

# Xylanase Enzyme Animal Nutrition : 家禽・豚・反芻動物飼料でのキシラン分解用途

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

**Xylanase Enzyme Animal Nutrition**は、植物性飼料原料に含まれるキシランおよびアラビノキシランを加水分解し、非デンプン多糖類（NSP）による粘度上昇、栄養素の物理的封じ込め、繊維性原料の利用制限を緩和するために使われる動物栄養向け酵素です。家禽・豚では単胃動物が十分に分解しにくい細胞壁成分への対策として、反芻動物では粗飼料の細胞壁消化を支援する酵素技術として検討されています<sup>[1]</sup>。Enzymes.bioは本酵素の供給業者であり、製品は1 kg単位でオンライン購入でき、CoAおよびSDSは注文時に併せて提供されます。

## Xylanase Enzyme Animal Nutritionとは何か

キシラナーゼは、ヘミセルロースの主要構成成分であるキシランの $\beta$ -1,4-キシロシド結合を切断する酵素群です。飼料中では、キシランは単純な直鎖多糖としてではなく、アラビノース、グルクロン酸、アセチル基などの置換基を持つアラビノキシランとして存在することが多く、穀類、ふすま、大豆粕、植物副産物、粗飼料の細胞壁構造に組み込まれています。キシラナーゼはこの主鎖を切断し、高分子の不溶性または可溶性NSPをより小さいキシロオリゴ糖や糖質断片へ変換することで、消化酵素や微生物が基質へ到達しやすい状態を作ります<sup>[2]</sup>。

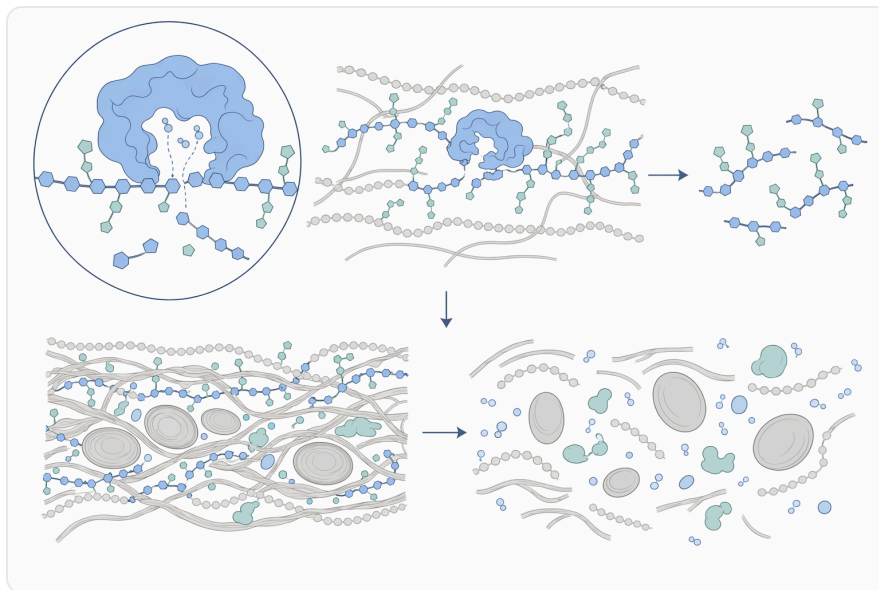
動物栄養で重要なのは、キシラナーゼが「キシロースを供給する糖化酵素」としてだけ機能するわけではない点です。家禽や豚では、アラビノキシランが消化管内容物の粘度を上げ、消化酵素とデンプン・タンパク質・脂質との接触を妨げ、栄養素を細胞壁内に閉じ込めることがあります。キシラナーゼの実務的価値は、この構造的障壁を部分的に崩し、飼料全体の消化性を支援するところにあります<sup>[1]</sup>。

Enzymes.bioが供給するXylanase Enzyme Animal Nutritionは、動物栄養用途向けの酵素原料として位置づけられます。Enzymes.bioは製造業者または研究機関ではなく、製品の製造、独自試験、製剤開発を行う主体ではありません。本製品は1 kg単位でオンラインから直接購入でき、注文時にCoAおよびSDSが併せて提供されるため、受領後は社内の品質・安全管理手順に沿って取り扱うことができます。

## 飼料中のキシランが問題になる理由

植物性原料は、エネルギー、アミノ酸、脂質、ミネラルを供給する一方で、細胞壁多糖類を同時に持ち込みます。トウモロコシ主体飼料であってもアラビノキシランは存在し、小麦、ライ麦、大麦、ふすま、油粕、豆類副産物、農産加工残渣を多く含む設計では、NSPの影響がより大きくなります。家禽・豚栄養に関するレビューでは、カルボヒドラーゼがこうしたNSPの抗栄養作用を緩和し、栄養素・エネルギーの単純なマトリックス値を超えた影響を持つ可能性が整理されています [1]。

NSPの問題は、単に「繊維が多い」ことではありません。水溶性アラビノキシランは腸管内容物の流動性を下げ、消化酵素、胆汁酸、乳化された脂質、遊離アミノ酸が吸収部位へ移動する速度を制限します。不溶性アラビノキシランは細胞壁の物理的バリアとして働き、デンプン粒、タンパク質マトリックス、脂質体を消化酵素から隔離します。キシラナーゼはこの両方に関与し、可溶性高分子の分子量低下と不溶性細胞壁の開裂を通じて、栄養素へのアクセス性を改善する酵素として利用されます [2]。



**Figure 1.** 자일라나아제는 자일란과 아라비노자일란 사슬을 더 작은 조각으로 절단하여 식물성 사료 매트릭스를 느슨하게 하는 촉매 작용을 한다.

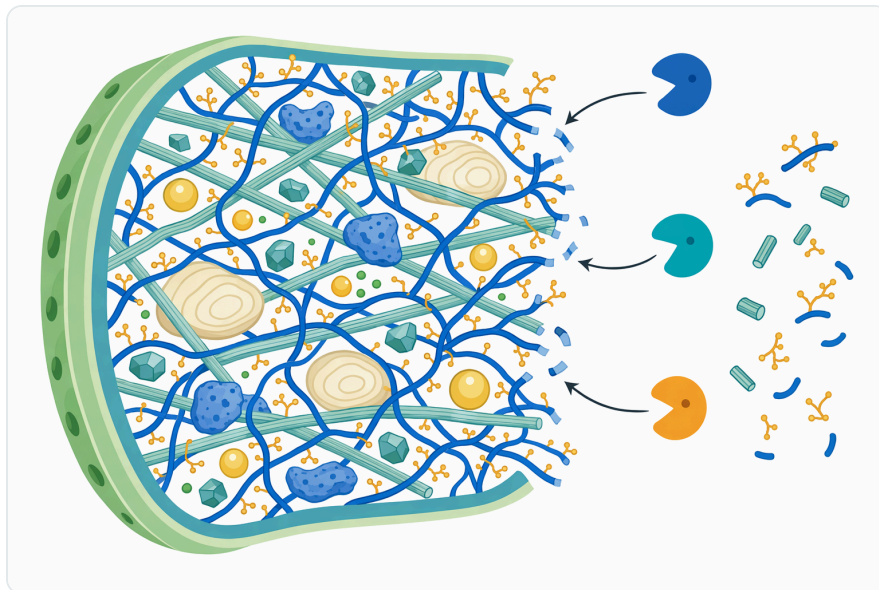
農産副産物の利用拡大でも、キシラナーゼの意義は大きくなります。小麦ふすまのような副産物は飼料資源として有用ですが、アラビノキシランやリグノセルロース構造が栄養利用を制限します。小麦ふすまを菌類共培養と加水分解で糖化し、糖および飼料価値を高める研究は、植物細胞壁を酵素的に開くアプローチが飼料資源化と相性のよい技術であることを示しています [3]。

## 作用機序： $\beta$ -1,4-キシラン主鎖の切断から飼料効率支援まで

キシラナーゼの直接基質は、キシロース単位が $\beta$ -1,4結合で連なったキシラン主鎖です。エンド型キシラナーゼは主鎖内部を切断し、高分子キシランを短いオリゴ糖へ分解します。この反応により、可溶性アラビノキシランの分子サイズが小さくなり、粘度形成能が低下します。同時に、不溶性細胞壁の一部が緩み、動物自身の消化酵素がデンプン、タンパク質、脂質へ到達しやすくなります<sup>[2]</sup>。

この機序は、単独酵素の反応だけで完結するものではありません。植物細胞壁はセルロース、ヘミセルロース、リグニン、ペクチン、タンパク質、フェノール性架橋を含む複合構造であり、キシランはセルロース微繊維やリグニンと相互作用しています。そのため、キシラナーゼによる主鎖切断は、セルラーゼ、 $\beta$ -グルカナーゼ、フィターゼ、プロテアーゼなど他の酵素や、腸内微生物発酵の影響を受けます。セルラーゼとキシラナーゼの相乗性に関する産業バイオテクノロジーのレビューでも、植物バイオマス分解ではヘミセルロース分解とセルロース分解が互いに基質アクセス性を高める関係にあると説明されています<sup>[4]</sup>。

分解産物であるキシロオリゴ糖も、動物栄養では注目されます。キシロオリゴ糖は単なる消化産物ではなく、腸内微生物による発酵基質となり、短鎖脂肪酸産生や微生物叢の構成に影響する可能性があります。ブロイラーで乳化剤とキシラナーゼの併用が腸内微生物活動を調節し得ることを検討した研究は、キシラナーゼの効果が粘度低下や栄養放出だけでなく、消化管内発酵環境にも関係し得ることを示しています<sup>[5]</sup>。



**Figure 2.** 아라비노자일란이 풍부한 세포벽은 자일라나아제가 그 장벽을 약화시키기 전까지 영양소를 물리적으로 둘러싸 가둘 수 있다.

## 家禽飼料での位置づけ

---

ブロイラーや採卵鶏では、消化管通過時間が短く、飼料中NSPの粘度形成と栄養素封じ込めが成績へ反映されやすい条件があります。特に小麦、ライ麦、大麦、ふすま、穀物副産物を含む配合では、アラビノキシランが消化管内容物を粘稠化し、エネルギー利用、脂質消化、タンパク質消化を制限する可能性があります。家禽・豚栄養のレビューでは、キシラナーゼを含むカルボヒドラーゼが、NSPを標的として消化効率や腸管環境に影響する酵素群として整理されています<sup>[1]</sup>。

トウモロコシ主体飼料でも、キシラナーゼの検討対象は残ります。トウモロコシの品種差、乾燥温度、加工条件は、デンプンとタンパク質マトリックス、細胞壁構造、栄養素の可利用性に影響します。異なるトウモロコシハイブリッドと乾燥温度で調製したブロイラー飼料に酵素を添加した研究は、酵素応答が単純な原料名ではなく、原料の加工履歴や物理化学的性質に左右されることを示しています<sup>[6]</sup>。

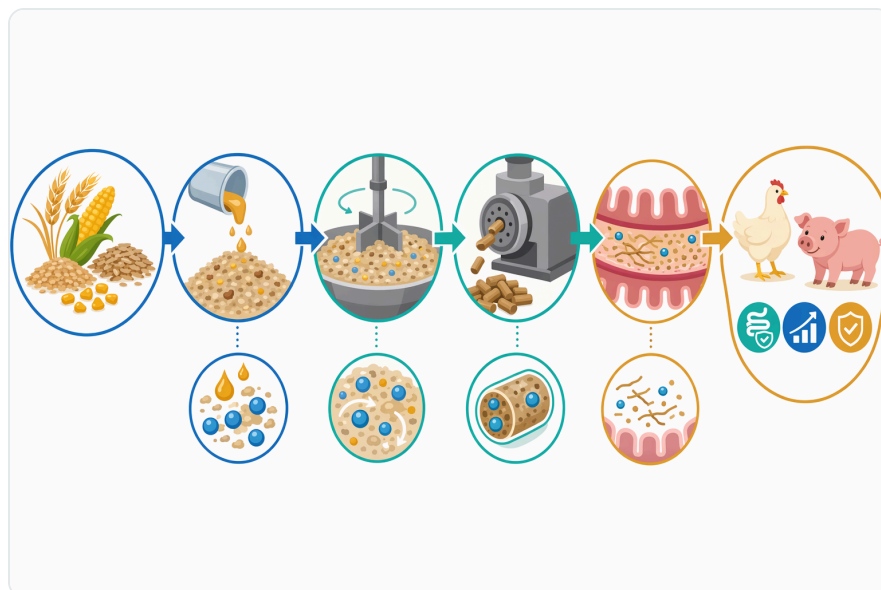
家禽飼料で期待される実務的利点は、第一に可溶性NSPの粘度低下、第二に細胞壁内栄養素の放出、第三に高繊維原料を使う設計余地の拡大です。ただし、キシラナーゼは「成績保証剤」ではありません。効果はアラビノキシランの量、可溶性と不溶性の比率、粒度、ペレット化条件、動物の日齢、腸内環境、他酵素との組み合わせで変わります。したがって、家禽栄養では、キシラナーゼを飼料設計全体の中でNSP対策として理解することが重要です<sup>[1]</sup>。

## 豚飼料での位置づけ

---

豚では、離乳期から肥育期まで植物性原料の消化性が飼料効率に直結します。離乳直後の子豚は消化管機能と微生物叢が発達途上であり、高NSP原料や粘度上昇の影響を受けやすい場合があります。肥育豚では、穀物副産物や繊維性原料を利用する機会が増え、アラビノキシランを含む細胞壁多糖類への対策が配合設計上の課題になります。家禽・豚を対象としたカルボヒドラーゼのレビューは、キシラナーゼが単胃動物のNSP利用を支援する主要酵素の一つであることを示しています<sup>[1]</sup>。

規制・安全性評価の面でも、キシラナーゼは豚用飼料添加物として検討されてきました。Talaromyces versatilis由来のendo-1,4-β-xylanaseおよびendo-1,3(4)-β-glucanaseを含む飼料添加物について、離乳子豚および肥育豚で安全性と有効性を評価した文書が公表されています。これは特定添加物に関する評価であり、Enzymes.bioの製品そのものを評価したものではありませんが、豚栄養においてキシラナーゼ系酵素が正式な評価対象となっていることを示します<sup>[7]</sup>。



**Figure 3.** 소화 과정에서 자일라나아제는 세포벽 구조를 열고, 수용성 섬유로 인한 점도 증가 효과를 줄이며, 발효 가능한 더 작은 탄수화물 조각을 생성할 수 있다.

豚飼料での実務的な関心は、可消化エネルギーの安定化、未消化基質の後腸流入の調整、糞便性状、飼料原料の柔軟化にあります。キシラナーゼがアラビノキシランを短鎖化すると、小腸での粘度障害が緩和され、後腸では発酵基質の質が変わる可能性があります。ただし、過度に単純化して「繊維をすべて有効エネルギーに変える」と捉えるべきではありません。豚では腸内発酵能力が家禽より高い一方、繊維の種類と発酵部位によって栄養学的意味が異なるためです<sup>[1]</sup>。

## 反芻動物・粗飼料利用での位置づけ

反芻動物では、ルーメン微生物が繊維を分解するため、単胃動物とは前提が異なります。それでも外因性繊維分解酵素は、粗飼料の細胞壁を事前に緩める、ルーメン内で微生物の基質アクセス性を高める、飼料片の分解速度を変えるといった目的で研究されています。反芻動物栄養シンポジウムのレビューでは、フィブロリティック酵素が細胞壁消化と動物成績を改善する可能性と、その効果が飼料、酵素、適用条件に強く依存することが整理されています<sup>[8]</sup>。

反芻動物用途では、キシラナーゼはセルラーゼ、 $\beta$ -グルカナーゼ、フェルラ酸エステラーゼなどと関連して評価されます。キシランは草本系粗飼料のヘミセルロース画分に多く、リグニンやフェノール性架橋によって微生物分解を受けにくい構造を作ります。キシラナーゼがこの構造の一部を開くことで、ルーメン微生物の付着や分解開始が促進される可能性があります。反芻動物では唾液、ルーメンpH、飼料滞留時間、微生物群集が複雑に関与するため、単胃動物の粘度低下モデルをそのまま当てはめることはできません<sup>[8]</sup>。

また、粗飼料や副産物の前処理にも関心があります。使用済みきのこと培地を複数微生物と酵素で発酵させ、栄養価を高める可能性を検討した研究は、低利用バイオマスを飼料資源へ変換する際に、酵素と微生物発酵を組み合わせる考え方を示しています<sup>[9]</sup>。

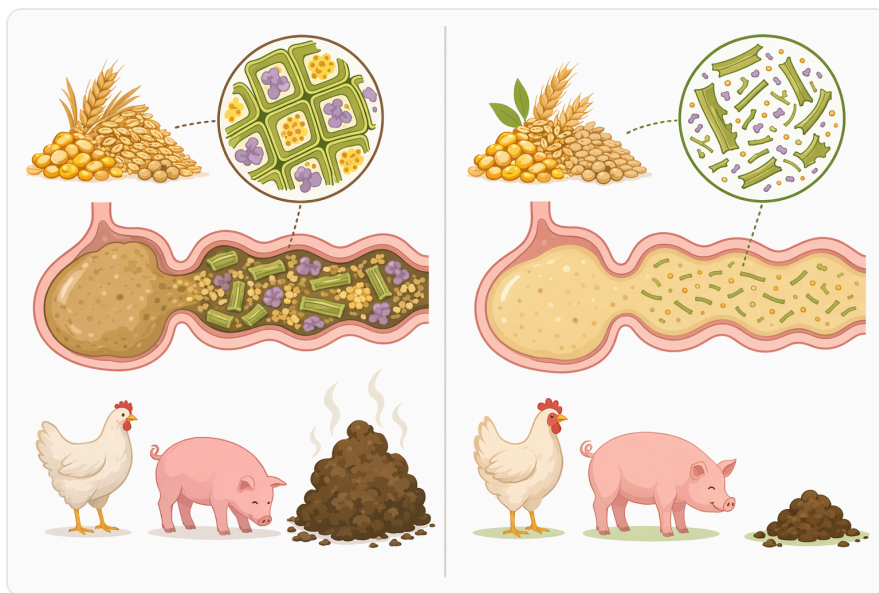


Figure 4. 각 사료 효소는 서로 다른 기질에 작용하며, 자일라나아제는 피테이트, 단백질, 셀룰로오스 또는  $\beta$ -글루칸이 아니라 자일란이 풍부한 헤미셀룰로오스를 특이적으로 표적으로 한다.

## GH10・GH11など酵素タイプの違い

キシラナーゼは単一の酵素ではなく、複数の糖質加水分解酵素ファミリーに属します。飼料用途でよく議論されるのはGH10とGH11です。一般に、GH10キシラナーゼは基質結合部位が比較的広く、置換基を持つキシランにもアクセスしやすいと説明されることが多く、GH11キシラナーゼはキシラン主鎖への特異性が高く、比較的小型で、特定条件下で効率的に主鎖を切断する酵素群として扱われます。キシラナーゼの分類、作用様式、応用に関するレビューでは、このようなファミリー差が酵素機能を理解するうえで重要な枠組みとして整理されています<sup>[2]</sup>。

GH10キシラナーゼについては、動物飼料糖化への応用可能性を含めて、耐酸性・耐アルカリ性・耐熱性を持つ新規酵素の単離と特性解析が報告されています。こうした研究は、飼料加工時の熱、胃内の酸性条件、小腸での中性域、原料の多様性に対応するため、酵素の安定性と基質特異性が重要な研究対象であることを示します<sup>[10]</sup>。

ただし、GHファミリー名だけで現場での効果を判断することはできません。同じGH10またはGH11でも、由来微生物、アミノ酸配列、糖鎖修飾、製剤化、耐熱性、pH安定性、基質への吸着性が異なります。飼料中のアラビノキシランも、穀物種、栽培条件、加工、粒度で構造が変わるため、酵素タイプと基質構造の適合性を理解することが、過度な一般化を避けるうえで重要です<sup>[2]</sup>。

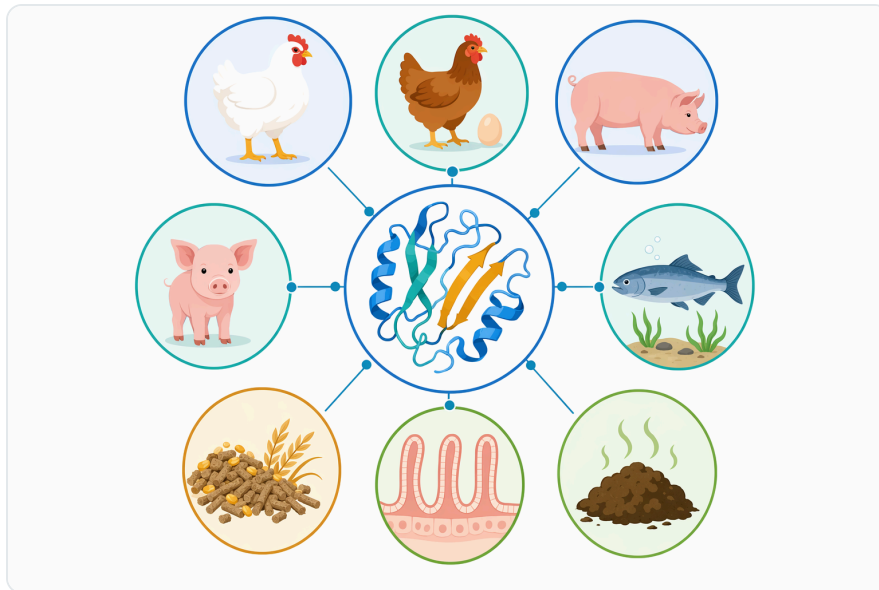
## 比較表：動物種別に見たキシラナーゼの主な役割

対象領域	主な基質・課題	キシラナーゼの主な作用	実務上の見方
ブロイラー・採卵鶏	小麦、トウモロコシ、ふすま、副産物中のアラビノキシラン。短い消化管通過時間と粘度上昇が課題	可溶性NSPの分子量低下、細胞壁構造の緩和、栄養素へのアクセス改善	飼料効率、腸内環境、高繊維原料利用を支援するNSP対策として位置づける
子豚・肥育豚	離乳期の消化未熟、高繊維原料、穀物副産物の利用	アラビノキシラン分解、粘度影響の緩和、後腸へ流入する発酵基質の質的变化	原料構成と成長段階に応じて、消化性と糞便性状への影響を考慮する
反芻動物	牧草、サイレージ、粗飼料のヘミセルロースとリグノセルロース構造	細胞壁の一部開裂、ルーメン微生物の基質アクセス性支援	ルーメン発酵、飼料滞留時間、粗飼料品質に依存するため単胃動物とは評価軸が異なる
農産副産物・発酵飼料	小麦ふすま、きのこ培地、植物残渣などの難分解性細胞壁	酵素加水分解と微生物発酵の組み合わせで可利用性を高める	副産物利用、資源循環、飼料設計の柔軟化に関係する

この比較から分かるように、キシラナーゼの中心機能は一貫して「キシラン系NSPの構造を変えること」ですが、動物種ごとの意味は異なります。家禽では粘度と栄養素放出、豚では消化性と後腸発酵、反芻動物ではルーメン微生物による細胞壁分解の支援が主な論点になります<sup>[1]</sup>。

## 飼料加工と安定性をどう考えるか

酵素はタンパク質であるため、熱、pH、水分、保存条件、ミネラル、他添加物との接触に影響を受けます。飼料工場では混合、コンディショニング、ペレット化、乾燥、保管といった工程があり、これらは酵素の立体構造や基質への到達性に影響します。耐熱性キシラナーゼに関するレビューでは、熱安定性が食品・飼料・バイオマス処理などの産業応用で重要な特性として扱われています<sup>[11]</sup>。



**Figure 5.** 동물 영양 분야의 주요 적용 대상에는 자일란이 풍부한 섬유가 영양소 접근을 제한하는 가금류 사료, 돼지 사료, 섬유질이 많은 부산물, 발효 조 사료 원료가 포함된다.

pHも重要です。単胃動物では、酵素は胃の酸性環境、小腸の中性域、飼料粒子内部の微小環境を通過します。反芻動物ではルーメンpHが飼料構成や発酵状態で変動します。したがって、飼料用キシラナーゼでは、単に試験管内でキシランを分解できるだけでなく、実際の消化管条件や加工工程を通過した後に、基質へ作用できるかが重要です。新規GH10キシラナーゼの研究でも、酸性・アルカリ性・熱条件での安定性が、動物飼料糖化の可能性と結び付けて議論されています<sup>[10]</sup>。

ただし、本ページでは特定製品の活性単位、グレード、分析法、活性単位の定義は扱いません。Enzymes.bioは供給業者であり、製造者としての工程説明や独自分析条件を提示する立場ではありません。製品に付随するCoAおよびSDSは注文時に提供されるため、実際の取り扱いはいずれの文書と社内基準に従って管理されます。

## 他の飼料酵素との関係

キシラナーゼは、単独で使われることも、 $\beta$ -グルカナーゼ、セルラーゼ、マンナーゼ、フィターゼ、プロテアーゼ、アミラーゼなどと組み合わせて設計されることもあります。カルボヒドラーゼとフィターゼに関する家禽・豚栄養レビューでは、酵素は栄養素とエネルギーの単純な補正だけでなく、腸内環境、基質分解、栄養素放出の相互作用を通じて影響することが示されています<sup>[1]</sup>。

セルラーゼとの関係は特に分かりやすい例です。植物細胞壁ではセルロース微繊維の周囲にヘミセルロースが配置され、キシランがセルロースやリグニンと結び付いています。キシラナーゼがヘミセルロースを切断すると、セルラーゼがセルロースへアクセスしやすくなる場合があり、逆にセル

ローズ構造の緩和がキシランへのアクセスを助けることもあります。セルラーゼとキシラナーゼの相乗性に関するレビューは、この相互作用が植物バイオマス分解で重要であることを示しています [4]。

フィターゼとの組み合わせでは、標的は異なります。フィターゼはフィチン酸からリンを遊離させ、ミネラルやタンパク質との結合を緩和する酵素です。一方、キシラナーゼは細胞壁多糖を分解します。両者を組み合わせる目的は、リン放出と細胞壁開裂という別々の制限要因を同時に扱うことです。したがって、キシラナーゼの効果を理解する際には、「どの栄養素を直接分解しているか」ではなく、「どの構造的制限を解除しているか」を見る必要があります [1]。

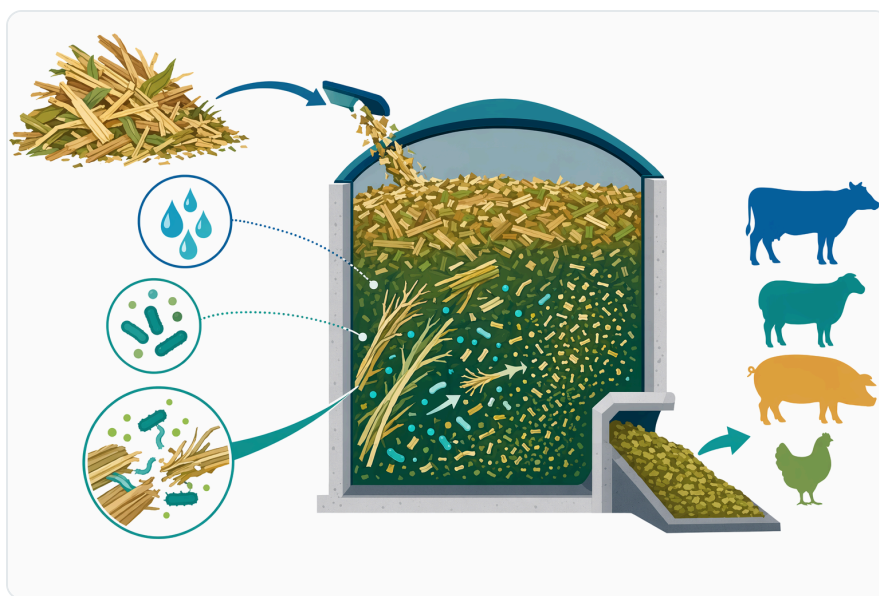


Figure 6. 사일리지와 발효 바이오매스에서 자일라나아제는 사료가 동물에게 도달하기 전에 헤미셀룰로오스를 변형할 수 있다.

## 期待される利点と限界

Xylanase Enzyme Animal Nutritionの利点は、植物性飼料の設計自由度を高めることにあります。高価な低繊維原料だけに依存せず、穀物副産物や繊維性原料を活用する際、アラビノキシランによる粘度上昇や栄養素封じ込めを緩和できれば、飼料配合の選択肢が広がります。小麦ふすまの価値化や、植物副産物の発酵・加水分解を扱う研究は、細胞壁分解酵素が資源循環型飼料設計と結びつくことを示しています [3]。

一方で、キシラナーゼの効果は原料依存性が高く、NSPが少ない配合、熱損傷を受けた原料、過度にリグニン化した繊維、粒度や加工条件が不適切な飼料では、期待される効果が限定的になることがあります。また、同じ「小麦」や「トウモロコシ」でも、品種、産地、乾燥条件、貯蔵、粉碎で細胞壁構造が異なります。ブロイラー飼料でトウモロコシハイブリッドと乾燥温度の違いを検討した研究は、原料加工条件が酵素応答を左右することを示す実例です [6]。

したがって、キシラナーゼは「どの配合でも同じ数値効果を示す添加物」ではなく、「キシラン系NSPが栄養利用を制限している条件で、消化性と飼料設計を支援する酵素」として捉えるのが適切です。この理解は、過度な効果主張を避けつつ、実務上の価値を正確に評価するうえで重要です[1]。

## Enzymes.bioでの提供形態と文書の扱い

Enzymes.bioのXylanase Enzyme Animal Nutritionは、B2B利用者向けに1 kg単位でオンライン直接販売されます。購入はオンラインで完結し、注文時にCoAおよびSDSが併せて提供されます。Enzymes.bioは供給業者であり、製造業者または研究所ではないため、本ページでは製造工程、独自分析、活性単位、グレード、試験法の詳細を提示しません。

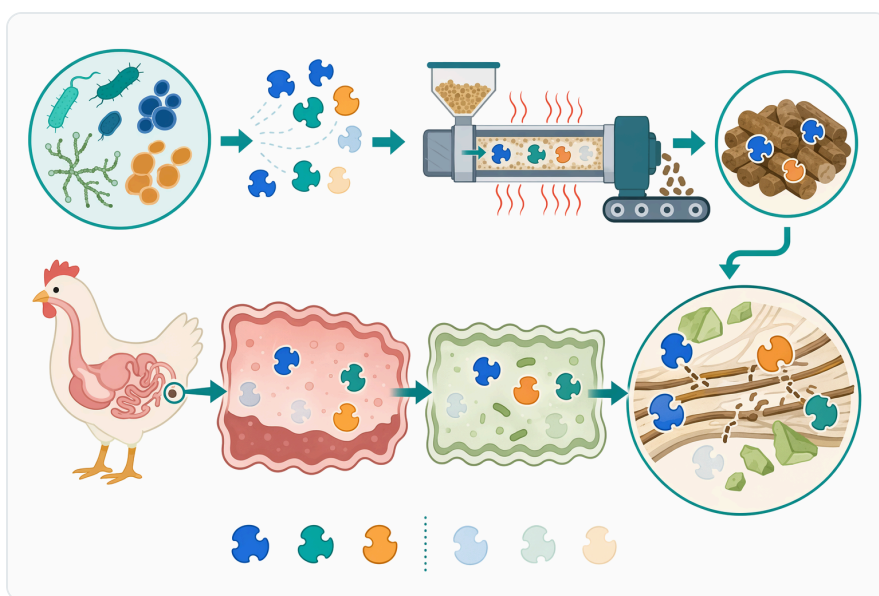


Figure 7. 자일라나아제의 출처, 단백질 구조, 제형은 효소가 기질에 도달할 만큼 충분히 오래 활성을 유지할 수 있는지에 영향을 미친다.

本製品は、家禽、豚、反芻動物、植物副産物利用、発酵飼料設計など、動物栄養におけるキシラン系NSP対策のための酵素原料として位置づけられます。実際の利用では、対象動物、飼料原料、加工工程、社内基準、地域規制、最終製品の用途に応じて取り扱われます。注文時に提供されるCoAおよびSDSは、品質確認と安全管理のための基本文書として参照できます。

## まとめ

Xylanase Enzyme Animal Nutritionは、植物性飼料原料中のキシランおよびアラビノキシランを分解し、NSPによる粘度上昇、栄養素の封じ込め、細胞壁バリアを緩和するための動物栄養向け酵素です。家禽・豚では単胃動物のNSP対策として、反芻動物では粗飼料の細胞壁消化を支援する酵素技術として位置づけられます[1]。

機序の中心は、 $\beta$ -1,4-キシラン主鎖の切断による高分子NSPの短鎖化、細胞壁構造の緩和、キシロオリゴ糖生成です。ただし、実際の効果は、原料中アラビノキシランの構造、動物種、成長段階、飼料加工、消化管環境、他酵素との組み合わせに依存します<sup>[2]</sup>。

Enzymes.bioは本酵素の供給業者として、Xylanase Enzyme Animal Nutritionを1 kg単位でオンライン提供します。CoAおよびSDSは注文時に併せて提供され、本ページは、製品の製造者説明ではなく、動物栄養におけるキシラナーゼの科学的背景、作用機序、用途理解を支援する技術文書として作成されています。

## Xylanase Enzyme Animal Nutrition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。

[Xylanase Enzyme Animal Nutrition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. 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.
2. Abena, T., & Simachew, A. (2024). A review on xylanase sources, classification, mode of action, fermentation processes, and applications as a promising biocatalyst. *BioTechnologia*, 105, 273 - 285.
3. Mittermeier, F., Fischer, F., Hauke, S., Hirschmann, P., & Weuster-Botz, D. (2024). Valorization of Wheat Bran by Co-Cultivation of Fungi with Integrated Hydrolysis to Provide Sugars and Animal Feed. *BioTech*, 13.
4. Bajaj, P., & Mahajan, R. (2019). Cellulase and xylanase synergism in industrial biotechnology. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103, 8711 - 8724.
5. Kubiś, M., Kołodziejcki, P., Pruszyńska - Oszmałek, E., Sassek, M., Konieczka, P., Górka, P., Flaga, J., ... et al. (2020). Emulsifier and Xylanase Can Modulate the Gut Microbiota Activity of Broiler Chickens. *Animals*, 10.
6. Giacobbo, F. C., Eyng, C., Nunes, R., Souza, C., Teixeira, L., Pilla, R., Suchodolski, J., ... et al. (2021). Influence of Enzyme Supplementation in the Diets of Broiler Chickens Formulated with Different Corn Hybrids Dried at Various Temperatures. *Animals*, 11.

7. Bampidis, V., Azimonti, G., Bastos, M., Christensen, H., Dusemund, B., Durjava, M. F., Kouba, M., ... et al. (2022). Safety and efficacy of a feed additive consisting of endo - 1,4 - beta - xylanase and endo - 1,3(4) - beta - glucanase produced with Talaromyces versatilis IMI 378536 and DSM 26702 (ROVABIO® ADVANCE) for weaned piglets and pigs for fattening (ADISSEO France S.A.S). *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 20.
8. Adesogan, A., Ma, Z., Romero, J. J., & Arriola, K. (2014). Ruminant Nutrition Symposium: Improving cell wall digestion and animal performance with fibrolytic enzymes. *Journal of Animal Science*, 92 4, 1317-30 .
9. Zhang, A., He, W., Han, Y., Zheng, A., Chen, Z., Meng, K., Yang, P., ... et al. (2024). Cooperative Fermentation Using Multiple Microorganisms and Enzymes Potentially Enhances the Nutritional Value of Spent Mushroom Substrate. *Agriculture*.
10. Zhang, T., Cheng, Z., Fan, Y., Lan, Y., Shu, H., Chen, J., Jin, F., ... et al. (2025). Isolation, expression and characterization of a novel thermo-acid/alkali-stable GH10 xylanase BsXynA from Bacillus safensis L7 and its potential for xylooligosaccharide production and animal feed saccharification. *Enzyme and Microbial Technology*, 191, 110735 .
11. Carla, L. D. T., & Marina, K. K. (2017). Thermostable xylanase from thermophilic fungi: Biochemical properties and industrial applications. *African Journal of Microbiology Research*, 11, 28-37.


## 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](mailto: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。