

Acid Cellulase Enzymes For Animal Feed Additives : 動物飼料添加用酸性セルラーゼによる植物細胞壁分解と発酵飼料利用

Enzymes.bio リサーチチーム・ニュージーランド・ウェリントン・June 18, 2026

Acid Cellulase Enzymes For Animal Feed Additivesは、植物性飼料原料に含まれるセルロース系繊維を加水分解し、細胞壁に閉じ込められた栄養成分へのアクセスを高める目的で使われる酸性セルラーゼです。反芻動物用粗飼料、サイレージ、発酵飼料、農産副産物の飼料化では、セルロース分解と乳酸発酵の基質供給を通じて、原料利用性を改善する補助因子として位置づけられます^[1]。Enzymes.bioは本酵素を1 kg単位でオンライン供給するB2B酵素供給業者であり、注文時にCoAおよびSDSが併せて提供されます。

酸性セルラーゼとは何か：飼料中のセルロースを標的にする外因性酵素

酸性セルラーゼは、セルロースの β -1,4グリコシド結合を加水分解するセルラーゼ系酵素のうち、酸性域での利用を想定した飼料添加向け酵素です。Enzymes.bioが供給するAcid Cellulase Enzymes For Animal Feed Additivesは、植物性飼料の細胞壁構造に含まれるセルロース、リケニン、穀物由来 β -グルカンなどの分解補助を目的とする製品として掲載されています。

セルラーゼは単一の反応でセルロースを完全に糖化する酵素ではなく、複数の活性が段階的に働く酵素系として理解する必要があります。一般的なセルラーゼ系では、エンドグルカナーゼがセルロース鎖の内部を切断し、エキソグルカナーゼまたはセロビオヒドロラーゼが鎖末端からセロビオースなどを遊離し、 β -グルコシダーゼがセロビオースをグルコースへ変換します^[2]。

飼料分野では、このような炭水化物分解酵素はcarbohydrate-active enzymes、すなわちCAZymesの一部として扱われます。CAZymesは植物細胞壁多糖、非デンプン性多糖、貯蔵多糖などに作用し、飼料中の構造的炭水化物を動物または消化管微生物が利用しやすい形に近づける技術群です^[3]。

Enzymes.bioは酵素の供給業者であり、製造業者または研究機関ではありません。そのため、本稿では製造条件、活性単位、分析法、酵素単位の定義には踏み込まず、飼料添加用途で酸性セルラーゼがどのように機能し、どの用途で根拠があるのかを、公開研究に基づいて整理します。

飼料原料で問題になる「植物細胞壁の閉じ込め効果」

植物性飼料原料では、デンプン、タンパク質、脂質、ミネラルなどの栄養素が細胞内または細胞壁マトリックス内に存在します。セルロース、ヘミセルロース、ペクチン、リグニンが複合化した細胞壁は、消化酵素や腸内微生物が栄養成分へ到達する際の物理的障壁になります^[4]。

この閉じ込め効果は、特に高繊維原料で顕著です。稲わら、麦わら、サトウキビバガス、コーンストーバー、ふすま、牧草、繊維含量の高い農産副産物では、栄養成分を含んでいても、細胞壁の強固さやリグニン化の程度によって利用性が制限されます。セルラーゼはこの障壁のうちセルロース部分を標的とし、細胞壁の緩み、粒子表面の開裂、可溶性糖の生成を通じて、飼料中の栄養成分への接触機会を増やします^[2]。

単胃動物では、動物自身がセルロースを効率よく分解する能力は限定的です。反芻動物ではルーメン微生物が繊維分解に関与しますが、原料の成熟度、リグニン含量、粒度、水分、発酵処理の有無によって繊維分解速度は変わります。外因性セルラーゼは、こうした内因性・微生物性分解を置き換えるものではなく、基質表面を事前に加工し、消化管内または発酵過程での分解を補助する位置づけです^[4]。

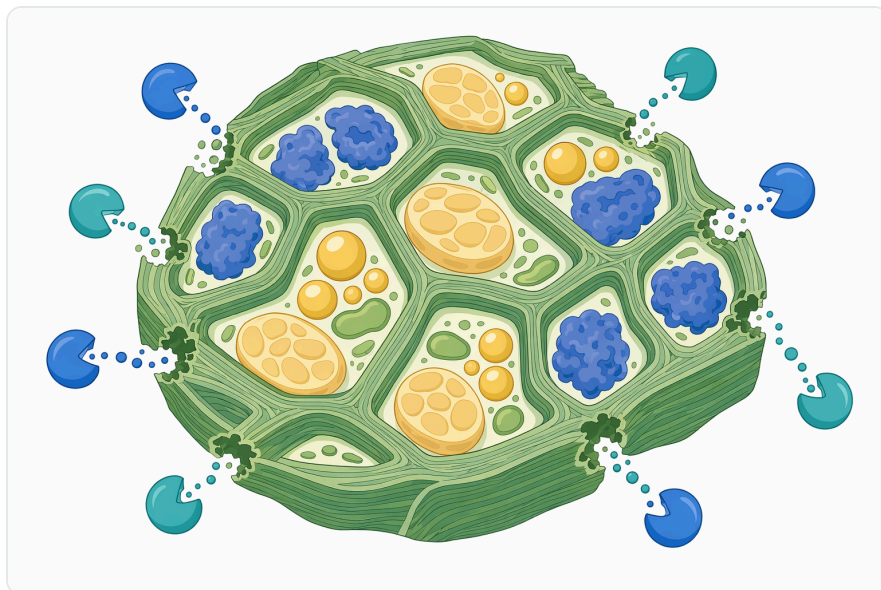


Figure 1. 산성 셀룰라아제는 셀룰로오스가 풍부한 식물 세포벽을 약화시켜 사료 조직에 이미 존재하는 영양소가 더 쉽게 이용될 수 있도록 한다.

作用機序：β-1,4結合を段階的に切り、発酵微生物と消化酵素の接触を増やす

酸性セルラーゼの中心的な作用は、セルロース鎖を構成するβ-1,4結合の加水分解です。エンド型の作用がセルロース繊維の内部に切れ目を入れると、新しい非還元末端と還元末端が増え、エキソ型酵素が働ける場所が増加します。その後、短鎖オリゴ糖やセロビオースが生成され、β-グルコシダーゼがそれらをさらに低分子化します^[2]。

飼料中で重要なのは、生成した糖そのものだけではありません。セルロース鎖が部分的に切断されると、細胞壁マトリックスの物理的強度が下がり、ヘミセルロース、タンパク質、デンプン粒、脂質画分などに対する消化酵素や微生物の接触面積が広がります。したがって、セルラーゼの効果は「繊維を糖にする」だけでなく、「細胞壁という包装材をほどこき、他の栄養素を露出させる」点にあります^[3]。

サイレージや固体発酵飼料では、セルラーゼが放出する可溶性糖が乳酸菌などの発酵微生物にとって利用しやすい基質になります。乳酸菌が糖を乳酸へ変換すると、pH低下により保存性が高まり、望ましくない微生物の増殖が抑えられます。農業廃棄物ベースの完全飼料サイレージにセルラーゼ処理を行った研究では、発酵特性とin vitro消化性の改善が検討されており、高繊維原料を発酵飼料化する際の酵素処理の意義が示されています^[1]。

ただし、セルラーゼはリグニンを主標的とする酵素ではありません。リグニンがセルロース繊維を強く覆っている原料では、酵素が基質へ到達しにくく、同じセルラーゼであっても反応性が低くなる可能性があります。このため、飼料原料の種類、収穫時期、乾燥状態、破砕度、発酵処理の有無が、酵素の実用効果を左右します^[2]。

飼料用途別に見た酸性セルラーゼの技術的位置づけ

用途領域	主な対象原料	酸性セルラーゼの主な役割	期待される技術的效果	解釈上の注意
反芻動物用粗飼料	牧草、わら、コーンストーバー、バガス	セルロース部分の部分分解、ルーメン微生物の基質接触補助	繊維分解性、発酵性、乾物利用性の改善補助	効果は粗飼料のリグニン化、粒度、給与体系に依存
サイレージ	全株作物、農業副産物、木質性飼料資源	可溶性糖の供給、乳酸菌発酵の支援	乳酸発酵の促進、繊維画分の低下、保存性改善の補助	水分、糖含量、乳酸菌相、密封状態の影響が大きい
発酵飼料	麦わら、バガス、食品副産	発酵微生物が利用できる糖の生成	原料の飼料価値向上、タンパク質濃縮や抗栄養因	微生物処理、発酵温度、期間との相互作用

用途領域	主な対象原料	酸性セルラーゼの主な役割	期待される技術的效果	解釈上の注意
	物、混合原料		子低減処理との併用	用がある
単胃動物用配合飼料	小麦系原料、ふすま、植物性副産物	細胞壁の緩和、栄養素閉じ込めの低減補助	消化性改善を狙う多酵素設計の一部	セルラーゼ単独の一貫した生産成績効果は一般化しにくい
未利用バイオマスの飼料化	サトウキビバガス、麦わら、ポテトピール等	繊維性基質の前処理	低利用資源の価値向上	酵素だけで低品質原料が高栄養原料に変わるわけではない

この表で重要なのは、酸性セルラーゼを「万能な成長促進剤」ではなく、「植物細胞壁のセルロース部分に作用する基質特異的な加工補助剤」として捉えることです。外因性酵素のレビューでも、飼料酵素は対象基質、動物種、飼料組成との適合性によって効果が変わる添加物群として整理されています^[4]。

反芻動物用飼料：粗飼料の発酵性を高める補助技術

牛、羊、山羊などの反芻動物では、繊維の主要な分解はルーメン微生物が担います。しかし、低品質粗飼料や成熟した牧草では、セルロースがヘミセルロースおよびリグニンと複雑に結合し、微生物が利用できる表面が限られます。セルラーゼの前処理または飼料添加は、この構造を部分的に緩め、ルーメン内発酵への入口を広げる技術として検討されます^[4]。

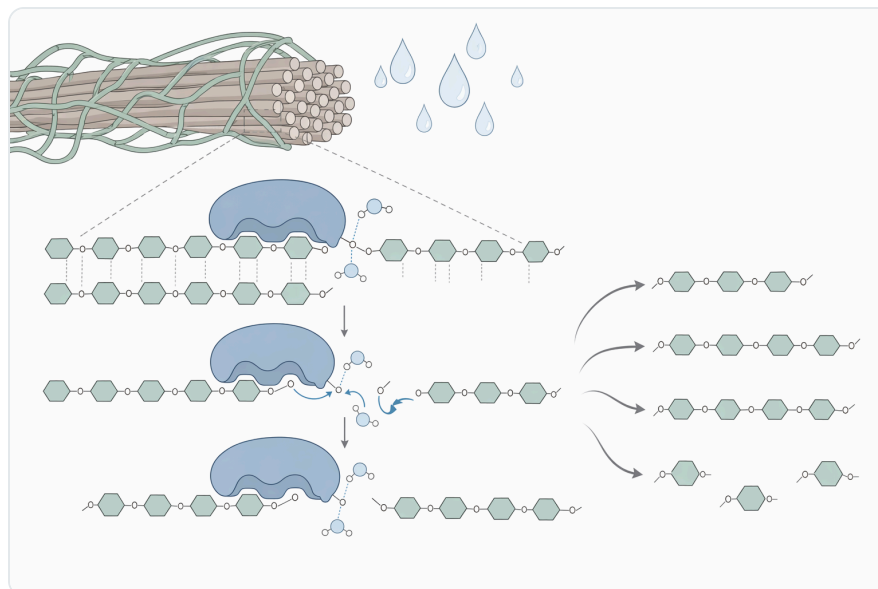


Figure 2. 셀룰라아제 시스템은 엔도셀룰라아제가 내부 사슬 부위를 열고, 엑소셀룰라아제가 셀로덱스트린을 방출하며, β -글루코시다아제가 셀로비오스를 포도당으로 전환하는 방식으로 협력적으로 작용한다.

乳牛を対象にした外因性酵素ブレンドの研究では、泌乳ジャージー牛の飼料に酵素を用い、in vivo およびin vitroのルーメン発酵、産乳成績、乳質、健康指標が評価されています。このような研究は、セルラーゼを含む繊維分解系酵素が、反芻動物において単なる化学分解剤ではなく、ルーメン発酵生態系と相互作用する添加物として扱われることを示しています^[5]。

反芻動物用途で期待できる効果は、粗飼料の消化性改善、発酵速度の調整、可消化エネルギーの利用支援です。一方で、酸性セルラーゼを添加しただけで乳量、増体、メタン排出、飼料要求率が必ず改善すると断定することはできません。ルーメンpH、粗濃比、飼料粒子の滞留時間、微生物相、給与飼料全体の栄養バランスが、実際の反応に影響します^[5]。

サイレージ用途：乳酸発酵の基質を増やし、繊維画分を下げる

サイレージ調製では、原料中の水溶性炭水化物が乳酸菌により乳酸へ変換され、pHが速やかに低下することが望めます。高繊維原料や農業副産物では、全炭水化物量が十分に見えても、乳酸菌がすぐ利用できる糖に限られる場合があります。セルラーゼは細胞壁多糖を部分分解し、乳酸菌が利用可能な糖を増やすことで、発酵の初期段階を支援します^[1]。

サトウキビバガスを反芻動物飼料として改善する研究では、Lactobacillus、セルラーゼ、モラセスを組み合わせた処理が検討されています。バガスのようにセルロースとリグノセルロース構造を多く含む副産物では、セルラーゼによる繊維分解、乳酸菌による酸生成、モラセスによる発酵糖供給が、それぞれ異なる役割を持つ処理要素になります^[6]。

農業廃棄物ベースの完全飼料サイレージでも、セルラーゼ処理は発酵特性とin vitro消化性を改善する手段として報告されています。これは、単一の粗飼料だけでなく、複数の副産物を含む混合サイレージにおいても、細胞壁分解が発酵品質と消化性に関わることを示唆します^[1]。

発酵飼料と農産副産物：低利用資源を飼料設計に組み込む

近年、麦わら、稲わら、バガス、食品加工副産物などの低利用バイオマスを飼料化する技術への関心が高まっています。これらの原料は価格や入手性の面で利点を持つ一方、繊維質が多く、タンパク質利用性やエネルギー利用性が制約される場合があります。セルラーゼは、こうした原料を発酵処理や微生物処理と組み合わせる際の前処理酵素として使われます^[7]。

組換えSchizosaccharomyces pombeを用いた麦わら発酵飼料の研究では、リグノセルロース分解と飼料タンパク質の増加が検討されています。これは、セルロース分解そのものに加え、発酵微生物が繊維性基質を利用し、発酵産物や微生物タンパク質を通じて飼料価値を高めるという考え方を示しています^[7]。

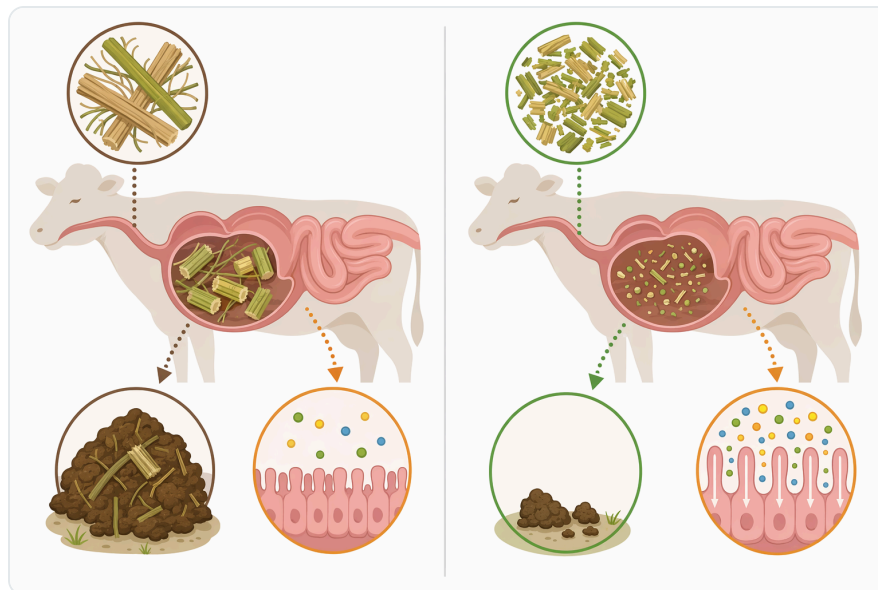


Figure 3. 사료 효소는 기질에 따라 다르며, 셀룰라아제는 셀룰로오스를 표적으로 하는 반면 자일라나아제, β -글루카나아제, 피타아제, 프로테아제는 사료의 다른 한계 요인에 대응한다.

サトウキビバガスからセルロース分解細菌をスクリーニングし、セルラーゼ活性を動物飼料用途に向けて最適化した研究もあります。これは、バガスのような農産副産物が単なる廃棄物ではなく、セルラーゼ生産や飼料処理の基質として研究されていることを示します^[8]。

ポテトピール廃棄物を用いた*Bacillus subtilis*由来アミラーゼおよびセルラーゼ生産の研究も、食品加工副産物を酵素生産・飼料関連プロセスへつなげる文脈に位置づけられます。飼料利用の観点では、セルラーゼは「副産物をそのまま高栄養化する魔法の添加物」ではなく、発酵、微生物増殖、栄養設計と組み合わせることで効果を発揮する処理因子です^[9]。

単胃動物用飼料：多酵素設計の中で細胞壁バリアを緩める

豚、鶏、魚などの単胃動物では、セルロース分解能力が反芻動物より限定的です。そのため、酸性セルラーゼの役割は、セルロースを主要エネルギー源として完全利用させることよりも、植物細胞壁を部分的に崩し、デンプン、タンパク質、脂質、ミネラルへのアクセスを改善することにあります^[4]。

小麦ベース飼料を給与したブロイラーに対する固体発酵プロ酵素補給の研究では、成長成績、健康、腸内微生物叢への影響が評価されています。小麦系原料では非デンプン性多糖が消化管内容物の性状や栄養利用に影響するため、セルラーゼを含む炭水化物分解系酵素は、キシラナーゼ、 β -グルカナーゼ、プロテアーゼなどと組み合わせで設計されることが多くなります^[10]。

単胃動物向けに酸性セルラーゼを説明する際は、過度な一般化を避ける必要があります。外因性酵素レビューでは、酵素添加の有効性は基質の存在、飼料配合、動物の発育段階、消化管環境に依存すると整理されています。したがって、セルラーゼ単独で一貫した増体改善や疾病予防を主張するより、植物性原料中の細胞壁バリアを緩める補助酵素として位置づける方が科学的に妥当です^[4]。

酸性セルラーゼと他の飼料酵素の違い

酵素区分	主な標的基質	飼料中での代表的な役割	酸性セルラーゼとの関係
セルラーゼ	セルロース、 β -1,4グルカン構造	植物細胞壁の部分分解、繊維利用性の補助	本製品の中心機能
キシラナーゼ	アラビノキシランなどのヘミセルロース	小麦・ライ麦系原料の粘性低減、細胞壁分解	セルラーゼと併用されることが多い
β -グルカナーゼ	β -グルカン	大麦・オート麦系原料の粘性低減	β -グルカンを含む穀物で補完的
フィターゼ	フィチン酸	リン利用性改善、ミネラル結合の緩和	細胞壁分解とは異なる栄養制約を標的
プロテアーゼ	タンパク質	タンパク質消化性の補助	細胞壁開裂後のタンパク質利用と間接的に関連
アミラーゼ	デンプン	デンプン分解補助	セルラーゼが細胞壁を緩めることで基質接触が改善する場合がある

飼料酵素は、標的基質が存在しなければ効果を発揮しにくい添加物です。セルラーゼはセルロース系繊維を標的とし、フィターゼはフィチン酸、プロテアーゼはタンパク質、キシラナーゼはアラビノキシランに作用します。CAZymesに関する飼料レビューでも、炭水化物分解酵素は対象多糖の構造と飼料原料の種類に応じて使い分けられるとされています^[3]。

このため、酸性セルラーゼの意義が大きいのは、セルロースまたはセルロースを含む植物細胞壁が栄養利用の制限要因になっている場面です。逆に、低繊維で高度に精製された原料が中心の場合、セルラーゼが作用できる基質量は限られます。飼料設計上は、酵素名だけでなく、原料中の基質構造を見ることが重要です^[4]。

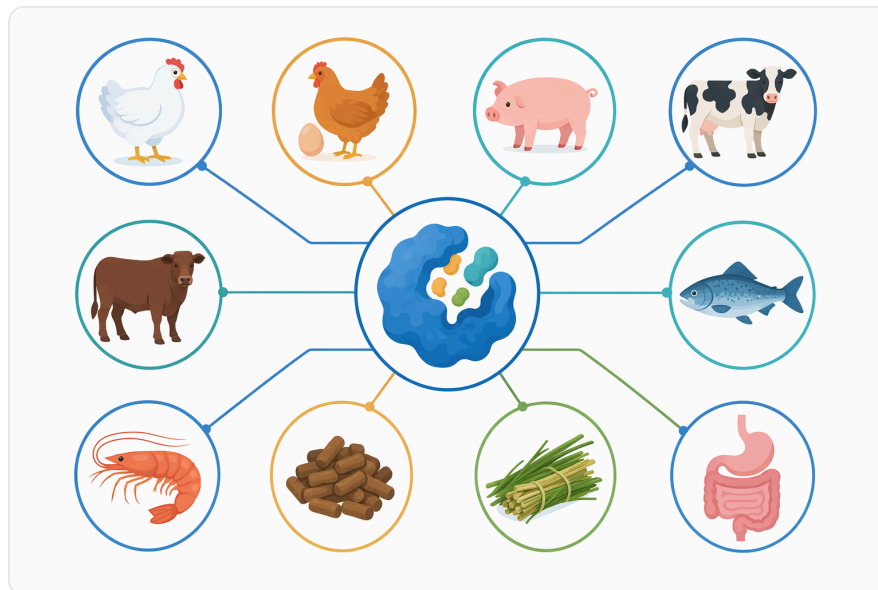


Figure 4. 셀룰라아제는 짚, 옥수수대, 조사료, 밀기울, 껍질, 곡물 부산물, 발효 식물 잔사와 같은 섬유질이 많은 기질에 가장 적합하다.

製品としての位置づけ：Enzymes.bioの1 kgオンライン供給品

Acid Cellulase Enzymes For Animal Feed Additivesは、Enzymes.bioのオンライン製品ページで1 kg単位のB2B向け酵素製品として掲載されています。用途は動物飼料添加向けであり、植物細胞壁分解、栄養素放出、飼料中繊維の利用補助を目的とする酸性セルラーゼとして説明されています。

注文時には、製品に関連するCoAおよびSDSが併せて提供されます。CoAは注文品に関連する品質情報を示す文書であり、SDSは取り扱い上の安全情報を提供する文書です。本稿では、活性単位、グレード、分析法、活性単位定義などの具体的な技術仕様には触れません。これらは製品文書の範囲で扱われるべき情報です。

保管および取り扱いでは、酵素がタンパク質である点を前提に考えます。一般に酵素は、過度の熱、湿気、強い光、不適切な保管環境によって性能が低下し得ます。したがって、実務上は、飼料原料、発酵工程、混合工程、保管期間との整合性を保ちながら、酵素が目的基質と接触できる条件を設計することが重要です^[2]。

科学的根拠の強さと、主張できる範囲

酸性セルラーゼについて最も確実に述べられるのは、セルロース系基質の β -1,4結合を加水分解し、植物細胞壁の分解を補助する酵素であるという点です。この機構はセルラーゼ研究全体で確立しており、エンド型、エキソ型、 β -グルコシダーゼの協調作用として説明できます^[2]。

飼料用途で比較的根拠が強いのは、サイレージ、発酵飼料、粗飼料、農産副産物の処理です。農業廃棄物ベースの完全飼料サイレージにセルラーゼ処理を行った研究、サトウキビバガスを *Lactobacillus*・セルラーゼ・モラセスで改善する研究、麦わら発酵飼料のリグノセルロース分解研究はいずれも、繊維性原料を飼料として扱いやすくする方向でセルラーゼ関連技術が検討されていることを示します^{[1][6]}。

一方、単胃動物の成長成績改善、疾病予防、反芻動物のメタン削減などを、酸性セルラーゼ単独の直接効果として一般化するのは適切ではありません。飼料酵素は有用な栄養技術ですが、効果は飼料組成、動物種、消化管環境、併用酵素、微生物相によって変わります。外因性酵素添加物に関するレビューでも、酵素を基質特異的な栄養補助技術として評価する必要性が示されています^[4]。

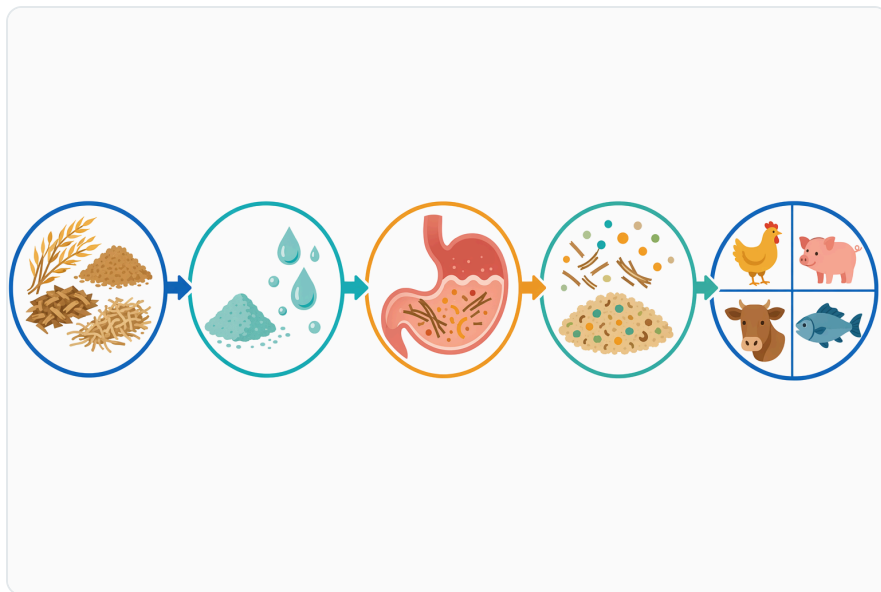


Figure 5. 사일리지에서 셀룰라아제는 섬유질 바이오매스로부터 수용성 탄수화물을 방출할 수 있으며, 젖산균은 이를 보존을 위한 산으로 전환한다.

実務での理解：酸性セルラーゼは「繊維をほどく」ための飼料設計ツール

Acid Cellulase Enzymes For Animal Feed Additivesを実務で理解するうえで最も有用な表現は、「高繊維植物原料の細胞壁をほどき、発酵微生物や消化酵素が基質に届きやすくする酵素」です。飼料原料中のセルロースが栄養利用の制約になっている場合、酸性セルラーゼはその制約を緩和する補助的な処理因子になります^[3]。

反芻動物用粗飼料では、ルーメン微生物が繊維を分解しやすいように基質表面を整えることが主な意義です。サイレージでは、乳酸菌が利用できる糖を増やし、発酵の進行を助けることが重要です。単胃動物用配合飼料では、セルロースを完全に栄養化するよりも、細胞壁に閉じ込められた栄養素の放出を助ける点に焦点があります^[1]。

また、農産副産物の飼料化では、セルラーゼは発酵処理、乳酸菌、酵母、Bacillus、モラセス、他の炭水化物分解酵素と組み合わせて使われることがあります。これは、セルロース分解、糖供給、微生物発酵、タンパク質濃縮、保存性改善が連続したプロセスとして進むためです^[7]。

結論：酸性セルラーゼは高繊維飼料の価値を引き出す補助酵素

Acid Cellulase Enzymes For Animal Feed Additivesは、植物性飼料原料中のセルロース系繊維を分解し、細胞壁に閉じ込められた栄養成分へのアクセスを高めるための酸性セルラーゼです。セルラーゼ系酵素は、エンドグルカナーゼ、エキソグルカナーゼ、 β -グルコシダーゼの協調作用により、セルロースを段階的に低分子化します^[2]。

飼料用途では、反芻動物用粗飼料、サイレージ、発酵飼料、サトウキビバガスや麦わらなどの農産副産物で特に技術的意義があります。研究報告では、農業廃棄物ベースの完全飼料サイレージ、バガス改良、麦わら発酵飼料などで、セルラーゼ関連処理が発酵品質や原料利用性の改善に関与することが示されています^{[1][6]}。

ただし、酸性セルラーゼは単独であらゆる飼料課題を解決する添加物ではありません。効果は原料中のセルロース量、リグニン化、発酵条件、動物種、併用酵素・微生物、飼料設計全体に依存します。Enzymes.bioが供給する本製品は、1 kg単位でオンライン購入でき、注文時にCoAおよびSDSが提供される、B2B向けの動物飼料添加用酸性セルラーゼとして位置づけられます。

Acid Cellulase Enzymes For Animal Feed Additivesをオンライン注文

1 kg単位で販売、在庫あり・即出荷可能です。オンラインストアで直接ご注文・決済いただければ、当社でご注文を処理します。すべてのご注文に試験成績書（CoA）と安全データシート（SDS）が付属します。

[Acid Cellulase Enzymes For Animal Feed Additivesを購入 →](#)

参考文献

初出引用順に番号を付けています。各出典はオープンアクセスで、公開時にアクセス可能であることを確認済みです。本文中の引用番号からこちらにリンクしています。

1. Santoso, B., Widayati, T., & Hariadi, B. (2020). Improvement of Fermentation and the In Vitro Digestibility Characteristics of Agricultural Waste-Based Complete Feed Silage with Cellulase Enzyme Treatment. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 8.

2. Maravi, P., & Kumar, A. (2021). Cellulase: Distribution, Production, Characterization and Industrial Applications. *Biotechnology Journal International*.
3. Plouhinec, L., Neugnot, V., Lafond, M., & Berrin, J. (2023). Carbohydrate-active enzymes in animal feed. *Biotechnology Advances*, 108145 .
4. Lucio, B. S. V., Hernández-Domínguez, E., Villa-García, M., Díaz-Godínez, G., Mandujano-González, V., Mendoza-Mendoza, B., & Álvarez-Cervantes, J. (2021). Exogenous Enzymes as Zootechnical Additives in Animal Feed: A Review. *Catalysts*.
5. 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: Ruminant Fermentation In Vivo and In Vitro, and Its Effects on Productive Performance, Milk Quality, and Animal Health. *Fermentation*.
6. So, S., Cherdthong, A., & Wanapat, M. (2020). Improving sugarcane bagasse quality as ruminant feed with Lactobacillus, cellulase, and molasses. *Journal of Animal Science and Technology*, 62, 648 - 658.
7. Chen, X., Liang, X., Shi, N., He, L., Ma, Y., Zhu, D., Ni, Z., ... et al. (2024). New wheat straw fermentation feed: recombinant Schizosaccharomyces pombe efficient degradation of lignocellulose and increase feed protein. *Preparative Biochemistry & Biotechnology*, 55, 36 - 44.
8. Ramadhani, S. I., Ardyati, T., & Sjojfan, O. (2023). Screening of Cellulolytic Bacteria from Sugarcane Waste (Bagasse) and Optimization of Cellulase Activity as Animal Feed. *Journal of Tropical Life Science*.
9. 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.
10. Li, J., Bai, G., Gao, Y., Gao, Q., Zhong, R., Chen, L., Wang, Y., ... et al. (2024). Solid - state fermentation pro - enzymes supplementation benefits growth performance, health, and intestinal microbiota of broiler chickens fed wheat - based diet. *Animal Research and One Health*, 3, 432 - 444.

Enzymes.bioへお問い合わせ

ご注文に関するご質問は、当社チームが喜んでサポートします。

メール wholesale@enzymes.bio

電話（米国） **+1 (507) 428-6057**

[お問い合わせ →](#)

 **400+** B2B顧客

 **60+** 大学研究パートナー

 **54** 世界各国に供給

© 2026 Enzymes.bio · 産業用・食品加工用酵素の供給・人の摂取用または小売販売用ではありません。