السليولاز الحمضي Acid Cellulase لإضافات الأعلاف الحيوانية: دعم هضم الألياف وتحسين الاستفادة من المكونات النباتية

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

إجابة مباشرة قابلة للاقتباس: السليولاز الحمضي هو تحضير إنزيمي يُستخدم في إضافات الأعلاف للمساعدة على تفكيك السليلوز وبعض مكونات الجدار الخلوي النباتي، بما قد يزيد إتاحة الطاقة والمغذّيات المحتجزة داخل الخامات النباتية. في الأعلاف، تكون قيمته العملية أوضح عندما تُستخدم مواد غنية بالألياف مثل النخالة، الكسب النباتي، الأعلاف الخشنة، السيلاج، ومخلفات المحاصيل، مع ضرورة فهمه كأداة تقنية ضمن صياغة علفية متكاملة لا كبديل عن توازن العليقة أو الإدارة الغذائية السليمة [1].

ما هو السليولاز الحمضي في إضافات الأعلاف؟

السليولاز الحمضي، أو **Acid Cellulase Enzymes for Animal Feed Additives**، هو تحضير إنزيمي مخصص للتعامل مع جزء من الألياف النباتية غير النشوية، وبخاصة السليلوز الموجود في جدران الخلايا النباتية. تعرض Enzymes.bio هذا المنتج للبيع المباشر عبر الإنترنت بوحدة 1 كجم، مع إرفاق وثائق **CoA** و**SDS** مع الطلب، مع التأكيد هنا على أن Enzymes.bio مورّد عبر الإنترنت وليست جهة تصنيع أو مختبر اختبار . وظيفة المنتج في سياق الأعلاف ليست إضافة "مغذٍ" جديد، بل تحسين قابلية بعض مكونات العلف النباتية للتحلل، بحيث تصبح المغذيات المحبوسة داخل البنية الليفية أكثر قابلية للوصول أثناء الهضم أو أثناء المعالجة العلفية قبل التغذية.

ينتمي السليولاز إلى عائلة أوسع من **الإنزيمات النشطة على الكربوهيدرات** المستخدمة في الأعلاف، وهي تشمل إنزيمات تستهدف السليلوز، الزيلان، البيتا-غلوكان، المانان، والنشا، بحسب طبيعة الركيزة النباتية في العليقة. تشرح الأدبيات الحديثة أن إنزيمات الكربوهيدرات في تغذية الحيوان تُستخدم أساسًا لتقليل الأثر التغذوي السلبي لمكونات الجدار الخلوي، وتحسين إتاحة الطاقة والمغذيات، ودعم استغلال خامات نباتية قد تكون أقل كفاءة بدون تدخل إنزيمي [1]. لذلك يظهر السليولاز الحمضي خصوصًا في تركيبات تعتمد على مواد نباتية غنية بالألياف أو في برامج تحسين السيلاج والمواد الخشنة.

وصف "حمضي" في هذا السياق مهم لأنه يشير إلى ملاءمة التحضير لبيئات تميل إلى الحموضة، وهي بيئات تظهر في بعض مراحل الهضم أو في بعض عمليات التخمر العلفي. لكن ذلك لا يعني أن الإنزيم يعمل بمعزل عن بقية ظروف التطبيق؛ ففعاليته تتأثر بطبيعة الخامة، درجة إتاحة السليلوز داخل الجدار الخلوي، وجود اللجنين

والهيميسليلوز، زمن التلامس، الرطوبة، وطريقة توزيع الإنزيم في الخليط. ولهذا تتعامل صناعة الأعلاف مع السليولاز كجزء من نظام أوسع يضم الصياغة الغذائية، جودة الخامات، المعالجة، والتخزين، لا كعامل وحيد مسؤول عن الأداء الحيواني [2].

لماذا تمثّل الألياف النباتية تحديًا في العلف؟

السليلوز هو بوليمر بنيوي رئيسي في جدران الخلايا النباتية، ويتكوّن من سلاسل طويلة مترابطة من وحدات الغلوكوز، لكنها ليست سهلة الوصول للهضم مثل النشا. في كثير من الخامات العلفية، لا يكون السليلوز وحده هو المشكلة؛ بل يوجد داخل شبكة معقّدة تضم الهيميسليلوز، البكتين، البروتينات المرتبطة بالجدار، ومركبات فينولية ولجنين بدرجات مختلفة. هذه الشبكة تقلل وصول الإنزيمات الهضمية أو الميكروبات النافعة إلى المغذيات داخل الخلية النباتية، ولذلك قد تبدو الخامة غنية كيميائيًا بالمغذيات لكنها أقل إتاحة حيويًا في الجهاز الهضمي [1].

في الدواجن والخنازير، تكون القدرة الطبيعية على استغلال السليلوز محدودة مقارنة بالمجترات، لأن الاعتماد على التخمر الميكروبي للألياف أقل اتساعًا. أما في المجترات، فالميكروبات الكرشية تمتلك قدرة أكبر على تفكيك الألياف، لكن هذه القدرة تتأثر بنوعية العلف، نسبة اللجنين، معدل مرور الكتلة العلفية، والتوازن بين الطاقة القابلة للتخمر والنيتروجين. لذلك يمكن أن تكون إضافة السليولاز أو استخدامه في معالجة المواد الخشنة قبل التغذية وسيلة لتحسين بداية تفكيك الجدار الخلوي أو زيادة توفر السكريات القابلة للتخمر في بعض التطبيقات [3].

تزداد أهمية هذه النقطة مع التوجه إلى استخدام مخلفات زراعية وصناعية في الأعلاف، مثل قش الحبوب، تفل بعض المحاصيل، نخالة الحبوب، قشور الدرنات، والكسب النباتي. هذه الخامات تدعم الاقتصاد الدائري وتخفض الاعتماد على مواد علفية تقليدية أعلى تكلفة، لكنها غالبًا تحتاج إلى معالجة أو دعم إنزيمي لتحسين قيمتها الغذائية. وقد ركزت دراسات حديثة على إنتاج أو تطبيق السليولاز من كائنات دقيقة مختلفة باستخدام مخلفات زراعية كركائز، ما يعكس ارتباط هذا الإنزيم بسلاسل قيمة الأعلاف المستدامة [4].

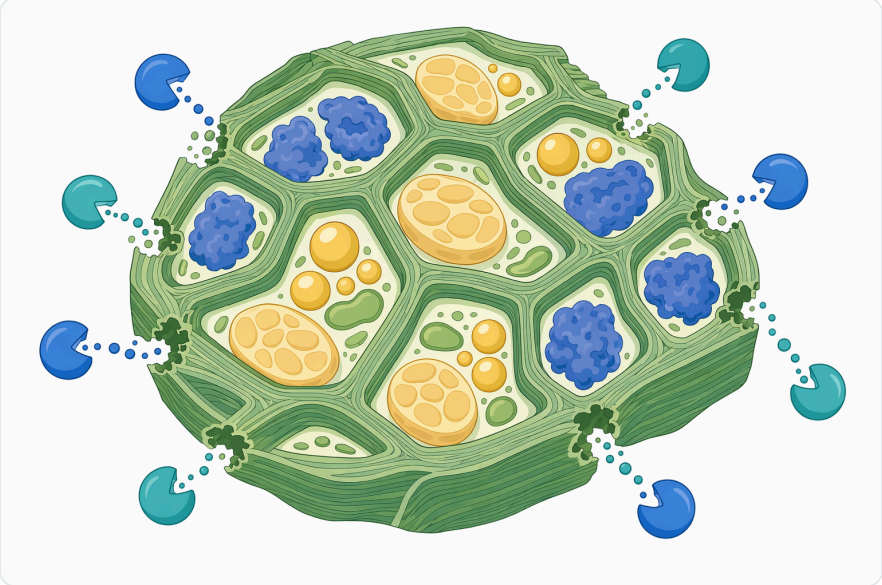

Figure 1. 산성 셀룰라아제는 셀룰로오스가 풍부한 식물 세포벽을 약화시켜, 사료 조직에 이미 존재하는 영양소가 더 쉽게 이용될 수 있도록 합니다.

آلية عمل السليولاز: تفكيك منظّم لا "إذابة" كاملة للألياف

من الناحية التقنية، لا يعمل السليولاز كإنزيم واحد بسيط، بل كمنظومة من أنشطة متكاملة تستهدف بنية السليلوز على مراحل. يبدأ **الإندوغلوكاناز** بقطع الروابط داخل السلاسل السليلوزية في مناطق يمكن الوصول إليها، فيخلق نهايات جديدة ويزيد عدد المواقع المتاحة للهجوم الإنزيمي. بعد ذلك تعمل أنشطة من نوع **السيلوبيوهيدرولاز** أو الإكسو-غلوكاناز على الأطراف المتولدة لتحرير وحدات أقصر، بينما يقوم **بيتا-غلوكوزيداز** بتحويل بعض النواتج الوسيطة مثل السيلوبيوز إلى غلوكوز أو سكريات أبسط قابلة للدخول في التخمر أو الاستفادة الأيضية بحسب بيئة التطبيق [1].

هذه الآلية لا تعني أن كل الألياف في العليقة ستتحول بالكامل إلى سكريات بسيطة. السليلوز في الخامات العلفية ليس مادة نقية؛ بل يكون محميًا أحيانًا داخل مصفوفة من الهيميسليلوز واللجنين، وقد تكون مناطق منه بلورية ومنظمة بدرجة تجعلها أقل قابلية للتحلل. لذلك تكون صياغة الادعاء الفنية الأدق هي أن السليولاز **يساعد على زيادة قابلية الوصول إلى جزء من السليلوز والجدار الخلوي**، وقد يحرر جزءًا من السكريات أو يفتح البنية النباتية لإنزيمات أخرى أو للميكروبات الهاضمة، لا أنه يضمن تحويلًا كاملًا للألياف [2].

في الأعلاف المخلوطة، تظهر قيمة السليولاز أيضًا من خلال "تأثير فتح المصفوفة". عندما تتضرر بعض مناطق الجدار الخلوي بفعل القطع الإنزيمي، قد تصبح البروتينات والنشا والدهون والمعادن المحتجزة داخل الخلية النباتية أكثر تعرضًا للإنزيمات الهضمية الأخرى. هذا التأثير غير المباشر مهم في علائق تحتوي على كميات معتبرة من مواد نباتية جانبية، لأنه يربط بين تفكيك الألياف وتحسين الاستفادة من مغذيات ليست هي نفسها ركيزة مباشرة للسليولاز [1].

أين يختلف السليولاز عن الزيلاناز والفيتاز والبروتياز؟

يُخلط أحيانًا بين إنزيمات الأعلاف لأن جميعها توصف بأنها "محسّنات هضم"، لكن كل إنزيم يستهدف ركيزة مختلفة. السليولاز يستهدف السليلوز، بينما الزيلاناز يستهدف الزيلان والهيميسليلوز في الحبوب ومخلفاتها، والفيتاز يستهدف الفيتات لتحرير الفوسفور وتقليل ارتباطه بالمعادن، والبروتياز يستهدف البروتينات. لهذا لا ينبغي تقييم السليولاز كبديل شامل لهذه الإنزيمات، بل كأداة متخصصة عندما تكون البنية السليلوزية أو الجدار الخلوي عاملًا مقيدًا في العليقة [1].

الإنزيم في الأعلاف	الركيزة الأساسية	الأثر التقني المتوقع	متى يكون أكثر صلة؟
السليولاز الحمضي	السليلوز وأجزاء من الجدار الخلوي النباتي	فتح البنية الليفية وزيادة إتاحة بعض المغذيات	الخامات الليفية، السيلاج، المواد الخشنة، المخلفات النباتية
الزيلاناز	الزيلان والهيميسليلوز	تقليل أثر السكريات غير النشوية وتحسين إتاحة الطاقة	علائق الحبوب والنخالة ومخلفات الطحن
الفيتاز	الفيتات	تحرير الفوسفور وتقليل ارتباط المعادن	علائق نباتية مرتفعة الفيتات

الإنزيم في الأعلاف	الركيزة الأساسية	الأثر التقني المتوقع	متى يكون أكثر صلة؟
البروتياز	البروتينات	تحسين تحلل البروتين وتقليل الفاقد النيتروجيني	علائق تحتاج إلى رفع كفاءة استخدام البروتين
البيتا-غلوكاناز	بيتا-غلوكانات	تقليل اللزوجة وتحسين حركة الكتلة الهضمية	بعض الحبوب الغنية ببيتا-غلوكان

توضح هذه المقارنة أن قيمة السليولاز تعتمد على "مطابقة الإنزيم للركيزة". فإذا كانت العليقة منخفضة في الألياف السليلوزية أو إذا كانت المشكلة الأساسية هي الفيتات أو البروتين غير المهضوم، فقد لا يكون السليولاز وحده هو الخيار الأهم. أما عند استخدام مواد خشنة، سيلاج، أو مكونات نباتية جانبية ذات جدران خلوية واضحة، يصبح السليولاز أكثر صلة، وقد يُستخدم ضمن مزيج إنزيمي أوسع يستهدف أكثر من مكون من مكونات الجدار الخلوي [5].

دليل بحثي في السيلاج والمواد الخشنة

تُعد تطبيقات السيلاج والمواد الخشنة من أكثر السياقات منطقية لاستخدام السليولاز، لأن العملية نفسها تعتمد على تخمر المادة النباتية وتوفر سكريات قابلة للتخمر لبكتيريا حمض اللاكتيك. عندما يساعد السليولاز على تحرير جزء من السكريات من الجدار الخلوي، يمكن أن يدعم اتجاه التخمر نحو إنتاج أحماض عضوية مرغوبة وخفض نشاط الميكروبات غير المرغوبة. وقد درست أبحاث على علائق عالية الخشونة أو مواد علفية خشنة المعالجة المسبقة بمزيج من السليولاز والزيلاناز، مع التركيز على الهضم والتخمر في بيئات مرتبطة بالمجترات [3].

تظهر أهمية التآزر هنا بوضوح: السليولاز قد يفتح جزءًا من السليلوز، والزيلاناز قد يهاجم الهيميسليلوز، وبكتيريا حمض اللاكتيك قد تستفيد من السكريات المتاحة لإنتاج حمض اللاكتيك. هذا يفسر لماذا لا تكون النتائج دائمًا مرتبطة بإنزيم واحد فقط، بل بتصميم كامل للتخمر يشمل الخامة، اللقاح الميكروبي، الرطوبة، الكبس، واستبعاد الهواء. مراجعات التخمر الصلب في الأعلاف تشير إلى أن التفاعل بين الكائنات الدقيقة والإنزيمات يمكن أن يغير بنية المواد النباتية ويزيد قيمتها العلفية عند ضبط الظروف بشكل مناسب [2].

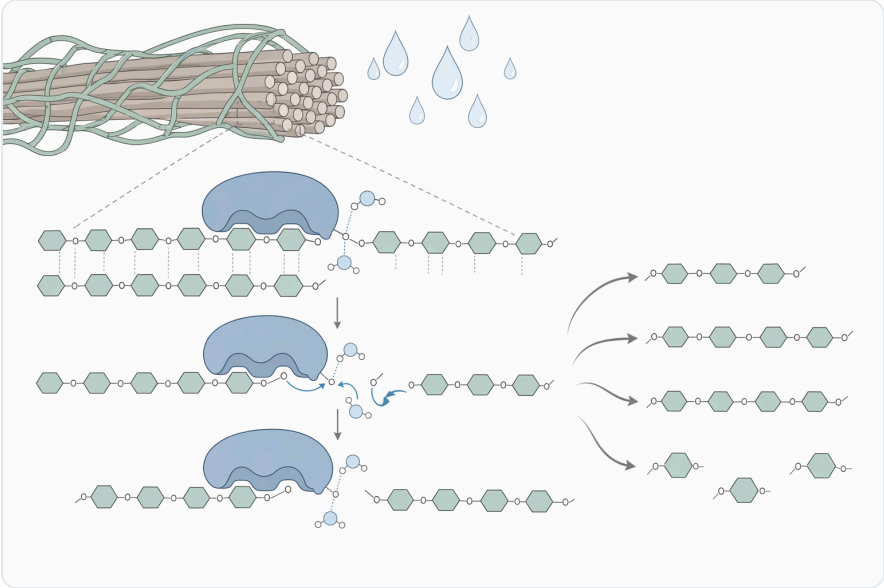

Figure 2. 셀룰라아제 효소계는 서로 협력하여 작용합니다. 엔도셀룰라아제가 셀룰로오스 사슬 내부를 절단해 새로운 작용 부위를 만들고, 엑소셀룰라아제가 셀로덱스트린을 방출하며, β-글루코시다아제가 셀로비오스를 포도당으로 .전환합니다

في المجترات، لا يقتصر الاهتمام على السيلاج، بل يمتد إلى علائق عالية الخشونة قبل دخولها إلى الكرش. تشير دراسات على إنزيمات خارجية في تغذية الأبقار أو المجترات إلى أن التأثير قد يظهر في معلمات التخمر أو الهضم أو الأداء، لكنه يظل متغيرًا بحسب نوع الإنزيم، العليقة، وقت الإضافة، وطبيعة المادة الليفية. لذلك من الأدق الحديث عن "إمكان تحسين" التخمر والهضم بدلًا من تقديم نتيجة موحدة لكل أنظمة الأبقار أو الأغنام أو الماعز [6].

تطبيقات الدواجن والخنازير: فرصة مشروطة بنوع العليقة

في الدواجن، تكون الاستفادة من السليلوز محدودة، خصوصًا في الطيور الصغيرة ذات الجهاز الهضمي سريع المرور. لذلك تركز تطبيقات السليولاز على تقليل عائق الجدار الخلوي ورفع إتاحة المغذيات في علائق تحتوي على مكونات نباتية ذات ألياف أعلى. وقد قيّمت دراسة حديثة إضافة سليولاز من **Trichoderma reesei** إلى علائق دجاج اللحم خلال مرحلة نمو مبكرة، ما يعكس استمرار الاهتمام البحثي بدور السليولاز في علائق الطيور، خاصة عندما ترتفع مساهمة المواد النباتية الليفية [7].

في الخنازير، لا تُعد الألياف مجرد عامل سلبي؛ إذ يمكن لبعض الألياف القابلة للتخمر أن تدعم بيئة الأمعاء الغليظة، لكن السليلوز غير المتاح قد يقلل كثافة الطاقة أو يحبس مغذيات أخرى. لهذا يتطلب استخدام السليولاز في علائق الخنازير فهم نوع الألياف وليس كميتها فقط: هل هي ألياف قابلة للتخمر؟ هل ترتبط بجدار خلوي يحبس النشا أو البروتين؟ هل الخامة ناعمة ومجهزة أم خشنة ومقاومة؟ هذه الفروقات تحدد ما إذا كان الإنزيم سيضيف قيمة واضحة ضمن الصياغة [1].

ينبغي أيضًا تجنب المبالغة في الادعاء بأن السليولاز وحده يحسن كل مؤشرات الأداء في الدواجن أو الخنازير. فالأداء يتأثر بالبروتين المتوازن، الأحماض الأمينية، الطاقة، صحة القطيع، جودة الحبيبات، الماء، الإجهاد الحراري، وبرنامج التحصين والإدارة. السليولاز يساهم في جانب محدد هو الجدار الخلوي والسليلوز، ويمكن أن يكون جزءًا من برنامج إنزيمي أوسع، لكنه لا يصح أن يُعرض كبديل عن الصياغة الدقيقة أو إدارة المزرعة [1].

الأعلاف القائمة على المخلفات الزراعية والكسب النباتي

أحد الاستخدامات الصناعية المهمة للسليولاز هو تحسين الاستفادة من المواد الثانوية الناتجة عن الزراعة والتصنيع الغذائي. أمثلة ذلك قشور البطاطس، تفل المحاصيل، بقايا قصب السكر، نخالات الحبوب، وبعض أنواع الكسب النباتي. أبحاث حديثة تناولت إنتاج الأميلاز والسليولاز من عزلات ميكروبية باستخدام قشور بطاطس معالجة كركيزة، وهو اتجاه يعكس كيف يمكن تحويل مخلفات منخفضة القيمة إلى منصات لإنتاج إنزيمات أو تحسين مواد علفية [4].

كما درست أبحاث أخرى بكتيريا محللة للسليلوز معزولة من مخلفات قصب السكر، مع ربط نشاط السليولاز بإمكانات الاستخدام في الأعلاف. أهمية هذه الدراسات ليست في نقل ظروفها المختبرية مباشرة إلى مصنع العلف، بل في تأكيد أن المخلفات النباتية الغنية بالسليلوز تمثل ركيزة واقعية لإنزيمات التحلل الليفي، وأن تحسينها بيولوجيًا قد يرفع قابليتها للاستخدام في تغذية الحيوان [8].

في سياق الكسب النباتي، قد تكون المشكلة مركبة: ألياف، عوامل مضادة للتغذية، بروتينات مرتبطة بالمصفوفة، ومركبات فينولية. لذلك تظهر في الأدبيات حلول تعتمد على مزيج من الفطريات أو البكتيريا والإنزيمات خلال التخمر الصلب، حيث تنتج الكائنات الدقيقة إنزيمات مثل السليولاز والزيلاناز والبروتياز، ما يغير البنية ويزيد قابلية الهضم. هذه الرؤية مهمة عند تقييم السليولاز الحمضي كجزء من مفهوم "رفع قيمة الخامات النباتية" وليس فقط كمسحوق يضاف في نهاية الخلط [2].

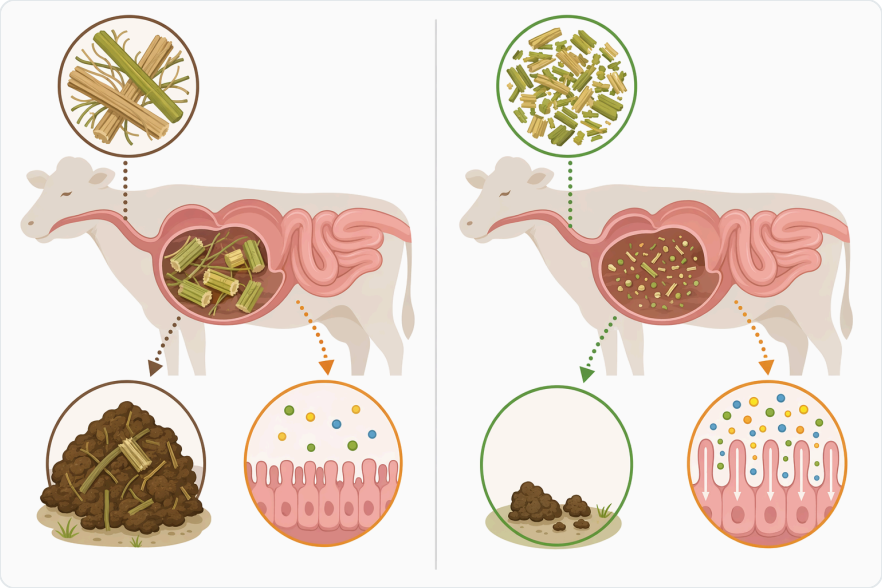

Figure 3. 사료 효소는 작용하는 기질에 따라 다릅니다. 셀룰라아제는 셀룰로오스를 표적으로 하는 반면, 자일라나아제, β-글루카나아제, 피타아제, 프로테아제는 사료의 다른 한계를 개선하는 데 작용합니다.

السليولاز ضمن مزيج إنزيمي: متى يكون التآزر منطقيًا؟

نادراً ما تكون الجدران الخلوية النباتية مكوّنة من السليلوز وحده؛ لذلك غالبًا ما يظهر التآزر بين السليولاز وإنزيمات أخرى. إذا كان الجدار غنيًا بالزيلان، فقد يفتح الزيلاناز أجزاء من الهيميسليلوز، ما يزيد وصول السليولاز إلى السليلوز. وإذا كانت العليقة تحتوي على فيتات مرتفع، فقد يظل الفيتاز ضروريًا لتحرير الفوسفور حتى لو تحسنت إتاحة بعض الطاقة بفعل السليولاز. لهذا تميل الصناعة إلى استخدام "حزم إنزيمية" عند وجود أكثر من عامل مقيد في الخامة [5].

مع ذلك، لا يعني التآزر أن إضافة عدد أكبر من الإنزيمات أفضل دائمًا. الإنزيم غير المطابق للركيزة لا يقدم قيمة كبيرة، وقد تصبح الفائدة الهامشية محدودة إذا كانت الخامة أصلًا سهلة الهضم أو إذا كانت المعالجة الحرارية أو التخزين قد أثرا في النشاط الإنزيمي. الأدبيات الخاصة بإنزيمات الأعلاف تؤكد أن النتائج تعتمد على توافق الإنزيم مع العليقة والحيوان ومرحلة الإنتاج، وليس على اسم الإنزيم وحده [1].

في السيلاج، يبدو التآزر بين الإنزيمات والميكروبات أكثر وضوحًا، لأن بكتيريا حمض اللاكتيك تحتاج إلى سكريات قابلة للتخمر، بينما تساعد إنزيمات الجدار الخلوي على زيادة توفر هذه السكريات من المادة النباتية. وتعرض مراجعات بكتيريا حمض اللاكتيك المجففة في الأعلاف أهمية هذه الكائنات في منتجات الأعلاف، خصوصًا عندما يُراد دعم تخمر مستقر أو تأثيرات مرتبطة بالبيئة المعوية، مع بقاء النتيجة مرتبطة بجودة التطبيق والتخزين [9].

جودة التطبيق: ما الذي يؤثر في الأداء دون الدخول في اختبارات؟

تعتمد فعالية السليولاز الحمضي على التوزيع المتجانس داخل العلف أو على سطح المادة المراد معالجتها. إذا بقي الإنزيم في جيوب مركزة أو لم يلامس الركيزة الليفية بشكل كافٍ، فلن تتحقق الفائدة المتوقعة حتى لو كان التحضير مناسبًا. لذلك تهتم مصانع الأعلاف عادةً بتسلسل الإضافة، زمن الخلط، طبيعة الحامل، وتجانس الرطوبة في التطبيقات التي تتطلب تفاعلًا قبل التغذية. هذه اعتبارات تشغيلية عامة وليست إجراءات اختبارية، لكنها حاسمة لفهم لماذا تختلف النتائج بين خط إنتاج وآخر [2].

زمن التلامس عامل آخر. في السيلاج أو المعالجة الرطبة، يكون لدى الإنزيم وقت أطول للتفاعل مع الجدار الخلوي، بينما في الأعلاف الجافة قد يكون التأثير مرتبطًا بمرحلة الهضم بعد الاستهلاك. كذلك تؤثر بنية الخامة نفسها؛ فالطحن أو التقطيع قد يزيد مساحة السطح ويكشف مواقع جديدة، بينما اللجنين العالي قد يحد وصول السليولاز إلى السليلوز. لذلك لا يُقيّم السليولاز بمعزل عن التحضير الفيزيائي للمادة العلفية [3].

التخزين والتعامل مع الإنزيمات مهمان لأن الإنزيمات بروتينات نشطة بيولوجيًا. يجب حفظ المنتج مغلقًا وجافًا وبعيدًا عن ظروف قد تؤثر في ثبات البروتين أو تزيد خطر التكتل والتلوث، مع الرجوع دائمًا إلى وثيقة السلامة **SDS** وشهادة التحليل **CoA** المرفقتين مع الطلب. تعرض Enzymes.bio المنتج كتحضير مخصص لتطبيقات الأعلاف، وتوفر معلومات المنتج ووثائقه المصاحبة للطلب، دون أن يعني ذلك أنها جهة تصنيع أو مختبر اعتماد .

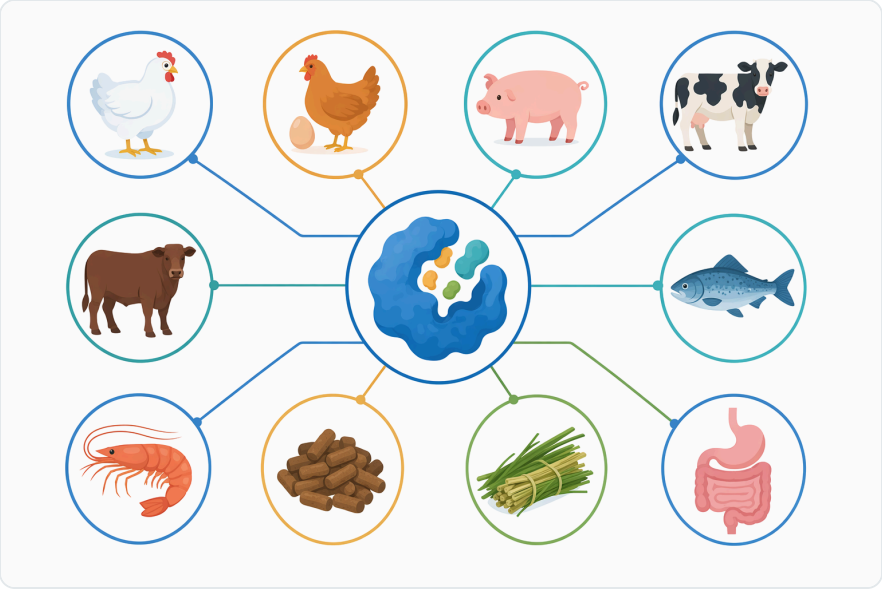

Figure 4. 셀룰라아제는 볏짚, 옥수수대, 조사료, 밀기울류, 껍질류, 곡물 가공 .부산물, 발효 식물 잔재물처럼 섬유질이 많은 원료에 특히 적합합니다

السلامة المهنية والتعامل مع الإنزيمات

الإنزيمات، بما فيها السليولاز، بروتينات قد تسبب تهيجًا أو تحسسًا لدى بعض الأشخاص عند التعرض المتكرر للغبار أو الرذاذ أو التلامس المباشر. لذلك تُعامل تحضيرات الإنزيمات في بيئات الخلط والتعبئة كمكونات نشطة تتطلب تقليل الغبار، تجنب الاستنشاق، استخدام معدات الوقاية المناسبة، وتنظيف الانسكابات بطريقة تحد من

انتشار الجسيمات المحمولة في الهواء. توضح إرشادات التعامل الآمن الصادرة عن جهات صناعية متخصصة أن إدارة التعرض المهني للإنزيمات عنصر أساسي في سلامة العاملين [10].

لا ينبغي التعامل مع السليولاز الحمضي كمادة غذائية للاستهلاك البشري المباشر أو كمكوّن تجزئة منزلي؛ فهو مخصص لتطبيقات علفية أو صناعية مهنية. كما أن استخدامه يجب أن يكون متوافقًا مع اللوائح المحلية الخاصة بإضافات الأعلاف، لأن المتطلبات التنظيمية قد تختلف بين الأسواق والأنواع الحيوانية. وتظل وثيقة **SDS** المرجع العملي الأهم لمخاطر التعامل، الإسعاف الأولي، التخزين، والتخلص من العبوات أو المخلفات وفق النظام المعمول به [11].

من منظور الجودة، تساعد شهادة التحليل **CoA** في توثيق خصائص الدفعة الموردة، لكنها لا تغني عن ضبط المصنع أو برنامج الجودة الداخلي لدى مستخدم العلف. وبما أن Enzymes.bio مورّد عبر الإنترنت وليست مختبرًا، فالوظيفة الصحيحة للوثائق المرفقة هي دعم الشفافية والتتبع عند الاستلام، وليس تقديم خدمة اختبار مستقلة أو تطوير صياغات مخصصة. هذا التمييز مهم لتحديد المسؤوليات بوضوح بين المورد، مصنع العلف، والمستخدم النهائي .

حدود التوقعات: ما الذي يمكن وما لا يمكن ادعاؤه؟

يمكن القول فنيًا إن السليولاز الحمضي يساعد على تفكيك جزء من السليلوز والجدار الخلوي النباتي، وقد يدعم إتاحة المغذيات وتحسين تخمر بعض المواد العلفية. لكن لا يصح الادعاء بأنه يضمن زيادة إنتاجية موحدة في كل مزرعة أو يحل مشكلات سوء الصياغة أو يعوض خامات منخفضة الجودة بشدة. الاستجابة تعتمد على نوع الحيوان، عمره، مستوى الألياف، تركيب العليقة، جودة الخلط، وتداخل الإنزيم مع عمليات التصنيع والتخزين [1].

كذلك لا ينبغي تحويل الادعاءات الهضمية إلى ادعاءات علاجية أو صحية واسعة. تحسين إتاحة المغذيات قد يدعم الأداء العام أو يقلل فاقد بعض المكونات في ظروف معينة، لكنه لا يعني الوقاية من الأمراض أو الاستغناء عن الإدارة البيطرية. في تغذية الدواجن مثلًا، تناقش مراجعات صحة الأمعاء عوامل متعددة مثل المضافات النباتية والميكروبيوم والمناعة والحاجز المعوي، ما يوضح أن صحة الجهاز الهضمي نتيجة شبكة عوامل وليست نتيجة إنزيم واحد [12].

في المجترات، تظهر التحليلات الجامعة لإنزيمات الأعلاف الخارجية أن النتائج قد تكون إيجابية في بعض المعلمات، لكنها غير ثابتة بالدرجة نفسها في جميع الدراسات، خاصة مع اختلاف نوع الإنزيم والجرعة التطبيقية والعليقة وطريقة الإضافة. لذلك يكون الوصف التجاري الأكثر دقة هو أن السليولاز "يدعم" أو "يساعد في" تحسين الاستفادة من الألياف، لا أنه يضمن زيادة محددة في الإنتاج أو الهضم تحت كل الظروف [6].

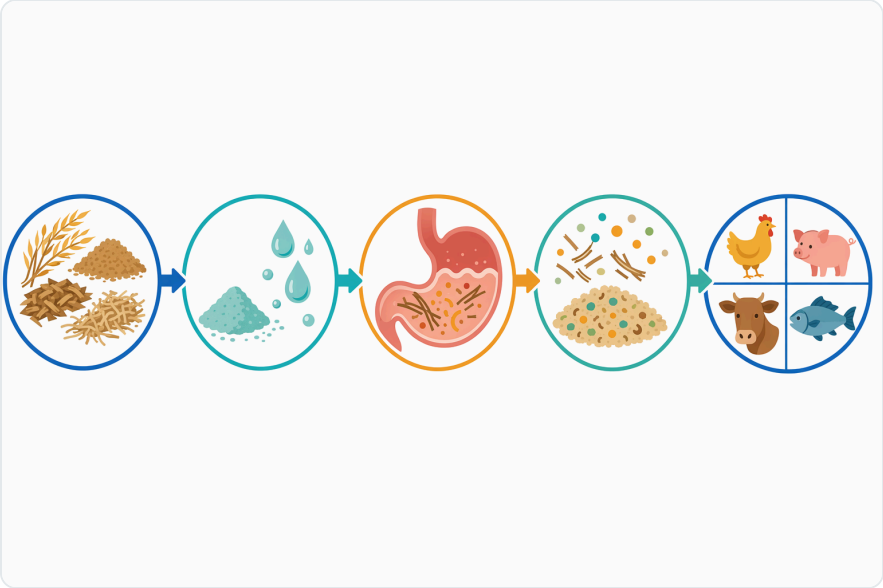

Figure 5. 사일리지에서는 셀룰라아제가 섬유질 바이오매스에서 수용성 탄수화물을 방출할 수 있으며, 젖산균은 이를 산으로 전환해 보존성을 높입니다.

موقع المنتج من Enzymes.bio في سلسلة توريد الأعلاف

تقدم Enzymes.bio منتج **Acid Cellulase Enzymes for Animal Feed Additives** كمنتج متاح للشراء المباشر عبر الإنترنت بوحدة 1 كجم، مع إرفاق **CoA** و**SDS** مع الطلب. هذا النموذج يناسب المستخدمين المهنيين الذين يحتاجون إلى تحضير إنزيمي محدد لتطبيقات الأعلاف، مع وضوح وثائق السلامة والجودة الأساسية عند الاستلام. ويجب التأكيد مجددًا أن Enzymes.bio هنا مورّد وليست جهة تصنيع ولا مختبرًا يقدم خدمات تحليل أو تطوير .

كما تعرض Enzymes.bio منتجات سليولاز أخرى موجهة للأعلاف، ما يوضح أن فئة السليولاز في الأعلاف ليست منتجًا واحدًا فقط، بل قد تتضمن تحضيرات تختلف في الملاءمة التطبيقية والشكل والاستخدام المقصود. عند استخدام أي تحضير، ينبغي اتباع المعلومات الواردة في الملصق والوثائق المرفقة، ومطابقة الاستخدام مع اللوائح المحلية ومتطلبات مصنع العلف. الهدف العملي هو إدخال الإنزيم بطريقة منضبطة ضمن منظومة جودة وتصنيع قائمة، لا الاعتماد على افتراضات عامة حول جميع أنواع السليولاز .

من زاوية السوق، يندرج السليولاز ضمن إنزيمات لها تطبيقات متعددة في الأعلاف، الأغذية، المنسوجات، الوقود الحيوي، والورق، ويُنظر إلى الأعلاف كأحد مجالات الطلب المهمة بسبب السعي إلى تحسين كفاءة استخدام المواد النباتية. غير أن الاعتبارات التسويقية لا تغني عن التقييم الفني لكل تطبيق؛ فنجاح السليولاز في صناعة ما لا يعني بالضرورة النتيجة نفسها في علف معين، ما لم تكن الركيزة والظروف مناسبة [13].

خلاصة تقنية

السليولاز الحمضي لإضافات الأعلاف هو أداة إنزيمية موجهة لتفكيك جزء من السليلوز والجدار الخلوي النباتي، بما يساعد على تحسين إتاحة المغذيات في الخامات النباتية الليفية. قوته العلمية تأتي من آلية واضحة: قطع داخلي للسلاسل السليلوزية، تحرير وحدات أقصر من الأطراف، ثم تحويل بعض النواتج الوسيطة إلى سكريات أبسط

يمكن أن تشارك في الهضم أو التخمر. هذه الآلية تجعل المنتج ذا صلة بعلائق الدواجن والخنازير عندما ترتفع مساهمة الألياف، وبالمجترات والسيلاج عندما يكون تحسين تخمر المواد الخشنة هدفًا عمليًا [1].

أفضل استخدام للسليولاز ليس باعتباره حلًا عامًا لكل مشكلات الأداء، بل كجزء من صياغة علفية واعية تعتمد على مطابقة الإنزيم للركيزة. تكون الفائدة أكثر منطقية مع النخالة، الكسب النباتي، الأعلاف الخشنة، السيلاج، ومخلفات المحاصيل التي تحتوي على جدران خلوية تحد إتاحة المغذيات. أما النتائج النهائية فتظل مرتبطة بجودة الخامة، طريقة المعالجة، التوزيع، التخزين، نوع الحيوان، وبقية مكونات برنامج التغذية [2].

بالنسبة للمستخدمين المهنيين، يوفّر منتج Enzymes.bio خيار شراء مباشر عبر الإنترنت بوحدة 1 كجم، مع وثائق **CoA** و**SDS** المرفقة بالطلب. وينبغي التعامل معه كتحضير إنزيمي نشط مخصص لتطبيقات الأعلاف، مع الالتزام بإرشادات السلامة، تقليل التعرض للغبار، وحفظ المنتج وفق الوثائق المصاحبة. بهذه الصورة، يمكن للسليولاز الحمضي أن يكون مكونًا تقنيًا مفيدًا ضمن برامج تحسين كفاءة الأعلاف النباتية، بشرط استخدامه بتوقعات واقعية وبما يتوافق مع الأنظمة المحلية والممارسات المهنية .

اطلب Acid Cellulase Enzymes For Animal Feed Additives 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 Acid Cellulase Enzymes For Animal Feed Additives →

المراجع

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

1. Plouhinec, L., Neugnot, V., Lafond, M., & Berrin, J. (2023). Carbohydrate-active enzymes in animal feed.. *Biotechnology Advances*, 108145 .
2. Li, W., Cheng, P., Zhang, J., Zhao, L., Ma, Y., & Ding, K. (2021). Synergism of microorganisms and enzymes in solid-state fermentation of animal feed. A review. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 30, 3-10.
3. Selzer, K., Hassen, A., Akanmu, A. M., & Salem, A. (2021). Digestibility and rumen fermentation of a high forage diet pre-treated with a mixture of cellulase and xylanase enzymes. *South African Journal of Animal Science*, 51, 399-406.
4. Mushtaq, Q., Ishtiaq, U., Joly, N., Qazi, J., & Martin, P. (2024). Amylase and Cellulase Production from Newly Isolated Bacillus subtilis Using Acid Treated Potato Peel Waste. *Microorganisms*, 12.
5. Oliveira Simas, A. L., Alencar Guimarães, N. C., Glienke, N. N., Galeano, R. M. S., Sá Teles, J. S., Kiefer, C., Souza Nascimento, K. M. R., ... et al. (2024). Production of Phytase, Protease and Xylanase by Aspergillus niveus with Rice Husk as a Carbon Source and Application of the Enzymes in Animal Feed. *Waste and Biomass Valorization*, 15, 3939 - 3951.

6. Ferreira, I. M., Mantovani, H., Vedovatto, M., Cardoso, A. S., Rodrigues, A. A., Homem, B. G. C., Abreu, M. J. I. J. I., … et al. (2025). Impact of dietary exogenous feed enzymes on performance, nutrient digestibility, and ruminal fermentation parameters in beef cattle: a meta-analysis.. *Animal*, 19 5, 101481.

7. Santos Perim, F., Silva, W. J., Souza, D. O., Ulhoa, C. J., Rezende, C. F., Santos, L. F., Santos, F. R., … et al. (2024). Effects of the Addition of Trichoderma reesei Cellulase to Broiler Chicken Diets for a 21-Day Period. *Animals*, 14.

8. Ramadhani, S. I., Ardyati, T., & Sjofjan, O. (2023). Screening of Cellulolytic Bacteria from Sugarcane Waste (Bagasse) and Optimization of Cellulase Activity as Animal Feed. *Journal of Tropical Life Science*.

9. Moretti, A., Brizuela, N., Bravo-Ferrada, B., Tymczyszyn, E. E., & Golowczyc, M. (2023). Current Applications and Future Trends of Dehydrated Lactic Acid Bacteria for Incorporation in Animal Feed Products. *Fermentation*.

10. *Amfep* Amfep Safe Handling Guide 2023.Pdf.

11. *Enzymetechnicalassociation* Documents.

12. Oni, A., & Oke, O. (2025). Gut health modulation through phytogenics in poultry: mechanisms, benefits, and applications. *Frontiers in Veterinary Science*, 12.

13. Cellulase Market Analysis 2024 2030 Insights Into Biofuels Animal Feed And Textile Applications Valuates Reports 302344631. *Prnewswire*.

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.