

إنزيم Keratinase لتحضير أعلاف الحيوانات - CAS 9014-01-1

1: تفكيك الكيراتين وتحويل مخلفات الريش إلى مكّون بروتيني قابل للاستخدام

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

الإجابة المباشرة: إنزيم Keratinase Enzyme For Animal Feed Preparation CAS 9014-01-1

هو بروتياز موجّه لمعالجة المواد الغنية بالكيراتين، مثل ريش الدواجن، بهدف تفكيك بنيتها الليفية المقاومة وتحويلها إلى ببتيدات وبروتينات أكثر قابلية للذوبان والاستخدام في تحضير الأعلاف. في تطبيقات الأعلاف، تكمن قيمته في دعم تحويل مخلفات كيراتينية منخفضة الاستغلال إلى مكّونات بروتينية قابلة للإدماج ضمن عمليات تصنيع العلف، مع بقاء الأداء الفعلي مرتبطًا بالمادة الخام وتصميم العملية [1].

معلومة توريد مختصرة: Enzymes.bio مورّد للمنتج وليست جهة مصنّعة ولا مختبرًا. يُباع المنتج مباشرة عبر الإنترنت بوحدة 1kg، وتُرفق مع الطلب وثائق CoA و SDS وفق صفحة المنتج .

لماذا يُستخدم الكيراتيناز في تحضير أعلاف الحيوانات؟

تواجه صناعة الأعلاف مشكلة واضحة: كثير من المخلفات الحيوانية، وعلى رأسها ريش الدواجن، غنيّة بالبروتين من حيث التركيب الكيميائي، لكنها ليست سهلة الاستخدام غذائيًا بسبب وجود البروتين في صورة كيراتين ليفي شديد المقاومة. الكيراتين لا يشبه بروتينات نباتية أو حيوانية أكثر قابلية للهضم؛ فهو بنية صلبة تعتمد على ترتيب ليفي وروابط متصالبة تجعل التحلل الطبيعي بطيئًا وتحدّ من الاستفادة المباشرة منه في العلف [2].

يأتي دور إنزيم الكيراتيناز في أنه لا يضيف بروتينًا جديدًا إلى الخلطة، بل يغيّر حالة البروتين الموجود أصلًا في المادة الخام. عندما تُعالج المادة الكيراتينية إنزيميًا، يمكن أن تتحول أجزاء من الكيراتين غير الذائب إلى نواتج أصغر مثل الببتيدات والبروتينات الذائبة والأحماض الأمينية، وهي صور أقرب إلى ما يمكن توظيفه في مكونات الأعلاف أو في تحضير هيدروليزات بروتينية [1].

هذا التوجه جزء من مسار أوسع في تقنيات الأعلاف الحديثة: استخدام الإنزيمات لتحسين إتاحة العناصر الغذائية، تقليل الفقد، ورفع كفاءة الاستفادة من مواد خام يصعب استغلالها دون معالجة. مراجعات إنزيمات الأعلاف تؤكد أن البروتيازات، إلى جانب إنزيمات مثل الفيتاز والكربوهيدرازات، أصبحت أدوات تقنية مهمة في تحسين القيمة التغذوية للخلطات، بشرط أن تُفهم كجزء من نظام تصنيع متكامل لا كحل منفصل عن جودة المادة الخام وتصميم العليقة [3].

ما هو إنزيم CAS 9014-01-1 Keratinase؟

الكيراتيناز هو إنزيم محلل للبروتينات متخصص في التعامل مع الكيراتين، وهو بروتين بنيوي يوجد في الريش والشعر والصوف والقرون والحوافر والأظافر. خصوصية الكيراتيناز لا تعني أنه "يهضم كل البروتينات" بنفس الكفاءة، بل تعني أن له قدرة عملية على مهاجمة ركائز كيراتينية صعبة التحلل مقارنة بكثير من البروتيازات العامة [2].

يرتبط مصطلح **CAS 9014-01-1** بفئة إنزيمية بروتينية تُستخدم تجاريًا في تطبيقات التحلل البروتيني، ويُستخدم في تسمية هذا المنتج للدلالة على إنزيم كيراتيناز موجّه لتحضير الأعلاف. ومن المهم هنا التمييز بين اسم المنتج والاستخدام الفني: المنتج ليس مادة علفية كاملة، وليس بديلًا عن مكونات العليقة، بل أداة معالجة تساعد على تغيير قابلية المادة الكيراتينية للتحلل قبل أو أثناء مراحل التحضير المناسبة.

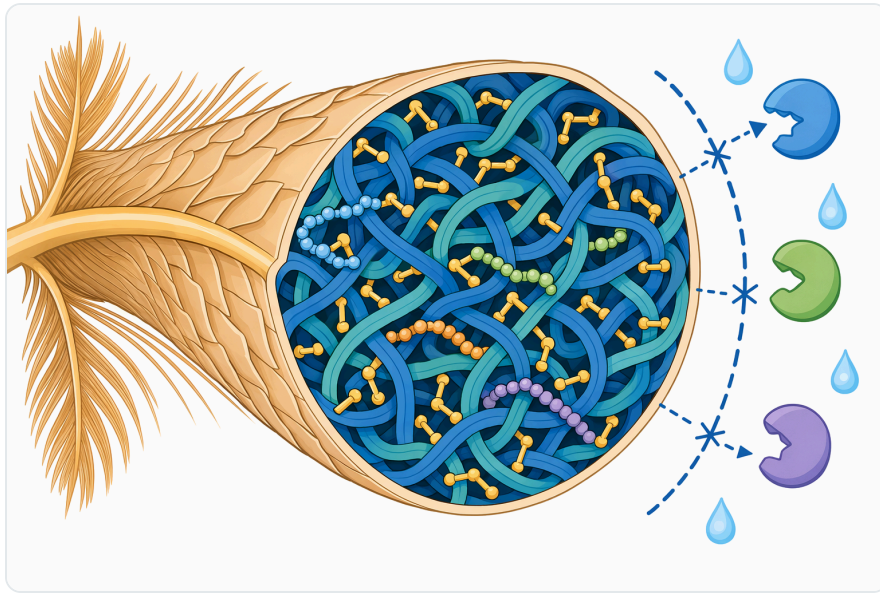


Figure 1. 깃털 케라틴은 치밀하고 가교된 구조가 펩타이드 결합을 보호해 일반적인 소화나 온화한 가공으로는 분해되기 어려우므로 사료 단백질로 활용하기 어렵다

تُنتج الكيراتينازات عادةً بواسطة كائنات دقيقة مثل بكتيريا وفطريات وأكتينومييسيتات، وقد تناولت دراسات ومراجعات عديدة الإنتاج الميكروبي للكيراتيناز وتطبيقاته في تحلل الريش، إزالة الشعر في الجلود، إدارة المخلفات، وتوليد هيدروليزات بروتينية. هذه الخلفية مهمة لقطاع الأعلاف لأنها تضع الإنزيم ضمن تقنيات التثمين الحيوي للمخلفات، لا ضمن الإضافات التغذوية التقليدية وحدها [4].

بنية الكيراتين: لماذا يصعب استخدام الريش مباشرة؟

السبب المركزي لصعوبة استخدام الريش في الأعلاف ليس انخفاض محتواه البروتيني بالضرورة، بل انخفاض إتاحة هذا البروتين. الكيراتين بروتين بنيوي مصمم بيولوجيًا للمقاومة: فهو يحمي الجلد أو يكون الريش أو الشعر، لذلك تكون بنيته كثيفة وقليلة الذوبان ومحصنة ضد التفكك السريع [1].

تتكوّن مقاومة الكيراتين من عدة مستويات. أولًا، السلاسل البروتينية مرتبة في ألياف متماسكة تقلل وصول الماء والإنزيمات إلى مواقع القطع. ثانيًا، توجد روابط متصالبة، خاصة روابط ثنائية الكبريت بين وحدات السيستين، تجعل الشبكة البروتينية أكثر صلابة. ثالثًا، سطح المادة الكيراتينية نفسه قد يحدّ من انتشار الإنزيم داخل الركيّزة، لذلك تكون المعالجة المسبقة، مثل تقليل حجم الجسيمات أو الترطيب، ذات أثر كبير في النتيجة النهائية [2].

في سياق الأعلاف، يعني ذلك أن طحن الريش أو إضافته دون تفكيك كافٍ لا يكفي دائمًا لتحويله إلى بروتين متاح. فالمسألة ليست "وجود بروتين" فقط، بل: هل أصبح البروتين في صورة قابلة للهضم أو قابلة للدمج في مادة علفية مستقرة ومقبولة ومناسبة للغرض؟ هنا تظهر قيمة الكيراتيناز كوسيلة حيوية لتغيير صورة البروتين الكيراتيني بدل الاكتفاء بتقليل حجمه ميكانيكيًا [5].

آلية عمل الكيراتيناز في معالجة المواد العلفية

يعمل الكيراتيناز أساسًا عبر شطر الروابط الببتيدية داخل بروتين الكيراتين، مما يحول السلاسل الطويلة إلى أجزاء أقصر. لكن آلية التأثير على الريش لا تُختزل في "قص البروتين" فقط؛ لأن الركيّزة الكيراتينية صلبة ومتشابكة، لذلك يتطلب التحلل الفعال إضعاف البنية الليفية وفتح مواقع جديدة أمام الإنزيم تدريجيًا [2].

في بداية المعالجة، يكون وصول الإنزيم إلى الكيراتين محدودًا بسبب سطح الريش وبنيته المتماسكة. ومع بدء القطع البروتيني، تتولد فتحات ومناطق أقل انتظامًا في البنية، فتزداد مساحة التفاعل وتظهر مواقع جديدة للتحلل. هذه العملية المتتابة تفسر لماذا يعتمد الأداء على الزمن، الرطوبة، درجة تهئية المادة، وملاءمة الوسط للإنزيم، دون أن يكون هناك نمط واحد صالح لكل مادة خام أو خط إنتاج [1].

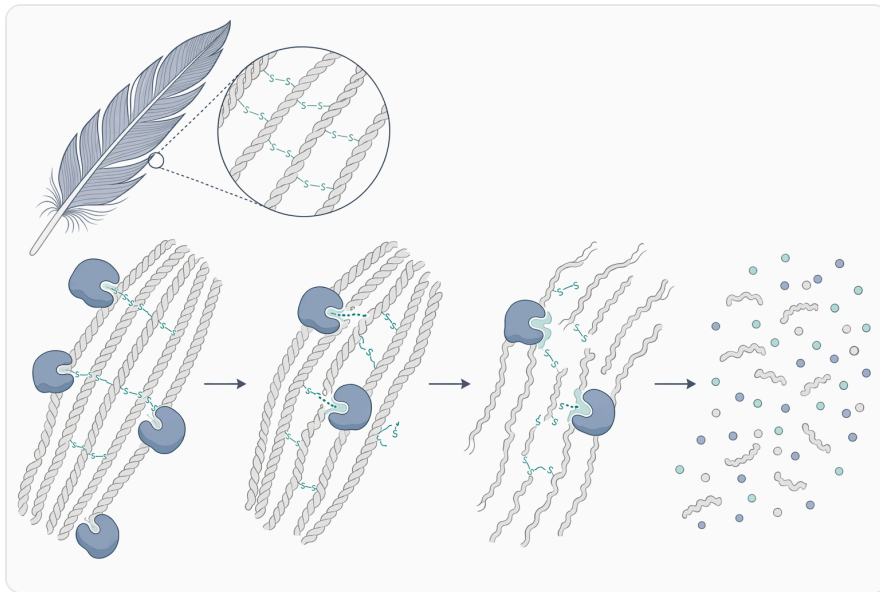


Figure 2. كيراتيناز هو إنزيم يفتت البروتينات الكيراتينية عن طريق كسر الروابط الببتيدية. فهو يفتت بروتين الكيراتين إلى ببتيدات وأحماض أمينية. كما أنه يفتت الكيراتين إلى ببتيدات وأحماض أمينية. كما أنه يفتت الكيراتين إلى ببتيدات وأحماض أمينية.

من الناحية الكيميائية الحيوية، كثير من الكيراتينازات الميكروبية تُصنّف ضمن بروتيازات السيرين أو البروتيازات المعدنية أو مجموعات قريبة منها، مع اختلافات واسعة في الاستقرار والتخصص. هذه الاختلافات مهمة صناعياً لأن الإنزيم المستخدم في تحضير الأعلاف يجب أن يحتفظ بنشاط كافٍ خلال مرحلة المعالجة، وأن يتوافق مع خصائص المادة الخام والخطوات اللاحقة مثل الخلط أو التجفيف أو التحييب [6].

توجد أيضًا فكرة مهمة في الأدبيات الحديثة: تفكيك الكيراتين قد يكون أكثر كفاءة عندما تتكامل أنشطة بروتينية مختلفة أو عندما تترافق عملية التحلل مع تغيّرات في الروابط الكيريتية داخل الكيراتين. لذلك تبحث الدراسات في أنظمة متعددة الإنزيمات أو سلالات قادرة على إنتاج أكثر من نشاط مساعد، لأن الكيراتين ركيزة معقدة لا تستجيب دائماً لإنزيم واحد بنفس الدرجة في كل الظروف [7].

الكيراتيناز مقابل البروتيازات العامة في الأعلاف

البروتيازات المستخدمة في الأعلاف تهدف عمومًا إلى تحسين تحلل البروتينات ورفع إتاحة الأحماض الأمينية، لكن الكيراتيناز يبرز عندما تكون الركيزة بروتينياً كيراتينياً شديد المقاومة. لذلك ليس كل بروتياز علفي بديلاً مباشراً للكيراتيناز، خاصة عند التعامل مع الريش أو الشعر أو مواد مماثلة [8].

الدالة العملية	البروتيازات العامة في الأعلاف	الكيراتيناز لتحضير الأعلاف	محور المقارنة
اختيار الإنزيم يرتبط بطبيعة المادة الخام لا باسم "البروتين" فقط	بروتينات علفية أكثر شيوعًا مثل مكونات نباتية أو حيوانية غير كيراتينية	الكيراتين في الريش والمواد الليفية المشابهة	الركيزة الأهم
المواد الكيراتينية تحتاج معالجة أكثر تخصصًا	أقل غالبًا، حسب مصدر البروتين	مرتفع بسبب الألياف والروابط المتصلبة	مستوى المقاومة البنيوية
الكيراتيناز أقرب إلى أداة تثمين مخلفات كيراتينية	تحسين الهضم أو تقليل البروتين غير المهضوم	هيدروليزات كيراتينية، ببتيئات، بروتينات أكثر ذوبانًا	النتيجة المرغوبة
تصميم العملية يختلف باختلاف الهدف	إدخال ضمن تركيبة علفية أو معالجة مكونات بروتينية	مرحلة معالجة للريش أو المادة الكيراتينية قبل/أثناء التحضير	موقع الاستخدام
لا يُقيّم الكيراتيناز بمعزل عن المادة الخام	يعتمد على تركيب العليقة والحيوان المستهدف	يعتمد بقوة على تهيئة الركيزة وتكامل العملية	حدود الأداء

تُظهر مراجعات البروتيازات العلفية أن استخدام الإنزيمات في الأعلاف يتقدم باتجاه مزيد من التخصص، حيث لا يكون السؤال "هل يوجد إنزيم بروتيني؟" بل "ما نوع البروتين غير المتاح، وما الآلية المطلوبة لتحسينه؟". في هذا الإطار، يُعد الكيراتيناز مناسبًا عندما تكون المشكلة الأساسية هي الكيراتين نفسه، وليس مجرد نقص عام في هضم البروتين [8].

من مخلفات الريش إلى هيدروليزات بروتينية

ريش الدواجن من أوضح المواد المستهدفة بالكيراتيناز في سياق الأعلاف، لأنه متوافر بكميات كبيرة في سلاسل إنتاج الدواجن، وغني بالكيراتين، وصعب التحلل بالطرق البيولوجية العادية. التحويل الإنزيمي يهدف إلى نقل الريش من حالة "مخلف صلب مقاوم" إلى حالة "مادة بروتينية معالجة" يمكن تقييمها ضمن مكونات العلف [9].

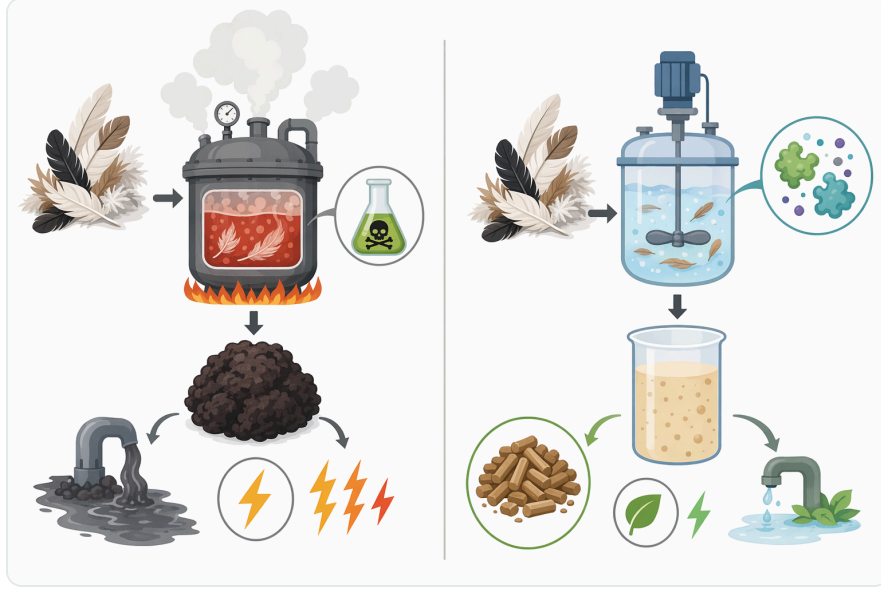


Figure 3. 케라티나아제는 깃털, 털, 뿔, 발굽 및 관련 기질에 존재하는 불용성 구조 케라틴에 작용할 수 있다는 점에서 일반 단백질분해효소와 다르다

عند نجاح المعالجة، ينتج خليط من أجزاء بروتينية مختلفة الأحجام. بعض هذه الأجزاء قد يصبح ذائبًا في الوسط، وبعضها يبقى على هيئة جسيمات أقل صلابة وأكثر تعرضًا للإنزيمات الهاضمة. هذا لا يعني أن الناتج يصبح تلقائيًا مكوّنًا علفيًا مثاليًا؛ فالجودة النهائية تعتمد على مدى التحلل، سلامة المادة الخام، التوازن الغذائي، القبول الحسي، والمعايير التنظيمية الخاصة بكل سوق [3].

تُشير الأدبيات المتعلقة بالكيراتيناز وصناعة أعلاف الدواجن إلى اهتمام واضح بتحسين التعبير الجيني والإنتاج الإنزيمي من أجل جعل استخدام الكيراتيناز أكثر قابلية للتطبيق في تحويل الريش إلى مورد بروتيني. وهذا يعكس أن الاستخدام الصناعي لا يعتمد على الفكرة العلمية وحدها، بل على توافر إنزيم مستقر وفعال وقابل للإدماج في عمليات تصنيع واقعية [9].

موقع الكيراتيناز داخل منظومة تحضير العلف

من الخطأ النظر إلى الكيراتيناز كخطوة منفصلة عن باقي سلسلة التحضير. فالإنزيم يتفاعل مع مادة خام لها خصائص فيزيائية وكيميائية محددة، وتتأثر النتيجة بحجم الجسيمات، الرطوبة، توزيع الإنزيم، زمن التلامس، والتوافق مع خطوات الخلط والمعالجة الحرارية اللاحقة. حتى في أعلاف لا تعتمد على الكيراتين، توضح أبحاث الطحن والتحضير أن حجم الجسيمات يؤثر في تجانس الخلط وسلوك المعالجة، وهذا ينطبق بدرجة أكبر على مواد صعبة مثل الريش [5].

في مرحلة أولى، تحتاج المادة الكيراتينية عادة إلى تهيئة تجعل سطحها أكثر قابلية للتفاعل. لا يعني ذلك بالضرورة وصفا تشغيلية ثابتة، بل مبدأ عام: كلما زادت قابلية وصول الماء والإنزيم إلى البنية الداخلية، تحسنت فرص التحلل. ويُعد هذا مهمًا لأن الكيراتيناز لا يعمل من مسافة بعيدة؛ بل يحتاج إلى تماس فعلي مع الروابط المستهدفة داخل البروتين [2].

في مرحلة لاحقة، يصبح ناتج التحلل جزءًا من قرار تركيبى أوسع: هل سيستخدم كهيدروليز بروتيني؟ هل سيدخل في مزيج مع مكونات بروتينية أخرى؟ هل يحتاج إلى تجفيف أو دمج في علف حبيبي؟ هذه الأسئلة تُحل داخل تصميم العملية وليس داخل وظيفة الإنزيم وحدها. دراسات تقنيات الأعلاف، بما فيها الأعلاف المبتوقة أو المركبة، توضح أن قيمة المكوّن النهائي تتحدد بتكامل المعالجة مع الخصائص الفيزيائية والغذائية للخلطة [10].

العلاقة بين الكيراتيناز وإنزيمات الأعلاف الأخرى

لا يعمل الكيراتيناز في فراغ؛ فقد تحتوي تركيبات الأعلاف أو مراحل التحضير على إنزيمات أخرى مثل الفيتاز، الزيلاز، السليولاز، أو بروتيازات غير متخصصة. لكل منها هدف مختلف: الفيتاز يرتبط بتحرير الفوسفور من الفيتات، والإنزيمات الكربوهيدرازية تستهدف مكونات جدران الخلايا النباتية، أما الكيراتيناز فيستهدف الكيراتين كركيزة بروتينية صعبة [11].

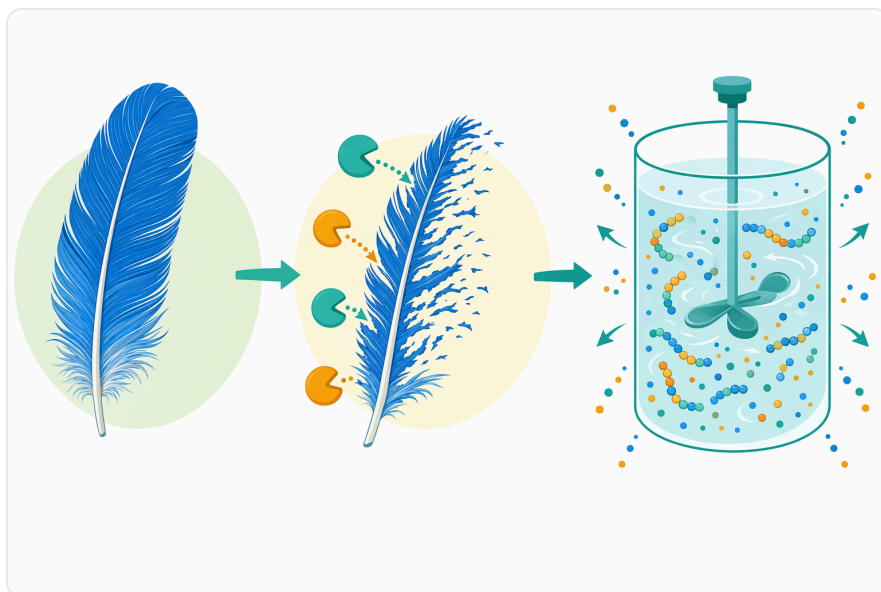


Figure 4. 효소 가수분해 과정에서는 온전한 깃털 구조가 감소하는 반면, 가수분해물 내 용해성 단백질 조각, 펩타이드 및 아미노태 질소는 증가한다

هذا الاختلاف مهم عند صياغة التوقعات. إنزيم مثل الفيتاز قد يُستخدم لتحسين إتاحة معدن معين في علائق الخنازير أو الدواجن، بينما الكيراتيناز يُستخدم عندما تكون المادة الخام نفسها كيراتينية وتحتاج إلى تحويل بنيوي. لذلك لا تُقاس قيمة الكيراتيناز فقط بمؤشرات الأداء الحيواني النهائية، بل كذلك بقدرته على تحويل ركيزة محددة إلى مادة أكثر قابلية للاستخدام [11].

في بعض التطبيقات، قد يكون الجمع بين إنزيمات متعددة مفيدًا عندما تكون المادة الخام خليطًا من بروتينات وكربوهيدرات ودهون. لكن عند التعامل مع الريش تحديدًا، تظل العقبة الرئيسية هي الكيراتين. المراجعات الحديثة حول بروتيازات الأعلاف تؤكد أن اختيار الإنزيم يجب أن يستند إلى نوع الركيزة والمشكلة التغذوية أو التصنيعية التي يراد حلها، وليس إلى استخدام إنزيمات متعددة بصورة عشوائية [8].

الفوائد الفنية المتوقعة في تحضير أعلاف الحيوانات

أول فائدة عملية للكيراتيناز هي **رفع قابلية الاستفادة من مخلفات كيراتينية**. بدل التخلص من الريش أو استخدامه بعد معالجات قاسية وحدها، يمكن للمعالجة الإنزيمية أن تساعد في إنتاج مكونات بروتينية أكثر قابلية للذوبان والتجانس ضمن عملية التحضير. هذا يتماشى مع توجهات التثمين الحيوي للمخلفات وتحويلها إلى موارد صناعية [1].

الفائدة الثانية هي **دعم الاقتصاد الدائري في سلاسل الدواجن والأعلاف**. فالمخلفات الكيراتينية تمثل تحديًا بيئيًا عند تراكمها، لكن تحويلها إلى هيدروليزات أو مكونات بروتينية يقلل الفاقد ويرفع كفاءة استخدام الموارد. مراجعات الإنتاج الميكروبي للكيراتيناز تضع هذا الإنزيم بوضوح ضمن أدوات المعالجة الحيوية للمخلفات الغنية بالكيراتين [2].

الفائدة الثالثة هي **المعالجة الأكثر انتقائية مقارنة ببعض الأساليب الكيميائية أو الحرارية القاسية**. الإنزيم يعمل على روابط بروتينية محددة نسبيًا، ما يسمح بتعديل المادة دون إتلاف غير ضروري لبعض المكونات الحساسة، مع ضرورة الانتباه إلى أن أي عملية صناعية قد تتضمن مراحل غير إنزيمية أيضًا. لذلك، القيمة الحقيقية تظهر عندما يُستخدم الكيراتيناز ضمن تصميم متوازن يراعي جودة الناتج وليس مجرد سرعة التفكيك [6].

الفائدة الرابعة هي **إنتاج نواتج تحلل متنوعة**، من ببتيدات قصيرة إلى أجزاء بروتينية أكبر. هذا التنوع قد يكون مرغوبًا في بعض سياقات الأعلاف، لكنه يحتاج إلى ضبط؛ فالإفراط في التحلل أو نقصه قد يؤثر في القوام، الرائحة، القبول، أو القيمة التغذوية. لذلك تُفهم المعالجة الإنزيمية كوسيلة لإدارة خصائص المادة، لا كخطوة تلقائية بنتيجة موحدة [3].



Figure 5. 케라티나아제로 처리한 깃털 단백질은 깃털분의 품질 개선, 반려동물 사료용 가수분해물 개발, 양식사료 원료 탐색, 가금 부산물의 고부가가치화에 특히 관련이 깊다

حدود الاستخدام والتوقعات الواقعية

رغم أن الكيراتيناز أداة قوية، لا ينبغي تصويره كحل يحول كل مخلف كيراتيني مباشرة إلى علف عالي القيمة. المادة الخام قد تختلف في مصدرها، نظافتها، محتواها من الدهون أو المعادن أو الشوائب، ودرجة تعرضها لمعالجات سابقة. هذه المتغيرات تؤثر في قابلية الإنزيم للوصول إلى الكيراتين وفي جودة الناتج النهائي^[12].

كذلك لا تعني زيادة التحلل دائمًا تحسنًا غذائيًا غير محدود. في الأعلاف، تُقاس القيمة النهائية من خلال توازن الأحماض الأمينية، الطاقة، السلامة، الاستساغة، ثبات التخزين، وتوافق المكوّن مع الحيوان المستهدف. لذلك، يجب تقييم ناتج التحلل ضمن منظومة تغذية كاملة، لا من خلال ملاحظة ذوبان المادة أو تغير مظهرها فقط^[13].

هناك أيضًا حدود مرتبطة بالاستقرار الإنزيمي. البروتيازات عمومًا حساسة للوسط المحيط، وقد تفقد جزءًا من فعاليتها إذا تعرضت لظروف غير مناسبة خلال الخلط أو المعالجة اللاحقة. ولهذا تركز تقنيات إنتاج وتطبيق بروتيازات الأعلاف على تحسين الثبات، التوافق مع عمليات تصنيع العلف، والقدرة على تحقيق أثر قابل للتكرار في بيئات عملية مختلفة^[6].

أخيرًا، لا يعالج الكيراتيناز مشكلات السلامة غير البروتينية وحده. إذا كانت المادة الخام ملوثة بسموم فطرية أو ملوثات أخرى، فإن التحلل البروتيني لا يكفي لضمان الملاءمة. مراجعات السموم الفطرية في الأعلاف تبرز الحاجة إلى استراتيجيات بيولوجية ورقابية متخصصة للتعامل مع تلك المخاطر، وهي قضايا مستقلة عن وظيفة الكيراتيناز في تفكيك الكيراتين^[14].

اعتبارات الجودة والسلامة في الاستخدام الصناعي

في بيئة B2B، تُعد وثائق المنتج جزءًا مهمًا من ضبط الاستخدام، خصوصًا عند إدخال إنزيم في عملية علفية. بالنسبة للمنتج المعروض عبر Enzymes.bio، تُرفق شهادة التحليل CoA ونشرة بيانات السلامة SDS مع الطلب؛ الأولى تساعد في التعرف إلى بيانات الدفعة المتاحة، والثانية تقدم معلومات السلامة والتداول والتخزين وفق صيغة وثائق السلامة المعتادة.



Figure 6. 케라티나아제는 일반적으로 깃털 유래 물질, 물, 혼합 및 접촉 시간이 갖춰져 효소가 케라틴에 접근할 수 있는 습식 전처리 또는 가수분해 공정에서 적용된다.

من المهم أيضًا أن يُفهم دور Enzymes.bio بدقة: هي مؤرّد يتيح المنتج للشراء عبر الإنترنت، وليست جهة مصنّعة ولا مختبرًا تحليليًا. لذلك ينبغي التعامل مع المنتج ضمن إجراءات المنشأة الداخلية الخاصة باستلام المواد، التخزين، تقييم الملاءمة، والامتثال للوائح المحلية الخاصة بالأعلاف والمواد المساعدة في التصنيع.

السلامة العملية لا تتعلق بالإنزيم وحده، بل بالمادة الخام والنتائج النهائي. عند معالجة ريش أو مخلفات حيوانية، يجب أن تكون سلسلة التوريد والنظافة والمعالجة الحرارية أو التجفيف أو الحفظ متوافقة مع اشتراطات الأعلاف. الدراسات حول إضافات الأعلاف تؤكد أن التقييم قبل الاستخدام التجاري يحتاج إلى مراعاة السلامة الحيوانية، جودة المنتج، والتأثيرات المحتملة ضمن سياق الاستخدام الفعلي^[12].

الكيراتيناز في أعلاف الدواجن والخنازير والمجترات

يرتبط الكيراتيناز غالبًا بسلاسل الدواجن لأن الريش مخلف رئيسي فيها، ولأن استخدام نواتج تحلل الريش قد يعيد جزءًا من البروتين إلى منظومة الأعلاف. كما أن الأبحاث الحديثة حول تعزيز التعبير الجيني للكيراتيناز تشير صراحة إلى أهميته المحتملة في صناعة أعلاف الدواجن، خصوصًا في تحويل مخلفات الريش إلى مكونات ذات فائدة^[9].

في أعلاف الخنازير، لا يكون الريش عادةً مكوّنًا تقليديًا بنفس الوضوح، لكن منطق استخدام الإنزيمات لتحسين إتاحة المغذيات قائم في القطاع. أبحاث استخدام إنزيمات مثل الفيتاز في الأعلاف المركبة للخنازير توضح كيف يمكن للإنزيمات أن تغير القيمة العملية للمكوّنات من خلال تحرير أو إتاحة عناصر غذائية كانت مقيدة في صورة أقل قابلية للاستفادة [11].

أما في المجترات، فالمعادلة أكثر تعقيدًا بسبب دور الكرش والميكروبيوم في التحلل. إنزيمات الأعلاف قد تؤثر في نشاطات ميكروبية وهضمية مختلفة، لكن استخدام نواتج التحلل الكيراتيني يجب أن يُقَيّم وفق احتياجات المجتر، توازن النيتروجين، وسلوك التخمر. الدراسات التي تربط نشاط إنزيمات الكرش بالميكروبيوم والمواد المضافة تبرز أهمية النظر إلى النظام الهضمي كبيئة حيوية متكاملة [15].

موقع المنتج من Enzymes.bio

منتج **Keratinase Enzyme For Animal Feed Preparation CAS 9014-01-1** مخصص لسياق تحضير أعلاف الحيوانات ومعالجة المواد الغنية بالكيراتين. الوصف العملي الأنسب له أنه مادة إنزيمية مساعدة في التصنيع أو التحضير، لا علف كامل، ولا مصدر غذائي مستقل، ولا ضمان منفرد لتحسين الأداء الحيواني دون تصميم علفي صحيح .



Figure 7. 케라티나아제는 안전성, 품질 및 배합 요건이 충족될 때 깃털 폐기 물을 더 활용하기 쉬운 단백질 가수분해물로 전환함으로써 부산물의 고부가가치화를 지원한다

يُباع المنتج مباشرة عبر الإنترنت بوحدة **1kg**، ما يجعله مناسبًا لعمليات الشراء القياسية عبر المتجر دون الحاجة إلى مسارات تفاوضية طويلة. وتتوفر مع الطلب وثائق **CoA** و **SDS**، وهي مفيدة للفرق الفنية والجودة والسلامة عند استلام المنتج وإدخاله في إجراءات المنشأة .

ينبغي أن تبقى توقعات الاستخدام منضبطة: المنتج يوفر إنزيم كيراتيناز يمكن توظيفه في معالجة مواد كيراتينية، لكن النتيجة النهائية تعتمد على المادة الخام، طريقة التحضير، التكامل مع باقي خطوات التصنيع، ومعايير العلف المستهدفة. هذا التمييز مهم حتى لا يُفهم الإنزيم كبديل عن مراقبة الجودة أو عن الصياغة التغذوية المتوازنة [3].

الخلاصة الفنية

إنزيم **Keratinase Enzyme For Animal Feed Preparation CAS 9014-01-1** يمثل أداة تقنية مهمة لمعالجة الكيراتين في الريش والمواد الحيوانية الليفية المشابهة. آلية عمله تقوم على تفكيك البنية البروتينية المقاومة وتحويل جزء من الكيراتين إلى ببتيدات وبروتينات أكثر قابلية للذوبان، مما يدعم إنتاج هيدروليزات أو مكونات بروتينية قابلة للدراسة والإدماج في تحضير الأعلاف [1].

تؤكد الأبحاث والمراجعات أن الكيراتيناز مرتبط بقوة بثمين مخلفات الريش، إدارة المخلفات الكيراتينية، وتطوير بروتيازات أكثر ملاءمة لتطبيقات الأعلاف. ومع ذلك، يبقى نجاح التطبيق مرتبطًا بتهيئة المادة الخام، ضبط العملية، جودة الناتج، والامتثال لمتطلبات السلامة والتنظيم في كل سوق [2].

من منظور الشراء والاستخدام، توفر Enzymes.bio المنتج عبر الإنترنت بوحدة **1kg** مع وثائق **CoA** و **SDS**، مع ضرورة فهمها كمورد لا كمصنّع أو مختبر. القيمة العملية للمنتج تظهر عندما يُستخدم الكيراتيناز ضمن استراتيجية واضحة لتحويل مخلفات كيراتينية صعبة إلى مكونات بروتينية أكثر قابلية للاستخدام في منظومة أعلاف مصممة بعناية .

اطلب Keratinase Enzyme For Animal Feed Preparation Cas 9014-01-1 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 Keratinase Enzyme For Animal Feed Preparation Cas 9014-01-1](#)

المراجع

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

1. Thadiyan, V., Sharma, V., & Gupta, R. (2025). Keratinase and its diverse applications. 3 *Biotech*, 15.

2. Ghaffar, I., Imtiaz, A., Hussain, A., Javid, A., Jabeen, F., Akmal, M., & Qazi, J. (2018). Microbial production and industrial applications of keratinases: an overview. *International Microbiology*, 21, 163 - 174.

3. Menezes-Blackburn, D., & Greiner, R. (2015). Enzymes Used in Animal Feed: Leading Technologies and Forthcoming Developments.

- Elhouli, M. B., Jaouadi, N. Z., Bouacem, K., Allala, F., Rekik, H., Mechri, S., Ezzine, H. K., ... et al. (2020). Heterologous expression and purification of keratinase from Actinomyces viscidus DZ50: feather biodegradation and animal hide dehairing bioprocesses. *Environmental science and pollution research international*, 28, 9921 - 9934 .4
- Abilzhanuly, T., Iskakov, R., Abilzhanov, D., & Darkhan, O. (2023). Determination of the average size of preliminary grinded wet feed particles in hammer grinders. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies* .5
- Hamvi, M., & Shapovalov, S. (2025). Modern technologies of production and application of feed proteases in feeding of farm animals. *Adaptive Fodder Production* .6
- Luo, S., De-Wang, Yang, K., Ye, H., Sun, Y., Qi, Z., Zuo, J., ... et al. (2026). Couple action of some proteases from feather keratin-degrading bacterium B.licheniformis CP-16. *Journal of Biotechnology* .7
- Oliveira Sousa, T., Silva, N. A., Melo Oliveira, V., Silva Ramos, A. V., Filho, J. P. M. B., Batista, J. M. S., Costa, R. M. P. B., ... et al. (2025). Use of proteases for animal feed supplementation: scientific and technological updates. *Preparative Biochemistry & Biotechnology*, 55, 797 - 809 .8
- Saeed, M., Yan, M., Ni, Z., Hussain, N., & Chen, H. (2024). Molecular strategies to enhance the keratinase gene expression and its potential implications in poultry feed industry. *Poultry Science*, 103 .9
- Petik, I., Litvinenko, O., Kalyna, V., Ilinska, O., Raiko, V., Filenko, O., Lutsenko, M., ... et al. (2023). Development of extruded animal feed based on fat and oil industry waste. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies* .10
- Mikhaylova, L., Lavrentev, A., & Kostomakhin, N. (2023). Enzyme with phytase activity in compound feed for young pigs on fattening. *Kormlenie sel'skhozjajstvennyh zhivotnyh i kormoproizvodstvo (Feeding of agricultural animals and feed production)* .11
- Rakhmatullin, E., Kadikov, I. R., Kurshakova, E. I., Sagdeev, D. R., Korchemkin, A. A., Vafin, I. F., Galyautdinova, G. G., ... et al. (2024). Modern problems of preclinical studying feed additives for animals and ways to solve them. *Вестник российской сельскохозяйственной науки* .12
- Rakhimberdiev, K., Ishnazarov, A., Adilchaev, R., Nazarbaev, O., Utemuratov, R., & Boldireva, S. (2023). Prospects of Digitalization of the Animal Husbandry Process in the Context of the Digital Economy: Economic-Mathematical Modeling of the Problem of Feed Ration and Programming in Python. *International Conference on Future Networks and Distributed Systems* .13
- Lach, M., & Kotarska, K. (2024). Negative Effects of Occurrence of Mycotoxins in Animal Feed and Biological Methods of Their Detoxification: A Review. *Molecules*, 29 .14
- Zhang, H., Lang, X., Li, X., Chen, G., & Wang, C. (2022). Effect of Zanthoxylum bungeanum essential oil on rumen enzyme activity, microbiome, and metabolites in lambs. *PLoS ONE*, 17 .15

تواصل مع Enzymes.bio

هل لديك أسئلة حول طلب؟ يسرّ 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.