إنزيم البابايين Papain Enzyme لتحلل البروتين وإنتاج الهيدروليزات البروتينية

فريق الأبحاث في Enzymes.bio · ويلينغتون، نيوزيلندا · June 21, 2026

إنزيم البابايين هو بروتياز نباتي من عائلة البروتيازات السيستئينية، يُستخدم في تحلل البروتينات عبر قطع الروابط الببتيدية وتحويل البروتين الكامل إلى ببتيدات أقصر وأجزاء أكثر قابلية للتعديل الوظيفي. في تطبيقات **protein hydrolysis**، يكون البابايين مفيدًا لتطوير هيدروليزات بروتينية غذائية، وتحسين الطراوة، وتعديل الذوبانية والقوام، وإطلاق ببتيدات ذات وظائف محتملة عند التحكم في ظروف العملية بعناية [1].

يتاح **Papain Enzyme For Protein Hydrolysis** عبر Enzymes.bio كمورّد إلكتروني مباشر بعبوة 1 كجم، مع إرفاق وثائق CoA وSDS مع الطلب. المنتج مناسب للفرق التي تحتاج إلى بروتياز نباتي مفهوم علميًا لتجارب تطوير المنتجات أو عمليات التحلل البروتيني التطبيقية، مع ضرورة مواءمة ظروف الاستخدام مع المادة الخام والهدف النهائي .

ما هو إنزيم البابايين في سياق تحلل البروتين؟

البابايين إنزيم محلّل للبروتينات يوجد طبيعيًا في لاتكس نبات البابايا **Carica papaya**، ويُعد من أشهر البروتيازات النباتية المستخدمة صناعيًا. تصفه المراجعات العلمية بأنه إنزيم واسع التطبيق في الأغذية، والمستحضرات الحيوية، وبعض الاستخدامات التقنية، لأن نشاطه لا يقتصر على بروتين واحد بعينه بل يمتد إلى طيف من البروتينات الحيوانية والنباتية والبحرية عند توافر ظروف معالجة مناسبة [2].

في تحلل البروتين، لا يعمل البابايين كعامل "إذابة" بسيط، بل كحفّاز حيوي يسرّع كسر الروابط الببتيدية داخل السلاسل البروتينية. النتيجة تكون مزيجًا من ببتيدات بأطوال مختلفة، وقد تتكون أحماض أمينية حرة بدرجات متفاوتة بحسب شدة التحلل ومدة التفاعل وتركيب البروتين الخام. لهذا السبب يُستخدم البابايين في إنتاج **الهيدروليزات البروتينية** التي تُستعمل في الأغذية، وقواعد النكهات، وتعديل القوام، وبعض مكونات التغذية الوظيفية [3].

أهمية البابايين في بيئة B2B تأتي من كونه إنزيمًا متعدد الاستخدامات: يمكن توظيفه في بروتينات اللحوم، والأسماك، والكولاجين، والبقوليات، ومصادر بروتينية أخرى، لكن النتيجة لا تكون واحدة في كل حالة. فالبروتينات تختلف في درجة الانطواء، وتوزيع الأحماض الأمينية، ووجود الدهون أو الأملاح أو السكريات، وهذه العوامل تحدد مدى سهولة وصول البابايين إلى الروابط الببتيدية القابلة للقطع [1].

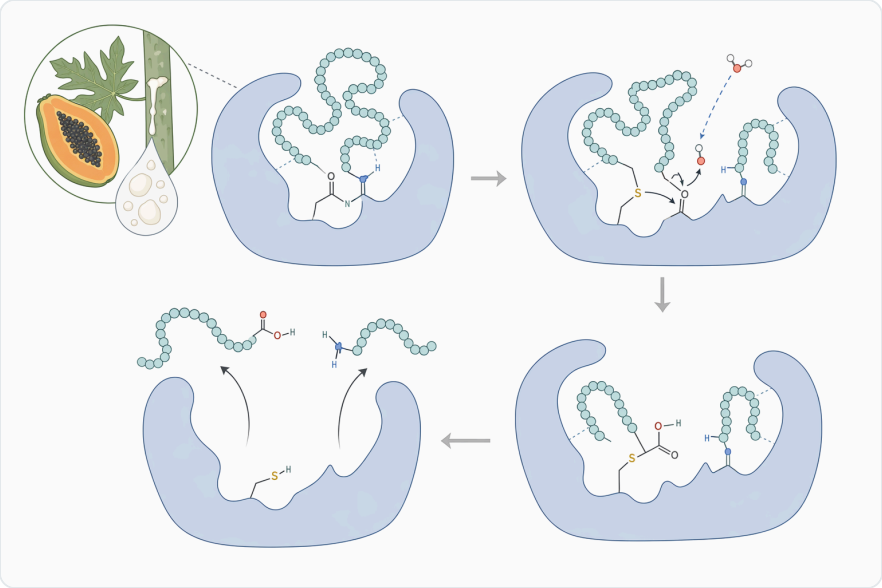

Figure 1. 파파인은 접근 가능한 단백질 사슬의 내부 펩타이드 결합을 절단해 더 짧은 펩타이드 조각을 만드는 시스테인 프로테아제입니다.

الآلية الجزيئية: كيف يقطع البابايين الروابط الببتيدية؟

ينتمي البابايين إلى البروتيازات السيستئينية؛ أي إن بقايا السيستئين في الموقع النشط تؤدي دورًا مباشرًا في الهجوم على الرابطة الببتيدية. في النموذج الكلاسيكي للآلية، تتعاون بقايا السيستئين مع بقايا هيستيدين مجاورة داخل الموقع النشط لتكوين نظام تفاعلي قادر على مهاجمة كربونيل الرابطة الببتيدية، ما يؤدي إلى تكوين وسيط إنزيمي عابر ثم تحرير جزء من السلسلة البروتينية [4].

يمكن تلخيص العملية في مرحلتين وظيفيتين. أولًا، يرتبط جزء من البروتين بالموقع النشط بطريقة تسمح بمحاذاة الرابطة المستهدفة. ثانيًا، يحدث قطع للرابطة عبر وسيط تساهمي قصير العمر بين الإنزيم والركيزة، ثم تُستكمل العملية بإضافة الماء لتحرير الببتيد المتبقي وإعادة الإنزيم إلى حالته النشطة. الدراسات الآلية على البابايين استخدمت مجسات تفاعلية لفهم تكوّن وسيط **acyl-enzyme**، وهو عنصر مركزي في تفسير قوة البابايين كبروتياز [5].

هذه الآلية تفسر سبب قدرة البابايين على تعديل البنية البروتينية بعمق حتى عندما لا يكون التحلل كاملًا. قطع عدد محدود من الروابط قد يكفي لتغيير الانطواء، وتقليل حجم الجزيئات، وكشف مناطق كارهة أو محبة للماء، وتغيير التفاعل بين البروتين والماء أو الدهون. لذلك قد تظهر تأثيرات تقنية واضحة مثل تليين النسيج أو تغيير اللزوجة حتى قبل الوصول إلى تحلل واسع النطاق [3].

لماذا يُستخدم البابايين لإنتاج الهيدروليزات البروتينية؟

الهيدروليزات البروتينية ليست مجرد بروتين "مكسّر"؛ هي مكونات تختلف خواصها عن البروتين الأصلي. عند تحويل بروتين كامل إلى ببتيدات، قد تتحسن قابلية التشتت في الماء، وقد تنخفض اللزوجة في بعض الأنظمة، وقد تظهر خصائص حسية أو وظيفية جديدة. في الأغذية، هذا مهم عند تطوير مشروبات بروتينية، قواعد شوربة أو مرق،

مكونات مالحة، أغذية سهلة الهضم، أو تركيبات تعتمد على بروتينات نباتية تحتاج إلى تعديل وظيفي [1].

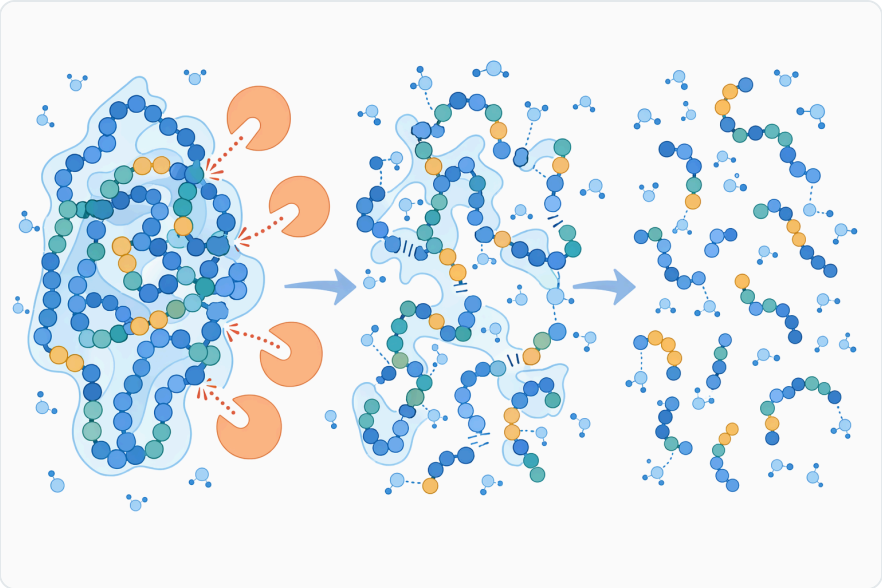

Figure 2. 파파인 가수분해는 접근 가능한 결합을 절단함으로써 단백질 사슬 .길이를 줄이고 구조, 용해도, 질감을 변화시킵니다

من الناحية التغذوية، يؤدي التحلل الإنزيمي إلى تقليل متوسط حجم السلاسل البروتينية، ما قد يجعلها أكثر قابلية للإنزيمات الهضمية اللاحقة مقارنة ببروتين شديد الانطواء أو صعب التفكك. لكن ذلك لا يعني أن كل هيدروليزات البابايين متساوية؛ فالهضمية والامتصاص والطعم النهائي تعتمد على مصدر البروتين ودرجة التحلل وتكوين الببتيدات الناتجة [6].

كما يُستخدم التحلل الإنزيمي لإطلاق ببتيدات ذات نشاط حيوي محتمل. في أدبيات الببتيدات المشتقة من البروتينات الغذائية، تُعد البروتيازات أداة رئيسية لتحرير تسلسلات قصيرة قد تكون كامنة داخل البروتين الأصلي. ومع ذلك، يجب التمييز بين "إطلاق ببتيدات نشطة في المختبر" وبين إثبات أثر صحي في منتج نهائي؛ فالأخير يحتاج إلى تحقق مستقل من الثبات، والتوافر الحيوي، والسياق الغذائي [6].

مواضع القوة العملية لإنزيم البابايين

تحلل بروتينات متنوعة بخصوصية واسعة

من أهم مزايا البابايين أنه ليس إنزيمًا شديد التخصص مثل بعض البروتيازات التي تستهدف مواقع محددة جدًا. هذه الخصوصية الواسعة تعطيه مرونة في التعامل مع مواد خام متعددة، لكنها في الوقت نفسه تتطلب ضبطًا للتفاعل حتى لا ينتج تحلل زائد أو طعم غير مرغوب. المراجعات الحديثة حول البابايين تضعه ضمن الإنزيمات الكلاسيكية التي بقيت ذات قيمة صناعية بسبب توازنها بين النشاط، والتوافر، وسهولة إدماجها في عمليات غذائية مختلفة [3].

تعديل القوام والطراوة في اللحوم

تطرية اللحوم من أكثر تطبيقات البابين شهرة، وهي مثال واضح على تحلل البروتين في مصفوفة غذائية معقدة. يعمل البابين على البروتينات العضلية وبعض مكونات النسيج الضام، ما يضعف البنية الصلبة ويزيد الإحساس بالطراوة عند التحكم في شدة المعالجة. الاستخدام غير المنضبط قد يؤدي إلى قوام طري أكثر من اللازم أو سطح مهترئ، لذلك تُعامل هذه العملية عادة كتحلل جزئي موجّه وليس هضمًا كاملًا للبروتين [7].

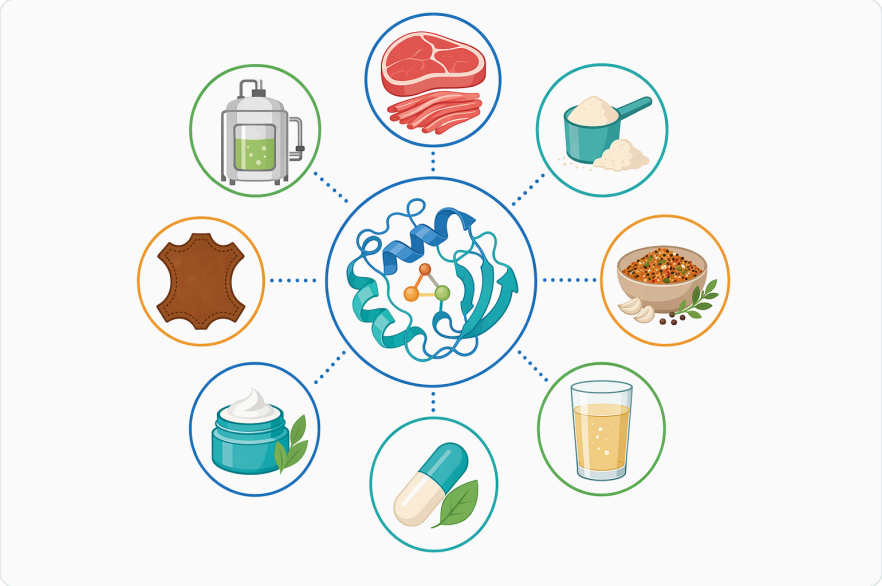

Figure 3. 파파인은 콜라겐 및 젤라틴 기질, 육류, 가죽 원피, 부산물, 케라틴이 풍부한 화장품 관련 표면 등 구조화된 단백질 매트릭스에 적용됩니다.

إنتاج ببتيدات ومكونات غذائية وظيفية

في تطبيقات المكونات الغذائية، يمكن للبابين أن يساعد في إنتاج هيدروليزات تحتوي على ببتيدات قصيرة، أحماض أمينية حرة، ومركبات نيتروجينية قابلة للمساهمة في النكهة أو الوظيفة التقنية. المراجعات الخاصة بتطبيقات البابين الصناعية تشير إلى حضوره في الأغذية، والمستحضرات، وبعض المجالات الحيوية، مع بقاء نجاح كل تطبيق مرتبطًا بتركيبة المنتج ومتطلبات المعالجة [1].

معالجة مصادر بروتينية نباتية وحيوانية وبحرية

التوجه نحو الاستفادة من مصادر بروتينية بديلة يجعل التحلل الإنزيمي أكثر أهمية. البروتينات النباتية قد تعاني من ضعف الذوبانية أو الطعم غير المرغوب أو البنية الجزيئية المقاومة للمعالجة، بينما قد تحتوي المواد البحرية والحيوانية الثانوية على بروتينات قيّمة لكنها تحتاج إلى تحويلها إلى صورة أكثر قابلية للاستخدام. البابين يمكن أن يكون أحد خيارات التحلل لهذه المواد، بشرط تطوير العملية على أساس المادة الخام نفسها لا على افتراضات عامة [2].

جدول مقارنة: أين يضيف البابين قيمة في تحلل البروتين؟

مجال الاستخدام	ما الذي يفعله البابين بالبروتين؟	القيمة التقنية المتوقعة	نقطة الانتباه العملية
هيدروليزات بروتينية غذائية	يقطع السلاسل البروتينية إلى ببتيدات أقصر	تحسين التشتت، تعديل القوام، دعم تطوير مكونات بروتينية	التحلل الزائد قد يزيد المرارة أو يغيّر النكهة [3]
تطرية اللحوم	يضعف البروتينات العضلية ومكونات النسيج الضام	طراوة أعلى وإحساس فموي أكثر ليونة	يلزم ضبط المعالجة لتجنب القوام المفرط اللين [7]
البروتينات النباتية	يقلل حجم الجزيئات ويكشف مناطق وظيفية جديدة	قابلية أفضل للدمج في أغذية ومشروبات نباتية	قد تظهر ببتيدات مرة بحسب المصدر ودرجة التحلل [1]
المواد البحرية والجانبية	يحول البروتينات المعقدة إلى كسور أصغر	رفع قيمة المواد الغنية بالبروتين وتسهيل استخدامها	الرائحة والأكسدة والملوحة عوامل تؤثر في المنتج النهائي [2]
الببتيدات الوظيفية	يحرر تسلسلات قصيرة كانت كامنة داخل البروتين	إمكانية تطوير مكونات ذات نشاط حيوي محتمل	النشاط المختبري لا يكفي وحده لادعاء صحي نهائي [6]

العوامل التي تتحكم في نتيجة التحلل بالبباين

نوع البروتين الخام

الاختلاف بين بروتينات الحليب، واللحوم، والسمك، والصويا، والبازلاء، والكولاجين ليس اختلافًا في الاسم فقط؛ بل في البنية الجزيئية وقابلية الوصول إلى الروابط الببتيدية. البروتين شديد الانطواء أو المرتبط بمصفوفة دهنية أو معدنية قد يحتاج إلى تحضير مختلف عن بروتين معزول عالي التشتت. لذلك يجب فهم البابين كأداة تحلل مرنة، لا كعامل يعطي النتيجة نفسها مع كل ركيزة [2].

درجة التحلل المطلوبة

ليست أعلى درجة تحلل هي الأفضل دائمًا. في بعض التطبيقات، يكون الهدف تحللًا محدودًا لتحسين الطراوة أو الذوبانية من دون فقدان القوام. في تطبيقات أخرى، قد يكون المطلوب توليد ببتيدات أقصر لإنتاج قاعدة نكهة أو مكون سريع التشتت. التحكم في درجة التحلل هو العامل الذي يوازن بين الوظيفة، والطعم، واللزوجة، والثبات، وتكلفة العملية [3].

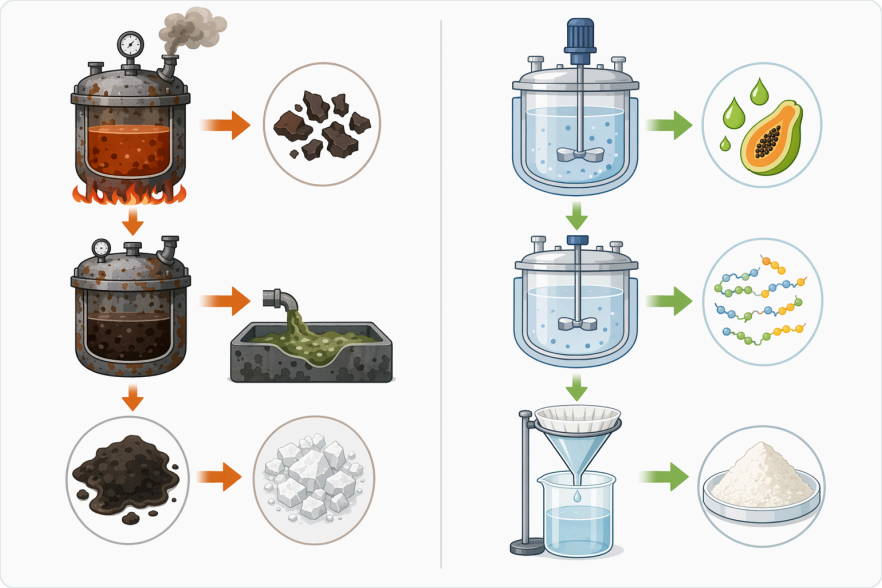

Figure 4. 파파인은 다양한 단백질 매트릭스에 적합한 온화한 수용액 조건에서 제어된 단백질 분해를 가능하게 한다는 점에서 산성, 중성, 알칼리성 프로테아제와 다릅니다.

بيئة التفاعل

يتأثر البابين ببيئة التفاعل، بما في ذلك الحموضة، والملوحة، ووجود المثبطات أو العوامل المختزلة أو المؤكسدة، وتركيب المادة الخام. تشير دراسات توصيف البابين التجاري إلى أن خصائص الأداء قد تختلف بين المنتجات التجارية، ما يجعل التحقق التطبيقي داخل التركيبة الفعلية خطوة مهمة عند تطوير عملية صناعية أو غذائية [8].

زمن التلامس وإيقاف النشاط

كلما طال تلامس البابين مع البروتين في ظروف ملائمة، زادت احتمالية تقدم التحلل. لذلك تعتمد العمليات العملية على تحديد نقطة إيقاف مناسبة عندما يصل المنتج إلى القوام أو الذوبانية أو الطعم المرغوب. يمكن إنهاء النشاط بطرق معالجة غذائية مناسبة للتركيبة، مع مراعاة ألا يتحول إيقاف الإنزيم إلى خطوة تؤثر سلبًا في جودة المنتج النهائي [3].

البابين مقارنة بالتحلل الكيميائي للبروتين

التحلل الكيميائي، سواء في بيئات حمضية أو قلوية قوية، يمكنه تفكيك البروتينات بفاعلية، لكنه أقل انتقائية وقد يسبب تغيرات غير مرغوبة في الأحماض الأمينية أو اللون أو النكهة. في المقابل، يوفر التحلل الإنزيمي بالبابين مسارًا أكثر قابلية للضبط في ظروف ألطف نسبيًا، ما يجعله مناسبًا عندما يكون الحفاظ على جودة المكون الغذائي أو التحكم في الببتيدات الناتجة هدفًا أساسيًا [1].

ميزة البابين هنا ليست أنه "أقوى" في كل الحالات، بل أنه أكثر توجيهًا من المعالجة الكيميائية العامة. الإنزيم يعمل عبر موقع نشط محدد، ويعتمد على قابلية الرابطة الببتيدية للوصول إلى هذا الموقع. هذا يعطي مطوري المنتجات مساحة لضبط النتيجة عبر تغيير التحضير، والتركيز النسبي للمواد، وزمن التفاعل، بدل الاعتماد على

تفكيك غير نوعي للبروتين [4].

الأدلة العلمية: ما الثابت وما الذي يحتاج إلى تحقق؟

الثابت علميًا أن البابايين بروتياز قادر على قطع الروابط الببتيدية، وأن آليته كإنزيم سيستئيني موصوفة منذ عقود في أدبيات البنية والآلية. كما أن استخدامه في الأغذية والصناعات الحيوية مدعوم بمراجعات حديثة تلخص تطبيقاته في التحلل البروتيني، وتطرية اللحوم، وتحضير مكونات قائمة على البروتين [4].

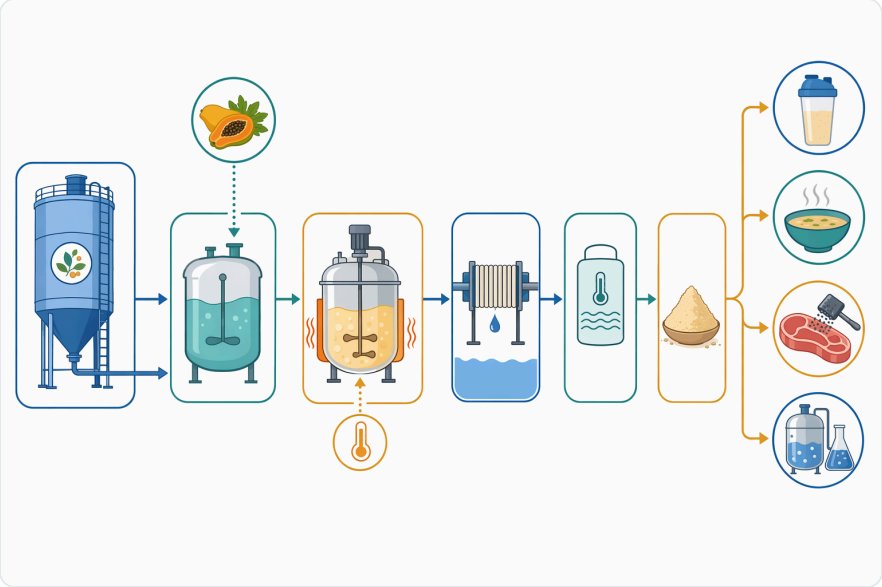

Figure 5. 콜라겐 및 젤라틴 가공에서 파파인을 제어된 조건으로 처리하면 추출 및 후속 분리 전에 가죽이나 절단 부산물을 열어 주는 데 도움이 됩니다.

الدراسات الخاصة بالاستخلاص والتوصيف من البابايا تؤكد أن البابايين ليس مادة واحدة بمعزل عن المصدر والتحضير؛ فالخواص العملية قد تتأثر بطريقة الحصول على الإنزيم ونقاوته ومصفوفته. بالنسبة لمستخدم B2B، هذا يعني أن الأداء في التطبيق النهائي يجب ربطه بالدفعة والوثائق المصاحبة وبالتركيبة الفعلية، لا بالاسم العام للإنزيم فقط [9].

أما في مجال الببتيدات ذات النشاط الحيوي، فالأدلة واعدة لكنها أكثر تعقيدًا. المراجعات حول الببتيدات الخافضة للضغط المشتقة من الكازينات، مثلًا، تبيّن أن التحلل الإنزيمي يمكن أن يطلق ببتيدات لها نشاط في نماذج مختبرية أو حيوية، لكن تحويل ذلك إلى منتج غذائي ذي ادعاء صحي يتطلب دراسة الهضم، والثبات، والامتصاص، والجرعة ضمن المنتج النهائي [6].

يوجد أيضًا تاريخ بحثي قديم يوضح قدرة البابايين الخام على تغيير خصائص بروتينات مثل جلوتين القمح في سياقات مرضية مختبرية، لكن هذه الأدلة لا ينبغي تحويلها إلى ادعاءات علاجية أو غذائية حديثة دون تحقق صارم. الأهمية العملية لهذه الدراسات أنها تُظهر قدرة البابايين على تعديل بروتينات معقدة، لا أنها تثبت ملاءمة منتج معين لمرض أو حالة صحية [10].

حدود الاستخدام والمخاطر التقنية

أبرز حد تقني للبابايين هو أن التحلل غير مضبوط قد يسبب نتائج عكسية. في الهيدروليزات الغذائية، يمكن أن تظهر مرارة ناتجة عن ببتيدات قصيرة ذات أحماض أمينية كارهة للماء. وفي اللحوم، يمكن أن يؤدي النشاط الزائد إلى نسيج لين أو متهتك. وفي المشروبات، قد تتحسن الذوبانية في مرحلة ثم تظهر ترسبات أو تغيرات حسية إذا تغير توازن الببتيدات والأملاح والبروتينات المتبقية [3].

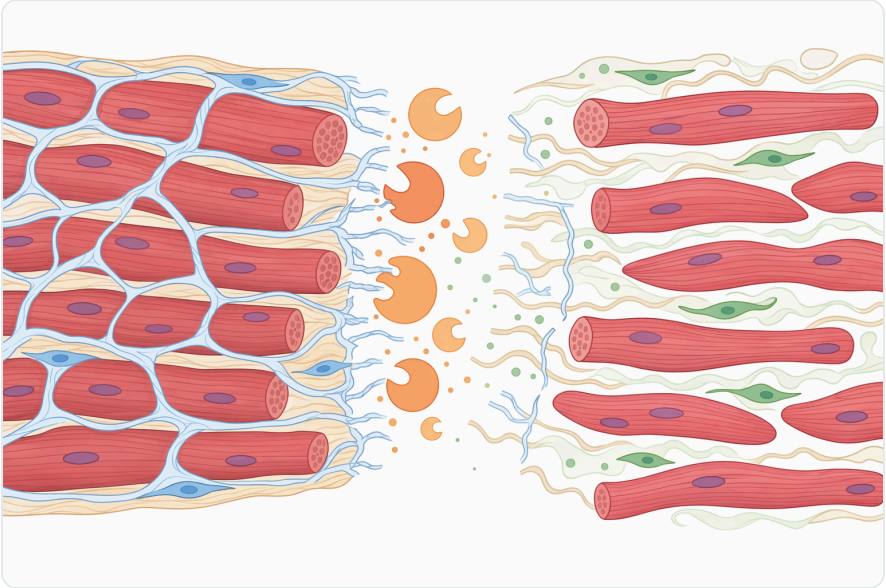

Figure 6. 파파인은 씹는 저항감에 관여하는 근육 및 결합조직 단백질을 부분적으로 절단해 고기를 부드럽게 만듭니다.

كما أن البابايين ليس مناسبًا تلقائيًا لكل بروتين. بعض المواد الخام تحتوي على مركبات قد تقلل النشاط أو تغيّر اتجاه التحلل، وبعض التركيبات قد تحتوي على دهون أو بوليفينولات أو أملاح أو سكريات تؤثر في تفاعل الإنزيم مع الركيزة. لذلك يكون التطوير العملي قائمًا على فهم المصفوفة الغذائية كاملة وليس البروتين وحده [2].

ومن المهم تجنب المبالغة في الادعاءات الصحية. تحلل البروتين بالبابايين قد يحسن قابلية المعالجة أو ينتج ببتيدات واعدة، لكنه لا يجعل المنتج النهائي علاجًا أو مكملًا ذا أثر فسيولوجي مثبت تلقائيًا. الادعاءات المرتبطة بالضغط، أو الهضم، أو النشاط المضاد للالتهاب، أو غيرها تحتاج إلى أدلة خاصة بالمنتج النهائي وبالسياق التنظيمي الذي سيباع فيه [6].

استخدام البابايين في تطوير المنتجات الغذائية

في تطوير الأغذية، يبدأ دور البابايين عادة من سؤال وظيفي محدد: هل الهدف تقليل اللزوجة؟ تحسين الذوبانية؟ إنتاج قاعدة نكهة؟ تطرية نسيج؟ رفع قابلية الهضم؟ كل هدف يقود إلى درجة تحلل مختلفة، وبالتالي إلى توازن مختلف بين الطعم والقوام والخصائص التغذوية. نجاح البابايين يعتمد على هذا التعريف المبكر للهدف، لا على إضافة الإنزيم كخطوة عامة [1].

في البروتينات النباتية، يمكن أن يساعد التحلل المحدود على تحسين التشتت وتقليل الإحساس الرملي أو الكثافة العالية في بعض التركيبات، لكنه قد يكشف نكهات غير مرغوبة أو يزيد المرارة إذا تقدم التحلل أكثر مما ينبغي. لهذا تكون أفضل النتائج عادة في العمليات التي تربط التحلل بتقييم حسي ووظيفي داخل المنتج النهائي، لا في محلول بروتين منفصل فقط [3].

Figure 7. 파파인은 가치가 낮은 단백질이 풍부한 부산물 흐름을 추출 가능한 콜라겐, 젤라틴, 펩타이드 또는 수용성 가수분해물로 전환하는 데 도움을 줄 .수 있습니다

في اللحوم ومنتجاتها، تُعد العلاقة بين البابايين والقوام مباشرة نسبيًا؛ إذ يؤدي قطع البروتينات البنيوية إلى تليين النسيج. لكن اختلاف القطعة، ومحتوى النسيج الضام، والدهون، والتوزيع داخل المنتج يجعل التحكم ضروريًا. البابايين هنا أداة قوية لكنها تحتاج إلى معالجة متوازنة حتى لا تُفقد المنتج بنيته المرغوبة [7].

في الهيدروليزات البحرية والحيوانية، يمكن أن يحول البابايين المواد الغنية بالبروتين إلى مكونات أكثر قابلية للدمج في أغذية أو أعلاف أو قواعد نكهة. غير أن هذه المواد قد تحمل تحديات حسية خاصة مثل الروائح البحرية أو الأكسدة، ولذلك لا يكفي التحلل وحده؛ بل يجب أن يتكامل مع اختيار المادة الخام والتحكم في التخزين والمعالجة اللاحقة [2].

ما الذي يميز المنتج المتاح عبر Enzymes.bio؟

يوفر المنتج المتاح عبر Enzymes.bio خيار شراء مباشر عبر الإنترنت بعبوة 1 كجم، وهو ما يناسب فرق التطوير أو الإنتاج التي تحتاج إلى كمية عملية من إنزيم البابايين لتطبيقات تحلل البروتين. Enzymes.bio تعمل كقناة توريد إلكترونية للمنتج، وليست جهة تصنيع أو مختبر تحليل، لذلك تُفهم قيمة العرض في سهولة الوصول إلى المنتج والوثائق المصاحبة لا في تقديم خدمات تصنيع مخصصة .

تُرفق مع الطلب وثائق CoA وSDS، وهما وثيقتان مهمتان لتتبع معلومات الدفعة والسلامة والتعامل الداخلي. CoA يساعد في ربط المنتج المستلم ببيانات الجودة المصاحبة له، بينما SDS يدعم تقييم السلامة والتخزين والتعامل وفق ممارسات المنشأة. هذه الوثائق لا تغني عن تحقق المستخدم من ملاءمة المنتج للتطبيق الغذائي أو الصناعي المحدد داخل نظامه التشغيلي .

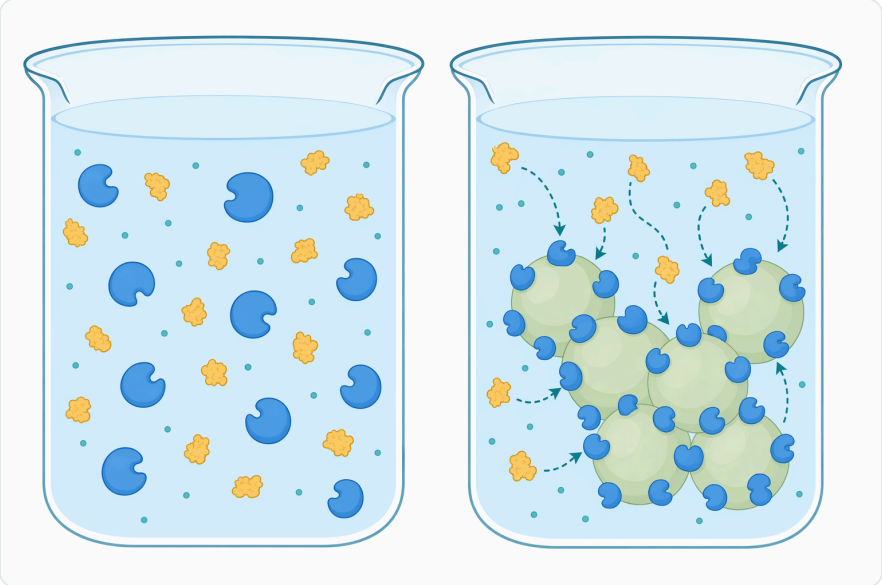

Figure 8. 고정화 파파인은 촉매 효소를 담체에 고정해 가수분해가 용액 전체 .가 아니라 국소적인 접촉 표면에서 일어나도록 합니다

خلاصة تقنية

إنزيم البابايين **Papain Enzyme For Protein Hydrolysis** هو بروتياز نباتي سيستئيني مناسب لتحلل البروتينات وتحويلها إلى ببتيدات أقصر في تطبيقات غذائية وصناعية متعددة. قيمته الأساسية تكمن في قدرته على تعديل البروتين بطريقة إنزيمية قابلة للضبط، بما يتيح تحسين الطراوة، أو الذوبانية، أو القوام، أو تطوير هيدروليزات بروتينية ذات خصائص وظيفية محتملة [1].

الأدلة العلمية قوية فيما يتعلق بآلية البابايين وقدرته على قطع الروابط الببتيدية، ومدعومة بمراجعات عن تطبيقاته في صناعة الأغذية وتطرية اللحوم وتحضير المكونات البروتينية. أما الادعاءات الصحية المرتبطة بالببتيدات الناتجة فيجب التعامل معها كمسار تطوير يحتاج إلى تحقق خاص، لا كنتيجة تلقائية لاستخدام البابايين [4].

بالنسبة للفرق التي تبحث عن بروتياز نباتي لتطبيقات **protein hydrolysis**، يمثل البابايين خيارًا عمليًا عندما تُعرّف أهداف العملية بوضوح وتُضبط درجة التحلل بما يناسب المادة الخام والمنتج النهائي. يتاح المنتج عبر Enzymes.bio للشراء المباشر بعبوة 1 كجم، مع CoA وSDS مرفقتين مع الطلب لدعم الاستخدام المسؤول داخل بيئات التطوير والإنتاج .

اطلب Papain Enzyme For Protein Hydrolysis عبر الإنترنت

يُباع بوحدة 1 kg، وهو متوفر في المخزون وجاهز للشحن. اطلب مباشرة من متجرنا — ادفع عبر الإنترنت وسنعالج طلبك. تُرفق شهادة التحليل ونشرة بيانات السلامة مع كل طلب.

اشترِ Papain Enzyme For Protein Hydrolysis →

المراجع

مرقّمة حسب ترتيب أول اقتباس. مصادر مفتوحة الوصول، تم التحقق من إتاحتها عند النشر؛ وترتبط أرقام الاستشهاد في النص هنا.

1. Shouket, H. A., Ameen, I., Tursunov, O., Kholikova, K., Pirimov, O., Kurbonov, N., Ibragimov, I., ... et al. (2020). Study on industrial applications of papain: A succinct review. *IOP Conference Series: Earth and Environment*, 614.
2. Choudhary, R., Kaushik, R., Chawla, P., & Manna, S. (2024). Exploring the extraction, functional properties, and industrial applications of papain from Carica papaya.. *The Journal of the Science of Food and Agriculture*.
3. Fernández-Lucas, J., Castaneda, D., & Hormigo, D. (2017). New trends for a classical enzyme: Papain, a biotechnological success story in the food industry. *Trends in Food Science and Technology*, 68, 91-101.
4. Lowe, G. (1970). The structure and mechanism of action of papain.. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 257 813, 237-48 .
5. Smolarsky, M. (1978). Mechanism of action of papain: aryldehydroalanines as spectroscopic probes of acyl enzyme formation.. *Biochemistry*, 17 22, 4606-15 .
6. Oliveira, M., Silva, T. J., Barros, E., Guimarães, V. M., Baracat-Pereira, M. C., Eller, M., Coimbra, J., ... et al. (2018). Anti-Hypertensive Peptides Derived from Caseins: Mechanism of Physiological Action, Production Bioprocesses, and Challenges for Food Applications. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 185, 884-908.
7. Israelian, V., Holembovska, N., & Slobodyanyuk, N. (2021). Application of papain enzyme in technology of meat products. *Animal Science and Food Technology*.
8. Elsson, M., Wijanarko, A., Hermansyah, H., & Sahlan, M. (2019). Michaelis-Menten Parameters Characterization of Commercial Papain Enzyme "Paya". *IOP Conference Series: Earth and Environment*, 217.
9. Khatun, M., Saeid, A., Mozumder, N., & Ahmed, M. (2023). Extraction, purification and characterization of papain enzyme from papaya. *Food Research*.
10. Messer, M., Anderson, C., & Hubbard, L. (1964). Studies on the mechanism of destruction of the toxic action of wheat gluten in coeliac disease by crude papain. *Gut*, 5, 295 - 303.

تواصل مع Enzymes.bio

هل لديك أسئلة حول طلب؟ يسرّ فريقنا مساعدتك.

البريد الإلكتروني **wholesale@enzymes.bio**

الهاتف (الولايات المتحدة) **+1 (507) 428-6057**

تواصل معنا →

+400 عملاء B2B

+60 شركاء بحثيون جامعيون

54 نخدم العملاء حول العالم

© 2026 Enzymes.bio · توريد إنزيمات صناعية & لمعالجة الأغذية · غير مخصص للاستهلاك البشري أو البيع بالتجزئة.