مسحوق إنزيم السليولاز Cellulase لتطبيقات إضافات الأعلاف الحيوانية

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

مسحوق إنزيم السليولاز للأعلاف الحيوانية هو مضاف إنزيمي يهدف إلى دعم تفكيك السليلوز وجدران الخلايا النباتية في العلائق الغنية بالألياف، مما قد يساعد على تحرير جزء من الطاقة والمغذيات المحتجزة داخل المواد النباتية. فائدته العملية تظهر أكثر عندما تكون العليقة مبنية على مكونات نباتية أو مخلفات محاصيل أو مواد خشنة، لكن أثره النهائي يعتمد على نوع العلف، نوع الحيوان، وإدارة التغذية ولا ينبغي اعتباره بديلًا عن توازن العليقة وسلامة المواد الخام [1].

ما هو مسحوق إنزيم السليولاز للأعلاف الحيوانية؟

السليولاز ليس إنزيمًا منفردًا بالمعنى التطبيقي، بل عائلة إنزيمية تعمل على روابط السليلوز، وهو بوليمر نباتي بنيوي يوجد بكثافة في جدران الخلايا. في الأعلاف، تكون أهمية السليولاز مرتبطة بفكرة "فتح" جزء من البنية النباتية التي تحبس النشا، البروتين، الدهون، المعادن، والمركبات القابلة للتخمير داخل جدار خلوي صعب الهضم. لذلك يُستخدم **Cellulase Enzyme Powder For Animal Feed Additives** كمضاف علفي وظيفي ضمن برامج تغذية تستهدف تحسين التعامل مع الأعلاف الليفية لا استبدال إدارة التغذية أو تصحيح ضعف جودة العلف [1].

تعرض Enzymes.bio هذا المنتج بوصفه مسحوق سليولاز موجهًا لتطبيقات إضافات الأعلاف الحيوانية، ويُباع مباشرة عبر الإنترنت بوحدة 1kg. Enzymes.bio هنا جهة توريد وليست جهة تصنيع أو مختبر اختبار؛ لذلك تُفهم الوثائق المرافقة مثل **CoA** و**SDS** كوثائق طلب ومطابقة وسلامة للاستخدام المهني، لا كدليل على أن الموقع يجري اختبارات مستقلة أو ينتج الإنزيم داخليًا .

لماذا تُعد الألياف النباتية تحديًا في تغذية الحيوان؟

تحتوي مكونات علفية كثيرة على سليلوز وهيميسليلوز ولجنين بدرجات مختلفة، وهذه المكونات لا توجد منفصلة في النبات بل ضمن مصفوفة معقدة. السليلوز يشكل أليافًا دقيقة مترابطة، والهيميسليلوز يملأ جزءًا من الفراغات، بينما يضيف اللجنين صلابة ومقاومة للتحلل. هذه البنية تقلل وصول إنزيمات الهضم والميكروبات إلى المغذيات الموجودة داخل الخلايا، خصوصًا في القش، التبن، السيقان، قشور البذور، بعض أكساب الزيوت، ومخلفات المحاصيل [1].

تزداد أهمية هذه النقطة مع الاعتماد المتنامي على المكونات النباتية في أعلاف الدواجن والخنازير والمجترات والأسماك. فالمكونات غير الحيوانية قد تقدم مزايا اقتصادية وتوريدية، لكنها تطرح أيضًا تحديات مرتبطة بالقابلية للهضم، التباين بين المصادر، وإدارة المخاطر في سلاسل الإمداد العلفية [2]. لذلك يصبح دور الإنزيمات الخارجية، ومنها السليولاز، جزءًا من إستراتيجية أوسع لتحسين الاستفادة من المواد الخام النباتية بدل النظر إليها كحل منفرد.

في المجترات، توجد ميكروبات كرشية قادرة على تفكيك جزء معتبر من الألياف، لكن ذلك لا يعني أن كل الألياف تتحلل بكفاءة. درجة نضج النبات، محتوى اللجنين، حجم الجزيئات، وسرعة مرور العلف في القناة الهضمية كلها عوامل تؤثر في مقدار ما يتحلل فعليًا. أما في الحيوانات وحيدة المعدة والدواجن والأسماك، فالمشكلة أوضح لأن القدرة الذاتية على تفكيك السليلوز محدودة نسبيًا، لذلك يمكن أن يكون دور الإنزيمات الخارجية هو تقليل الحاجز البنيوي لجدار الخلية النباتية [3].

آلية عمل السليولاز: من جدار الخلية إلى مغذيات أكثر إتاحة

تعمل إنزيمات السليولاز عبر مهاجمة روابط السليلوز داخل الجدار الخلوي النباتي. يمكن تبسيط الآلية في ثلاث خطوات متداخلة: أولًا تُفتح مناطق داخل السلسلة السليلوزية، ثم تُقص أجزاء أقصر من أطراف أو مناطق مكشوفة، ثم تتحول بعض النواتج إلى سكريات أبسط قابلة للدخول في مسارات التخمر أو الهضم. هذا التتابع مهم لأن السليلوز ليس سطحًا سهل الوصول؛ بل هو بنية متبلورة جزئيًا ومحمية بمواد جدارية أخرى [1].

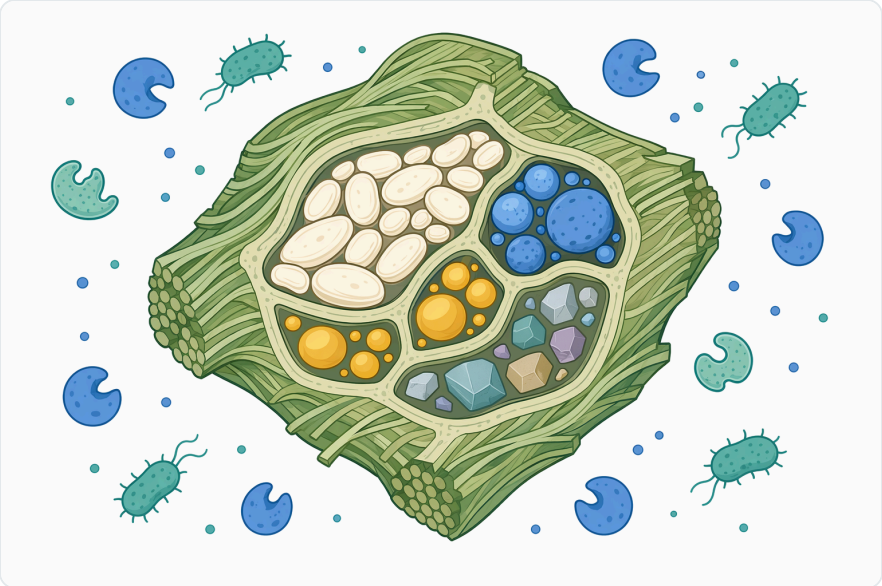

Figure 1. 셀룰로오스가 풍부한 식물 세포벽은 섬유질 사료 입자 안에 있는 영양소에 대한 접근을 물리적으로 제한할 수 있습니다.

النتيجة المستهدفة في العلف ليست تحويل كل الألياف إلى سكريات، فهذا غير واقعي في ظروف التغذية العادية. الهدف الأكثر دقة هو زيادة قابلية الوصول إلى جزء من المادة النباتية، وتقليل أثر جدار الخلية كحاجز يحبس المغذيات. في المجترات، قد يدعم ذلك عمل ميكروبات الكرش التي تنتج أحماضًا دهنية طيارة تُستخدم كمصدر طاقة. وفي الدواجن أو الخنازير أو الأسماك، قد يساعد على تحرير مغذيات من الخلايا النباتية وتقليل جزء من عبء الألياف غير المهضومة [3].

يتفاعل السليولاز أيضًا مع إنزيمات كربوهيدراز أخرى مثل الزيلاناز والبيتا-غلوكاناز والمانانا ز عندما تكون العليقة غنية بمكونات غير سليلوزية. فالجدار النباتي خليط معقد، واستخدام إنزيم واحد قد يكون مناسبًا في بعض الحالات لكنه غير كافٍ في حالات أخرى. مراجعات تغذية الدواجن والخنازير تشير إلى أن الكربوهيدرازات والفايتيز تُدرس اليوم ليس فقط من منظور الطاقة والمغذيات، بل أيضًا من منظور آثارها على البيئة المعوية وتوافر المغذيات وتفاعلها مع مكونات العليقة [3].

أين تظهر قيمة السليولاز في الأعلاف؟

تظهر قيمة مسحوق السليولاز أساسًا عندما تحتوي العليقة على نسبة ملحوظة من المواد النباتية الليفية. أمثلة ذلك تشمل الأعلاف الخشنة للمجترات، مخلفات المحاصيل، مكونات نباتية في أعلاف الدواجن، وبعض بدائل البروتين النباتي في الاستزراع المائي. في هذه الحالات لا يكون السؤال "هل السليلوز موجود؟" بل "هل وجوده يقلل الوصول إلى مغذيات يمكن الاستفادة منها؟" [1].

كما تظهر القيمة في سياق الاستدامة واستخدام الموارد الزراعية الثانوية. فالكثير من أنظمة الإنتاج الحيواني تسعى إلى إدخال مواد خام محلية أو منتجات جانبية لتقليل الهدر وتحسين مرونة الإمداد. لكن هذه المواد غالبًا تكون أعلى أليافًا وأكثر تباينًا من الحبوب أو المركزات التقليدية، ما يجعل المعالجة الإنزيمية أو التخميرية خيارًا تقنيًا يستحق التقييم ضمن برنامج تغذية مضبوط [4].

مقارنة تطبيقات السليولاز حسب نوع نظام التغذية

مجال الاستخدام	دور السليولاز المتوقع	أين تكون الاستجابة أكثر منطقية؟	حدود يجب الانتباه لها
علائق المجترات عالية الألياف	دعم تفكيك جزء من السليلوز وتحسين قابلية تخمير المادة النباتية	الأعلاف الخشنة، السيلاج، القش، مخلفات المحاصيل	الاستجابة تتأثر ببيئة الكرش ومحتوى اللجنين وتوازن العليقة
الدواجن	تقليل حاجز جدار الخلية وتحسين إتاحة المغذيات في المكونات النباتية	علائق تحتوي على أكساب أو مكونات نباتية ذات ألياف ملحوظة	غالبًا يكون أكثر منطقية ضمن خليط إنزيمي لا كسليولاز فقط
الخنازير	دعم التعامل مع كربوهيدرات غير نشوية وألياف نباتية	مراحل أو علائق ترتفع فيها المكونات النباتية الثانوية	لا يعوض نقص الطاقة أو البروتين أو سوء جودة المواد الخام
الاستزراع المائي	تحسين الاستفادة من بدائل نباتية في العلف	علائق تستبدل جزءًا من المكونات البحرية بمصادر نباتية	يعتمد بقوة على نوع السمك ومستوى تحمله للألياف

مجال الاستخدام	دور السليولاز المتوقع	أين تكون الاستجابة أكثر منطقية؟	حدود يجب الانتباه لها
السيلاج	تحرير سكريات قابلة للتخمير ودعم جودة التخمر عند وجود إدارة مناسبة	سيلاج الذرة الكامل، مخلفات المحاصيل، مواد نباتية خشنة	يحتاج إلى إدارة تخمير سليمة ولا يصح استخدامه لتغطية عيوب الحفظ

توضح هذه المقارنة أن السليولاز ليس له "تأثير واحد" ثابت في كل الأنواع. في المجترات يكون الارتباط الأقوى مع تخمير الألياف، بينما في الدواجن والخنازير يرتبط أكثر بإزالة جزء من الحاجز البنيوي للمكونات النباتية. أما في الاستزراع المائي، فيدخل ضمن تحدي أوسع هو رفع الاعتماد على مكونات نباتية دون الإضرار بالهضم أو النمو [5].

الدليل العلمي على استخدام السليولاز في الأعلاف

الأساس العلمي الأقوى للسليولاز هو قدرته المعروفة على تحلل السليلوز. مراجعات إنزيم السليولاز تصفه كإنزيم واسع التطبيقات الصناعية بسبب دوره في تحويل السليلوز إلى نواتج أبسط، وتؤكد أن فعاليته تعتمد على خصائص الإنزيم، طبيعة الركيزة النباتية، والبيئة التي يعمل فيها [1]. هذه النقطة مهمة لأن العلف ليس مادة نقية؛ بل خليط من نباتات ومعادن ودهون وبروتينات ومضافات.

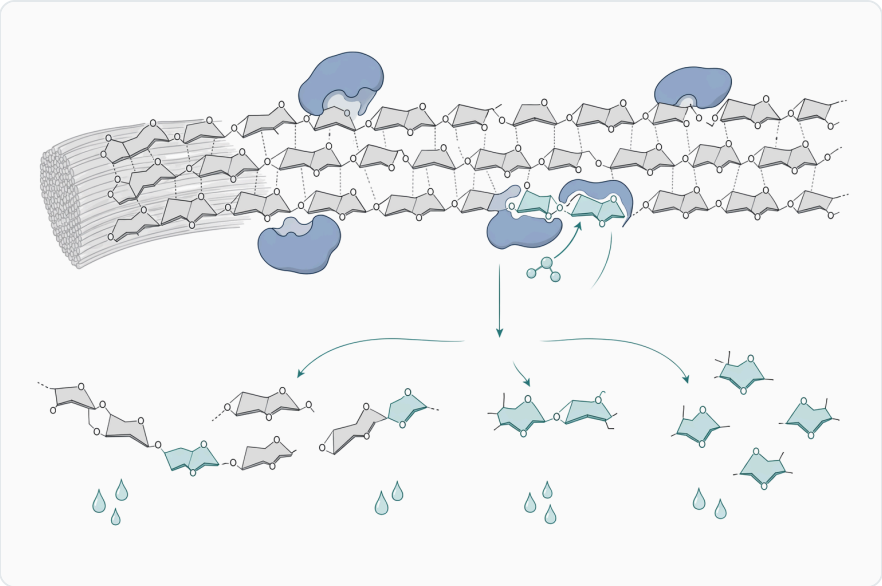

Figure 2. 셀룰라아제는 β-결합 셀룰로오스 사슬을 가수분해하여 세포벽 구조를 약화시키고, 영양소가 소화나 발효에 더 잘 노출되도록 합니다.

في الدواجن، توجد دراسات مباشرة على إضافة سليولاز من **Trichoderma reesei** إلى علائق دجاج اللحم خلال فترة تغذية قصيرة نسبيًا، وهو ما يعكس اهتمامًا بحثيًا بتقييم السليولاز كأداة لتحسين التعامل مع المكونات النباتية في علائق الطيور [6]. لكن مثل هذه الدراسات ينبغي قراءتها في سياقها: نوع العليقة، العمر، ظروف التربية، ومؤشرات القياس يمكن أن تجعل النتائج مختلفة من تجربة إلى أخرى.

في الخنازير والدواجن عمومًا، توسعت الأدبيات حول الكربوهيدرازات والفايتيز إلى ما هو أبعد من حسابات الطاقة والمغذيات فقط. فالمراجعات الحديثة تناقش أثر الإنزيمات الخارجية في تحرير المغذيات، تعديل خصائص الكيموس، والتفاعل مع الميكروبيوم المعوي، مع التأكيد على أن تفسير النتائج يحتاج إلى فهم دقيق لمكونات العليقة وليس فقط اسم الإنزيم المضاف [3].

في الاستزراع المائي، درست أبحاث استخدام خلطات إنزيمية في علائق تحتوي على مكونات حيوانية ونباتية لروبيان **Litopenaeus vannamei**، مع تقييم الهضم والنمو ونشاط الإنزيمات. ورغم أن هذه النتائج لا تعني أن السليولاز وحده سيعطي أثرًا موحدًا في كل الأنواع المائية، فإنها تدعم الفكرة العامة: عندما تدخل مكونات نباتية في العلف المائي، يمكن للإنزيمات الخارجية أن تكون جزءًا من إستراتيجية تحسين الهضم [5].

أما في الأبقار الحلوب، فقد درست أبحاث حديثة استخدام خلطات إنزيمية خارجية في علائق أبقار جيرسي مرضعة، مع النظر إلى تخمر الكرش داخل الحيوان وخارجه، إضافة إلى الأداء الإنتاجي وجودة الحليب وصحة الحيوان [7]. أهمية هذه الأدلة أنها تنقل النقاش من مجرد "تحلل السليلوز في المختبر" إلى سؤال تطبيقي أكثر صعوبة: هل ينعكس دعم تحلل الألياف على أداء الحيوان في نظام إنتاج فعلي؟

السليولاز في السيلاج ومخلفات المحاصيل

السيلاج من أكثر المجالات التي ينسجم فيها السليولاز مع منطق العملية نفسها. أثناء التخزين اللاهوائي، تحتاج بكتيريا حمض اللاكتيك إلى سكريات قابلة للتخمير لإنتاج أحماض تساعد في حفظ المادة العلفية. عندما تكون المادة النباتية غنية بالألياف أو محدودة السكريات الحرة، يمكن للسليولاز أن يساعد في تحرير جزء من السكريات من جدران الخلايا، ما يدعم اتجاه التخمر إذا كانت باقي شروط الحفظ مناسبة [8].

دراسة عن سيلاج نبات الذرة الكامل بحثت أثر إضافة السليولاز مع ملقح **Bacillus** على جودة التخمير وتحليل المجتمع الميكروبي الديناميكي. هذا النوع من الأبحاث مهم لأنه لا ينظر إلى الإنزيم بمعزل عن الميكروبات؛ فنجاح السيلاج يعتمد على تفاعل المادة النباتية والإنزيمات والكائنات الدقيقة والظروف العملية للحفظ [8].

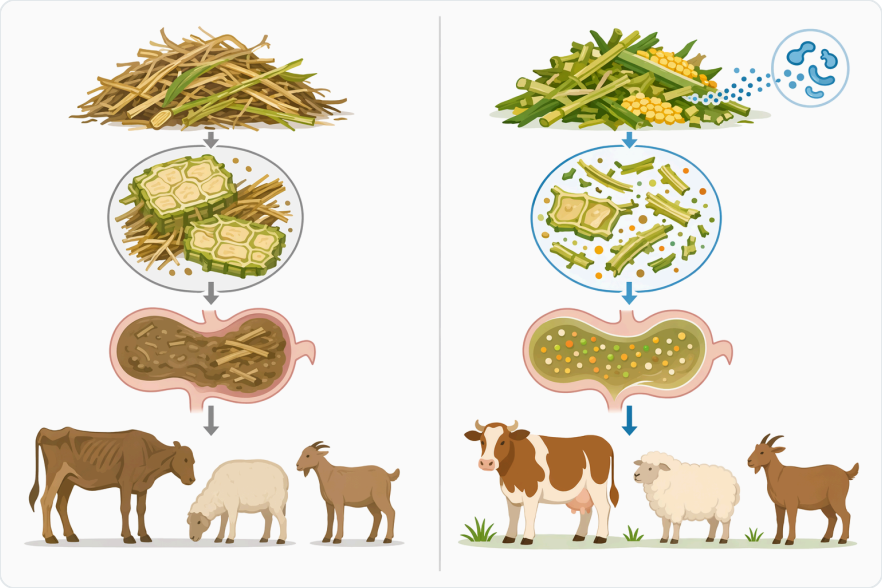

Figure 3. 사료 효소는 기질 특이성이 있어, 셀룰라아제는 셀룰로오스를 표적으로 하는 반면 자일라나아제, β-글루카나아제, β-만나나아제, 피타아제, 프로테아제는 서로 다른 사료 성분에 작용합니다.

ينطبق المنطق نفسه على مخلفات قصب السكر وغيرها من المخلفات الليفية. فباجاس قصب السكر، على سبيل المثال، يُناقش عالميًا كمنتج ثانوي يمكن توجيهه إلى تطبيقات ذات قيمة مضافة، لكن بنيته اللجنوسليلوزية تفرض تحديًا في أي استخدام علفي أو حيوي [4]. لذلك فإن السليولاز قد يكون جزءًا من المعالجة، لكنه لا يلغي أثر اللجنين ولا يحول المادة الخشنة تلقائيًا إلى علف عالي القيمة.

العلاقة بين السليولاز والميكروبيوم المعوي

لا يعمل السليولاز في فراغ؛ بل يدخل إلى نظام حي يحتوي على ميكروبات وإنزيمات داخلية وسرعة مرور ومناعة مخاطية. في الدواجن، مثلًا، تُدرس بكتيريا حمض اللاكتيك على نطاق واسع بسبب دورها المحتمل في دعم الصحة المعوية والتوازن الميكروبي، وهذا يوضح أن تحسين الهضم لا يعتمد على عامل واحد فقط [9]. عندما يحرر السليولاز سكريات أو أوليغوسكريات من الجدار النباتي، فقد تتغير الركائز المتاحة للميكروبات، وهذا قد يكون مفيدًا أو محدودًا حسب تركيب العليقة والبيئة المعوية.

كذلك تناقش مراجعات الكربوهيدرات غير النشوية والبروبيوتيك باعتبارها عوامل ميكروبيئية في الأعلاف. الفكرة الأساسية أن بعض المكونات النباتية لا تُقيّم فقط من حيث محتواها الكيميائي، بل من حيث أثرها على التخمر والميكروبيوم ولزوجة المحتوى الهضمي وتوافر المغذيات [10]. لذلك يجب النظر إلى السليولاز كأداة تعدل طريقة تعامل الحيوان والميكروبات مع الألياف، لا كإضافة ذات أثر مستقل دائمًا.

ما الفوائد الواقعية المتوقعة؟

الفائدة الأولى هي دعم هضم الألياف. عندما ينجح السليولاز في تفكيك جزء من السليلوز، يصبح بعض محتوى الخلية النباتية أكثر إتاحة، وقد يتحسن وصول الميكروبات أو إنزيمات الهضم إلى مغذيات كانت محجوبة. هذه الفائدة منطقية خصوصًا في الأعلاف التي تحتوي على مكونات نباتية كاملة أو خشنة أو منتجات جانبية عالية الألياف [1].

الفائدة الثانية هي تحسين مرونة استخدام المواد الخام. في ظل ارتفاع تكلفة بعض المكونات التقليدية أو تذبذب توافرها، قد ترغب مصانع الأعلاف والمربين في استخدام مصادر نباتية بديلة مثل أكساب البذور أو مخلفات المحاصيل. لكن إدخال هذه المواد يحتاج إلى أدوات تغذية دقيقة، والسليولاز واحد من الأدوات التي يمكن أن تساعد في جعل استخدامها أكثر قابلية للإدارة، بشرط أن تبقى العليقة متوازنة من حيث الطاقة والبروتين والمعادن [11].

الفائدة الثالثة تظهر في السيلاج وحفظ المواد النباتية. إذا أسهم السليولاز في تحرير سكريات قابلة للتخمير، فقد يدعم بيئة أكثر ملاءمة للتخمر المرغوب عندما تكون الرطوبة والضغط والظروف اللاهوائية وإدارة التخزين مناسبة. لكن أي خلل في إدارة السيلاج قد يحد من أثر الإنزيم، لذلك لا يصح اعتبار السليولاز بديلًا عن إجراءات الحفظ السليمة [8].

الفائدة الرابعة هي المساهمة في الاستدامة وتقليل الهدر. استخدام المنتجات الثانوية الزراعية في العلف قد يقلل الفاقد ويرفع قيمة سلاسل الإنتاج، لكن ذلك يتطلب حلولًا للتعامل مع الألياف والمركبات المضادة للهضم.
مراجعات إضافات الأعلاف النشطة حيويًا تربط بين الابتكار وصحة الحيوان والاستدامة، والسليولاز ينسجم مع هذا الاتجاه عندما يُستخدم بواقعية ضمن صياغة علفية مناسبة [12].

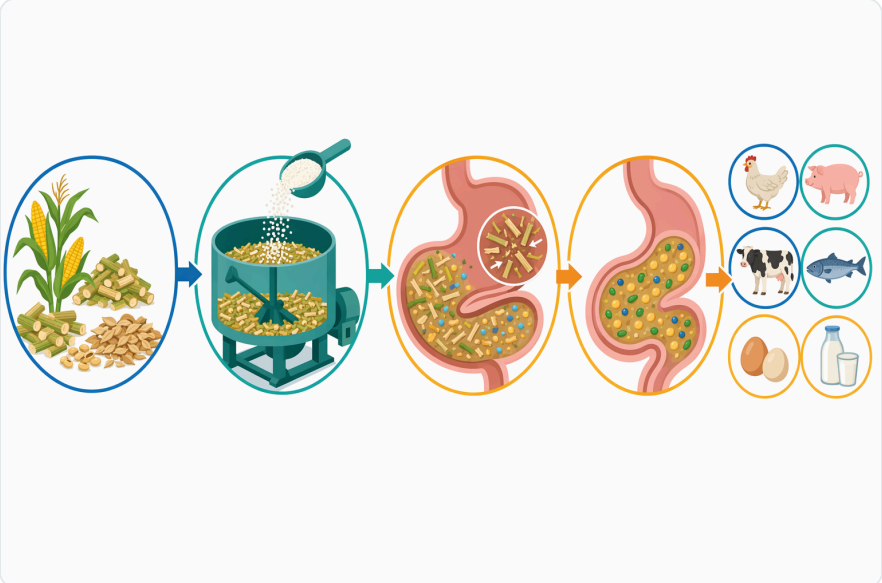

Figure 4. 조사료와 사일리지 시스템에서 셀룰라아제는 보존 과정 중 급여 전에 작용할 수 있으며, 이후 섬유질 물질의 반추위 발효 과정에서도 다시 작용할 수 있습니다.

حدود السليولاز وما لا ينبغي توقعه

لا ينبغي توقع أن السليولاز سيعوض سوء جودة العلف أو التلوث أو عدم توازن العليقة. إذا كانت المادة الخام متدهورة أو ملوثة أو مخزنة بطريقة سيئة، فإن إضافة إنزيم هاضم للألياف لا تعالج أسباب الخطر. مراجعة انتقال الممرضات الفيروسية عبر مكونات علفية غير حيوانية تذكر بأهمية النظر إلى سلامة سلاسل الإمداد العلفية، وهي مسألة منفصلة عن تحسين الهضم بالإنزيمات [2].

كذلك لا ينبغي افتراض أن كل علف غني بالألياف سيستجيب بالطريقة نفسها. الألياف في نخالة أو كسب نباتي ليست مطابقة للألياف في قش شديد اللجننة أو باجاس قصب السكر. كلما زادت حماية السليلوز داخل مصفوفة اللجنين، قلت سهولة وصول السليولاز إلى الروابط المستهدفة. لهذا تُظهر أدبيات الكتلة النباتية أن قابلية التحلل تختلف جذريًا حسب البنية النباتية والمعالجة السابقة [4].

ومن المهم أيضًا التمييز بين التأثير الإنزيمي المباشر والتأثير الإنتاجي النهائي. قد يحدث تفكيك جزئي للألياف دون أن يظهر تحسن واضح في النمو أو إنتاج الحليب أو معامل التحويل إذا لم تكن الألياف هي العامل المحدد في العليقة. لذلك تقرأ الدراسات الإنتاجية عادة مع تفاصيل نوع الحيوان والعمر وتركيب العلف ومدته ومؤشرات القياس، لا بالاعتماد على اسم الإنزيم وحده [7].

موضع السليولاز ضمن خلطات الإنزيمات العلفية

في كثير من التطبيقات، يكون السليولاز جزءًا من خليط إنزيمي لا مكونًا منفردًا. السبب أن جدار الخلية النباتية يحتوي على سليلوز وهيميسليلوز وبيكتين ومركبات أخرى، بينما تحتوي بعض المكونات النباتية على عوامل مثل الفيتات أو المانان أو الزيلان. لذلك قد تُستخدم إنزيمات متعددة بحسب طبيعة العليقة، مثل الفايتيز لتحرير الفوسفور المرتبط أو المانانز للتعامل مع بيتا-مانان في بعض المكونات [13].

هذا لا يقلل من أهمية السليولاز، بل يضعه في موقعه الصحيح. فإذا كان التحدي الرئيس هو السليلوز والجدار الخلوي النباتي، يصبح السليولاز منطقيًا. وإذا كانت المشكلة الرئيسية في الزيلان أو الفيتات أو المانان، فقد تكون إنزيمات أخرى أكثر ارتباطًا بالهدف. مراجعات البروتياز في الأعلاف، مثلًا، توضح أن كل فئة إنزيمية لها وظيفة مختلفة، وأن اختيار الإنزيم يجب أن يرتبط بطبيعة الركيزة المستهدفة داخل العليقة [14].

اعتبارات الصياغة والتصنيع والتخزين

الإنزيمات بروتينات وظيفية، وحساسيتها للظروف الفيزيائية والكيميائية تجعل إدارتها مهمة في سلاسل تصنيع الأعلاف. عمليات الخلط، التخزين، الرطوبة، والتعرض للإجهاد الحراري قد تؤثر في بقاء النشاط الإنزيمي بدرجات تختلف حسب شكل المنتج ومصفوفة العلف. لذلك يجب التعامل مع مسحوق السليولاز كمكون وظيفي يحتاج إلى تطبيق متوافق مع تعليمات المنتج واللوائح المحلية، وليس كمادة خام خاملة [1].

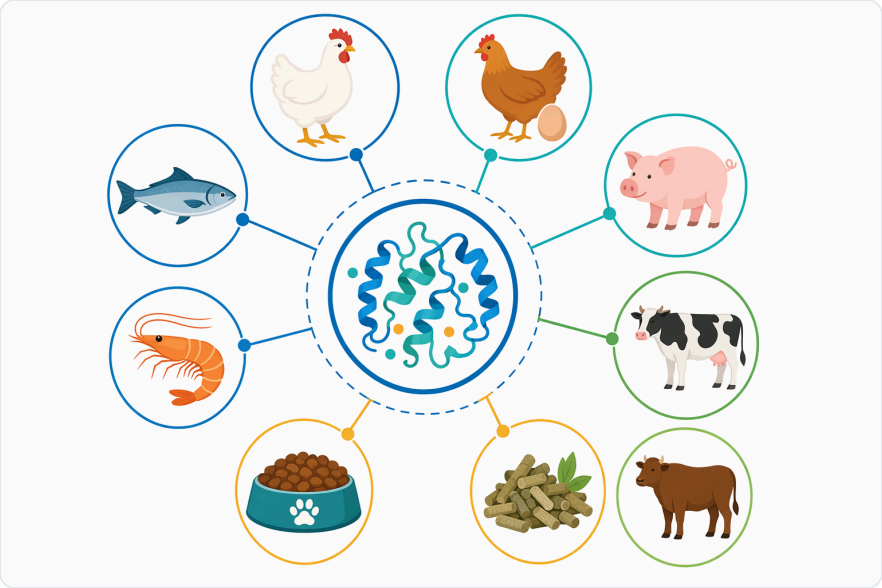

Figure 5. 셀룰라아제는 곡물 부산물, 겨, 껍질 또는 주정박이 영양소 접근을 제한할 수 있는 세포벽 섬유를 제공하는 경우 돼지 사료에서 특히 관련성이 .높습니다

في مصانع الأعلاف، قد يُستخدم السليولاز في خلطات جافة أو ضمن استراتيجيات تطبيق مختلفة بحسب نوع العلف. لكن من غير الدقيق تقديم وصفة عامة صالحة لكل الأنظمة؛ فالقرار العملي يعتمد على شكل العلف النهائي، وجود عمليات حرارية، نوع الحيوان، ومكونات العليقة. الوثائق المرفقة مع الطلب مثل CoA وSDS تساعد المستخدم المهني على التحقق من معلومات الدفعة والتعامل الآمن، لكنها لا تغني عن خبرة اختصاصي تغذية الحيوان أو الالتزام بالتشريعات المحلية .

استخدامه في المجترات

في علائق الأبقار والأغنام والماعز، يكون السليولاز أكثر ارتباطًا بتغذية الألياف. العلف الخشن والسيلاج والقش ومخلفات المحاصيل تشكل جزءًا مهمًا من نظام المجترات، لكن كفاءة الاستفادة منها تعتمد على قابلية التخمر في الكرش. إذا ساعد السليولاز على إتاحة جزء من السليلوز أو على تليين الحاجز البنيوي لجدار الخلية، فقد يدعم نشاط الميكروبات الكرشية ضمن منظومة تغذية متوازنة [7].

مع ذلك، لا يمكن اختزال أداء المجترات في إنزيم واحد. إنتاج الحليب، زيادة الوزن، كفاءة استخدام النيتروجين، وصحة الكرش تتأثر بمستوى الألياف الفعالة، النشا، البروتين القابل للتحلل، المعادن، وإدارة التغذية. لذلك فإن نتائج خلطات الإنزيمات في الأبقار الحلوب تُقيّم عادة مع تخمر الكرش وجودة الحليب وصحة الحيوان، لا مع مؤشرات الهضم فقط [7].

استخدامه في الدواجن والخنازير

في الدواجن، تكون المكونات النباتية مصدرًا رئيسيًا للطاقة والبروتين، لكنها تحمل أيضًا أليافًا وكربوهيدرات غير نشوية يمكن أن تحد من الاستفادة الكاملة من المغذيات. السليولاز قد يساعد على تفكيك جزء من جدار الخلية، لكنه غالبًا يعمل ضمن سياق أوسع من الكربوهيدرازات. ولذلك تُناقش مراجعات تغذية الدواجن والخنازير الإنزيمات الخارجية كأدوات لتحسين إتاحة المغذيات وتعديل البيئة المعوية، مع التحذير من التعميم الزائد بين علائق مختلفة [3].

في الخنازير، يمكن أن تكون فائدة السليولاز مرتبطة بالمراحل أو العلائق التي ترتفع فيها المكونات النباتية الثانوية أو مصادر الألياف. لكن الخنزير ليس مجترًا، وبالتالي فإن رفع الألياف دون توازن قد يضعف كثافة الطاقة أو يغير التخمر في الأمعاء الغليظة. السليولاز هنا أداة مساعدة، لا تصريحًا مفتوحًا لزيادة المكونات منخفضة الهضم دون إعادة صياغة العليقة [10].

استخدامه في أعلاف الأسماك والروبيان

تتحول أعلاف الاستزراع المائي تدريجيًا نحو إدخال مزيد من المكونات النباتية، سواء لأسباب اقتصادية أو بيئية. المشكلة أن كثيرًا من الأنواع المائية لا تتعامل بكفاءة عالية مع الألياف النباتية، كما أن جدار الخلية قد يحد من إتاحة البروتين والطاقة. لذلك تُدرس خلطات الإنزيمات الخارجية في علائق تحتوي على مكونات نباتية لتحسين الهضم والنمو ونشاط الإنزيمات الهضمية [5].

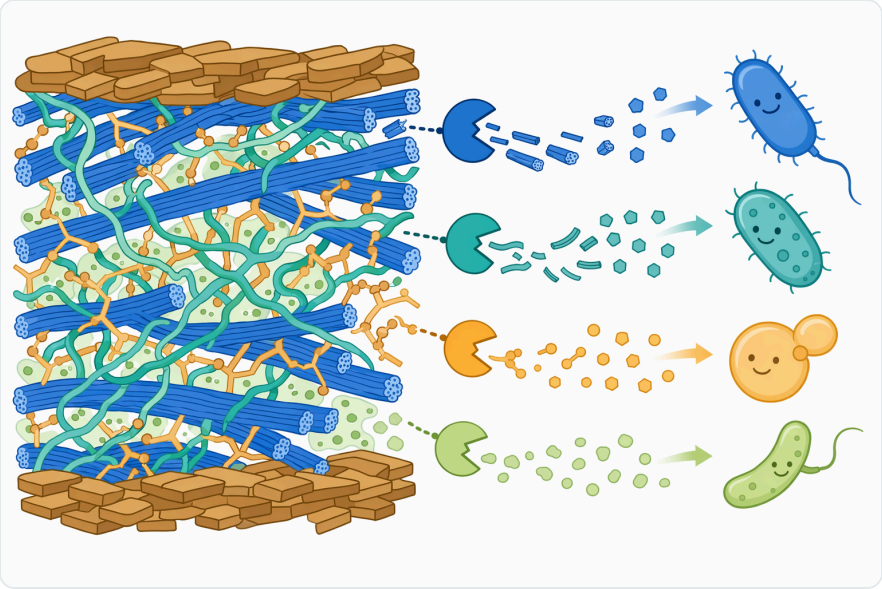

Figure 6. 식물 세포벽은 여러 상호작용하는 고분자로 이루어져 있기 때문에, .셀룰라아제는 종종 다른 효소나 발효 미생물과 함께 작용합니다

مع ذلك، تختلف الأسماك والروبيان اختلافًا كبيرًا في فسيولوجيا الهضم وتحمل الألياف. ما يكون مناسبًا في نوع أو مرحلة نمو قد لا يكون مناسبًا في أخرى. لذلك يُفهم السليولاز في الاستزراع المائي كجزء من تصميم علفي متخصص، خصوصًا عندما تستخدم العليقة بروتينات أو كربوهيدرات نباتية تحتاج إلى تحسين في الإتاحة الحيوية

.[5]

دور Enzymes.bio في توريد المنتج

تقدم Enzymes.bio مسحوق إنزيم السليولاز المخصص لإضافات الأعلاف الحيوانية عبر البيع المباشر على الإنترنت بوحدة 1kg. دورها في هذا السياق هو التوريد وتوفير معلومات المنتج والوثائق المرافقة للطلب، وليس الادعاء بأنها جهة تصنيع أو مختبر اختبار مستقل. تُرفق شهادة التحليل **CoA** ونشرة بيانات السلامة **SDS** مع الطلب لدعم الاستخدام المهني المسؤول والتعامل الآمن مع المنتج .

تتضمن صفحات Enzymes.bio الخاصة بالسليولاز عرضًا لاستخدامات الإنزيم في تفكيك السليلوز وجدران الخلايا النباتية ضمن تطبيقات صناعية وغذائية وعلفية. وبالنسبة لتطبيق الأعلاف، يجب قراءة هذه المعلومات إلى جانب الأدبيات العلمية المنشورة التي توضح آليات السليولاز وحدوده والعوامل المؤثرة في الاستجابة الحيوانية .

خلاصة تقنية

مسحوق إنزيم السليولاز للأعلاف الحيوانية هو مضاف وظيفي يستهدف السليلوز وجدران الخلايا النباتية، ويُستخدم لدعم هضم الألياف وتحسين إتاحة المغذيات في العلائق الغنية بالمكونات النباتية. أقوى ما تدعمه الأدلة هو الآلية الحيوية نفسها: السليولاز قادر على تفكيك السليلوز جزئيًا، ويمكن أن يكون مفيدًا في الأعلاف الخشنة والسيلاج والمكونات النباتية عندما تكون الألياف عائقًا فعليًا أمام الاستفادة الغذائية [1].

أما النتائج الإنتاجية مثل النمو، إنتاج الحليب، أو كفاءة التحويل الغذائي، فهي تعتمد على السياق ولا يمكن ضمانها بمجرد إضافة الإنزيم. الاستخدام المهني الرشيد ينظر إلى السليولاز كجزء من منظومة تشمل جودة المواد الخام، توازن العليقة، نوع الحيوان، إدارة التصنيع، وسلامة العلف. ضمن هذا الإطار، يقدم **Cellulase Enzyme Powder For Animal Feed Additives** خيارًا إنزيميًا عمليًا لدعم الاستفادة من الموارد النباتية الليفية، مع توفره عبر Enzymes.bio بوحدة 1kg ووثائق CoA وSDS المرافقة للطلب .

اطلب Cellulase Enzyme Powder 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 Cellulase Enzyme Powder 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. Maravi, P., & Kumar, A. (2021). Cellulase: Distribution, Production, Characterization and Industrial Applications. *Biotechnology Journal International*.

2. Gordon, R. K., Kotowski, I., Coulson, K. F., Link, D., Mackenzie, A., & Bowling-Heyward, J. (2019). The Role of Non-animal Origin Feed Ingredients in Transmission of Viral Pathogens of Swine: A Review of Scientific Literature. *Frontiers in Veterinary Science*, 6.

3. Júnior, D. T. V., Genova, J., Kim, S. W., Saraiva, A., & Rocha, G. (2024). Carbohydrases and Phytase in Poultry and Pig Nutrition: A Review beyond the Nutrients and Energy Matrix. *Animals*, 14.

4. Ndikumana, S., Tanane, O., Aichi, Y., Latifa, E. F., & Goudali, L. (2025). Innovative Applications of Sugarcane Bagasse in the Global Sugarcane Industry. *Processes*.

5. Sánchez-Alcade, M. C., García-Ulloa, M., Montaño, E. M., Castro-Martínez, C., Álvarez-Ruíz, P., & González, H. R. (2023). Use of Enzyme Mixtures in Diets Based on Animal and Plant Ingredients for Litopenaeus vannamei: Effect on Digestibility, Growth, and Enzyme Activity. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*.

6. 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.

7. Vitt, M. G., Brunetto, A. L., Leal, K., Deolindo, G. L., Corrêa, N. G., Silva, L. E. L., Wagner, R., … et al. (2025). Use of a Blend of Exogenous Enzymes in the Diet of Lactating Jersey Cows: Ruminal Fermentation In Vivo and In Vitro, and Its Effects on Productive Performance, Milk Quality, and Animal Health. *Fermentation*.

8. Liu, X., Wang, A., Zhu, L., Guo, W., Guo, X., Zhu, B., & Yang, M. (2024). Effect of additive cellulase on fermentation quality of whole-plant corn silage ensiling by a Bacillus inoculant and dynamic microbial community analysis. *Frontiers in Microbiology*, 14.

9. Jin, Y., Arain, M. A., Buzdar, J., & Liu, G. (2025). Lactic acid bacteria in poultry industry: health beneficial prospects and potential applications- a review. *Worlds Poultry Science Journal*, 82, 129 - 158.

10. Chen, K., Zeng, J., Hu, C., Xu, J., Jiang, D., Zhang, L., Jiang, J., … et al. (2025). Probiotics and non-starch carbohydrates as microecological agents: A review of classification strategies and feed applications.. . *International Journal of Biological Macromolecules*, 147472.

11. Eze, F. N., Muangrat, R., Jirarattanarangsri, W., Siriwoharn, T., & Chalermchat, Y. (2025). Sesame Seed Meal as a Sustainable Source of High-Quality Plant-Based Proteins: Delineating Recent Advances in the Preparation, Composition, Techno-Functionalities, and Food Industry Applications.. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 24 3, e70188 .

12. Buonaiuto, G., Danese, T., El-Sabrout, K., & Yıldırım, A. (2025). Bioactive feed additives in animal nutrition: bridging innovation, health, and sustainability. *Frontiers in Veterinary Science*, 12.

13. Onche, E., Habeeb, T., Denen, F., & Omale, S. (2025). Exploring the benefits of β-mannanase supplementation in dairy cattle nutrition, performance, and a sustainable environment. *Journal of Central European Agriculture*.

14. 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.

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.