

البروتياز كإضافة لأعلاف الحيوانات: تحسين هضم البروتين وكفاءة العلف في الدواجن والخنازير والأحياء المائية

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

إجابة مباشرة: يُستخدم **Protease Animal Feed Additive** كإضافة إنزيمية في الأعلاف لدعم تكسير البروتينات العلفية إلى ببتيدات وأحماض أمينية أكثر إتاحة، خصوصًا في العلائق المعتمدة على كسب الصويا، الحبوب البقولية، الكانولا، أو بدائل البروتين. الأدبيات الحديثة في الخنازير والدواجن والأحياء المائية تربط إضافة البروتياز بتحسين قابلية هضم الأحماض الأمينية، وكفاءة التحويل الغذائي، وتقليل جزء من الفاقد النيتروجيني، لكن الاستجابة تعتمد على نوع الحيوان وتركيبه العليقة وظروف التصنيع والتغذية^[1].

ما هو Protease Animal Feed Additive؟

البروتياز في الأعلاف هو إنزيم خارجي موجّه لتحليل الروابط الببتيدية داخل البروتينات، أي أنه لا يضيف بروتينًا جديدًا إلى العليقة، بل يساعد الحيوان على الوصول إلى البروتين الموجود بالفعل في مكونات العلف. في التطبيق العملي، تُستخدم إضافات البروتياز عندما تكون القيمة الغذائية للمادة البروتينية أعلى مما يظهر في الأداء الفعلي بسبب محدودية الهضم، أو وجود بروتينات مرتبطة بالمصفوفة النباتية، أو تداخل عوامل مضادة للتغذية مع إنزيمات الهضم الطبيعية. هذا المنطق واضح في الدراسات الحديثة التي ركزت على تحسين الهضم للفائفي للأحماض الأمينية في الخنازير عند تغذية مكونات نباتية محددة مثل الحبوب البقولية وكسب الصويا^[1].

توفّر Enzymes.bio هذا النوع من الإنزيمات كمورّد B2B عبر الإنترنت، وليست جهة مصنّعة ولا مختبر تحاليل. يباع المنتج مباشرة عبر الإنترنت بوحدة **1 kg**، وتُرفق مع الطلب وثيقتا **CoA** و **SDS** لاستخدامهما في التوثيق والسلامة. ويجب قراءة المنتج ضمن فئة أوسع من إنزيمات الأعلاف التي تشمل البروتياز إلى جانب إنزيمات أخرى مثل الفيتاز والزيلاناز والأميليز والليباز، حيث تعرض Enzymes.bio فئة مخصصة لإنزيمات العلف الحيواني للاستخدامات التجارية والصناعية ذات الصلة بالتغذية.

تقنيًا، لا ينبغي التعامل مع البروتياز باعتباره بديلًا عن توازن الأحماض الأمينية أو جودة المواد الخام أو إدارة المزرعة. قيمته تظهر عندما تكون هناك فجوة بين البروتين الخام في الصيغة وبين البروتين المهضوم والمستفاد منه فعليًا. لذلك يكون النقاش الدقيق حول البروتياز مرتبطًا بمصطلحات مثل **قابلية هضم البروتين، إتاحة الأحماض الأمينية، كفاءة التحويل الغذائي، وخفض النيتروجين غير المستفاد** أكثر من ارتباطه بمجرد رفع نسبة البروتين الخام في العلف^[2].

لماذا يحتاج قطاع الأعلاف إلى بروتياز خارجي؟

الفجوة بين البروتين الخام والبروتين القابل للهضم

في كثير من الصيغ التجارية، تُحسب العليقة على أساس بروتين خام وأحماض أمينية كلية أو مهضومة، لكن الحيوان لا يستفيد من كل البروتين بنفس الكفاءة. البروتينات النباتية قد تكون محاطة بجدر خلوية، أو مرتبطة بالألياف، أو متأثرة بالحرارة والمعالجة، أو محتوية على مثبطات إنزيمية تقلل سرعة التحلل في القناة الهضمية. لذلك ركزت دراسات حديثة على الخزائر النامية على تأثير البروتياز في الهضم اللفائفي للأحماض الأمينية عند استخدام الحبوب البقولية، وهي مكونات جذابة اقتصاديًا لكنها تختلف في تركيب البروتين والألياف والعوامل المضادة للتغذية [1].

الفكرة العملية هنا أن زيادة البروتين الخام ليست دائمًا حلًا اقتصاديًا أو بيئيًا. إذا بقي جزء من البروتين غير مهضوم، فهو لا يتحول إلى نمو أو إنتاج، بل ينتقل إلى الأمعاء الغليظة أو يطرح كنيروجين، وقد يرفع عبء التخمر غير المرغوب والفضلات. ولهذا درست أبحاث حديثة أثر البروتياز في علائق خزائر ذات كثافة غذائية مرتفعة أو منخفضة، مع ربط الأداء الإنتاجي بالأثر البيئي، ما يعكس الاهتمام بتقليل الهدر بدل الاكتفاء برفع تركيز المغذيات

[2]

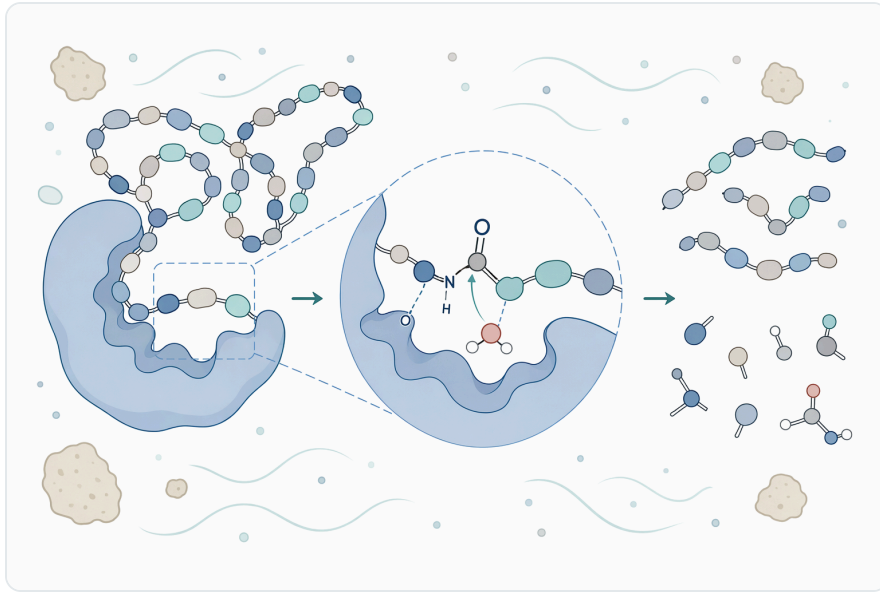


Figure 1. 동물 사료용 프로테아제는 사료 단백질의 펩타이드 결합을 더 작은 펩타이드와 아미노산으로 가수분해하여 소화를 개선합니다

توسّع استخدام البروتينات النباتية والبديلة

الاعتماد على كسب الصويا، الحبوب البقولية، كسب الكانولا، ومصادر بروتين بديلة أصبح شائعًا بسبب التكلفة وتذبذب توافر المواد الخام. لكن هذه المكونات ليست متطابقة في سهولة الهضم؛ فكسب الصويا يختلف حسب المعالجة ومحتوى مثبطات الترسين، وكسب الكانولا يحتوي على بنية ليفية أعلى ومركبات قد تحد من الإتاحة،

والحبوب البقولية تختلف في تركيب النشا والبروتين والألياف. لذلك اختبرت دراسات حديثة البروتياز مع كسب الصويا في خنازير بأعمار مختلفة، لأن العمر يؤثر في نضج الجهاز الهضمي وإفراز الإنزيمات الداخلية وسرعة الاستجابة للمكملات الإنزيمية [3].

كذلك تم تقييم البروتياز ضمن تركيبات تحتوي على كسب الكانولا المعصور بالطرد مع إنزيمات كربوهيدراز متعددة، لأن المشكلة في بعض المواد ليست بروتينية فقط؛ فالبروتين قد يكون محتجراً داخل مصفوفة كربوهيدراتية أو ليفية. في هذه الحالة لا يكفي إنزيم واحد دائماً، بل قد تعمل إنزيمات الألياف والكربوهيدرات على فتح البنية النباتية، بينما يهاجم البروتياز الروابط الببتيدية داخل البروتينات المحررة جزئياً [4].

الضغط الاقتصادي والبيئي على تصنيع الأعلاف

تُعد البروتينات من أعلى مكونات العلف، وبالتالي فإن تحسين الاستفادة من كل وحدة بروتين له أثر مباشر على تكلفة الإنتاج. من جهة أخرى، يرتبط البروتين غير المستفاد بزيادة طرح النيتروجين، وهذا مهم في مزارع الخنازير والدواجن وتربية الأحياء المائية حيث ترتبط الفضلات بجودة الهواء والماء وإدارة المخلفات. لذلك ظهرت دراسات حديثة تربط إضافة البروتياز ليس فقط بالنمو، بل أيضاً بتقليل الأثر البيئي عند خفض كثافة العليقة أو تحسين الاستفادة من المغذيات [2].

تُظهر تقارير السوق أن البروتياز أصبح فئة معروفة داخل إضافات الأعلاف الحيوانية، مع تطبيقات تمتد إلى الدواجن والخنازير والمجترات والأحياء المائية. لكن انتشار السوق لا يساوي ضمان الأداء؛ فالإنزيمات تختلف في مصدرها وبنيتها وثباتها وملاءمتها للمادة العلفية. لهذا يجب النظر إلى البروتياز بوصفه أداة تغذوية ذات أساس ميكانيكي واضح، لا كحل عام لكل مشكلات الصياغة أو الإدارة [5].

آلية عمل البروتياز في الجهاز الهضمي

قطع الروابط الببتيدية وزيادة سطح التحلل

البروتينات العلفية سلاسل طويلة مطوية في تراكيب ثلاثية الأبعاد. قبل الامتصاص، يجب تفكيكها إلى ببتيدات قصيرة وأحماض أمينية. البروتياز الخارجي يسرّع هذه العملية بقطع الروابط الببتيدية في مواقع مناسبة داخل السلسلة البروتينية أو عند أطرافها، ما يزيد عدد القطع الأصغر المتاحة للإنزيمات الداخلية ولآليات الامتصاص المعوية. في علائق الخنازير النامية، يُقاس الأثر التغذوي عادة من خلال قابلية هضم الأحماض الأمينية في نهاية الأمعاء الدقيقة، لذلك ركزت عدة دراسات حديثة على هذا المؤشر عند إضافة البروتياز إلى مكونات بروتينية محددة [1].

هذا التأثير ليس مجرد "هضم أكثر"، بل تغيير في ديناميكية الهضم. عندما يتم تفكيك جزء من البروتين مبكراً أو بكفاءة أعلى، قد ينخفض وصول البروتين غير المهضوم إلى الأمعاء الخلفية، حيث يمكن أن يخضع لتخمير ميكروبي ينتج مركبات غير مرغوبة. كما أن تحسين إطلاق الأحماض الأمينية الأساسية قد يساعد على توافق أفضل بين احتياجات الحيوان وما توفره العليقة، خصوصاً عندما تكون الصياغة مبنية على هوامش ضيقة لتقليل التكلفة أو النيتروجين [2].

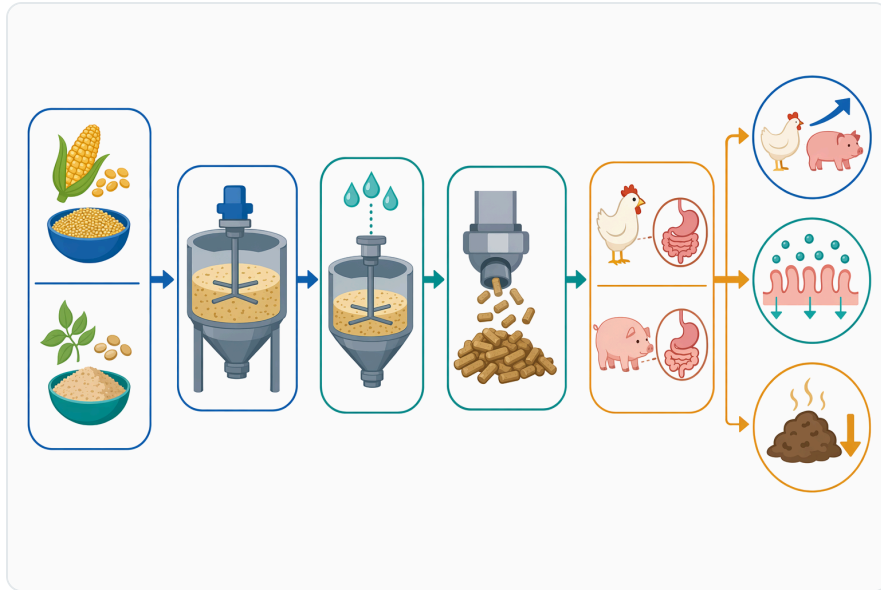


Figure 2. 프로테아제 사료 첨가제는 단위동물 가축의 단백질 이용률을 높이기 위해 배합사료에 혼합됩니다

التعامل مع العوامل المضادة للتغذية

بعض مكونات البروتين النباتي تحتوي على عوامل تثبط الهضم أو تغير سرعة تفكك البروتين. في كسب الصويا، تُعد مثبطات التربسين مثلاً مهماً لأنها تتداخل مع إنزيمات البنكرياس الطبيعية. دراسة حديثة على خنازير مفطومة بعد تحدي تجريبي بـ **F18 E. coli** بحثت أثر البروتياز عند تغذية كسب صويا بمستويات مختلفة من مثبطات التربسين، وارتبط عنوانها بتحسين تحويل العلف أثناء مرحلة التعافي، ما يوضح أن البروتياز يُدرس أحياناً في سياقات إجهاد معوي وليس فقط في ظروف تغذية مستقرة [6].

لكن هذا لا يعني أن البروتياز "يلغي" أثر كل عامل مضاد للتغذية. قد يساعد على تقليل بعض القيود المرتبطة بهضم البروتين، لكنه لا يعالج السموم الفطرية، ولا يصح المعالجة الحرارية الشديدة، ولا يعوض عدم اتزان الأحماض الأمينية. لذلك يجب فهمه كجزء من منظومة تضم اختيار المكونات، المعالجة المناسبة، توازن الليسين والميثيونين والثريونين وغيرها، وإدارة الصحة المعوية [3].

التكامل مع إنزيمات أخرى

في العلائق النباتية، تكون البروتينات غالباً داخل مصفوفة تحتوي على ألياف ونشا وجدر خلوية وفايتات. لهذا تُستخدم أحياناً تركيبات متعددة الإنزيمات تجمع البروتياز مع الفيتاز أو الزيلاز أو إنزيمات الكربوهيدرات. في الدجاج اللحم، أظهرت دراسة عن مزيج يحتوي على بروتياز مع فيتاز وزيلاز ارتباطاً بتحسين وزن الجسم، ومعدل التحويل الغذائي، وقابلية الهضم للفائضية، ومورفولوجيا الأمعاء، وهي مؤشرات تعكس أن تفكيك المصفوفة النباتية قد يتطلب أكثر من نشاط إنزيمي واحد [7].

الميكانيكية هنا واضحة: الزيلاز قد يخفف لزوجة أو بنية بعض مكونات الجدر النباتية، والفيتاز يحرق فوسفوراً مرتبطاً بالفايتات ويقلل تداخلات الفايتات مع البروتينات والمعادن، بينما يركز البروتياز على تفكيك البروتين نفسه. هذا التكامل مهم عند استخدام مكونات مثل كسب الكانولا أو الحبوب ذات الألياف الأعلى، حيث تمت دراسة

البروتياز مع كربوهيدراز متعدد لتحسين هضم الأحماض الأمينية في الخنازير^[4].

الأدلة الحديثة حسب النوع الحيواني

الخنزير: كسب الصويا، البقوليات، الكانولا، ومرحلة الفطام

الخنزير نموذج مهم لتقييم البروتياز لأن قابلية هضم الأحماض الأمينية تؤثر مباشرة في النمو وكفاءة العلف وتكلفة الصياغة. في الحبوب البقولية، قد يختلف البروتين في قابليته للهضم حسب النوع والمعالجة، لذلك بحثت دراسة عام 2024 أثر البروتياز على هضم الأحماض الأمينية للفاثفي في خنازير نامية عند تغذية حبوب بقولية، وهو موضوع عملي للمناطق التي تستبدل جزءًا من الصويا بمصادر بروتين محلية أو بديلة^[1].

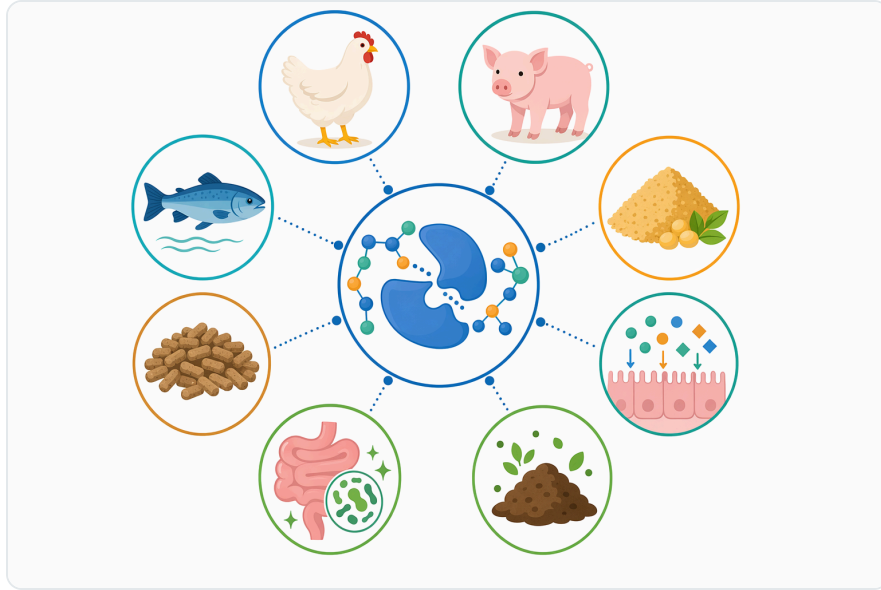


Figure 3. 프로테아제 첨가제는 가금류, 돼지 및 수산양식 사료에서 단백질 소화율과 영양소 이용 효율을 개선하는 데 사용됩니다

في كسب الصويا، لا تكمن الأهمية فقط في كونه مكونًا شائعًا، بل في اختلاف استجابة الخنزير حسب العمر. دراسة أخرى عام 2024 تناولت أثر البروتياز على قابلية هضم الأحماض الأمينية في كسب الصويا لدى خنازير نامية بأعمار مختلفة، ما يبرز أن نضج الجهاز الهضمي والمرحلة الإنتاجية قد يغيران قيمة الإنزيمية. لذلك قد تظهر فائدة البروتياز بوضوح في مرحلة معينة ولا تظهر بالقدر نفسه في مرحلة أخرى^[3].

أما في كسب الكانولا المعصور، فالتحدي يتضمن بروتينًا وأليافًا ومصفوفة نباتية أكثر تعقيدًا من الصويا في كثير من الحالات. دراسة عام 2024 قيّمت إضافة كربوهيدراز متعدد وبروتياز على هضم الأحماض الأمينية للفاثفي في خنازير نامية عند تغذية كسب كانولا معصور، ما يدعم فكرة أن البروتياز قد يكون أكثر فاعلية عندما يُختار وفق طبيعة المادة الخام وليس كإضافة عامة ثابتة لكل الصيغ^[4].

تظهر أهمية البروتياز أيضًا في مرحلة الفطام، حيث يكون الجهاز الهضمي حساسًا، وقد يتزامن الفطام مع تغيرات ميكروبية ومناعية وتحديات ممرضة. دراسة حديثة على خنازير مفضومة تتعافى من تحدي **F18 E. coli** ربطت البروتياز بتحسين تحويل العلف عند استخدام كسب صويا مختلف في مستويات مثبطات التربسين، ما يشير إلى احتمال فائدة خاصة عندما تكون كفاءة الهضم تحت ضغط صحي أو تغذوي [6].

الدواجن: التحويل الغذائي، مورفولوجيا الأمعاء، والعلائق النباتية

في الدجاج اللحم، تظهر قيمة البروتياز عندما تؤثر سرعة هضم البروتين وتوازن الأحماض الأمينية في معدل النمو والتحويل الغذائي. دراسة حديثة عن مزيج بروتياز وفيتاز وزيلاناز في الدجاج اللحم أشارت في عنوانها إلى تحسين وزن الجسم، ومعدل التحويل الغذائي، وقابلية الهضم اللغائفية، ومورفولوجيا الأمعاء، وهي مجموعة مؤشرات مهمة لأنها تربط بين الهضم والأداء وبنية الأمعاء بدل الاكتفاء بقياس نمو نهائي فقط [7].

كما درست أبحاث حديثة بروتيازًا نباتيًا المصدر من الزنجبيل، **zingibain**، في علائق الدجاج اللحم، مع التركيز على النمو، وهضم المغذيات، المناعة، وصحة الأمعاء. أهمية هذا المسار أنه يوضح تنوع مصادر البروتياز؛ فليست كل البروتيازات ميكروبية أو متشابهة في الخصائص، وقد تختلف في مدى ملاءمتها للبيئة الهضمية أو التفاعل مع مكونات العلف [8].

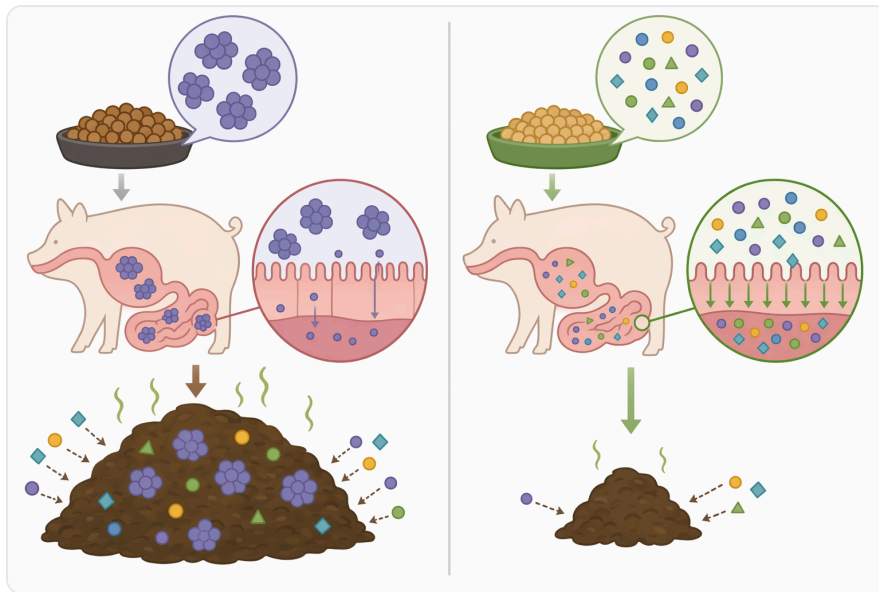


Figure 4. 일반 급여만 하는 경우와 비교해, 프로테아제 보충은 소화되지 않은 단백질 손실을 줄이고 더 낮은 비용의 단백질 배합 설계를 지원할 수 있습니다.

وفي دراسة أخرى حول **zingibain** في دجاج لاهم يتغذى على مركبات بروتين حيواني مرتفعة، ارتبطت الإضافة بالنمو، وجودة الفرشة، والميكروبيوتا المعوية. هذا مهم لأن البروتياز لا يعمل فقط في علائق نباتية؛ فقد يؤثر أيضًا في هضم بروتينات حيوانية مركزة، مع احتمال انعكاس ذلك على رطوبة الزرق وجودة الفرشة عندما يتغير الهضم وطرح المغذيات غير المستفاد منها [9].

الأحياء المائية: علائق منخفضة مسحوق السمك

في الاستزراع المائي، يمثل البروتين أكبر مكون تكلفة في العلف، كما أن الاعتماد التقليدي على مسحوق السمك يواجه ضغوطًا اقتصادية وبيئية. لذلك تناولت مراجعة مصغرة دور البروتينات الخارجية في أعلاف مائية منخفضة مسحوق السمك، حيث تكون الحاجة إلى تحسين هضم البروتينات النباتية والبديلة أكثر وضوحًا. في الأسماك والروبيان، أي تحسن في الاستفادة من البروتين يمكن أن ينعكس على النمو، كفاءة العلف، وجودة المياه بسبب انخفاض الفضلات النيتروجينية المحتملة [10].

ومع ذلك، تختلف الأحياء المائية كثيرًا في فسيولوجيا الهضم؛ فالأسماك اللاحمة ليست مثل الأسماك العاشبة أو القارئة، ودرجة اعتمادها على البروتين الحيواني أو النباتي تختلف. لذلك لا يصح نقل نتائج الدواجن أو الخنازير مباشرة إلى الأسماك. الأدق هو النظر إلى البروتينات في أعلاف الأحياء المائية كأداة لتحسين استخدام البروتين عندما تُستبدل مصادر بحرية بمصادر نباتية أو بديلة، مع بقاء الصياغة الخاصة بالنوع الحيوي هي العامل الحاسم [10].

مقارنة تطبيقية بين القطاعات

القطاع الحيواني	أين تظهر قيمة البروتين غالبًا؟	المكونات ذات الصلة	الآلية المتوقعة	طبيعة الدليل الحديث	حدود التفسير
الخنازير النامية	تحسين هضم الأحماض الأمينية وكفاءة العلف	حبوب البقولية، كسب الصويا، كسب الكانولا	تكسير البروتين وتخفيف أثر المصفوفة النباتية	دراسات حديثة على الهضم للفائفي في مكونات محددة [1]	الاستجابة تتغير حسب العمر والمعالجة والمكون
الخنازير المفطومة	دعم الهضم أثناء الفطام أو بعد تحديات معوية	كسب صويا بمستويات مختلفة من مثبطات الترسين	مساعدة التحلل البروتيني عندما تكون الإنزيمات الداخلية أو الأمعاء تحت ضغط	دراسة حديثة ربطت البروتينات بتحسين التحويل بعد تحدي E. coli [6]	لا يُعد بديلًا عن إدارة الصحة أو جودة الصويا
الدجاج اللحم	تحسين التحويل الغذائي ومؤشرات الأمعاء	علائق ذرة/صويا أو علائق مع إنزيمات أخرى	تكامل البروتينات مع فيتاز وزيلاناز لتحرير المغذيات	دراسة على خليط بروتيناز/فيتاز/زيلاناز أبلغت عن تحسن أداء ومورفولوجيا [7]	يصعب عزل أثر البروتين وحده في الخلطات
الدجاج اللحم مع بروتين نباتي	دعم النمو وصحة الأمعاء	بروتينات نباتية أو مركبات بروتينية	تحلل بروتيني وتأثيرات مرتبطة بالميكروبيوتا والفرشة	دراسات على zingibain في الدواجن [8]	مصدر البروتين مهم ولا تُعمم النتائج على كل المنتجات

حدود التفسير	طبيعة الدليل الحديث	الآلية المتوقعة	المكونات ذات الصلة	أين تظهر قيمة البروتياز غالبًا؟	القطاع الحيواني
اختلاف الأنواع المائية كبير ويحد من التعميم	مراجعة مصغرة عن البروتياز في aquafeed منخفض مسحوق السمك ^[10]	رفع إتاحة البروتين وتقليل الفضلات المحتملة	بروتينات نباتية وبدائل مسحوق السمك	علائق منخفضة مسحوق السمك	الأحياء المائية

كيف يترجم البروتياز إلى أداء علفي؟

تحسين إتاحة الأحماض الأمينية

عندما ينجح البروتياز في تفكيك البروتينات، فإن النتيجة التغذوية الأكثر مباشرة هي زيادة الببتيدات والأحماض الأمينية المتاحة للامتصاص في الأمعاء الدقيقة. في الخنازير، تهتم الدراسات الحديثة تحديدًا بالهضم للفائفي للأحماض الأمينية لأن القياس قبل الأمعاء الغليظة يعكس ما يمكن للحيوان امتصاصه فعليًا قبل تدخل التخمر الميكروبي اللاحق. لذلك فإن الدراسات على الحبوب البقولية وكسب الصويا والكانولا تعكس محاولة ربط الآلية الإنزيمية بمخرجات غذائية قابلة للاستخدام في الصياغة^[3].

لكن تحسين إتاحة الأحماض الأمينية لا يعني بالضرورة زيادة النمو في كل حالة. إذا كانت العليقة أصلًا متوازنة وفائضة في الأحماض الأمينية القابلة للهضم، فقد يكون الأثر الاقتصادي محدودًا. أما إذا كانت الصيغة مصممة بهوامش دقيقة، أو تعتمد على مكونات أقل هضمًا، أو تستهدف خفض البروتين الخام مع الحفاظ على الأداء، فقد تصبح قيمة البروتياز أوضح^[2].

تحسين كفاءة التحويل الغذائي

كفاءة التحويل الغذائي تتحسن عندما يحصل الحيوان على نمو أو إنتاج أكبر من كمية علف مماثلة، أو يحافظ على الأداء مع صيغة أقل كثافة. في الدجاج، ربطت دراسة مزيج البروتياز والفييتاز والزيلاناز بين الإضافة وتحسن معدل التحويل الغذائي ووزن الجسم، ما يشير إلى أن زيادة تحرير المغذيات قد تنعكس على الأداء النهائي عندما تكون الصيغة مناسبة للاستجابة^[7].

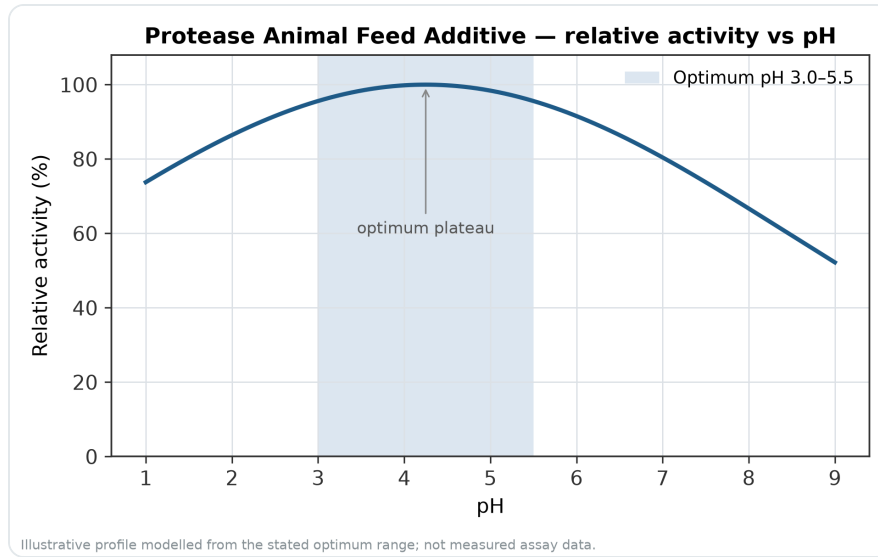


Figure 5. pH에 따른 동물 사료용 프로테아제 첨가제의 상대 활성으로, pH 3.0~5.5에서 최적 활성 구간이 나타납니다

وفي الخنازير، تناولت دراسة حديثة علائق عالية ومنخفضة الكثافة مع بروتياز لتقييم الأداء وتقليل الأثر البيئي. هذا النوع من التصميم مهم لأنه يختبر ما إذا كان الإنزيم يساعد ليس فقط في "زيادة" الأداء، بل في الحفاظ على الأداء ضمن صيغ أكثر كفاءة أو أقل تحميلاً للبروتين والطاقة، وهي نقطة أساسية في قرارات مصانع الأعلاف الحديثة [2].

تقليل النيتروجين غير المستفاد

النيتروجين غير المستفاد يأتي غالبًا من بروتين لم يهضم أو أحماض أمينية امتصت ثم لم تُستخدم بكفاءة بسبب اختلال التوازن. عندما يحسن البروتياز هضم البروتين، يمكن أن ينخفض جزء من البروتين الواصل إلى الأمعاء الخلفية أو المطروح في المخلفات. لذلك تشير عناوين الأبحاث الحديثة إلى ربط البروتياز بالأثر البيئي، خصوصًا في الخنازير حيث تمثل إدارة النيتروجين في الروث قضية إنتاجية وتنظيمية مهمة [2].

في الاستزراع المائي، تتخذ هذه النقطة شكلًا مختلفًا: النيتروجين غير المستفاد قد يؤثر في جودة المياه والنظام البيئي للحوض أو الأقفاص. لهذا تركز مراجعة البروتياز في أعلاف منخفضة مسحوق السمك على دعم استخدام البروتين البديل وتقليل الفاقد الغذائي المحتمل، خاصة عندما تكون المواد النباتية أقل توافقًا مع فسيولوجيا بعض الأنواع المائية [10].

العوامل التي تتحكم في الاستجابة

نوع البروتين والمصفوفة العلفية

ليست كل البروتينات متساوية أمام البروتياز. بروتين الصويا يختلف عن بروتين البازلاء أو الفول أو الكانولا، كما أن طريقة المعالجة الحرارية تغير قابلية الهضم. في بعض الحالات قد تكون المشكلة في البروتين نفسه، وفي حالات أخرى يكون البروتين محبوسًا داخل جدار خلوي أو مرتبطًا بألياف أو فايئات. لذلك فإن دراسة الكانولا مع كربوهيدراز

متعدد وبروتياز تعطي مثالًا جيدًا على أن طبيعة المصفوفة قد تحدد ما إذا كان البروتياز وحده كافيًا أو يحتاج إلى دعم إنزيمي آخر [4].

هذا يفسر أيضًا لماذا لا ينبغي قراءة نتائج دراسة واحدة كضمان عام. إذا اختبر البروتياز على حبوب بقولية محددة أو كسب صويا بمعالجة معينة، فقد لا تتكرر النتيجة مع مادة مختلفة أو دفعة خام مختلفة. لذلك يكون الاستخدام الأفضل عندما يُدمج البروتياز في برنامج صياغة يعرف خصائص المكونات وحاجات الحيوان، بدل استخدامه كإضافة نمطية غير مرتبطة بالمادة الخام [1].

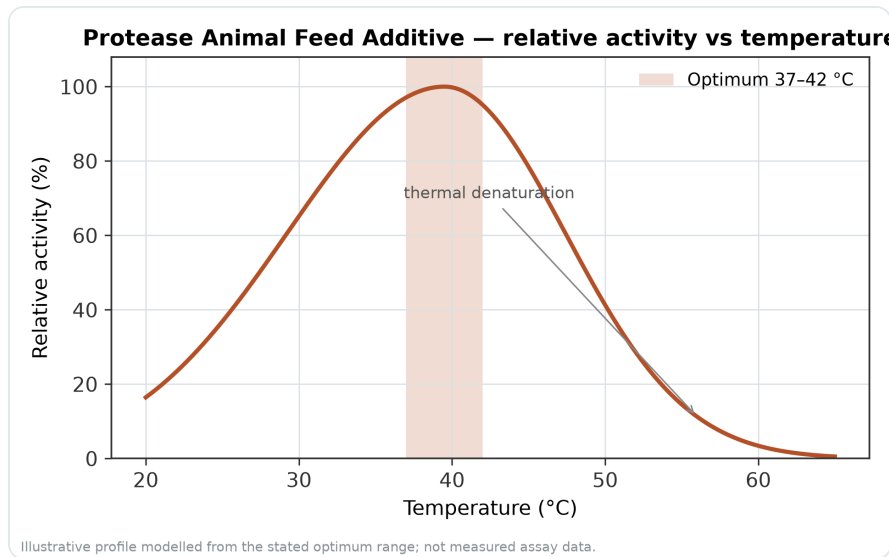


Figure 6. 온도에 따른 동물 사료용 프로테아제 첨가제의 상대 활성으로, 37~42°C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도 이상에서는 열 변성으로 인한 전형적인 활성 저하가 나타납니다.

عمر الحيوان وحالته الصحية

نضج الجهاز الهضمي يؤثر في الاستجابة للبروتياز. الحيوانات الصغيرة تملك قدرة هضمية أقل استقرارًا، وتتأثر بسرعة بتغير العلف أو الإجهاد أو العدوى. لذلك فإن دراسة كسب الصويا في خنازير بأعمار مختلفة مهمة لأنها تضع العمر كعامل رئيسي في تفسير هضم الأحماض الأمينية مع البروتياز [3].

الحالة الصحية عامل آخر. في مرحلة الفطام أو بعد تحديات معوية، قد تتغير إفرازات الإنزيمات الداخلية وسلامة الغشاء المخاطي والميكروبيوتا. الدراسة التي تناولت خنازير مفطومة تتعافى من تحدي **F18 E. coli** توضح أن البروتياز قد يُدرس في ظروف ضغط حقيقي، لكن هذا لا يجعله علاجًا مرضيًا؛ هو إضافة تغذوية قد تساعد كفاءة الهضم ضمن برنامج صحي وإداري متكامل [6].

التصنيع والخلط والتخزين

الإنزيمات بروتينات نشطة، وبالتالي تتأثر بالحرارة والرطوبة والاحتكاك والزمن. في الأعلاف المحببة، قد تكون ظروف التصنيع مؤثرة في بقاء النشاط الوظيفي، بينما في الأعلاف الناعمة يكون تجانس الخلط ومنع الفصل مهمين. لا تقدم هذه الوثيقة مواصفات تصنيع أو اختبارات نشاط، لكنها تؤكد أن أي إنزيم علفي يجب أن يُستخدم

وفق الوثائق المرفقة وتعليمات الملصق واعتبارات السلامة الخاصة بالدفعة.

كما يجب الانتباه إلى أن خلط البروتياز مع إضافات أخرى قد يكون مفيدًا أو غير مؤثر بحسب التوافق والغرض. فالدراسات التي استخدمت مزيج بروتياز وفيتاز وزيلاناز في الدواجن، أو بروتياز مع كربوهيدراز في الكانولا، تشير إلى إمكان التكامل، لكنها لا تعني أن أي خليط إنزيمي سيعطي نتيجة متشابهة في كل صيغة [7].

اعتبارات السلامة والتعامل المهني

الإنزيمات العلفية مواد بروتينية نشطة، وقد يكون غبار المساحيق الإنزيمية مصدر قلق مهني عند الاستنشاق. لذلك يجب التعامل معها باعتبارها إضافات صناعية للأعلاف، مع تقليل تولد الغبار، واستخدام تهوية مناسبة، والرجوع إلى SDS المرفقة مع الطلب. هذه النقطة لا تعتمد على كون البروتياز آمنًا عند استخدامه غذائيًا ضمن العلف فقط، بل على أن التعرض المهني للمسحوق المركز يختلف عن تعرض الحيوان للمادة المخلوطة في العليقة.

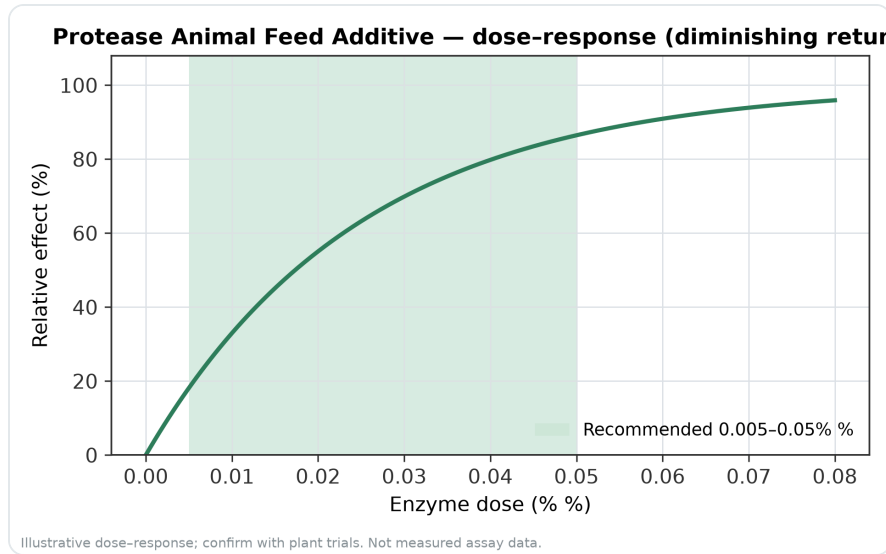


Figure 7. 권장 사용 범위(0.005~0.05%)에서 동물 사료용 프로테아제 첨가제의 예시적 용량-반응 관계

من ناحية الاستخدام، لا يُقصد بـ Protease Animal Feed Additive الاستهلاك البشري أو الاستخدام المنزلي، بل الاستخدام في سياق علفي مهني. وتوفر Enzymes.bio المنتج عبر الإنترنت بوحدة **1 kg**، مع إرفاق **CoA** و **SDS** مع الطلب، بما يساعد المستخدم التجاري على حفظ مستندات الدفعة والسلامة دون اعتبار Enzymes.bio جهة تصنيع أو مختبر اختبار.

ما الذي لا يستطيع البروتياز فعله؟

البروتياز لا يصح صيغة ناقصة في الأحماض الأمينية الأساسية. إذا كانت العليقة منخفضة في الليسين أو الميثيونين أو الثريونين أو غيرها مقارنة باحتياجات الحيوان، فإن تحسين الهضم لا يخلق هذه الأحماض من العدم. هو فقط يحسن إطلاق ما هو موجود في المواد الخام. لذلك ينبغي أن يبقى تصميم العليقة مبنياً على الاحتياجات

الغذائية الفعلية وليس على توقع أن الإنزيم سيعوض عدم التوازن.

كذلك لا يحول البروتياز مادة خام رديئة إلى مادة عالية الجودة. البروتين المتضرر حراريًا بشدة، أو الملوث، أو غير المناسب لنوع الحيوان، لا يصبح مناسبًا بمجرد إضافة إنزيم. كما أن مشكلات السموم الفطرية، سوء التخزين، الرطوبة الزائدة، أو عدم تجانس الخلط تحتاج إلى إدارة مستقلة. الدراسات التي تظهر تحسنًا في الهضم أو الأداء تفترض وجود إطار تغذوي وتجريبي مضبوط، ولا ينبغي نقلها إلى ظروف تصنيع أو تخزين سيئة [4].

ولا ينبغي تعميم نتائج مصدر بروتياز واحد على كل البروتيازات. فالبروتيازات تختلف في المصدر والبنية ونطاق العمل والثبات والتفاعل مع العلف. الدراسات على **zingibain** مثلًا مفيدة لفهم بروتياز نباتي محدد في الدواجن، لكنها لا تثبت أن كل بروتياز تجاري سيعمل بالطريقة نفسها أو يعطي المخرجات نفسها [8].

موقع Protease Animal Feed Additive ضمن استراتيجية تغذية عملية

أفضل استخدام للبروتياز يكون عندما تكون هناك فرضية تغذوية واضحة: مكون بروتيني أقل هضمًا، رغبة في تحسين إتاحة الأحماض الأمينية، خفض محتمل للبروتين الخام، أو صيغة تعتمد على بدائل بروتين. في هذه الحالات، يصبح البروتياز أداة لتحسين الاستفادة من البروتين الموجود، وليس مجرد إضافة تسويقية. الدراسات الحديثة على الخنازير في الحبوب البقولية والصويا والكانولا تقدم أمثلة على هذا النهج المرتبط بالمادة الخام [1].

في الدواجن، يكون التفكير العملي مشابهًا لكنه يرتبط بسرعة النمو وحساسية التحويل الغذائي وجودة الفرشة وصحة الأمعاء. استخدام البروتياز ضمن مزيج إنزيمي قد يكون منطقيًا في علائق نباتية معقدة، بينما قد يكون البروتياز المنفرد مناسبًا عندما تكون المشكلة الأساسية في هضم البروتين. وجود دراسات على مخاليط إنزيمية وعلى بروتياز نباتي المصدر يوضح أن المجال يتجه إلى تخصيص الإنزيم حسب الصيغة، لا إلى استخدام حل واحد لكل العلائق [9].

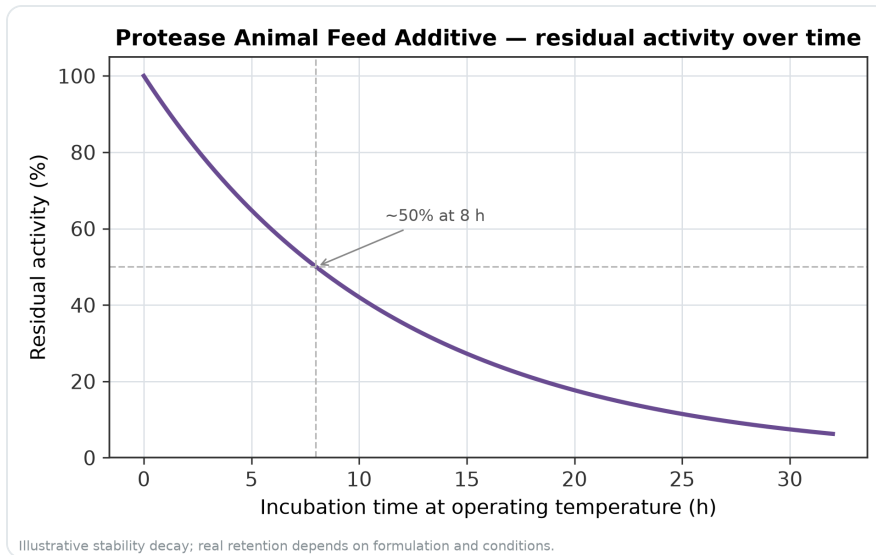


Figure 8. 동물 사료용 프로테아제 첨가제의 예시적 열 안정성 감소 — 작동 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소합니다

في الأحياء المائية، يجب ربط البروتياز بتحول أوسع نحو تقليل مسحوق السمك واستخدام مصادر بروتين بديلة. هنا تكون المعادلة حساسة لأن ضعف هضم البروتين لا يضر النمو فقط، بل يؤثر في جودة المياه وكفاءة النظام. لذلك تناقش المراجعات الحديثة البروتياز الخارجي كجزء من تطوير أعلاف مائية منخفضة مسحوق السمك، مع بقاء نوع الكائن المائي ومصدر البروتين محددتين أساسيين للاستجابة [10].

الخلاصة الفنية

Protease Animal Feed Additive هو أداة إنزيمية لتحسين هضم البروتين في الأعلاف الحيوانية، خصوصًا عندما تكون العلائق معتمدة على بروتينات نباتية أو بديلة مثل كسب الصويا، الحبوب البقولية، أو كسب الكانولا. تعمل الإضافة عبر قطع الروابط الببتيدية وزيادة إتاحة الببتيدات والأحماض الأمينية، وقد تنعكس على كفاءة التحويل الغذائي وتقليل النيتروجين غير المستفاد عندما تكون الصياغة والظروف مناسبة [2].

الأدلة الحديثة تدعم الفكرة من عدة زوايا: دراسات خنازير على الهضم اللفائفي للأحماض الأمينية في مكونات محددة، دراسات دواجن على الأداء ومورفولوجيا الأمعاء ومخاليط الإنزيمات، ومراجعات في الاستزراع المائي منخفض مسحوق السمك. لكن النتائج ليست مطلقة؛ فهي تعتمد على نوع الحيوان، عمره، حالته الصحية، المكون البروتيني، المصفوفة العلفية، وطريقة التصنيع والتخزين [7].

تورد Enzymes.bio المنتج كمورد B2B عبر الإنترنت، لا كجهة تصنيع أو مختبر، ويبيع بوحدة **1 kg** مع إرفاق **CoA** و **SDS** مع الطلب. الاستخدام الرشيد للبروتياز يكون ضمن برنامج تغذية متوازن يستهدف تحسين الاستفادة من البروتين الموجود في العلف، لا كبديل عن جودة المواد الخام أو توازن الأحماض الأمينية أو الإدارة الصحية والإنتاجية السليمة.

اطلب **Protease Animal Feed Additive** 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.

→ **اشتر Protease Animal Feed Additive**

المراجع

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

Lee, J., Patterson, R., & Nyachoti, C. (2024). PSII-22 Effects of protease supplementation on ileal digestibility of amino acids in pulse grains fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*

Tactacan, G., Babatunde, O., & Lahaye, L. (2024). PSI-29 Enhancing growth performance and reducing environmental impact with dietary protease supplementation in growing pigs fed high- and low-density diets. *Journal of Animal Science*

- Galli, G. M., Infante, A. P. B., Levesque, C., Cantarelli, V., Chaves, R., Silva, C. C., Fascina, V. S., ... et al. (2024). PSII-17 Effect of protease supplementation on amino acids digestibility of soybean meal fed to growing pigs of different ages. *Journal of Animal Science*
- Lee, J., Olivo, A., Patterson, R., & Nyachoti, C. (2024). 376 Effects of multi-carbohydrase and protease supplementation on ileal digestibility of amino acids in expeller-pressed canola meal fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*
- Global Protease In Animal Feed Market?^{SrsItd=Afmboornspvjoe2Rag2J7KklDbghxnbymlwonu8P} M3Qsajc40B3Zcl. *Databridgemarketresearch*
- Acosta, J. A., Lawrence, B. V., Qudsieh, R., & Hancock, D. (2025). 300 Protease improves feed conversion of weaned pigs recovering from experimental F18 E. coli challenge and fed soybean meal with different trypsin inhibitor levels. *Journal of Animal Science*
- Rodríguez-Soriano, F. A., López-Coello, C., Ávila-González, E., Arce-Menocal, J., Fascina, V., & Chárraga-Aguilar, S. (2025). Sfericase protease, phytase, and xylanase combination improves body weight, feed conversion rate, ileal digestibility, and gut morphology in broilers. *Frontiers in Animal Science*
- Khan, A., Sultan, A., Islam, Z., Uzair, M. S., Alhidary, I., Khan, R. U., Naz, S., ... et al. (2024). Optimising growth performance, nutrients digestibility, immunity and gut health in broilers through ginger-derived phyto-protease enzyme (zingibain) supplementation. *Italian Journal of Animal Science*, 23, 1695 - 1703
- Uzair, M. S., Sultan, A., Islam, Z., Shah, M., Tahir, M., Naz, S., Alrefaei, A., ... et al. (2025). Efficacy of Zingibain phyto-protease on growth performance, litter quality and gut microbiota in broilers fed high animal protein concentrates. *Italian Journal of Animal Science*, 24, 336 - 346
- Maryam, Shah, S. Z. H., Fatima, M., Nadeem, H., Ashraf, S., & Hussain, M. (2023). Roles of Dietary Supplementation of Exogenous Protease in Low Fishmeal Aquafeed – A Mini Review. *Annals of Animal Science*, 24, 27 - 39

تواصل مع Enzymes.bio

هل لديك أسئلة حول طلب؟ يسر فريقنا مساعدتك.

→ تواصل معنا

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

البريد الإلكتروني wholesale@enzymes.bio

54 نخدم العملاء حول العالم

+60 شركاء بحثيون جامعيون

+400 عملاء B2B

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