

# A-Galactosidase Feed Additive Biological Enzyme Preparation | 大豆粕飼料のラフィノース・スタキオース分解用 $\alpha$ -ガラクトシダーゼ

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

A-Galactosidase Feed Additive Biological Enzyme Preparationは、大豆粕・豆類原料を含む飼料中のラフィノース、スタキオースなどの $\alpha$ -ガラクトシド系オリゴ糖を加水分解する飼料用酵素製剤です。これらのオリゴ糖は単胃動物で十分に分解されにくく、腸管後部で発酵基質となるため、 $\alpha$ -ガラクトシダーゼは植物性飼料原料の消化利用と腸内発酵負荷の管理を支援する目的で使われます。Enzymes.bioは本製品の供給業者であり、オンラインで1kg単位の直接購入に対応し、CoAおよびSDSは注文時に併せて提供されます。

## $\alpha$ -ガラクトシダーゼとは何か：飼料中の $\alpha$ -ガラクトシド結合を切る酵素

$\alpha$ -ガラクトシダーゼは、糖鎖中の $\alpha$ -ガラクトシド結合を加水分解する酵素で、特にラフィノース系列オリゴ糖の分解に関係します。飼料分野で問題となる代表的な基質は、ラフィノース、スタキオース、ベルバスコースなどで、いずれも植物種子、豆類、大豆粕などの植物性タンパク原料に含まれます。微生物由来 $\alpha$ -ガラクトシダーゼは、食品加工、糖質変換、農産副産物処理、飼料関連用途で研究されてきた酵素群であり、標的となる糖鎖構造が比較的明確な点が特徴です<sup>[1]</sup>。

大豆粕はタンパク質源として有用ですが、同時に非デンプン多糖、フィチン酸、プロテアーゼ阻害因子、ラフィノース系列オリゴ糖など、配合や畜種によって栄養利用を制約し得る成分を含みます。 $\alpha$ -ガラクトシダーゼの役割は、これらすべてを処理することではなく、 $\alpha$ -ガラクトシド系オリゴ糖という特定の基質に焦点を当てることです。したがって、本酵素は「栄養素を追加する添加物」ではなく、「既存の飼料原料中にある難利用性糖質を分解して、消化管内での挙動を変える酵素」と理解するのが正確です<sup>[2]</sup>。

## 大豆粕・豆類飼料で問題になるラフィノースとスタキオース

ラフィノースとスタキオースは、スクロース骨格にガラクトース残基が $\alpha$ 結合で付加したオリゴ糖です。動物側にこの結合を十分に処理する内因性酵素活性が限られる場合、小腸で分解・吸収されず、腸管後部へ移行しやすくなります。そこで腸内細菌の発酵基質となると、ガス生成、腸内容物の浸透圧変化、糞便性状の変化、消化管の不安定化につながる可能性があります<sup>[3]</sup>。

この問題は、特に大豆粕を多く含むトウモロコシ・大豆粕主体飼料、豆類や菜種粕などを組み合わせた植物性タンパク配合、若齢動物向けの消化負担が大きい配合で実務的に意味を持ちます。ブロイラーを対象とした近年の研究でも、トウモロコシ・大豆粕・菜種粕を含む飼料に $\alpha$ -ガラクトシダーゼとキシラナーゼを組み合わせ、栄養価改善を検討する設計が取られており、植物性原料の難利用性成分を酵素で扱う考え方が飼料研究の中で位置づけられています<sup>[4]</sup>。

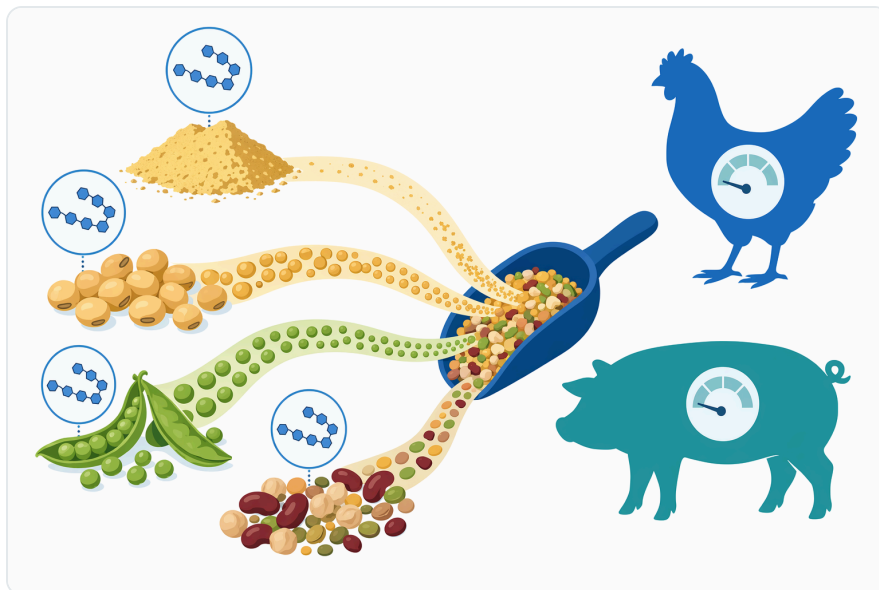


Figure 1.  $\alpha$ -ガラクトシダーゼは大豆と 콩류가 라피노스 계열 올리고당을 공급하는 식물성 원료가 많은 사료에서 가장 관련성이 높습니다.

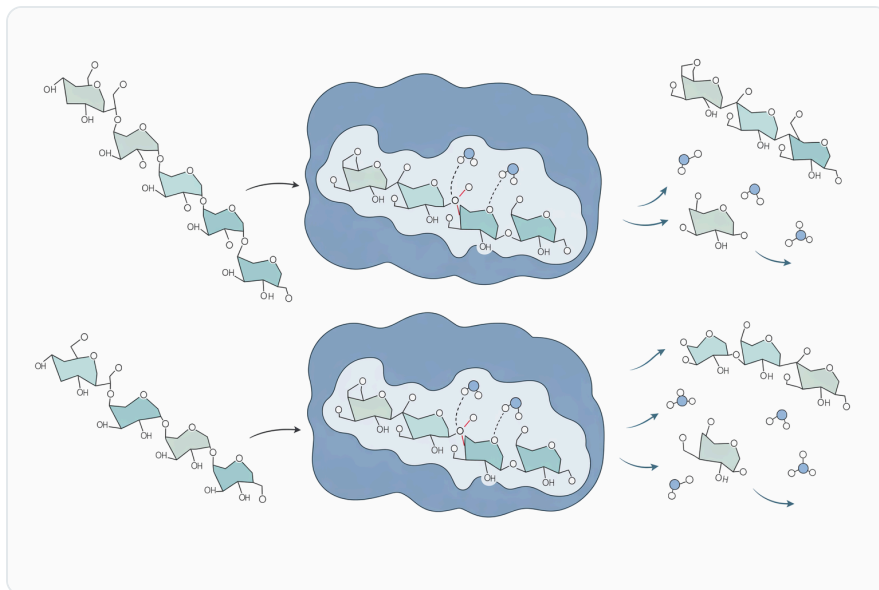
$\alpha$ -ガラクトシダーゼが実務上重要なのは、対象基質が「熱処理すれば完全になくなる不安定成分」ではないためです。ペレット化、乾燥、押出、加熱などの加工工程は飼料品質に不可欠ですが、ラフィノース系列オリゴ糖を常に十分低減できるとは限りません。そのため、加工工程とは別に、飼料中または消化管内で基質を酵素的に分解するという発想が成立します<sup>[2]</sup>。

## 作用機序： $\alpha$ -1,6-ガラクトシド結合の加水分解が腸管内の基質フローを変える

$\alpha$ -ガラクトシダーゼの機序は、抗菌剤やプロバイオティクスのように微生物叢へ直接働きかけるものではありません。第一段階は、ラフィノース系列オリゴ糖に含まれる $\alpha$ -ガラクトシド結合を切断し、より小さい糖成分へ変換することです。これにより、未分解のオリゴ糖として腸管後部へ流入する量を減らし、後部腸管で過剰発酵の基質となる糖質負荷を下げる方向に働きます<sup>[1]</sup>。

この機序を飼料設計の言葉に置き換えると、 $\alpha$ -ガラクトシダーゼは「消化されないまま残る糖質の流れ」を変える酵素です。小腸前半で標的オリゴ糖がより小さい単位へ分解されれば、腸管後部の微生物が利用する未分解基質が減ります。その結果として、ガス産生、糞便水分、腸内発酵の偏り、栄養素の見かけの利用性に対する悪影響を抑える方向が期待されます。ただし、成長成績や飼料要求率への影響は、基質量、動物種、日齢、飼料組成、加工条件、衛生状態に左右されます<sup>[4]</sup>。

重要なのは、 $\alpha$ -ガラクトシダーゼの価値を「万能な成長促進」ではなく、「大豆粕・豆類原料に由来する特定オリゴ糖の分解」として評価することです。大豆粕の配合率が低い、対象オリゴ糖が少ない、別の抗栄養因子が主な制約になっている、といった条件では、期待される寄与も限定的になります。逆に、ラフィノースやスタキオースの負荷が高い配合では、酵素反応の対象が明確であるため、配合上の狙いを立てやすくなります<sup>[3]</sup>。



**Figure 2.**  $\alpha$ -갈락토시다아제는 말단  $\alpha$ -갈락토시드 결합을 가수분해하여 스타키오스와 라피노스를 자당, 갈락토스 같은 더 작은 당으로 분해합니다.

## 飼料用 $\alpha$ -ガラクトシダーゼが適する主な使用場面

### 豚用飼料：子豚・育成豚での植物性タンパク利用支援

豚用飼料では、大豆粕が主要タンパク源として広く使われます。特に子豚や育成期の豚では、消化機能が発達途上で、飼料変化や離乳ストレスも加わるため、未消化糖質が腸管後部へ流れることの影響が大きくなりやすい条件があります。 $\alpha$ -ガラクトシダーゼは、ラフィノースやスタキオースのような発酵性オリゴ糖を分解することで、植物性原料の消化利用を支える補助技術として位置づけられます<sup>[2]</sup>。

この用途では、タンパク質そのものを分解するのではなく、大豆粕に共存する難消化性糖質を処理する点がポイントです。大豆粕のアミノ酸供給価値を活かすためには、消化管内で余分な発酵負荷や糞便性状の乱れをできるだけ抑える必要があります。 $\alpha$ -ガラクトシダーゼは、プロテアーゼやフィターゼとは異なる基質を担当するため、植物性原料を多面的に扱う酵素設計の一部として考えられます<sup>[1]</sup>。

### ブロイラー・採卵鶏：通過速度の速い消化管での未消化オリゴ糖対策

家禽は消化管通過速度が速く、飼料中の難利用性成分が消化率や糞便性状に影響しやすい動物です。トウモロコシ・大豆粕主体飼料では大豆粕が重要なタンパク源であり、ラフィノース系列オリゴ糖はその副次的な制約因子になります。ブロイラー研究では、 $\alpha$ -ガラクトシダーゼとキシラナーゼを組み合わせ、トウモロコシ・大豆粕・菜種粕飼料の栄養価改善を検討する例があり、複数の植物性基質に対して複数酵素を使う発想が示されています<sup>[4]</sup>。

採卵鶏でも、糞便性状、腸内発酵、栄養利用の安定性は飼養管理上の重要な要素です。 $\alpha$ -ガラクトシダーゼは卵成分を直接変える添加物ではなく、飼料中のオリゴ糖分解を通じて消化過程を支援する酵素です。そのため、実際の意義は配合中の豆類原料、大豆粕、菜種粕、その他植物性副原料の構成に依存します<sup>[3]</sup>。

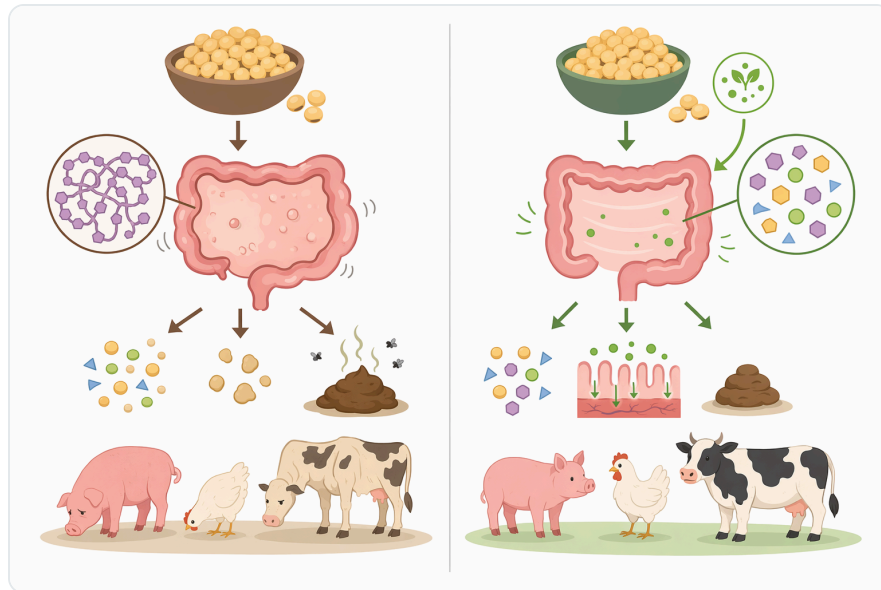


Figure 3. 사료 효소는 작용하는 기질이 다르므로,  $\alpha$ -갈락토시다아제는 자일라나아제,  $\beta$ -글루카나아제, 셀룰라아제, 프로테아제, 피타아제와 구분해야 합니다.

## 反芻動物：ルーメン発酵との関係を踏まえた限定的な位置づけ

反芻動物では、ルーメン微生物が多様な炭水化物を発酵できるため、単胃動物とは条件が異なります。大豆粕や豆類原料中のオリゴ糖はルーメン発酵の中で処理され得ますが、飼料全体の発酵速度、通過速度、濃厚飼料比率、乳牛・肉牛の生産段階によって、消化管内での挙動は変わります。したがって、反芻動物での $\alpha$ -ガラクトシダーゼは、単胃動物ほど直接的な「未消化オリゴ糖対策」として一律に評価するより、飼料全体の発酵設計の中で考えるべきです<sup>[2]</sup>。

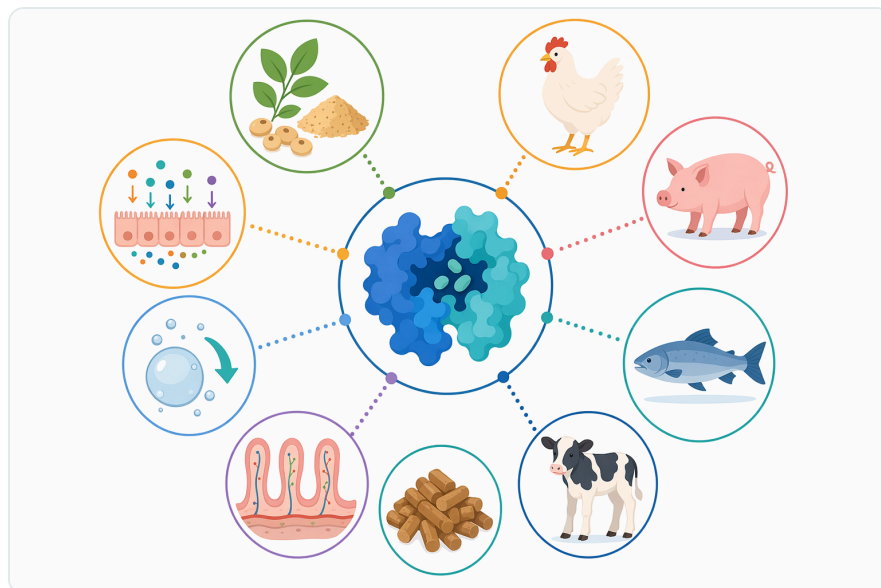
この点で、 $\alpha$ -ガラクトシダーゼは反芻動物向けの主要な繊維分解酵素とは役割が異なります。セルラーゼやキシラナーゼが細胞壁多糖に、フィターゼがフィチン酸リンに、プロテアーゼがタンパク質に働くのに対し、 $\alpha$ -ガラクトシダーゼの主な対象はラフィノース系列オリゴ糖です。基質が限定されているからこそ、配合中にその基質がどれだけ存在するかが実用上の意味を左右します<sup>[1]</sup>。

## 他の飼料酵素との違い：標的基質で見える位置づけ

飼料用酵素は一括りにされがちですが、実際には標的基質が異なります。 $\alpha$ -ガラクトシダーゼは、大豆粕や豆類に由来する $\alpha$ -ガラクトシド系オリゴ糖を扱う酵素であり、キシラナーゼ、フィターゼ、 $\beta$ -グルカナーゼ、プロテアーゼとは作用点が違います。ブロイラー飼料研究では $\alpha$ -ガラクトシダーゼとキシラナーゼを組み合わせる設計が見られ、これは単一酵素で全ての難利用性成分を処理するのではなく、基質ごとに役割分担する考え方を反映しています<sup>[4]</sup>。

飼料酵素の種類	主な標的基質	主な配合上の狙い	$\alpha$ -ガラクトシダーゼとの違い
$\alpha$ -ガラクトシダーゼ	ラフィノース、スタキオースなどの $\alpha$ -ガラクトシド系オリゴ糖	大豆粕・豆類原料の発酵性オリゴ糖負荷を下げる	本稿の対象。糖鎖中の $\alpha$ -ガラクトシド結合を加水分解する
キシラナーゼ	アラビノキシランなどの非デンプン多糖	穀類・副原料由来の粘性や細胞壁成分への対応	オリゴ糖ではなく主に細胞壁多糖を対象にする
フィターゼ	フィチン酸	リン利用性の改善、フィチン酸に結合した栄養素への対応	糖質ではなくリン貯蔵化合物を対象にする
$\beta$ -グルカナーゼ	$\beta$ -グルカン	大麦・オート麦などに由来する粘性成分への対応	$\alpha$ -ガラクトシドではなく $\beta$ 結合性多糖を対象にする
プロテアーゼ	タンパク質・ペプチド	タンパク質消化の補助	糖質ではなくタンパク質を対象にする

フィターゼは動物飼料用酵素としてリン利用に関する文脈で広く研究されており、 $\beta$ -グルカナーゼも飼料・栄養補助用途での応用が検討されています。これらと比較すると、 $\alpha$ -ガラクトシダーゼはミネラル利用や繊維粘性を主目的とするのではなく、大豆粕・豆類由来の発酵性オリゴ糖を処理する点に特化しています<sup>[5][6]</sup>。



**Figure 4.** 논의되는 주요 적용 분야는 대두박, 콩류 또는 기타 식물성 단백질 원료를 사용하는 가금, 돼지 및 식물성 원료 함유 수산사료입니다.

## 酵素としての安定性：飼料加工条件で考えるべき論点

---

飼料用酵素はタンパク質であるため、温度、湿度、pH、保存期間、ペレット化条件などの影響を受けます。 $\alpha$ -ガラクトシダーゼについても、酸性条件、胃内酵素、熱安定性への耐性を高める研究が行われており、食品・飼料産業での応用可能性を高めるために、耐酸性、ペプシン耐性、トリプシン耐性、熱安定性が注目されています<sup>[7]</sup>。

近年は、計算科学的手法を用いて $\alpha$ -ガラクトシダーゼの熱安定性を高める研究も報告されています。これは、飼料産業で酵素を使う際に、単に基質特異性だけでなく、加工・保存・消化管環境における構造安定性が重要であることを示しています。ただし、個別製品の安定性や加工適性は製品ごとの仕様に依存するため、本稿では具体的な活性値、分析法、単位定義、グレード表記には踏み込みません<sup>[8]</sup>。

実務上は、酵素製剤を高湿度環境で開放したまま放置しないこと、極端な熱負荷を避けること、飼料製造工程のどの段階で混合するかを配合設計と加工条件に合わせることも重要です。

Enzymes.bioが供給する本製品については、注文時にCoAとSDSが併せて提供されるため、受領後はそれらの文書を製品管理の基本資料として扱うことができます。

## $\alpha$ -ガラクトシダーゼ導入で期待される実務上の利点

---

### 植物性タンパク原料の利用性を支援する

$\alpha$ -ガラクトシダーゼの第一の利点は、大豆粕や豆類由来原料の弱点であるラフィノース系列オリゴ糖に対して、機序の明確な対策を提供することです。植物性タンパク原料は、コスト、供給安定性、環境負荷、地域原料活用の面で重要ですが、動物種によっては同時に消化上の制約を持ち込みます。 $\alpha$ -ガラクトシダーゼは、その制約のうち $\alpha$ -ガラクトシド系オリゴ糖に絞って対応します<sup>[2]</sup>。

これは、配合自由度の拡大を支える考え方にもつながります。大豆粕や豆類原料を使用する場合、タンパク質やアミノ酸の供給だけでなく、共存する難消化性糖質が腸管内でどのように振る舞うかを考える必要があります。 $\alpha$ -ガラクトシダーゼは、原料を置き換えるのではなく、既存原料の消化上の弱点を補う補助技術として使われます<sup>[3]</sup>。

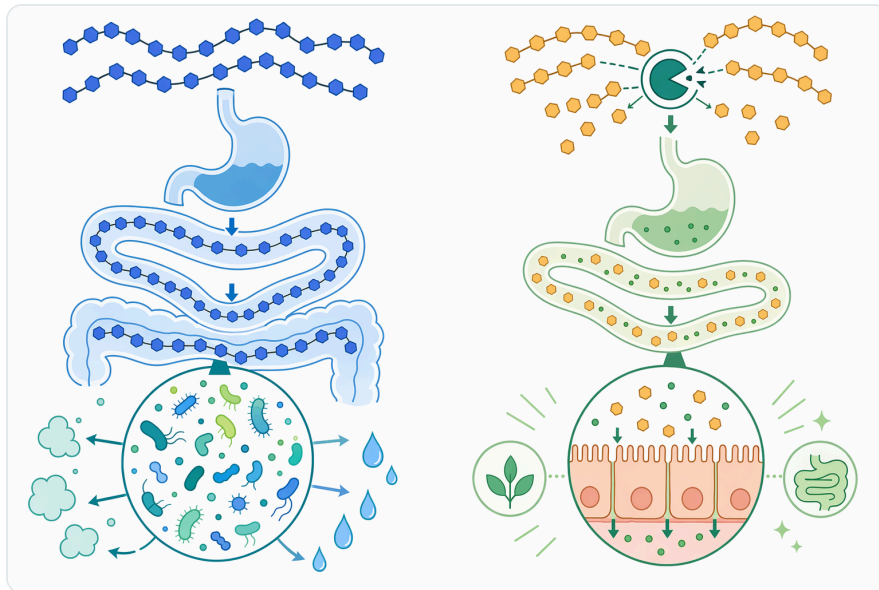


Figure 5.  $\alpha$ -ガラクトシドを후장에 도달하기 전에 가수분해하면 빠른 미생물 발효에 이용될 수 있는 수용성 탄수화물의 양을 줄일 수 있습니다.

## 腸内発酵負荷とガス生成リスクを下げる方向に働く

未分解のラフィノースやスタキオースが腸管後部へ移行すると、微生物発酵によりガスや有機酸が生じます。発酵そのものは腸内生態系の一部ですが、未消化オリゴ糖の過剰流入は、動物の状態や飼料条件によって糞便性状、腹部膨満、飼料摂取の安定性に影響することがあります。 $\alpha$ -ガラクトシダーゼは、発酵が起こる前段階で基質を分解するため、後部腸管での発酵性糖質負荷を下げる方向に働きます<sup>[1]</sup>。

この点は、抗菌剤とは明確に異なります。 $\alpha$ -ガラクトシダーゼは腸内細菌を殺菌したり、特定菌群を直接増減させたりすることを主目的としません。あくまで、微生物が利用する基質の流入量を変えることで、間接的に消化管環境を整える可能性がある酵素です。したがって、腸内環境への影響は、飼料中の基質量と動物側の消化生理に依存します<sup>[4]</sup>。

## 飼料効率・増体への寄与は条件依存で評価する

$\alpha$ -ガラクトシダーゼの使用により、飼料効率や増体が改善する可能性はありますが、それをすべての配合で一律に期待するのは適切ではありません。飼料効率は、エネルギー密度、アミノ酸バランス、疾病負荷、飼養密度、温熱環境、衛生状態、原料品質など多くの因子に左右されます。 $\alpha$ -ガラクトシダーゼはその中で、ラフィノース系列オリゴ糖という一部の制約因子を扱う技術です<sup>[3]</sup>。

ブロイラーでの $\alpha$ -ガラクトシダーゼとキシラナーゼの研究設計が示すように、実際の飼料では複数の難利用性成分が同時に存在します。大豆粕由来の $\alpha$ -ガラクトシド、穀類由来のアラビノキシラン、菜種粕などに由来する細胞壁成分が重なる場合、単一酵素ではなく基質別の酵素戦略が検討さ

れます。α-ガラクトシダーゼの価値は、その中で大豆粕・豆類由来オリゴ糖に対する明確な役割を持つことです<sup>[4]</sup>。

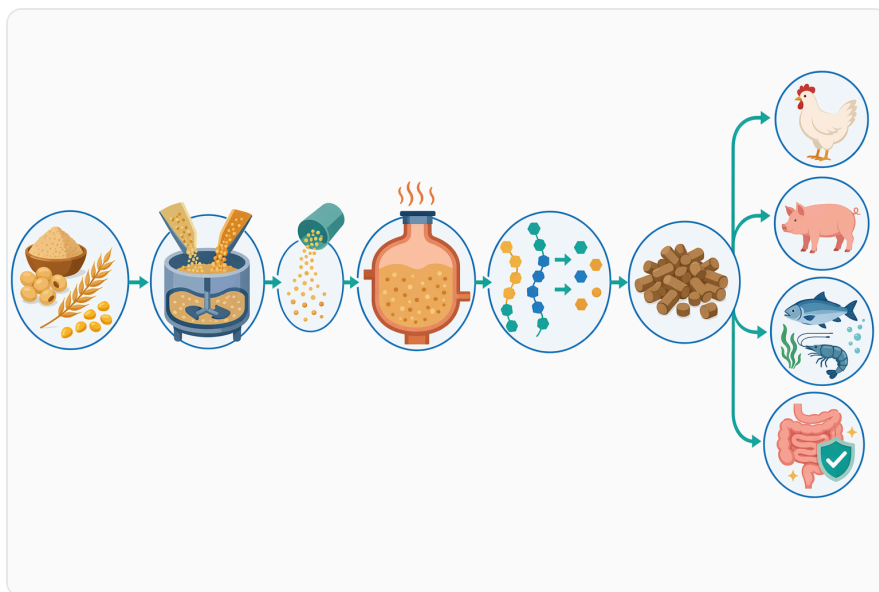


Figure 6. 실제 작용은 효소가 수화된 기질과 접촉한 뒤 올리고당을 절단하고, 생성된 더 작은 당이 이용되는 과정에 달려 있습니다.

## 科学的根拠の整理：明確な部分と慎重に見るべき部分

α-ガラクトシダーゼに関して最も明確な根拠は、標的基質と酵素反応の対応です。ラフィノース系オリゴ糖にはα-ガラクトシド結合が含まれ、α-ガラクトシダーゼはその結合を加水分解します。この反応自体は、食品加工や農産副産物処理を含む複数分野で研究されてきた基本的な酵素機能です<sup>[1]</sup>。

一方で、特定の飼料製剤を特定畜種で使用した際の成長成績、飼料要求率、糞便性状、腸内発酵への影響は、試験条件に依存します。本稿で扱うEnzymes.bio供給品について、公開情報の範囲で特定畜種・特定配合・特定飼養条件における性能値を一般化して提示することは避けます。これは効果を否定する意味ではなく、飼料酵素の実務評価では基質量と使用条件が結果を大きく左右するためです。

また、α-ガラクトシダーゼ研究には、酵素生産、耐熱性、耐酸性、ペプシン耐性など、産業応用に向けた改良研究も含まれます。こうした研究は、飼料酵素として必要な加工耐性や消化管耐性の重要性を示しますが、個別製品の仕様や挙動をそのまま代替するものではありません。したがって、教育資料としては、作用機序、対象基質、使用場面、期待値の範囲を明確に分けて理解することが重要です<sup>[7]</sup>。

## Enzymes.bio供給品としての位置づけ

Enzymes.bioは、A-Galactosidase Feed Additive Biological Enzyme Preparationを供給するサプライヤーです。本製品は、飼料用 $\alpha$ -ガラクトシダーゼ製剤として、大豆粕や豆類原料を含む配合におけるラフィノース、スタキオースなどの $\alpha$ -ガラクトシド系オリゴ糖の分解を目的とします。製品はオンラインで1kg単位にて直接購入でき、注文時にCoAおよびSDSが併せて提供されます。

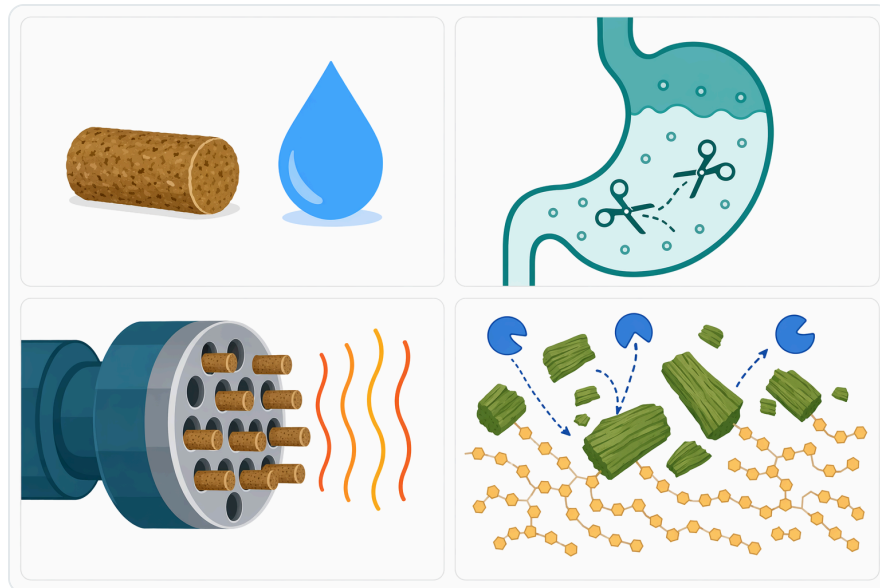


Figure 7. 水分, 小腸内での放出, 加工熱, 基質のアクセス性はすべて機能性 $\alpha$ -ガラクトシダーゼが標的に 얼마나 도달하는지에 영향을 미칩니다.

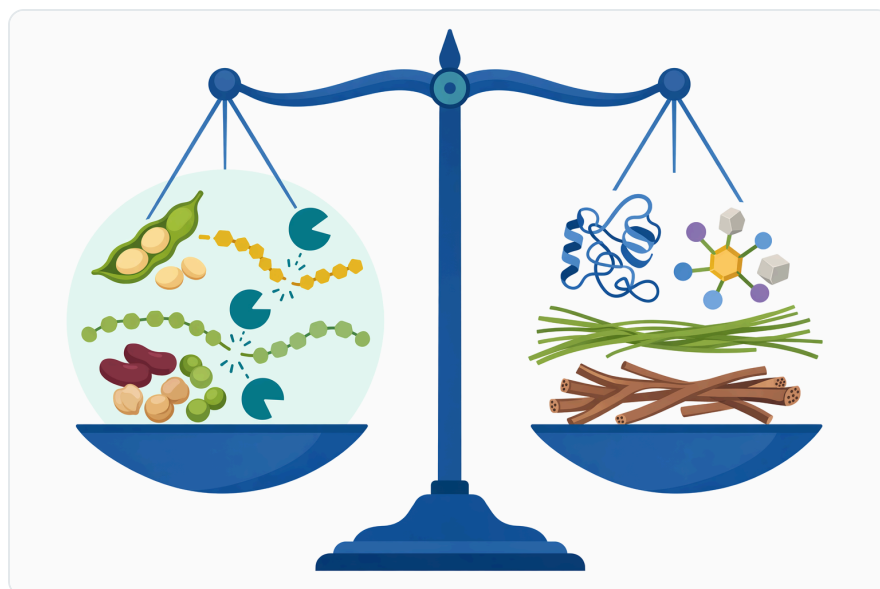
Enzymes.bioは製造業者または研究機関として本稿を位置づけるものではありません。本稿は、製品ページから参照できるB2B向け教育文書として、用途、作用機序、科学的背景、配合上の意味を整理するものです。そのため、具体的な活性単位、分析法、単位定義、グレードの記載は行わず、飼料設計上どのような課題に対応する酵素なのかを中心に説明しています。

### 適切な期待値：万能添加物ではなく、基質が明確な飼料酵素

$\alpha$ -ガラクトシダーゼは、ラフィノースやスタキオースなどの $\alpha$ -ガラクトシド系オリゴ糖を分解するための酵素です。したがって、もっとも適した使用場面は、大豆粕、豆類、関連する植物性タンパク原料を含み、これらのオリゴ糖が消化負担または栄養利用上の制約になり得る配合です。対象基質が少ない配合では、酵素の寄与も相対的に小さくなります<sup>[3]</sup>。

また、腸内環境や糞便性状は、飼料酵素だけで決まるものではありません。衛生管理、疾病状態、飼料粒度、原料品質、水質、温熱環境、飼養密度、急な飼料切替など、複数の因子が重なります。 $\alpha$ -ガラクトシダーゼはそれら全体を解決する製品ではなく、植物性原料中の特定オリゴ糖を分解することで、消化過程を支援する酵素です<sup>[4]</sup>。

このように位置づけると、 $\alpha$ -ガラクトシダーゼの利点は過度な表現なしに理解できます。大豆粕の価値を活かしながら、ラフィノース系列オリゴ糖による発酵性基質負荷を下げたい場合、基質と機序が一致した選択肢になります。特に単胃動物の配合では、植物性タンパク原料の利用性を高めるための酵素戦略の一部として検討されます<sup>[1]</sup>。



**Figure 8.**  $\alpha$ -갈락토시다아제는  $\alpha$ -갈락토시드 탄수화물에 특이적인 이점이 있지만, 단백질, 피틴산, 셀룰로오스 또는 리그닌을 표적으로 하는 효소나 배합 공정을 대체하지는 않습니다.

## まとめ

A-Galactosidase Feed Additive Biological Enzyme Preparationは、大豆粕・豆類原料に含まれるラフィノース、スタキオースなどの $\alpha$ -ガラクトシド系オリゴ糖を加水分解する飼料用 $\alpha$ -ガラクトシダーゼ製剤です。作用の中心は、未消化の発酵性オリゴ糖が腸管後部へ移行する前に分解し、植物性飼料原料の消化利用と腸内発酵負荷の管理を支援することにあります<sup>[2]</sup>。

科学的に最も確かな部分は、対象基質と酵素反応が明確に対応している点です。一方、飼料効率、増体、糞便性状などの実際の成果は、畜種、日齢、基質量、配合、加工、飼養環境に依存します。そのため、本酵素は万能な成長促進剤ではなく、大豆粕・豆類を含む植物性飼料の弱点を補う、目的の明確な飼料酵素として扱うのが実務的です<sup>[4]</sup>。

Enzymes.bioは本製品の供給業者であり、オンラインで1kg単位の直接購入に対応しています。CoAおよびSDSは注文時に併せて提供されるため、受領時の文書管理にも利用できます。

## A-Galactosidase Feed Additive Biological Enzyme Preparation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。

[A-Galactosidase Feed Additive Biological Enzyme Preparation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. Bhatia, S., Singh, A., Batra, N., & Singh, J. (2019). Microbial production and biotechnological applications of  $\alpha$ -galactosidase. *International Journal of Biological Macromolecules*.
2. Menon, A., P., V., Samuel, M., & Arunraj, R. (2023). Properties and applications of alpha-galactosidase in agricultural waste processing and secondary agricultural process industries. *The Journal of the Science of Food and Agriculture*.
3. Ju, L., Loman, A., & Islam, S. (2019).  $\alpha$ -Galactosidase and Its Applications in Food Processing. *Encyclopedia of Food Chemistry*.
4. Viñado, A., Srinongkote, S., Mascarell, J., Morales, R., Estévez, J., & Carné, S. (2024). Dietary  $\alpha$ -galactosidase and xylanase to improve the nutritional value of corn-soybean-rapeseed meal diets in broiler chickens. *Journal of Applied Animal Research*, 52.
5. Hossain, S. A., Hossain, S. J., Tuli, T. R., & Akter, R. (2026). PRODUCTION OF EXTRACELLULAR RECOMBINANT PHYTASE IN YEAST AND ITS APPLICATION IN ANIMAL FEED AS ENZYME SUPPLEMENT. *Journal of Experimental and Molecular Biology*.
6. Vinche, M. H., Ataei, S., & Khanahmadi, M. (2025). Sustainable Production and Characterization of a Novel  $\beta$ -1,3-1,4-Glucanase from *Aspergillus niger* CCUG33991 for Enhanced Animal Feed and Nutraceutical Applications. *BiotechIntellect*.
7. Niu, C., & Wan, X. (2020). Engineering a trypsin-resistant thermophilic  $\alpha$ -galactosidase to enhance pepsin resistance and acidic tolerance and catalytic performance and potential in food and feed industry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.
8. Zou, Y., Zheng, P., Peng-Chen, Yu, X., & Wu, D. (2025). Multidimensional computational strategies enhance the thermostability of alpha-galactosidase. *International Journal of Biological Macromolecules*, 144316 .


## 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。