejos: pectinasas, celulasas, hemicelulasas, proteasas y β -glucosidasas pueden tener funciones diferentes, pero todas operan en una matriz donde los taninos pueden unirse a proteínas enzimáticas. Al reducir la reactividad de taninos hidrolizables, la tannase puede facilitar un entorno más favorable para otras bioconversiones, siempre que las condiciones del proceso sean compatibles con todas las enzimas utilizadas ^[9].

Comparación técnica por matriz de aplicación

Matriz o proceso	Problema típico asociado a taninos	Acción concreta de la tannase	Resultado tecnológico esperado	Nivel de respaldo en la literatura
Té listo para beber, té instantáneo, concentrados	“Tea cream”, turbidez en frío, sedimento, amargor	Hidrólisis de catequinas galloiladas y taninos hidrolizables	Mejor solubilidad, menor precipitado, perfil sensorial más equilibrado	Alto; revisiones recientes y estudios específicos en té ^[3]
Jugos y extractos de frutas	Astringencia, amargor, precipitación fenólica	Ruptura de enlaces galloil en taninos hidrolizables	Menor sensación secante y modificación del perfil polifenólico	Medio-alto; depende mucho de la fruta y del proceso ^[6]
Cerveza, vino y fermentados	Inestabilidad coloidal, complejos tanino-proteína	Reducción de polifenoles galloilados reactivos	Apoyo a clarificación y estabilidad visual	Medio; aplicación plausible y reportada en revisiones ^[2]

Matriz o proceso	Problema típico asociado a taninos	Acción concreta de la tannase	Resultado tecnológico esperado	Nivel de respaldo en la literatura
Producción de ácido gálico	Necesidad de convertir taninos en fenoles simples	Liberación enzimática de ácido gálico	Obtención o enriquecimiento de ácido gálico	Alto como principio biocatalítico [8]
Procesos multienzimáticos en vegetales	Inhibición de enzimas por taninos	Disminución de taninos inhibidores	Mayor compatibilidad con otras hidrólisis enzimáticas	Emergente; evidencia específica con β -glucosidasa [9]

Fuentes microbianas, producción y sostenibilidad del bioproceso

La tannase puede encontrarse en bacterias, levaduras y hongos, pero los hongos filamentosos han recibido atención industrial por su capacidad de producir enzimas extracelulares. Revisiones sobre tannasas microbianas destacan géneros como *Aspergillus* y otros microorganismos asociados a sustratos ricos en taninos, con aplicaciones en alimentos, bebidas, ácido gálico y tratamiento de residuos agroindustriales [2].

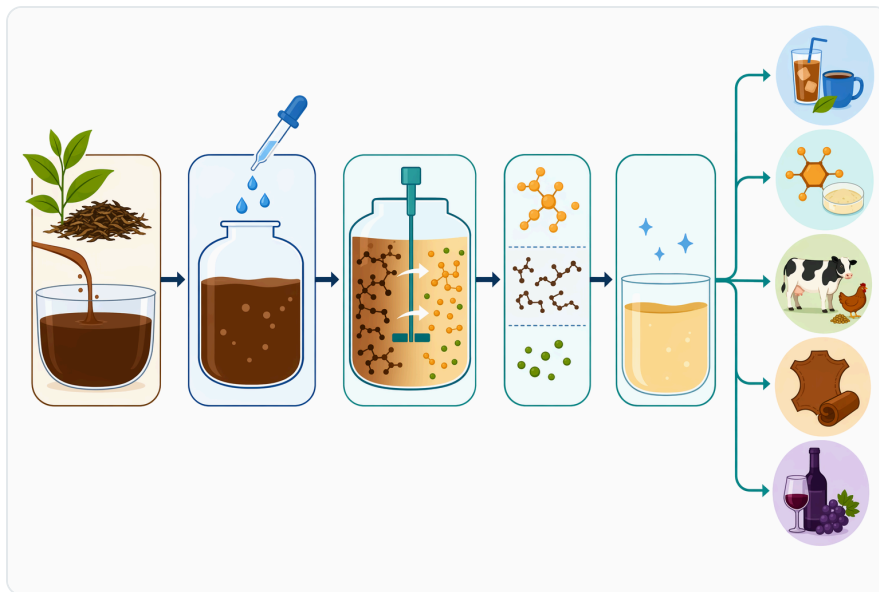


Figure 3. 차 가공에서 탄나아제는 후속 분리 공정 전에 차 폴리페놀의 갈로일기를 제거하여 티 크림, 혼탁 및 저온 불용성을 줄입니다.

La utilización de subproductos agrícolas ricos en taninos como sustratos de fermentación ha sido estudiada como una forma de reducir costos y valorizar residuos. Trabajos sobre producción de tannase a partir de residuos industriales señalan el doble interés ambiental y tecnológico: disminuir

carga contaminante de materiales tánicos y generar una enzima con valor para procesos alimentarios e industriales [\[10\]](#).

Una revisión sistemática sobre caracterización de tannase a partir de subproductos agrícolas refuerza que las propiedades de la enzima dependen de la fuente microbiana, el sustrato y el proceso de obtención. Para usuarios industriales, esto significa que “tannase” no es una categoría totalmente intercambiable: distintas preparaciones pueden mostrar diferencias de estabilidad, especificidad y comportamiento en matrices reales [\[11\]](#).

En el contexto de Enzymes.bio, esta información sirve para entender la base biotecnológica de la enzima, no para atribuir actividades de fabricación al proveedor. Enzymes.bio actúa como proveedor en línea del producto enzimático; la información documental asociada al lote, incluyendo CoA y SDS, acompaña el pedido y debe usarse para trazabilidad y manipulación segura.

Tannase libre e inmovilizada: implicaciones industriales

La mayoría de los usuarios alimentarios trabaja con enzimas solubles o en polvo que se dispersan en la matriz y se inactivan o separan según el diseño del proceso. En investigación, sin embargo, existe un amplio interés por la inmovilización de tannase, porque permite reutilización, separación más sencilla y, en algunos casos, mayor estabilidad frente a cambios de pH, temperatura o composición del medio [\[12\]](#).

Se han estudiado tannasas inmovilizadas sobre nanopartículas magnéticas de tierra de diatomeas recubiertas con polianilina para hidrólisis de taninos. Este tipo de sistema no representa necesariamente un formato comercial estándar para alimentos, pero ilustra una tendencia de ingeniería: fijar la enzima a un soporte para controlar su recuperación, reducir pérdida de actividad operativa y facilitar procesos semicontinuos o continuos [\[13\]](#).

También se han desarrollado tannasas inmovilizadas mediante técnicas capa por capa para hidrólisis de gallotaninos y elagitaninos. La relevancia técnica es que diferentes soportes pueden alterar el acceso del sustrato al sitio activo, la difusión de productos y la estabilidad de la enzima; por ello, los resultados de investigación en inmovilización no deben extrapolarse automáticamente a una enzima en polvo aplicada directamente en una bebida [\[14\]](#).



Figure 4. 탄나아제의 활용은 가수분해성 탄닌이나 갈로일화 화합물이 혼탁, 침전, 떫은맛, 항영양 효과 또는 갈산 수율에 영향을 미치는 분야에서 가장 두드러집니다.

Las revisiones actuales sobre inmovilización enzimática y nanomateriales magnéticos indican que estos enfoques pueden contribuir a procesos más sostenibles cuando la recuperación de la enzima reduce desperdicio o consumo de recursos. Aun así, en alimentos y bebidas la selección de formatos inmovilizados debe considerar regulación, contacto con alimentos, compatibilidad de soporte y separación completa del material sólido [15].

Factores de proceso que determinan el desempeño

El primer factor es la composición del sustrato. Una matriz rica en galotanninos o catequinas galloiladas responderá de forma diferente a una matriz dominada por taninos condensados. Por eso, dos bebidas con igual “contenido total de taninos” pueden mostrar resultados muy distintos tras el tratamiento: el dato total no informa por sí solo qué proporción de enlaces puede hidrolizar la tannase [1].

El segundo factor es el equilibrio entre hidrólisis y calidad sensorial. En té, la reducción de catequinas galloiladas puede disminuir amargor y turbidez, pero también modifica el perfil fenólico que contribuye al carácter del producto. En jugos, la disminución de astringencia puede ser deseable, aunque la pérdida excesiva de estructura fenólica podría cambiar cuerpo, color o percepción de frescura [3].

El tercer factor es la compatibilidad con operaciones térmicas. Algunas etapas de extracción, pasteurización o concentración pueden exponer la enzima a condiciones que reducen su actividad. La investigación en ingeniería de enzimas busca mejorar estabilidad y desempeño mediante selección de

nuevas fuentes, mutagénesis o diseño racional, pero cada preparación comercial debe utilizarse dentro del marco indicado por su documentación y por la validación interna del usuario [16].

El cuarto factor es el tiempo de contacto relativo al flujo de proceso. En sistemas por lotes, la enzima puede actuar durante una ventana definida antes de la clarificación o el tratamiento térmico. En sistemas continuos, el control de residencia y mezcla es más exigente. En ambos casos, el objetivo es convertir una fracción suficiente de sustratos galloilados sin sobreprocesar la matriz ni introducir variabilidad sensorial [2].

El quinto factor es la presencia de otros ingredientes. Proteínas, polisacáridos, sales, cafeína, alcohol, azúcares y sólidos insolubles pueden modificar la solubilidad de polifenoles y el acceso de la enzima a sus sustratos. En bebidas complejas, la tannase debe evaluarse como parte de una red de interacciones coloidales, no como una intervención aislada [4].

Evidencia científica: qué está bien establecido y qué requiere validación

Está bien establecido que la tannase hidroliza taninos hidrolizables y compuestos galloilados, liberando ácido gálico y reduciendo la complejidad molecular de ciertos polifenoles. Revisiones recientes describen fuentes microbianas, producción, caracterización, purificación y aplicaciones industriales, lo que confirma una base científica amplia para su uso como biocatalizador [2].

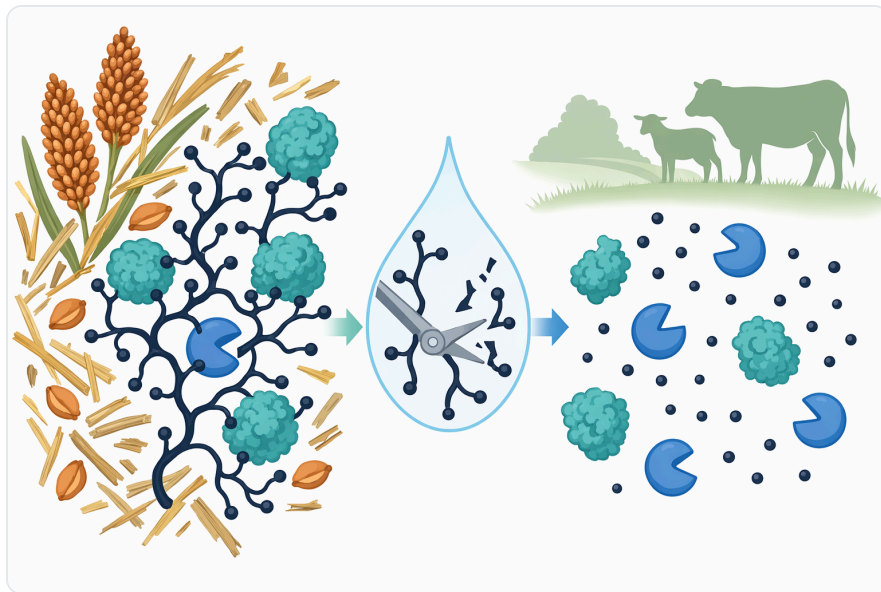


Figure 5. 사료 처리에서 탄나아제는 가수분해성 탄닌 구조를 가수분해하여 탄닌이 단백질과 소화효소에 결합하는 것을 줄입니다.

También está bien respaldado su uso en té. La literatura reciente sobre aplicaciones en la industria del té revisa producción, caracterización y uso de tannase para transformar polifenoles y mejorar atributos de infusiones o extractos. La investigación específica en termoestabilidad para infusión de té verde subraya que el área continúa evolucionando hacia enzimas más adecuadas para condiciones industriales concretas [3].

La evidencia es más dependiente de la matriz en jugos, fermentados y extractos vegetales. Estudios como el de manzana de anacardo muestran que la hidrólisis puede influir en remoción de taninos, polifenoles, ácido ascórbico y propiedades físicas, pero esos resultados no se pueden trasladar sin más a granada, té, cerveza o vino. Cada matriz tiene distinta química de polifenoles, pH natural, sólidos solubles y sensibilidad sensorial [6].

En aplicaciones funcionales, la evidencia debe interpretarse con cautela. La tannase puede modificar compuestos fenólicos y, en ciertos sistemas, cambiar indicadores de capacidad antioxidante o biodisponibilidad potencial. Sin embargo, eso no equivale automáticamente a una alegación de salud para un alimento final; dichas afirmaciones requieren estudios específicos, formulación final definida y cumplimiento regulatorio [1].

Seguridad, documentación y manejo del producto

Como preparación enzimática, la tannase debe manipularse con prácticas adecuadas de higiene industrial. Las enzimas son proteínas y los polvos enzimáticos pueden generar sensibilización respiratoria o irritación si se inhalan o entran en contacto con ojos, piel o mucosas. La SDS suministrada con el pedido es el documento operativo para definir controles de manipulación, almacenamiento y respuesta ante exposición.

El CoA permite asociar el producto recibido con su lote y especificación documental, mientras que la SDS orienta el manejo seguro. Enzymes.bio proporciona estos documentos junto con el pedido; esto apoya trazabilidad y uso responsable, pero no convierte al proveedor en laboratorio de análisis ni sustituye la validación del proceso por parte del usuario.

Para alimentos y bebidas, la responsabilidad técnica del procesador incluye confirmar que la enzima, su uso y su eliminación o inactivación encajan con la normativa local y con el diseño del producto final. La literatura científica demuestra el potencial de la tannase, pero el cumplimiento regulatorio depende del mercado, la categoría alimentaria y el modo de aplicación.

Alcance práctico para usuarios B2B

Para un procesador de té, la tannase es una herramienta para controlar turbidez en frío, sedimento y amargor derivados de polifenoles galloilados. Su valor se observa cuando se integra con extracción, concentración, clarificación y estabilización, no como una corrección aislada al final del proceso [3].

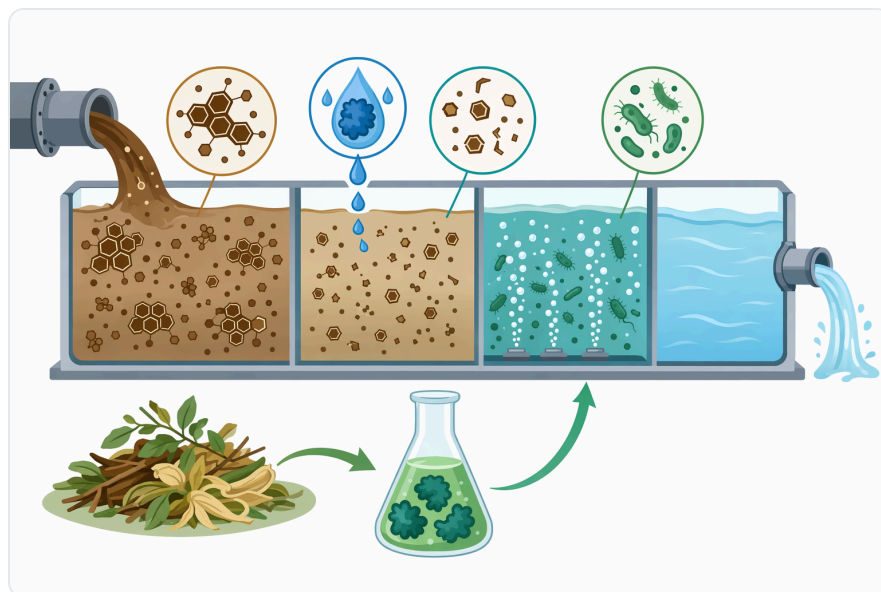


Figure 6. 탄나아제는 복합 탄닌을 더 작은 분자로 분해함으로써 더 광범위한 폐수 처리 및 순환 공정 시스템에서 기능할 수 있습니다.

Para fabricantes de jugos y extractos vegetales, la enzima puede ayudar a reducir astringencia y reactividad coloidal en matrices con taninos hidrolizables. La magnitud del efecto dependerá de la fruta, la madurez, el tratamiento térmico previo y la presencia de pectinas, proteínas o sólidos insolubles [6].

Para bebidas fermentadas, la tannase puede contribuir a reducir interacciones tanino-proteína que afectan la estabilidad visual. No reemplaza automáticamente otras etapas de clarificación, pero puede disminuir la carga de polifenoles reactivos antes de filtración, maduración o estabilización [2].

Para ingredientes botánicos y extractos, su función principal es la biotransformación: convertir compuestos galloilados en perfiles fenólicos distintos. Esto puede ser útil para ajustar solubilidad, sabor o compatibilidad con otros ingredientes, siempre que el resultado se confirme en la formulación final [9].

Conclusión

La tannase es una enzima técnicamente sólida para la hidrólisis de taninos hidrolizables, gallotaninos, algunos elagitaninos y catequinas galloiladas. Su mecanismo —romper enlaces éster y depsídicos para liberar ácido gálico y compuestos fenólicos más pequeños— explica sus beneficios en reducción de turbidez, sedimentos, amargor y astringencia en té, jugos, bebidas fermentadas y extractos vegetales [1].

La aplicación más respaldada se encuentra en té, donde la modificación de polifenoles galloilados ayuda a controlar la formación de precipitados y la estabilidad en frío. En jugos, fermentados e ingredientes botánicos, el potencial es relevante, pero el resultado depende de la composición real de taninos y de las condiciones de proceso [3].

Enzymes.bio suministra tannase en línea en unidades de 1 kg para usuarios que necesitan una enzima de procesamiento, con CoA y SDS proporcionados junto con el pedido. El uso eficaz requiere integrar la enzima en el proceso con objetivos tecnológicos claros: claridad, estabilidad, reducción de astringencia o biotransformación controlada de polifenoles.

Pedir Tannase 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 Tannase →](#)

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. Lekshmi, R., Nisha, S. A., Vasan, P. T., & Kaleeswaran, B. (2021). [A comprehensive review on tannase: Microbes associated production of tannase exploiting tannin rich agro-industrial wastes with special reference to its potential environmental and industrial applications.](#) *Environmental Research*, 111625 .
2. Govindarajan, R., Prathiviraj, R., Zaki, R., Kamal, M. A., Rabbee, M. F., Waheeb, M., Thiruvengadam, M., ... et al. (2025). [Microbial tannases: biosynthesis, purification, characterization and potential industrial applications.](#) *International Journal of Biological Macromolecules*, 143376 .

3. Tang, Z., Shi, L., Liang, S., Yin, J., Dong, W., Zou, C., & Xu, Y. (2024). Recent Advances of Tannase: Production, Characterization, Purification, and Application in the Tea Industry. *Foods*, 14.
4. Boadi, D., & Neufeld, R. (2001). Encapsulation of tannase for the hydrolysis of tea tannins. *Enzyme and Microbial Technology*, 28 7-8, 590-595 .
5. Zhou, H., Cao, S., Zhang, C., Wang, M., Tang, Y., Chen, J., Zhu, L., ... et al. (2025). Enhancing the Thermostability of a New Tannase Through Rational Design and Site-Directed Mutagenesis: A Quality Improvement Strategy for Green Tea Infusion. *Beverages*.
6. Pham, B. A., Tran, T., Nguyen, T. X. T., Dao, T., Ngo, H., & Vu, N. D. (2024). Evaluating polyphenol and ascorbic acid contents, tannin removal ability, and physical properties during hydrolysis and convective hot-air drying of cashew apple powder. *Open Chemistry*, 22.
7. Salamah, A., Srihardyastutie, A., Prasetyawan, S., & Safitri, A. (2019). Influence of Mixed Cultures of Saccharomyces cerevisiae and Acetobacter aceti for Hydrolysis of Tannins in the Cabbage Fermentation (Brassica oleracea L.var.capitata). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 546.
8. Seth, M., & Chand, S. (2000). Biosynthesis of tannase and hydrolysis of tannins to gallic acid by Aspergillus awamori — optimisation of process parameters. *Process Biochemistry*, 36, 39-44.
9. Godse, R., Vaidya, I., Sharma, S., & Kulkarni, R. (2025). Mitigating the Inhibitory Effect of Tannins on β -Glucosidase Activity Using Tannase from Lactiplantibacillus plantarum. *Hayati Journal of Biosciences*.
10. Prakash, P. D. S. R. S., & Deedi, M. (2020). Production of Tannase enzyme from Industrial Waste to abate Environmental Pollution. *Asian Journal of Biological and Life Sciences*.
11. Shah, N., Mansor, A., & Manikam, R. V. S. (2023). Systematic Review on Characterization of Tannase from Agricultural By-Products. *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*.
12. Maghraby, Y. R., El-Shabasy, R. M., Ibrahim, A. H., & Azzazy, H. M. (2023). Enzyme Immobilization Technologies and Industrial Applications. *ACS Omega*, 8, 5184 - 5196.
13. Lima, J. D., Cabrera, M., Souza Motta, C. M., Converti, A., & Carvalho, L. B. (2018). Hydrolysis of tannins by tannase immobilized onto magnetic diatomaceous earth nanoparticles coated with polyaniline. *Food Research International*, 107, 470-476 .
14. Crestini, C., & Lange, H. (2015). A novel and efficient immobilised tannase coated by the layer-by-layer technique in the hydrolysis of gallotannins and ellagitannins. *Microchemical Journal*, 123, 139-147.
15. Cavalcante, A. L. G., Dari, D. N., Silva Aires, F. I., Castro, É. C., Santos, K. M., & Santos, J. C. S. (2024). Advancements in enzyme immobilization on magnetic nanomaterials: toward sustainable industrial applications. *RSC Advances*, 14, 17946 - 17988.
16. Mao, S., Jiang, J., Xiong, K., Yi-Chen, Yao, Y., Liu, L., Liu, H., ... et al. (2024). Enzyme Engineering: Performance Optimization, Novel Sources, and Applications in the Food Industry. *Foods*, 13.

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.