



Artículo de revisión. Revista Killkana Salud y Bienestar. Vol. 9, No. 2, pp. 41 - 62, mayo-agosto, 2025.
p-ISSN 2528-8016 / e-ISSN 2588-0640. Universidad Católica de Cuenca

Potencial terapéutico e industrial de las enzimas vegetales: papaína, bromelina y ficina. Una revisión actual

Therapeutic and industrial potential of plant enzymes: papain, bromelain, and ficin. A current review

Jessica Fallon Fuentes Tejada   ^{1,2*}

¹ Doctorado en Ciencias de la Salud, Escuela de Posgrado, Universidad Católica de Santa María. Arequipa, Perú

² Facultad de Odontología, Universidad Católica de Santa María.
jfuentest@ucsm.edu.pe. Arequipa, Perú

DOI: <https://doi.org/10.26871/killcanasalud.v9i2.1591>

Resumen

Las enzimas proteolíticas de origen vegetal, como la papaína, bromelina y ficina, han demostrado un amplio espectro de aplicaciones fitoterapéuticas y tecnológicas. El presente artículo tiene como objetivo describir sus usos actuales en diversos campos como la medicina, odontología, biotecnología, industria alimentaria, textil, agropecuaria y cosmética, entre otros. **Materiales y métodos:** Se realizó una revisión bibliográfica, en las bases de datos de Scopus, Pubmed, MedLine, Scielo, Science Direct y Google Scholar, sin restricción de fecha, en inglés, portugués y español. Se

utilizaron descriptores DeCS/MeSH relacionados con enzimas vegetales y fitoterapia, combinados mediante operadores booleanos AND, OR y NOT. Tras la aplicación de criterios de elegibilidad, de un total de 80 artículos identificados, se seleccionaron 35 para el análisis. **Resultados:** Los resultados muestran que estas enzimas exhiben propiedades dentro de los resultados, las enzimas estudiadas presentan propiedades terapéuticas (antiinflamatorias, bactericidas, bacteriostáticas, antifúngicas, cicatrizantes, mucolíticas), lo que respalda su uso en contextos clínicos y quirúrgicos. Asimismo, destacan en sectores como la medicina, odontología, biotecnología, alimentaria, textil y cosmética. **Conclusión:** Se concluye que estas enzimas vegetales constituyen una alternativa prometedora para el desarrollo de productos terapéuticos y tecnológicos sostenibles, con un fuerte potencial para futuras investigaciones.

Palabras clave: enzimas proteolíticas, papaína, ficina, fitoterapia, biotecnología.

Abstract

Proteolytic enzymes of plant origin, such as papain, bromelain, and ficin, have demonstrated a wide range of phytotherapeutic and technological applications. This article aims to describe their current uses in various fields such as medicine, dentistry, biotechnology, food industry, textiles, agriculture, and cosmetics, among others. **Materials and methods:** A literature review was conducted in the Scopus, Pubmed, MedLine, Scielo, Science Direct, and Google Scholar databases, without date restrictions, in English, Portuguese, and Spanish. DeCS/MeSH descriptors related to plant enzymes and phytotherapy were used, combined using the Boolean operators AND, OR, and NOT. After applying eligibility criteria, 35 articles were selected for analysis from a total of 80 identified articles. **Results:** The results show that these enzymes exhibit properties within the results; the enzymes studied have therapeutic properties (anti-inflammatory, bactericidal, bacteriostatic, antifungal, healing, mucolytic), which supports their use in clinical and surgical contexts. They also stand out in sectors such as medicine, dentistry, biotechnology, food, textiles, and cosmetics. **Conclusion:** It is concluded that these plant enzymes are a promising alternative for the development of sustainable therapeutic and technological products, with strong potential for future research.

Keywords: proteolytic enzymes, papain, ficin, phytotherapy, biotechnology.

Introducción

Desde tiempos ancestrales, las plantas han sido utilizadas por sus propiedades biológicas en sistemas de medicina tradicional, sentando las bases de lo que hoy se conoce como fitoterapia. Esta disciplina, definida como el empleo de las plantas medicinales o sus derivados para la prevención y tratamiento de las enfermedades, ha evolucionado de manera significativa gracias a los avances en la farmacognosia, la bioquímica y la biotecnología. En la actualidad, numerosos estudios han demostrado que diversos compuestos vegetales poseen efectos terapéuticos relevantes, como acción analgésica, antiinflamatoria, antimicrobiana, antioxidante e incluso antitumoral¹.

Dentro de este panorama, las enzimas proteolíticas también conocidas como hidrolasas o proteinasas han cobrado especial relevancia. Estas enzimas permiten la producción de aminoácidos libres²; pueden ser de origen animal o vegetal. Su estudio se ha intensificado por sus múltiples propiedades beneficiosas y comprobadas para el tratamiento de enfermedades y procesos industriales.

Entre las enzimas más estudiadas se encuentran la bromelina (*Ananas comosus*), papaína (carica papaya) y ficina (*Ficus*), extraídas de la piña, payaya e higo respectivamente; mediante métodos físicos, químicos y biotecnológicos como la centrifugación, ultrafiltración, microfiltración y precipitación³. Estas enzimas han demostrado propiedades terapéuticas prometedoras, tales como: actividad antiinflamatoria, fibrinolítica, cicatrizante, así como aplicaciones industriales en sectores como el alimentario, textil, farmacéutico y cosmético.

A pesar del creciente interés en su uso, aún existe una necesidad de síntesis actualizada y crítica sobre sus aplicaciones. Por ello, el presente trabajo tiene como objetivo revisar sistemáticamente los usos reportados de la papaína, bromelina y ficina en la literatura científica, destacando sus aplicaciones fitoterapéuticas y tecnológicas tanto a nivel nacional como internacional.

Materiales y métodos

Para la presente revisión bibliográfica se realizó una búsqueda estructurada en las bases de datos científicas Scopus, PubMed, Medline, SciELO, ScienceDirect, Google Scholar, complementada con la exploración de repositorios universitarios. La búsqueda se ejecutó en tres idiomas: español, portugués e inglés. Se emplearon tanto palabras clave como descriptores controlados (DeCS/MeSH). Los términos incluidos fueron: enzimas, papaína, ficina, fitoterapia y biotecnología; así como

combinaciones mediante operadores booleanos: "papaína AND calidad de vida", "ficina AND calidad de vida".

Criterios para inclusión:

- Estudios originales, revisiones sistemáticas y narrativas que abordaran el uso terapéutico o industrial de al menos una de las tres enzimas.
- Investigaciones realizadas en varios países para diversificar la información.
- Artículos en español, portugués e inglés.
- Artículos de acceso libre.

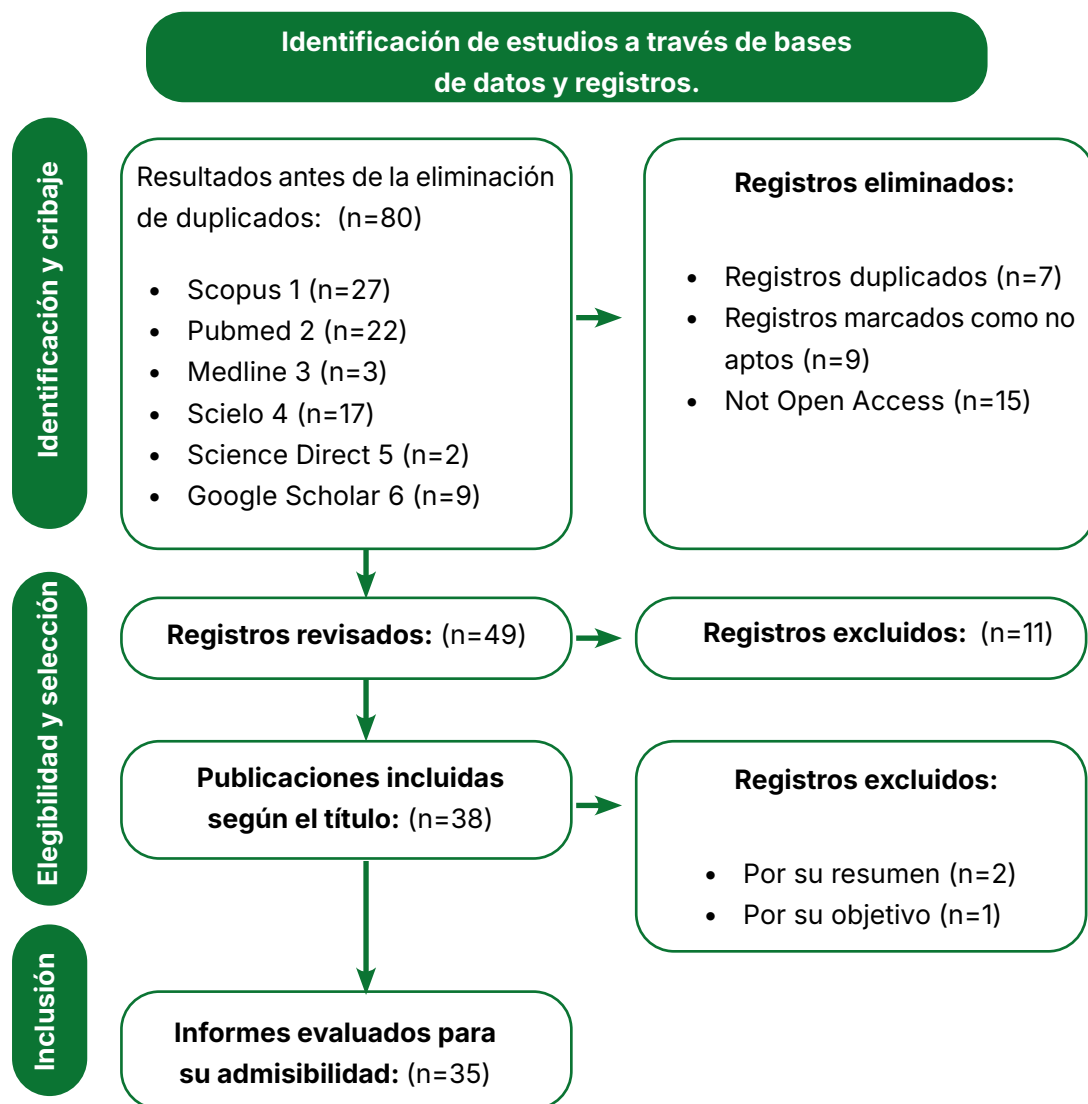
Criterios para exclusión:

- Duplicados entre bases de datos.
- Que no abordaban directamente el uso terapéutico o tecnológico de las enzimas estudiadas.
- Sin acceso libre al texto completo.

Selección de artículos:

Inicialmente se identificaron 80 artículos, de los cuales se eliminaron aquellos duplicados o que no cumplían con los criterios de inclusión y exclusión, como resultado 38 trabajos fueron seleccionados para evaluación completa. De estos, 35 cumplieron con todos los criterios establecidos y fueron incluidos en la síntesis cualitativa.

Dado que los estudios son diseños transversales, es mínima la posibilidad de sesgo por el tipo de estudio.

Figura 1. Estrategia de búsqueda.

Fuente: PRISMA 2020 – Elaboración propia

Desarrollo

Definición de enzimas

Las enzimas son proteínas biológicas que se emplean en distintas industrias y áreas en la actualidad. Actúan como potentes y eficaces catalizadores en pequeñas cantidades y de fácil recuperación, aceleran las reacciones químicas instantáneamente^{4,5}. Sus grupos funcionales son complementados con cofactores: iones inorgánicos (metales) o moléculas orgánicas (coenzimas), para ejercer plenamente su actividad catalítica⁶. Una de las propiedades más destacadas de estas enzimas es su capacidad para disminuir la energía de activación de las reacciones, permitiendo que actúen

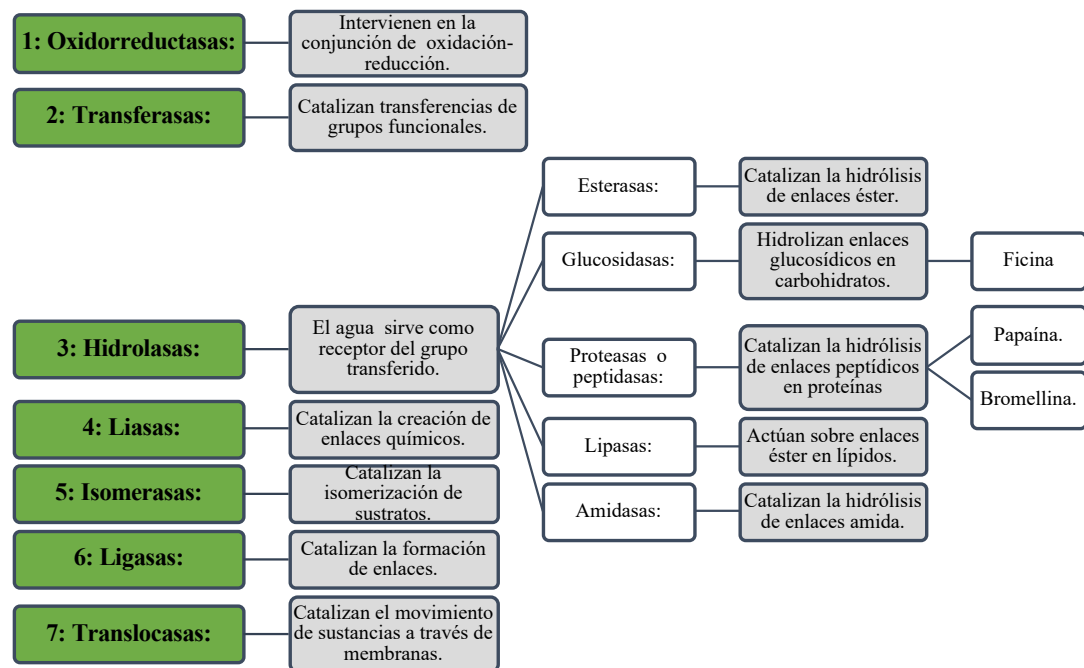
bajo condiciones fisiológicas favorables, lo cual es fundamental tanto en procesos biológicos como industriales⁷. Su acción es altamente específica, ya sea hacia un sustrato particular o hacia un tipo determinado de reacción, lo que las hace ideales para aplicaciones precisas en biotecnología y medicina⁸.

Las enzimas se encuentran ampliamente distribuidas en organismos vivos, incluyendo animales, plantas y en microorganismos como hongos y bacterias, donde participan en procesos fisiológicos esenciales como la digestión, la respiración celular y la síntesis de biomoléculas^{7,9}. Algunas enzimas, han sido utilizadas tradicionalmente en remedios caseros, mientras que otras han sido desarrolladas como fármacos con efectos moduladores sobre respuestas biológicas específicas como la inflamación o la coagulación⁹.

Clasificación de las enzimas

La clasificación sistemática de las enzimas fue establecida en 1961 por la Unión Internacional de Bioquímica y Biología Molecular (IUBMB), a través del Sistema de Nomenclatura de Enzimas. Dicho sistema, agrupa a las enzimas en seis clases principales, basándose en el tipo de reacción que catalizan. Una séptima categoría fue propuesta recientemente para enzimas con funciones atípicas o no catalíticas. Sin embargo, esta última no forma parte oficial del sistema actual⁴.

Tabla 1. Clasificación de las enzimas según el sistema de nomenclatura de la IUBMB



Elaboración propia

Enzimas Proteolíticas

Las enzimas que catalizan la hidrólisis de los enlaces peptídicos en proteínas y péptidos se conocen como enzimas proteolíticas o proteasas. Desde el siglo XIX, estas enzimas han sido clasificadas dentro del grupo de las hidrolasas, específicamente como peptidasas. Con el avance del conocimiento, se estableció una nomenclatura más precisa, donde el término proteinasas se reserva para aquellas enzimas que actúan preferentemente sobre proteínas nativas, mientras que el término peptidasas se aplica a enzimas que hidrolizan péptidos de bajo peso molecular. Esta distinción refleja tanto la especificidad de sustrato como las condiciones fisiológicas o industriales en las que operan⁴.

Las hidrolasas, son enzimas esenciales para catalizar la hidrólisis de los enlaces peptídicos de ciertas proteínas, lo que da lugar a la producción de aminoácidos libres. Mundialmente desde el punto de vista industrial, las hidrolasas representan uno de los grupos enzimáticos más importantes, constituyendo aproximadamente el 60% del mercado mundial de enzimas, siendo superadas solo por las amilasas y lipasas en volumen de aplicación².

Aunque gran parte de las proteasas provienen de microorganismos, también existen fuentes animales y vegetales de relevancia. Entre las últimas destacan tres proteasas vegetales ampliamente estudiadas: bromelina: obtenida de la piña, papaína: de la papaya y ficina: del fruto del higo^{4,8}.

Estas enzimas vegetales se utilizan desde hace mucho tiempo en procesos biotecnológicos. Sus usos son diversificados en otras áreas como en: la tiernización de carnes, elaboración de cerveza (proceso que solubiliza a las proteínas de la cebada al liberar péptidos y aminoácidos suministrándoles nitrógeno)⁴, la producción masiva de pan, la preparación de cuajadas, en producción alimentaria ayuda a elaborar proteínas modificadas, en la creación de aditivos para los detergentes, en los procesos de efluentes industriales, manufactura de cueros, intervienen en la fabricación de textiles y últimamente por procesos no convencionales en la síntesis de péptidos⁵.

Categorización enzimática proteolítica

Las enzimas proteolíticas, también conocidas como peptidasas o proteasas, se clasifican principalmente según el sitio de acción sobre la cadena polipeptídica y el tipo de enlace peptídico hidrolizado. Esta clasificación permite comprender su mecanismo de acción y su utilidad en procesos biológicos e industriales⁸:

Tabla 2. Clasificación de las enzimas proteolíticas, según su sitio de acción en la cadena polipeptídica

Endopeptidasas:	Hidrolizan alianzas peptídicas de las proteínas.	Tripsina. Pepsina.
Exopeptidasas:	Donde sus extremos amino y carboxil en los aminoácidos son desplazados.	Quimotripsina.
Dipeptidasas:	Catalizan la hidrólisis de dipeptidos en dos aminoácidos libres.	Dipeptidasa.
Tripeptidasas:	Catalizan la hidrólisis de tres aminoácidos.	
Aminopeptidasas:	Hidrolizan sus enlaces en el extremo N-terminal.	
Carboxipeptidasas:	Hidrolizan los enlaces peptídicos en el extremo C-terminal.	

Elaboración propia

Usos de enzimas en la producción alimentaria:

Las enzimas desempeñan un papel fundamental en múltiples etapas de la industria alimentaria. Su aplicación se extiende a procesos de producción, desarrollo, conservación y procesamiento de productos alimentarios, gracias a su especificidad, eficiencia y compatibilidad con procesos sostenibles. Los principales usos de las enzimas en sectores clave de la industria alimentaria son:

- Modificación de proteínas: las enzimas proteolíticas son ampliamente utilizadas para modificar la estructura y funcionalidad de las proteínas en diversos alimentos. Dicha acción puede mejorar la solubilidad, digestibilidad, emulsificación y textura de productos lácteos, carnes y bebidas proteicas⁸.
- Aplicación en las industrias de confitería y azúcar para productos a base de caramelos, helados y conservas. Con la utilización de enzimas biocatalíticas se emplean para disminuir los valores de viscosidad⁸.
- Industria láctea: las enzimas son esenciales en la transformación de la leche, promueven la elaboración de diversos productos tales como: quesos, Kéfir, leche fermentada y deslactosada, etc⁸.
- Panificación y productos derivados del trigo: en la fabricación de pan y derivados, las amilasas y xilanásas mejoran la calidad de la masa al modificar los

- almidones y hemicelulosas del trigo. Esto optimiza la fermentación, además ciertas proteasas ayudan a modular la elasticidad del gluten, facilitando el amasado y horneado⁸.
- e. Industria oleaginosa: actúan con la fabricación de aceites y grasas; para reducir los subproductos no requeridos, separando ácidos grasos de los triglicéridos, y así solo sumar determinados ácidos grasos⁸.
 - f. Elaboración de cerveza: la actuación enzimática intercede desde el primer paso de manufactura; con el almidón potencian su licuefacción, controlan la cantidad de azúcares y nitrógeno, optimizan su extracción, facilitando la permeabilidad y regulando su turbidez⁸.
 - g. Fabricación de jugos y vinos: donde las enzimas más utilizadas son las pectinas, que se emplearon desde el inicio para la refinación de jugos en base a manzana, actualmente se usan para el prensado, extracción y separación del precipitado para su clarificación. En los vinos, la pectina se añade al vino blanco con la finalidad de mejorar la extracción del jugo y purificarlo⁸.
 - h. Industria cárnica: una de las aplicaciones de las enzimas proteolíticas es el ablandamiento de la carne. Las enzimas más comunes son papaína y bromelina, ambas de procedencia vegetal, así como la elastasa, originada en microorganismos como *Bacillus subtilis* y *Aspergillus oryzae*. La actinidina (obtenida del kiwi), potencia la consistencia de la carne. Sin embargo, debe tenerse precaución en su uso, pues la actinidina puede provocar reacciones alérgicas⁸.

Papaína

La papaína es una cisteína proteasa que se encuentra ampliamente distribuida en el reino vegetal y desempeña funciones esenciales reguladoras en el recambio de proteínas. La papaína es similar a la pepsina humana, pero se extrae principalmente del látex de la papaya verde (*Carica papaya*), una planta oriunda de América Central y ampliamente cultivada en zonas tropicales. También se encuentra en las hojas, tallos y frutos, aunque la mayor concentración enzimática se obtiene del látex recolectado por incisión del fruto^{9,10}.

Como proteasa de cisteína, es la primera enzima proteolítica patentada, lo que la convierte en un referente histórico en el estudio de las proteasas. Esta enzima, que ha sido objeto de varios estudios, fue la primera que se describió en tres dimensiones y se pensó que era un modelo prototipo. Desde el punto de vista bioquímico, la papaína tiene un pH que oscila entre 5 y 6, con una temperatura óptima de 65 °C. Su punto isoeléctrico es de 9.6, lo que le hace altamente estable en condiciones alcalinas¹¹.

Dentro de las aplicaciones terapéuticas y farmacéuticas, la papaína destaca por sus propiedades bactericidas, bacteriostática, fibrinolítica y antiinflamatoria^{12,13}. Como

factores de virulencia que deterioran el sistema inmunitario del huésped, se ha descubierto que las cisteína proteasas de tipo papaína son cruciales en enfermedades relacionadas con la variabilidad celular, la señalización, la invasión del huésped y los trastornos degenerativos³.

Diversos estudios in vitro sugieren actividad antiparasitaria contra *Plasmodium spp* (agente de la malaria) y *Trypanosoma cruzi* (causante de la enfermedad de Chagas), al degradar proteínas estructurales y enzimáticas esenciales para supervivencia del parásito.

Sus ventajas medicinales probaron que sola o en combinación con otras sustancias logran cicatrizar quemaduras y heridas en la piel actuando selectivamente en la lesión. Disminuye el dolor e inflamación en cuello, espalda, hombros; en patologías como la osteoartritis, actuando de manera antiinflamatoria para regular hematomas y edemas provocados por heridas. La papaína es la planta medicinal más empleada para prevenir problemas asociados a la Diabetes mellitus como: vasculares, metabólicos, retinopatías y trastornos digestivos. Presenta un efecto positivo en las heridas, luego de la amputación quirúrgica, acelerando el proceso de cicatrización (probado en colas de ratas)¹³.

Debido a su similitud funcional con la pepsina humana, mejora la digestión de proteínas y se emplea como agente digestivo en trastornos como: dispepsia, úlceras gástricas y problemas intestinales. También se ha investigado su uso en casos de obstrucción esofágica y úlceras sifilíticas o por difteria¹⁴.

En neurología, se ha reportado el uso de inyecciones intratecales de papaína en el líquido cefalorraquídeo para aliviar el dolor asociado a hernias discales, sin provocar reacciones alérgicas significativas. En oftalmología, se ha desarrollado tabletas enzimáticas para la limpieza de lentes de contacto, aprovechando su capacidad proteolítica. En el área farmacéutica: actúa como agente activo en formulaciones tópicas antiinflamatorias y cicatrizantes. En la cosmética: la enzima se aplica en la depilación, exfoliación corporal y fabricación de cremas desmanchadoras corporales^{13,14}.

En la industria alimentaria; modifica la apariencia, textura, valor nutricional, produce aromas y sabores al producto final. Un ejemplo es en la fabricación de queso fresco, reemplazando al cuajo convencional; usada para clarificar cervezas, zumo, diferentes clases de bebidas y para ablandar carnes disminuir la acidez de carnes, suavizar cervezas, zumos y diferentes clases de bebidas. Además, evita la turbidez de la cerveza luego del congelamiento^{13,14}.

En odontología es eficaz como agente químico de eliminación selectiva de lesiones cariosas ya que rompe fibrillas de colágeno parcialmente degradadas en la dentina infectada, facilitando su remoción sin necesidad de instrumentos cortantes¹⁰.

Se reportaron aplicaciones en las industrias textil pues desengoma la seda para perfeccionar la calidad de tinturas usadas; para el cuero como tratamiento de efluentes y acabado de pieles mediante degradación de colágeno residual y en la industria papelera resulta ser una alternativa suave y más ecológica; en el blanqueamiento de la pulpa de papel, reduciendo el uso de productos químicos agresivos^{8,12,14}.

La disponibilidad mercantil de la papaína es: inyecciones, cremas, geles, soluciones acuosas, polvo en estado liofilizado y bruto¹⁴. Su producción global ha aumentado significativamente en las últimas décadas, impulsada por la mejora en técnicas de extracción, bajo costo de producción y alta actividad enzimática, lo que la posiciona como la proteasa vegetal más utilizada industrialmente¹¹.

Ficina

La ficina o ficaína es una cisteína-proteinasa, aislada del látex de diversas especies del género *Ficus*, principalmente de la higuera. Es una enzima con alta actividad proteolítica y estabilidad en un amplio rango de pH, lo que la convierte en una herramienta valiosa tanto en aplicaciones terapéuticas como industriales¹⁵.

Aunque el higo es ampliamente consumido como fruta fresca o desecada y valorado por su contenido en fibra, vitaminas, minerales y compuestos antioxidantes, es el látex vegetal (no el fruto en sí) la fuente principal de ficina. Este látex se obtiene por incisión de tallos, hojas o frutos verdes y contiene una mezcla compleja de metabolitos secundarios, incluyendo: alcaloides, lactonas, azúcares reductores y aminoácidos libres. Estudios fitoquímicos no han destacado la presencia de flavonoides, taninos ni triterpenos en este extracto^{15,16}.

Su actividad proteolítica se comprobó desnaturalizando proteínas sustrato, al actuar sobre enlaces disulfuro de aminoácidos sulfurados "cisteína". Difiere de la pepsina, por su capacidad de actuación, tanto en medio ácido como en neutro o alcalino. Esta enzima se presenta comercialmente como un polvo blanco a cristalino, altamente purificado y es capaz de hidrolizar no solo enlaces peptídicos, sino también amidas y ésteres, lo que amplía su utilidad en procesos biocatalíticos¹⁷⁻²⁰.

En la industria alimentaria, la ficina ha sido utilizada desde tiempos antiguos, especialmente en la coagulación de la leche para la producción de queso. De hecho, en

el año 400 a.c. en la *Ilíada* de Homero se describe el uso de palos de higuera para mover la leche, un proceso que liberaba ficina y promovía la formación de cuajada. Esta práctica tradicional sigue vigente en algunas regiones, donde se emplea como sustituto natural del cuajo animal²¹.

Entre sus aplicaciones modernas en la industria alimentaria destaca: producción de quesos frescos y artesanales, aprovechando su capacidad coagulante; ablandamiento de carnes, al degradar colágeno y otras proteínas estructurales; modificación de harinas y productos de panificación, mejorando la textura y digestibilidad; clarificación de cervezas y jugos, al descomponer proteínas que causan turbidez^{17,22}.

Se ha investigado su uso como alternativa segura en la industria pesquera. En los crustáceos decápodos marinos que luego de la muerte sufren un proceso de oscurecimiento enzimático que no es atractivo a la venta y disminuye su valor comercial. Para prevenir este defecto se utiliza metabisulfito de sodio, un conservante eficaz pero potencialmente alergénico. Estudios recientes han demostrado que la ficina puede inhibir este proceso sin provocar reacciones adversas, posicionándose como una alternativa natural y segura²³.

En medicina, específicamente en Sudamérica se utiliza como antiparasitario y mucolítico en preparaciones fitoterapias de uso popular²⁴. Es importante mencionar que diversos estudios atribuyen al fruto del higo beneficios asociados a su alto contenido en fibra y antioxidantes, entre los que se incluyen¹⁵:

- Retraso en la aparición de catarata senil.
- Beneficioso sobre los radicales libres que producen el envejecimiento celular.
- Prevención de la aterosclerosis (endurecimiento de las arterias).
- Posible acción protectora contra el cáncer de colon y otros tipos de cánceres.
- Disminuye los niveles de glucosa y de colesterol por su alto contenido de fibra.
- Sus hojas son antiinflamatorias.
- Los higos maduros se usan en forma de cataplasmas contra las úlceras gastrointestinales.
- Útiles contra las úlceras bucales, abscesos y gingivitis.

Bromelina

La bromelina es un complejo enzimático compuesto principalmente por cisteína proteasas, aislado del tallo y en menor proporción del fruto de la piña (*Ananas comosus*), una planta perteneciente a la familia Bromeliaceae y originaria de Brasil.

Actualmente es una de las frutas tropicales más consumidas a nivel mundial, ocupando el cuarto lugar en volumen de comercialización de frutas frescas según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura²⁵.

La piña se caracteriza por una pulpa aromática, de sabor dulce acidulado y color amarillo intenso, rodeada por una cáscara dura y gruesa rica en fibra dietética, magnesio y compuestos fenólicos^{26,27}. Esta cáscara, junto con otros subproductos (tallos, hojas), representa aproximadamente el 55% del peso total del fruto, lo cual genera una gran cantidad de residuos agroindustriales. El aprovechamiento de estos residuos para la extracción de bromelina, no solo reduce el impacto ambiental, sino que promueve un modelo de bioeconomía sostenible y economía circular^{25,28}. Por estas propiedades, se toma agua de cáscara de piña en ayunas, para absorber mejor los nutrientes y con ello, reducir el riesgo de contraer problemas como artritis, sinusitis, hinchazón abdominal o molestias en la garganta²⁷.

La bromelina es un conjunto heterogéneo de proteasas de cisteína que se localizan en el tejido obtenido de la piña con un grupo sulfhidrilo. Es una de las proteasas más fabricadas a nivel mundial. Presenta efectos fibrinolíticos, proteolíticos, anti-fúngicos, antibacterianos, antitrombóticos. Su principal propiedad es la capacidad antiinflamatoria, tiene efecto anticancerígeno que puede llegar a tener a disminuir la incidencia y contribuye en la inhibición de la progresión del cáncer. Al ser estudiada ampliamente; ganó aceptación universal, como agente fitoterapéutico debido a su historial de uso seguro y ausencia de efectos secundarios²⁹.

En la industria alimentaria, esta enzima se emplea para intensificar la hidrólisis cárnica, rompiendo los enlaces peptídicos, afectando de esta manera a las otras proteínas presentes, no solo se utiliza en el ablandamiento de carnes, sino también pescados; elaboración de obleas y productos horneados, mejorando la textura de harinas; y en el reemplazo de sulfitos en la purificación de licores y zumos⁷. En el ablandamiento de carnes, usualmente se usa el silicato de calcio y glutamato monosódico; aditivo perjudicial para la salud del consumidor; que puede provocar enfermedades tales como: cáncer de estómago, obesidad y diabetes; para contrarrestar esto el uso de la bromelina es una gran opción saludable³⁰.

En medicina, la bromelina ha demostrado ser útil en múltiples contextos clínicos. Reduce las molestias durante procedimientos diagnósticos como la endoscopia y radiología del tubo digestivo alto, lo que favorece a la intubación gracias a su capacidad para disminuir la viscosidad mucosa y modular la inflamación local. Posee una acción antiemética y en combinación con enzimas como la tripsina y quimotripsina, actúa como agente fibrinolítico que mejora el manejo de cuadros inflamatorios graves³¹.

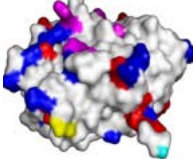
Su aplicación en dermatología es destacada pues promueve la debridación selectiva de tejido necrótico en quemaduras de segundo y tercer grado, acelera la cicatrización y reduce la inflamación en sarpullidos y dermatitis. Asimismo, posee efectos antivirales, mostrando utilidad en infecciones causadas por el virus de la varicela-zóster y contribuye a modular la respuesta inmune al aumentar la producción de citoquinas proinflamatorias (como el factor de necrosis tumoral y las interleucinas 1, 2 y 12) en células mononucleares periféricas, actuando sinérgicamente con los interferones A y G^{14,32}. Esta inmunomodulación subyace en parte a su mecanismo antitumoral.

Por sus propiedades fibrinolíticas, mejora la circulación y reduce la formación de coágulos. Se ha utilizado en el manejo de condiciones como angina de pecho, ataque isquémico transitorio y la tromboflebitis, al disminuir la agregación plaquetaria y la viscosidad sanguínea. Sirve de apoyo en patologías gastrointestinales y respiratorias: digestión como complemento nutricional en cápsulas, mejora la digestión de proteínas y alivia la dispepsia; ayuda a la sinusitis reduciendo la inflamación de los senos nasales, de manera especial cuando se combinada con antibióticos³³.

En odontología, la bromelina ha demostrado eficacia como agente biológico de acondicionamiento dentinario. Dayem en su estudio realizado en el 2003, utilizó extracto de bromelina como tratamiento pre-dentinario en cavidades clase V, concluyendo que tiene capacidad para la remoción de fibrillas de colágeno sobre el substrato dentinario sin dañar el tejido sano, posterior del acondicionamiento con ácido³⁴. Además, se ha utilizado como alternativa al peróxido de hidrógeno en tratamientos de blanqueamiento dental sin provocar hipersensibilidad dentaria ni daño a los tejidos blandos, lo que la convierte en una opción segura y bien tolerada¹⁰.

Se comercializa como complemento nutricional, en su presentación como cápsulas para mejorar la digestión de proteínas y apoyar en la salud gastrointestinal. Su perfil de seguridad y eficacia respaldan su uso clínico y estudios recientes sugieren que el desarrollo de métodos avanzados de aislamiento y purificación podría potenciar aún más su aplicación en ciencias de la salud⁹.

Tabla 3. Matriz de registro de la revisión documental

FRUTA	PAPAÍNA 	FICINA 	BROMELINA 
DESCRIPCIÓN GRÁFICA DE LA ENZIMA			
PROPIEDADES	Bactericida, bacteriostática y antiinflamatoria.	Hidroliza péptidos, amidas y ésteres.	Antiinflamatoria, fibrinolítica, proteolítica, antifúngica, antibacteriana, anti-trombótica.
Especialidades medicas	X	X	X
Microbiología	X		
Cosmética	X		
Dermatológica			
Industria alimentaria	X	X	X
Limpieza industrial	X		
Farmacia	X		X
Odontología	X		X
Industria textil	X		
Industria del cuero	X		
Industria papelera	X		
Biotechnología			X

Elaboración propia

Discusión

Los hallazgos de esta revisión destacan el potencial terapéutico e industrial significativo de tres enzimas proteolíticas vegetales: papaína, ficina y bromelina. Aunque comparten mecanismos de acción similares, cada una exhibe propiedades funcionales, estabilidad y aplicaciones diferenciadas que las posicionan en nichos específicos dentro de los sectores médico, alimentario, farmacéutico y biotecnológico. Entre las tres, la papaína es más estudiada y tiene mayores aplicaciones, destacando en el campo médico por su uso en enfermedades parasitarias y en la cicatrización de

heridas en combinación con otras sustancias. Por lo que su crecimiento económico va en aumento, con un aproximado de 100 millones de dólares al año⁸.

Las enzimas proteolíticas son herramientas versátiles y útiles, específicamente las hidrolasas, según Vigueras Morales², tiene un gran valor mercantil a nivel global. Los campos más frecuentes de aplicación son: médico, odontológico, alimentario y textil. La ventaja específica de cada enzima se destaca en sus principales propiedades; la papaína es bactericida, la ficina hidroliza péptidos y la bromelina es antiinflamatoria.

Por su parte, la ficina sobresale por su amplio rango de pH de actividad, capaz de funcionar eficazmente en medios ácidos, neutros o alcalinos, lo que la hace más versátil que otras proteasas vegetales en procesos industriales²⁰. Su aplicación en la coagulación de leche mantiene relevancia histórica y actual en la producción de quesos artesanales. En la industria pesquera representa una alternativa segura y sostenible frente a aditivos alergénicos, pues al ser empleada como sustituto natural del metabisulfito de sodio, evita el oscurecimiento poco atractivo a la venta comercial de los crustáceos^{20,23}.

En contraste, la bromelina destaca por su efecto inmunomodulador y antitumoral, lo que sugiere un papel prometedor en terapias oncológicas y antivirales. Clínicamente ha demostrado utilidad en procedimientos gastrointestinales donde reduce la mucosidad y las molestias durante la intubación^{29,31}. En odontología, estudios han validado su eficacia como tratamiento pre-dentinario en cavidades clase V, así como también, su uso en blanqueamientos dentales como alternativa al peróxido de hidrogeno, como demuestra la investigación de Cuc, Moldovan y colaboradores¹⁰.

A pesar de sus múltiples ventajas, persisten limitaciones importantes que afectan su estandarización. No existen estudios previos que analicen de forma integral la aplicabilidad de las tres enzimas en diferentes campos. Sin embargo, en la investigación de García y Solorzano³⁵ que se llevó a cabo en Guaranda realizaron la extracción e inmovilización de estas tres enzimas, demostrando que el método de gelación ofrece la mayor estabilidad enzimática durante el almacenamiento. En el estudio de Carbajal⁹, se logra realizar un preparado semipurificado de bromelina, analizando ciertos parámetros como: la purificación de la enzima, el cálculo de la actividad proteolítica, la actividad en base de su concentración, un PH y temperatura óptima, estabilidad térmica y análisis electroforéticos; éste semipurificado tuvo como objetivo estandarizar su extracción para el uso en otros sectores; no obstante; la principal desventaja de este proyecto es la utilización de los sistemas de purificación batch y semi-batch que ofrecen simplicidad, factibilidad; pero no accesibilidad a los equipos.

En general, aunque las enzimas otorgan ventajas en diversos campos, en todos los artículos revisados, su uso depende de factores como: la fuente vegetal; los variados

protocolos de extracción y purificación que aún carecen de estandarización internacional; las condiciones de procesamiento, las características del producto final, la calidad del fruto (amplias variedades) y la estación de su cosecha (frutos estacionarios y susceptibles al clima). En el caso puntual de la Bromelina; en el estudio de Ortigoza Rodríguez; se menciona que hay diferencia en la actividad enzimática, de acuerdo que parte se utilice para su extracción (corazón, tallo o cáscara de la piña).

Los resultados encontrados podrían utilizarse en futuras líneas investigativas; en búsqueda del perfeccionamiento de técnicas de obtención enzimática, facilidades de replicación, estandarización y disminución de costos en la producción.

Conclusión

Esta revisión aporta un mayor conocimiento de las enzimas vegetales, sobre todo de sus provechosas propiedades que son consideradas esenciales para la medicina e industria en la actualidad, por mejorar la calidad de vida de las personas y facilitar procesos de manufactura.

La papaína, ficina y bromelina son particularmente interesantes en la fitoterapia y en la tecnología, por la gran cantidad de usos comprobados y publicados, que presentan en distintos campos; por su sencillez y variedad de métodos de extracción a un costo relativamente bajo.

La principal limitación de esta revisión es la renovación constante de nueva información, por ser el potencial enzimático un tema de gran coyuntura en la actualidad. Las nuevas investigaciones se centran en comprobar y comparar la actividad enzimática de diferentes partes del fruto y optimizarla de acuerdo con parámetros para su producción masiva y así utilizar el extracto purificado en diversos campos e industrias.

Referencias Bibliográficas

1. Marques V, Marcucci M, Dias de Oliveira L. The benefits of phytotherapy in Dentistry. Research, society and development. 2022;11(3):e46611327050. Available in: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i3.27050>
2. Vigueras-Morales Y, Tovar-Jiménez X, Ramírez-Vargas M, Mercado-Flores Y. Enzimas Proteolíticas: Generalidades Y La Importancia De Las Aspartil Proteasas Fúngicas. En: Marroquín-de Jesús A, coordinador. La ciencia y las mujeres en México. México: Ecorfan. p. 1–15. Disponible en: https://www.ecorfan.org/handbooks/Handbooks_Mujeres_en_la_Ciencia_TIV/Handbooks_Mujeres_en_la_Ciencia_TIV.pdf
3. García M, Solorzano E. Extracción e inmovilización de enzimas proteolíticas de tres tipos de frutas mediante dos métodos y su aplicación en la industria alimentaria, en el laboratorio de biotecnología de la Universidad Estatal de Bolívar. Rev talentos. 2018;2018(1):569–78. Disponible en: <https://talentos.ueb.edu.ec/index.php/talentos/article/view/116>
4. Sánchez D, Trejo N. Biología celular y molecular. 1era. ed. México: Alfil; 2006. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/258020356_Biologia_celular_y_molecular
5. Obregón Walter David. Hidrolasas De Látex De Especies Del Género Araujia. Purificación Y Caracterización De Las Enzimas Proteolíticas. Argentina: Universidad Nacional De La Plata; 2008. Disponible en: <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/2249>
6. Carbonero Zalduegui P. Complementos de bioquímica industrias agrícolas. Enzimas. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid; 1975. Disponible en: <https://oa.upm.es/54141/1/ENZIMAS.pdf>
7. Chauca Vela Z. Mejoramiento de la textura de carne de vacuno con el uso de la enzima proteolítica (Papaína). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2018. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3682>
8. Chamorro Benavides J. Evaluación del efecto ablandador en carne bovina de la enzima papaína extraída del Chigualcán (Vasconcellea pubescens). Tulcán: Universidad Politécnica Estatal Del Carchi; 2023. Disponible en: <https://repositorio.upec.edu.ec/server/api/core/bitstreams/4a9d7c00-c00c-428c-afc2-c66055435e77/content>

9. Carvajal C, Márquez M, Pérez A, Chávez M, Hernández M. Caracterización cinética de un preparado semipurificado de bromelina para uso antitumoral. *Rev Cubana Plant Med.* 2010; 15(2): 27-41. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962010000200004
10. Cuc S, Moldovan A, Moldovan M, Sarosi C, Buduru S, Bacali C, Prodan D, Lazar V, Man SC. Effects of Bromelain and Papain in Tooth Whitening and Caries Removal: A Literature Review. *Dent J (Basel).* 2025; 13(3): 132. Available in: <https://doi.org/10.3390/dj13030132>
11. Rivera-Botonares RS, Oliva-Cruz SM, Tineo Flores D. Extracción y purificación de papaína obtenida a partir de tres especies nativas del género *Vasconcellea*. *Rev. Investig. Altoandin.* 2023;25(2):109-16. Disponible en: <https://doi.org/10.18271/ria.2023.447>
12. Cao Fernández Oscar. Remoción química-mecánica de caries. *Salud Militar.* 2015; 34(1):58-71. Disponible en: <https://doi.org/10.35954/SM2015.34.1.8>
13. Cornejo Castro D. Comparación de los métodos de purificación de la papaína, utilizadas en diferentes industrias. Arequipa, 2022. Arequipa: Universidad Católica De Santa María; 2023. Disponible en: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/server/api/core/bitstreams/7ceac957-ff1a-4fa8-8f69-53cb6ce9cb86/content>
14. Rodríguez Bello O. Producción e importancia de bromelina y papaína para la industria cárnica. Cundimarca: Universidad Nacional Abierta Y A Distancia "Unad"; 2009. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/1517/2009-03P-08.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
15. Tello Quito G. Secado De Higo (*Ficus Carica*). Perú: Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica; 2019. Disponible en: <https://repositorio.unica.edu.pe/server/api/core/bitstreams/cabe2bd0-2af8-4317-be44-545ceaa22308/content>
16. Quiroga G, Parra C, Giménez A, Flores E. Estudio comparativo del complejo proteolítico de especies del género *Ficus* spp. *Rev. Bol. Quim.* 2018; 35(5): 133-139. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/pdf/rbq/v35n5/v35n5_a02.pdf
17. Moscoso Altamirano Z. Efecto del látex en polvo de higo (*ficus carica* L.) en el ablandamiento de carne bovino. Perú: Universidad Nacional José María Arguedas; 2022. Disponible en: https://repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14168/656/Zenaida_Tesis_Bachiller_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y
18. Zuñiga Vilca Z. Efecto inhibitorio del gel de ficina liofilizada al 10% en comparación con gel papacárie duo sobre el crecimiento de *streptococcus mutans*, Arequipa 2022. Arequipa: Universidad Católica De Santa María; 2022. Disponible

en: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/server/api/core/bitstreams/d7618f0e-de42-422e-a90d-ae388758f5fd/content>

19. Apaza Ipanaqué M, Verástegui Legua N. Efecto antiinflamatorio in vitro del extracto metanólico del látex del ficus insipida (ojé) sobre la estabilización de la membrana de los eritrocitos. Lima: Universidad María Auxiliadora; 2021. Disponible en: <https://repositorio.uma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12970/585/efecto%20antiinflamatorio%20in%20vitro%20del%20extracto%20metan%20c3%93lico%20del%20l%20c3%81tex%20del%20ficus%20insipida%20%28oj%20c3%89%29%20sobre%20la%20estabilizaci%20n%20de%20la%20membrana%20de%20los%20eritrocitos.pdf?sequence=1&isallowed=y>
20. Bertoluzzo M, Bertoluzzo S, Rigatuso R. Estudio cinético de la actividad proteolítica de la enzima ficina. Anales AFA. 2008; 20(1): 243-245. Disponible en: <https://anales.fisica.org.ar/index.php/analesafa/article/view/134/158>
21. Juca-Villalta D, Sánchez-Jáuregui. Estudio de factibilidad de la utilización de enzimas vegetales en la elaboración del queso tipo fresco. Ciencia y tecnología de alimentos. 2016; 26(1): 36-43. Disponible en: <https://revcitalcal.iiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/es/article/view/236>
22. Soccol Carlos R, De Franca L. Biotecnología Aplicada À Agro&Indústria. Fundamentos E Aplicações. Blucher; 2016. Disponible en: <https://openaccess.blucher.com.br/article-list/biotecnologia-aplicada-a-agro-e-industria-326/list/#undefined>
23. Loubes M, Vidales S, Almada C. Evaluación sensorial de crustáceos tratados con inhibidores de la melanosis. La industria cárnica latinoamericana. 2009; 162: 38-43. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/318430074_Evaluacion_sensorial_de_crustaceos_tratados_con_inhibidores_de_la_melanosis
24. Espinosa Soto I. Germinación, microinjertación y cultivo de callos in vitro de Vasconcellea stipulata V.M. Badillo y Vasconcellea pubescens A.DC. Buenos Aires: Universidad Nacional De La Plata; 2016. Disponible en: https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/53339/Documento_completo.pdf-PDFA-U.pdf?sequence=3&isAllowed=y
25. Martínez-Galero Nx, Agüero-Padilla Re, Hernández-López A, Avila-Alejandro Ax, Toribio-Jiménez J, López-Arjona H. Importance of pineapple (Ananas comosus L.) Waste as a possible source of industrial proteases. Agrociencia. 2023;57(8):1-12. Disponible en: <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v57i8.2973>
26. Pardavé Livia W, Mendoza Rojas P. Caracterización Físico-Químico de la cáscara de piña (Ananas Comosus) tipo perolera del departamento de Santander. Revista

- Politécnica. 2023;19(38):143–59. Disponible en: <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v19n38a9>
27. Jaramillo Sierra P. Aprovechamiento energético de la cascara de pina como biomasa para la obtención de bioetanol y bromelina como subproducto con ayuda del simulador aspen plus. Bucaramanga: Universidad Autónoma De Bucaramanga Facultad De Ingenierías; 2022. Disponible en: https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/18473/2022_tesis_jaramillo_sierra_paula.pdf?sequence=1
 28. Amores-Monge V, Goyanes S, Ribba L, Lopretti M, Sandoval-Barrantes M, Camacho M, et al. Pineapple Agro-Industrial Biomass To Produce Biomedical Applications In A Circular Economy Context In Costa Rica. *Polymers*. 2022;14(22):1–24. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/polym14224864>
 29. Acosta Flores A, Castellanos Espinosa A, Martínez Rodríguez A, Ramírez López E, Sánchez Peña M, López Camarillo D, et al. La bromelina y su aplicación terapéutica antiinflamatoria en humanos: una revisión de alcance. *Nutr Clín Hos*. 2023; 43(2): 115-122. Disponible en: <https://doi.org/10.12873/432martinez>
 30. Rubí Darce J, Bismark López U. Efecto de un ablandador de piña (*Ananas comosus*) monte lirio en la terneza de cortes de carne bovina a escala de laboratorio en la UNA Managua durante julio-noviembre 2021. Nicaragua: Universidad Nacional Agraria; 2021. Disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/4495/1/tnq04r896.pdf>
 31. Arteaga Ibarra Elba Lorena. Propuesta para el diseño de una forma farmacéutica con papaína y aceite de orégano para el tratamiento contra bacterias bucales. México: Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco; 2022. Disponible en: <https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/handle/123456789/26456>
 32. González Taracena M, Valencia Ruiz K, Martínez Báez A, Márquez Zamora L, Ramírez López E. Aplicaciones terapéuticas de la bromelina en el sistema gastrointestinal en humanos: una revisión de alcance. *Revista Salud Pública y Nutrición*. 2022;21(2):39–49. Disponible en: <https://doi.org/10.29105/respyn21.2-5>
 33. López Rodríguez M. Uso en quemaduras de bromelina, un complejo enzimático obtenido de ananas comosus. Sevilla: Universidad De Sevilla; 2020. Disponible en: <https://idus.us.es/server/api/core/bitstreams/326bb765-cbfd-4ac0-a841-7c12a2080733/content>
 34. De Lima Oliveira Rebeca Franco. Efeito do uso da bromelina na resistência de união de pinos de fibra de vidro utilizando diferentes cimentos resinosos. Ribeirão Preto: Universidade De São Paulo; 2022. Disponible en: <https://www.teses.usp>

[br/teses/disponiveis/58/58131/tde-05122022-143651/publico/ME_Rebeca_Franco_de_Lima_Oliveira_Corrigida.pdf](https://repositorio.unirioja.es/teses/disponiveis/58/58131/tde-05122022-143651/publico/ME_Rebeca_Franco_de_Lima_Oliveira_Corrigida.pdf)

35. García M, Solórzano E. Extracción e inmovilización de enzimas proteolíticas de tres tipos de frutas mediante dos métodos y su aplicación en la industria alimentaria, en el laboratorio de biotecnología de la Universidad Estatal de Bolívar. Revista de investigación talentos. 2018: 569-578-. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8551247>

Recibido: 17 de noviembre 2025 | **Aceptado:** 04 de febrero 2025 | **Publicado:** 12 de mayo 2025