

# 飼料用リパーゼ (Lipase Enzyme, CAS 232-619-9)

## — 家畜・家禽・水産飼料の脂質消化サポート

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

飼料用リパーゼは、配合飼料中の油脂や原料由来脂質に含まれるエステル結合を加水分解し、脂肪酸、モノグリセリド、グリセロールなど、動物が消化・吸収しやすい形へ近づけるために使われる飼料用酵素です。家禽、豚、水産養殖など、脂質由来エネルギーの利用効率が飼料設計に影響する場面で、非デンプン性多糖分解酵素、プロテアーゼ、フィターゼなどと並ぶ機能性酵素として位置づけられます<sup>[1]</sup>。Enzymes.bioは本品を製造する研究機関ではなく、1kg単位でオンライン直接購入できる飼料用酵素原料として供給しており、CoAおよびSDSは注文時に併せて提供されます。

### 飼料用リパーゼの位置づけ：脂質を対象にする飼料酵素

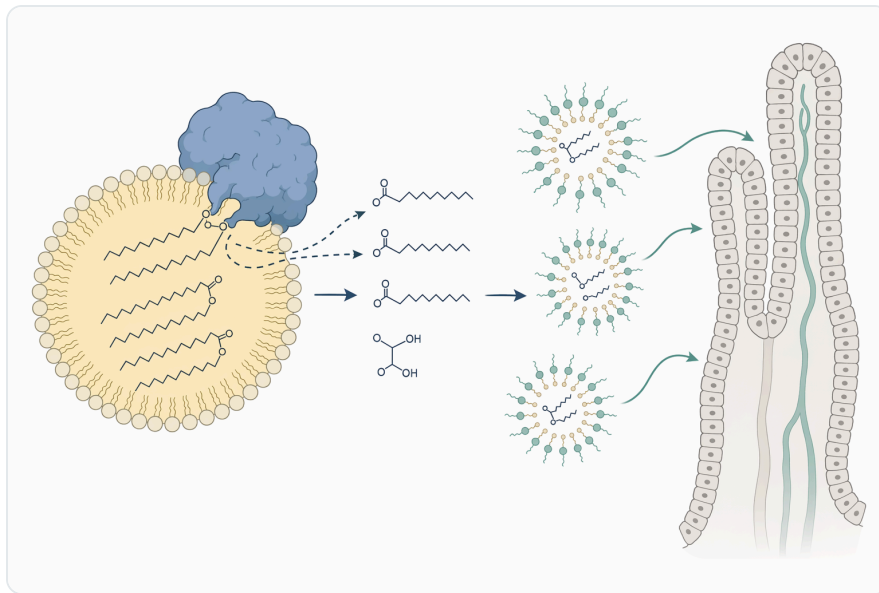
飼料用酵素は、飼料中に「存在しているが、動物が十分に利用しにくい栄養成分」を、消化管内で利用可能な形へ近づけるために配合されます。フィターゼはフィチン酸態リン、キシラナーゼや $\beta$ -グルカナーゼは植物細胞壁多糖、プロテアーゼはタンパク質、アミラーゼはデンプンを主な対象としますが、リパーゼの主対象は脂質です。つまり、飼料用リパーゼは「リン放出」や「粘度低減」ではなく、油脂画分の分解と脂肪由来エネルギーの利用補助に焦点を置く酵素です<sup>[1]</sup>。

脂質は飼料中で高いエネルギー密度を持つ一方、水に溶けにくく、穀物、油粕、動物性原料、植物油、動物性油脂、副産物原料などの中で不均一に存在します。脂質が十分に乳化・分散されず、消化酵素との接触が限られると、理論上のエネルギー価を配合していても、動物側での利用は制限されます。リパーゼはこの制限点に対し、脂質表面でエステル結合を切断する触媒として働くため、脂肪を多く含む配合、若齢期の消化機能が発達途上の配合、原料変更により油脂組成が変わる配合で検討されます<sup>[2]</sup>。

Enzymes.bioの「Livestock Feed Enzymes Lipase Enzyme」は、家畜飼料・家禽飼料・水産飼料での脂質消化補助を想定したリパーゼ原料として掲載されています。製品ページ上の説明は、飼料用酵素カテゴリの一製品としての供給情報であり、Enzymes.bioが当該酵素を製造・精製・試験開発しているという意味ではありません。オンラインで1kg単位の購入が可能であり、関連文書は注文に併せて提供されます。

## 作用機序：リパーゼは脂質マトリックスのどこに働くか

リパーゼは、トリグリセリドなどの脂質分子に含まれるエステル結合を加水分解する酵素群です。飼料中の油脂は、単一の純粋な基質として存在するのではなく、デンプン粒、タンパク質、繊維、ミネラル、乳化成分、抗栄養因子、酸化生成物などと混在しています。そのため、リパーゼの実務上の価値は「脂肪を完全に消す」ことではなく、脂質の界面で段階的に加水分解を進め、内因性消化酵素や胆汁酸による消化・吸収プロセスに入りやすい状態を作る点にあります<sup>[3]</sup>。



**Figure 1.** 리파아제는 중성지방의 에스터 결합을 가수분해하여 유리 지방산, 부분 글리세리드, 글리세롤 함유 분획을 형성하며, 이들은 흡수를 위해 미셀에 들어갈 수 있다.

脂質消化では、基質が水相に溶け込むのではなく、油滴や脂質粒子の表面に酵素が接触することが重要です。リパーゼは水と油の界面で反応し、トリグリセリドから脂肪酸や部分グリセリドを生じさせます。生成した脂肪酸やモノグリセリドは、消化管内でミセル形成や吸収過程に関与し、エネルギー源として利用されます。膵リパーゼを阻害すると脂質消化が抑えられることを利用した栄養・代謝研究もあり、リパーゼ活性が脂肪利用に直結する消化機能であることを示す周辺根拠になります<sup>[4]</sup>。

ただし、飼料用リパーゼは動物体内の膵リパーゼそのものではありません。飼料に外部から添加される酵素は、原料混合、保管、加工、摂食、胃内環境、小腸内環境という複数の段階を通過します。したがって、実際の効果は、リパーゼ分子の由来、飼料中の脂肪源、脂肪酸組成、油脂の酸化状態、乳化状態、他の酵素との組み合わせ、動物種、日齢・週齢、飼育温度、摂餌量によって変わります。リパーゼ研究では、微生物由来酵素が食品、油脂加工、環境、バイオ触媒など多様な場面で使われる一方、酵素ごとの安定性や基質特異性の違いが実用性を左右することが繰り返し論じられています<sup>[3]</sup>。

## 飼料中の脂質消化が重要になる理由

飼料配合では、エネルギー密度を高めるために植物油、動物性油脂、米ぬか、油粕、副産物原料などが使用されます。これらの原料は、代謝エネルギーの供給源として重要ですが、消化されなかった脂質はエネルギーとして利用されず、糞中脂肪の増加、敷料や水質の悪化、飼料効率の低下につながる可能性があります。飼料用酵素の利用目的は、原料に含まれる栄養をより利用可能な形へ変え、飼料設計上の栄養価と実際の動物応答の差を縮めることにあります<sup>[1]</sup>。

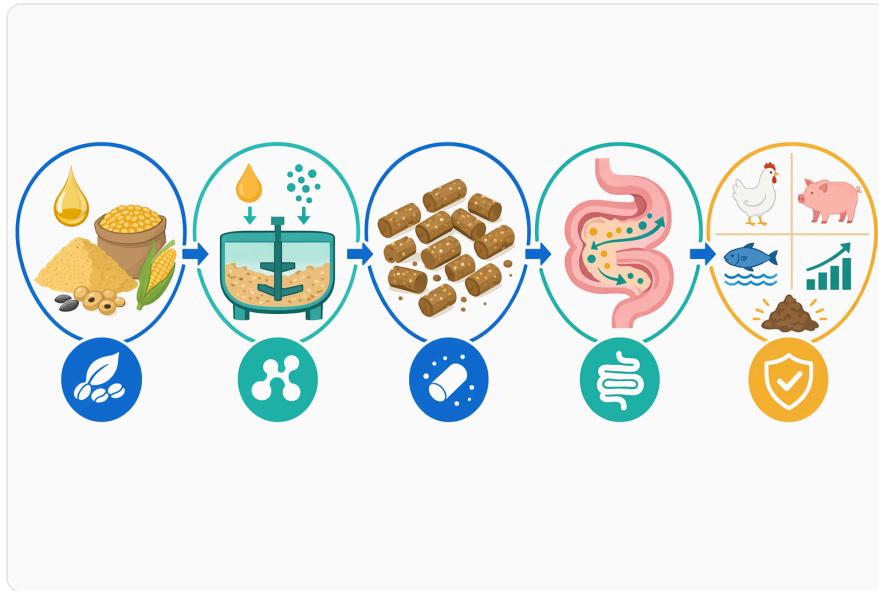


Figure 2. 식이 지방의 이용은 지방 방울의 분산, 계면에서의 리파아제 작용, 미셀 형성, 장내 흡수, 그리고 지질 에너지의 대사적 이용으로 이어진다.

若齢の家禽や子豚では、内因性消化酵素、胆汁酸分泌、腸管吸収機能が成長とともに変化します。この時期には、油脂の種類によって消化性が異なり、飽和脂肪酸の多い脂肪や酸化が進んだ油脂では利用性が下がりやすくなります。外因性リパーゼは、こうした場面で脂質分解を補助する可能性があります。飼料用酵素の効果は、対象基質が飼料中に十分存在し、酵素が消化管内で基質に接触できる場合に最も説明しやすくなります<sup>[5]</sup>。

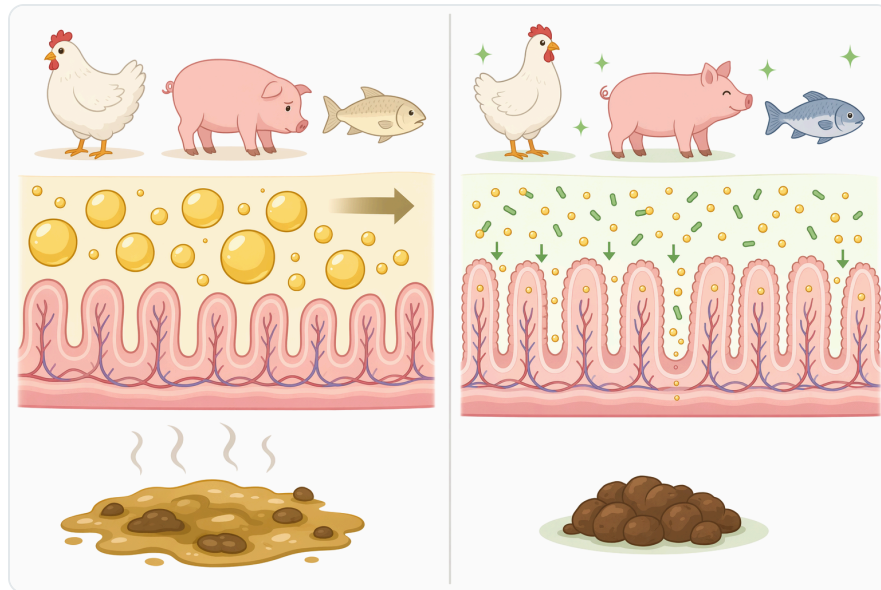
水産養殖でも脂質消化は重要です。魚類や甲殻類の飼料では、魚油、植物油、魚粉、植物性タンパク質、副産物原料の組み合わせが増え、脂質源の変更が成長、飼料効率、肝臓機能、体成分に影響します。Tilapiaを対象にした研究では、Bacillus licheniformisを含むプロバイオティクス利用により成長、消化酵素活性、血液・免疫指標が評価されており、養殖飼料で消化酵素活性を栄養管理指標として扱う考え方が示されています<sup>[6]</sup>。これはリパーゼ単独添加の直接証明ではありませんが、水産飼料で消化酵素を栄養設計の一部として見る背景になります。

## 対象動物別の実務的な読み方

| 対象分野   | リパーゼが関与しやすい飼料条件                 | 期待される主な役割                   | 解釈上の注意                               |
|--------|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| 家禽飼料   | 植物油、動物性油脂、米ぬか、油粕、副産物を含む高エネルギー配合 | 脂質分解を補助し、脂肪由来エネルギーの利用を支える   | 成長成績への影響は、油脂源、日齢、他酵素との併用、飼料加工条件に依存   |
| 豚用飼料   | 子豚期、肥育期、高エネルギー配合、油脂源変更時         | 添加脂肪や原料内脂質の消化を補助            | 消化管発達、摂餌量、脂肪酸組成の影響を受ける               |
| 水産飼料   | 魚油・植物油併用、魚粉代替、植物性タンパク質増加配合      | 脂質消化を補助し、消化酵素活性を意識した設計に組み込む | 魚種、水温、飼育環境、油脂源により応答が大きく変わる           |
| 反芻動物飼料 | 高脂肪副産物、保護脂肪、エネルギー補給設計           | 脂質画分を含む原料の理解に役立つ            | 第一胃内発酵、脂質の微生物代謝、窒素・炭水化物同期が優先課題になりやすい |

家禽では、飼料コストとエネルギー密度の調整が非常に重要です。トウモロコシ・大豆粕主体の配合に油脂を加える場合、エネルギー価の上昇は配合上明確ですが、その油脂が消化されなければ生産成績に反映されません。多酵素プレミックスを家禽飼料に用いる研究では、複数酵素を組み合わせることで栄養利用を改善しようとする設計が扱われており、リパーゼもこの「単一基質ではなく飼料マトリックス全体を見る」発想の中で理解できます<sup>[7]</sup>。

豚用飼料では、特に離乳後の消化機能の変化、腸内環境、原料変更が脂質利用に影響します。リパーゼは脂質分解を担う酵素であるため、高脂肪配合や油脂原料の品質差が問題になる場合に検討されます。ただし、豚の成長成績は、タンパク質消化、アミノ酸バランス、繊維、衛生状態、腸内微生物叢、飼育密度などにも強く左右されます。したがって、リパーゼは「豚用飼料の万能改善剤」ではなく、脂質画分に的を絞った酵素素材として扱うのが適切です<sup>[5]</sup>。



**Figure 3.** 주요 사료 효소군은 기질에 따라 다르며, 리파아제는 지질 에스터를 표적으로 하는 반면 프로테아제, 아밀라아제, 탄수화물분해효소, 피타아제는 각각 단백질, 전분, 섬유질, 피테이트에 작용한다.

水産飼料では、脂質はエネルギー源であると同時に、必須脂肪酸の供給源でもあります。魚種によって脂質要求量、胆汁酸分泌、消化酵素活性、植物油への適応性が異なるため、リパーゼの意味合いも一様ではありません。Tilapiaでの消化酵素活性評価のように、成長、免疫、血液指標と消化酵素を合わせて見る研究が増えており、養殖飼料における酵素利用は単なる栄養添加ではなく、消化生理と飼育環境を結びつけて考える必要があります<sup>[6]</sup>。

反芻動物では、単胃動物と同じ論理でリパーゼを語ると誤解が生じます。反芻動物では第一胃微生物が脂質、繊維、タンパク質、炭水化物の代謝に大きく関与し、窒素源と炭水化物供給の同期が発酵効率や微生物タンパク質合成に関係します。反芻動物栄養のレビューでは、窒素源と炭水化物供給のタイミングを合わせることで、飼料利用と生産性を左右する概念として扱われています<sup>[8]</sup>。そのため、反芻動物向けにリパーゼを検討する場合も、脂質消化だけを切り出すのではなく、第一胃発酵、脂肪源、保護脂肪、総脂肪量との関係で読む必要があります。

## 他の飼料酵素との違い：リパーゼは「脂質担当」

| 酵素カテゴリ | 主な基質           | 飼料中で狙う変化            | リパーゼとの関係           |
|--------|----------------|---------------------|--------------------|
| リパーゼ   | トリグリセリド、脂質エステル | 脂肪酸・部分グリセリドへの分解を補助  | 脂肪由来エネルギーの利用に直接関与  |
| フィターゼ  | フィチン酸          | リン、ミネラル、結合栄養素の利用性改善 | 作用対象が異なるため、併用設計が多い |

| 酵素カテゴリ                     | 主な基質       | 飼料中で狙う変化               | リパーゼとの関係                           |
|----------------------------|------------|------------------------|------------------------------------|
| キシラナーゼ/<br>$\beta$ -グルカナーゼ | 非デンプン性多糖   | 粘度低減、細胞壁構造の分解、栄養放出     | 脂質が細胞壁や繊維に包まれる場合、間接的にリパーゼ接触を助ける可能性 |
| プロテアーゼ                     | タンパク質、ペプチド | アミノ酸利用性の補助、未消化タンパク質の低減 | 高脂肪・高タンパク原料では、別基質を同時に扱う            |
| アミラーゼ                      | デンプン       | デンプン分解とエネルギー利用補助       | 炭水化物由来エネルギーと脂肪由来エネルギーを分けて設計できる     |

この表の要点は、リパーゼが他の酵素より優れている、または劣っているという話ではなく、対象基質が明確に異なるという点です。飼料中の問題がフィチン酸態リンであればフィターゼ、粘性多糖であればキシラナーゼや $\beta$ -グルカナーゼ、タンパク質消化であればプロテアーゼが中心になります。脂質消化が制限点になっていると考えられる場合に、リパーゼが候補になります。飼料酵素は、基質と目的が一致して初めて論理的に評価できます<sup>[1]</sup>。

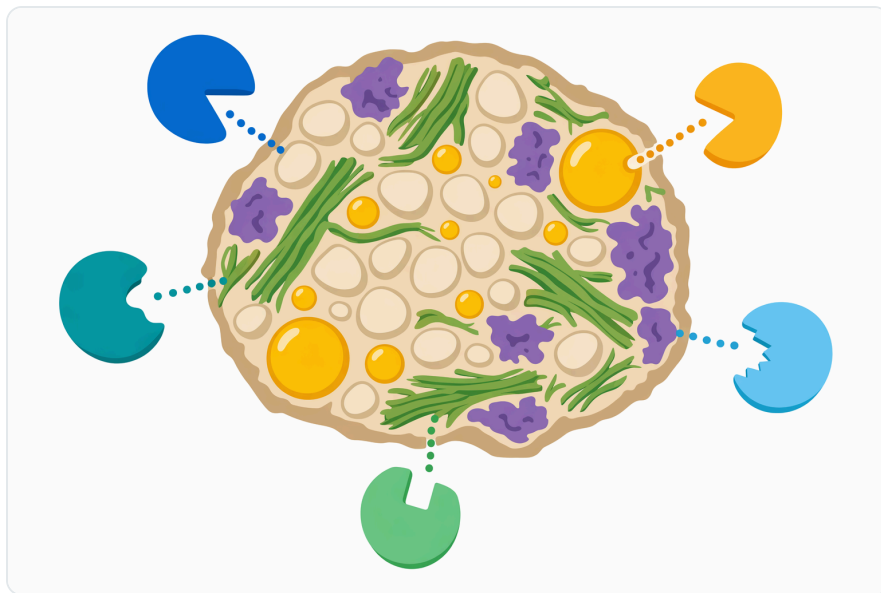


Figure 4. 실제 사료에는 지질, 전분, 단백질, 섬유질, 피테이트가 같은 물리적 매트릭스 안에 함께 존재하기 때문에 다중 효소 전략이 중요하다.

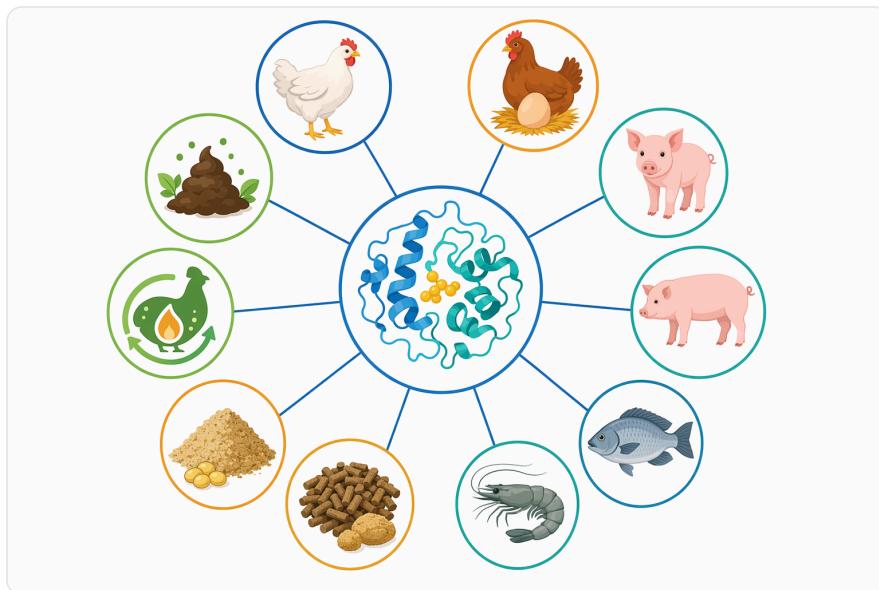
近年は、単一酵素よりも複数酵素の組み合わせが注目されています。固体発酵を用いた飼料原料改善のレビューでは、微生物発酵によって酵素、有機酸、ペプチド、低分子化成分などが変化し、飼料価値を高めるアプローチが整理されています<sup>[9]</sup>。この文脈では、リパーゼは単独で全栄養素を改善するものではなく、脂質画分を担う一要素として、プロテアーゼ、カルボヒドラーゼ、フィターゼなどと役割分担します。

## 研究根拠の読み方：リパーゼ単独効果と複合効果を分ける

リパーゼの科学的基盤として最も確実なのは、脂質エステル結合を加水分解する酵素であるという生化学的機能です。Aspergillus属など微生物由来リパーゼに関するレビューでは、リパーゼが油脂加工、食品、洗浄、バイオテクノロジーなど広い産業用途に関与し、基質特異性、安定性、反応条件が実用性を左右することが説明されています<sup>[3]</sup>。この知見は、飼料用途の効果を直接証明するものではありませんが、飼料中脂質を対象にする酵素としての妥当性を支えます。

一方、家禽や豚で報告される成績改善の多くは、リパーゼ単独ではなく、多酵素配合、発酵原料、プロバイオティクス、酸性化剤、原料処理などと組み合わさった設計で観察されます。家禽向け多酵素プレミックスの研究では、飼料効率や成長成績に関する評価が行われますが、複数酵素が同時に作用するため、リパーゼだけに効果を帰属させることはできません<sup>[7]</sup>。B2Bの技術文書では、この区別を明確にすることで、過剰な効能表現を避けられます。

発酵大豆粕のレビューでも、発酵によるタンパク質分解、抗栄養因子低減、腸内環境への影響など、複数の機序が家畜・家禽での利用性向上に関与すると整理されています<sup>[10]</sup>。このような原料改善の文脈では、脂質分解だけでなく、タンパク質、炭水化物、抗栄養因子、微生物代謝産物が同時に変化します。したがって、リパーゼを発酵飼料や複合酵素と一緒に使う場合も、「どの効果が脂質分解に由来するか」を慎重に読まなければなりません。



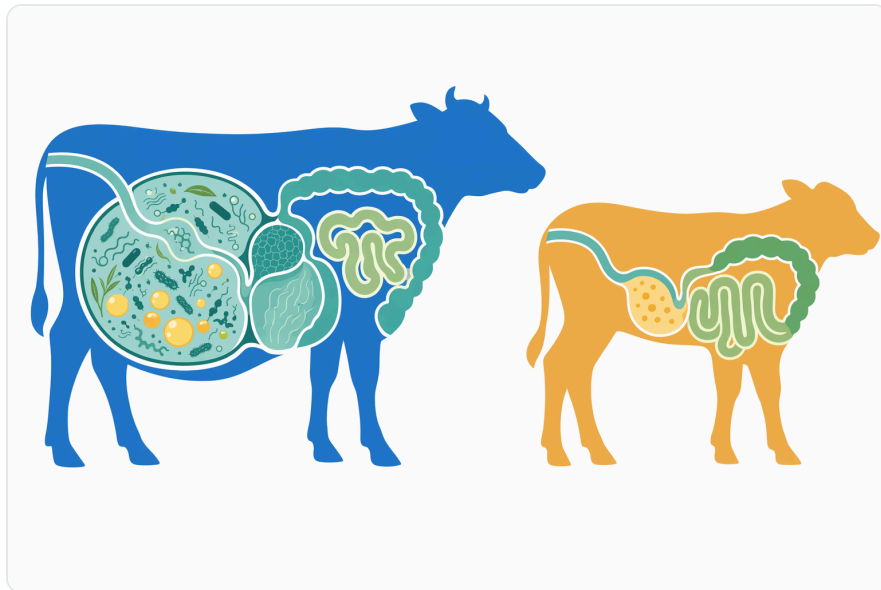
**Figure 5.** 가금류, 돼지, 반추동물, 수산양식용 사료에서 리파아제 적용은 서로 다르며, 이는 지질 공급원, 소화 생리, 성장 단계가 지방 가수분해 지원의 가치를 좌우하기 때문이다.

## 原料マトリックスで見るリパーゼの働き

リパーゼが働きやすいかどうかは、飼料中の脂肪量だけで決まりません。油脂が自由油として存在するのか、細胞壁内に閉じ込められているのか、タンパク質や繊維と複合体を形成しているのか、酸化劣化しているのかによって、酵素が接触できる表面積は変わります。植物性副産物や油粕では、脂質が繊維や細胞構造の内側に残っている場合があり、カルボヒドラーゼによる細胞壁分解とリパーゼによる脂質分解を組み合わせる発想が生まれます<sup>[9]</sup>。

油脂の脂肪酸組成も重要です。一般に、不飽和脂肪酸を多く含む植物油は消化されやすい傾向がありますが、飽和脂肪酸の比率が高い動物性油脂や品質変動のある副産物油では、消化性が低くなる可能性があります。リパーゼはエステル結合を切断する酵素であり、油脂の品質そのものを改善するわけではありません。酸化した油脂、過度に劣化した原料、脂質以外の栄養制限が大きい飼料では、リパーゼだけで期待した成績に結びつかない可能性があります<sup>[3]</sup>。

飼料混合の均一性も見逃せません。酵素は基質に接触して初めて反応するため、リパーゼが局所的に偏在すると、飼料中の油脂に均等に作用しません。これは分析手順や試験方法の問題ではなく、酵素反応の基本原理です。飼料用酵素全般で、対象基質、飼料マトリックス、加工条件、動物の消化環境を一体として考える必要があることは、飼料酵素の業界解説でも繰り返し説明されています<sup>[1]</sup>。



**Figure 6.** 반추동물의 지질 소화는 후장 흡수 전에 미생물에 의한 변형을 거치므로, 리파아제 사용은 단위동물에서보다 더 단순하지 않다.

## 加工・保管・給与環境での考慮点

---

リパーゼはタンパク質性の触媒であるため、強い熱、長時間の湿潤、極端なpH、酸化環境、物理的なせん断などで構造が変化し、働きが低下する可能性があります。飼料製造では、粉碎、混合、ペレット化、冷却、保管、輸送、給与という複数の工程を通ります。各工程は酵素にとって単なる物流ではなく、構造安定性と基質接触性に影響する環境です。微生物リパーゼの応用レビューでも、酵素の安定性と反応条件が産業利用の中心課題として扱われています<sup>[3]</sup>。

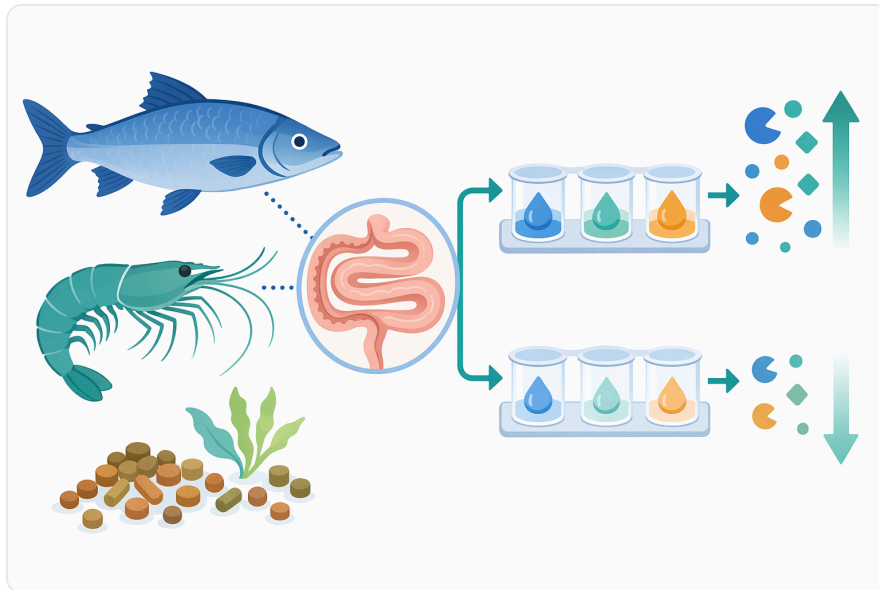
ペレット飼料では、熱と水分が同時に加わるため、酵素の残存性と飼料衛生のバランスを考える必要があります。ここで重要なのは、特定の加工条件を一律に推奨することではなく、リパーゼが「完成飼料の中で、摂食時に基質と接触できる状態にあるか」を技術的に理解することです。酵素は化学的な栄養素ではなく、立体構造を保持して初めて触媒として機能するため、加工工程の影響を受ける素材として扱う必要があります<sup>[5]</sup>。

保管時には、湿気、温度変動、酸化、他原料との接触が問題になります。油脂を多く含む飼料では酸化が進むと嗜好性や栄養価に影響し、酵素の効果以前に原料品質が制限要因になる場合があります。リパーゼは脂質分解を助ける酵素ですが、酸化防止剤でも防腐剤でもありません。したがって、脂質消化の補助と油脂品質管理は分けて考える必要があります<sup>[3]</sup>。

## 期待できること、期待しすぎるべきでないこと

---

飼料用リパーゼに期待できる中心的な役割は、脂質分解を補助し、脂肪由来エネルギーの利用を支えることです。特に、脂肪を添加した家禽・豚用飼料、油脂源が変わる配合、植物性副産物や油粕を利用する配合、水産飼料で油脂源を調整する配合では、リパーゼの対象基質が明確です。飼料用酵素全般は、栄養利用性の改善、飼料効率、排泄物中未消化成分の低減、原料利用の柔軟性に関わる技術として説明されています<sup>[1]</sup>。



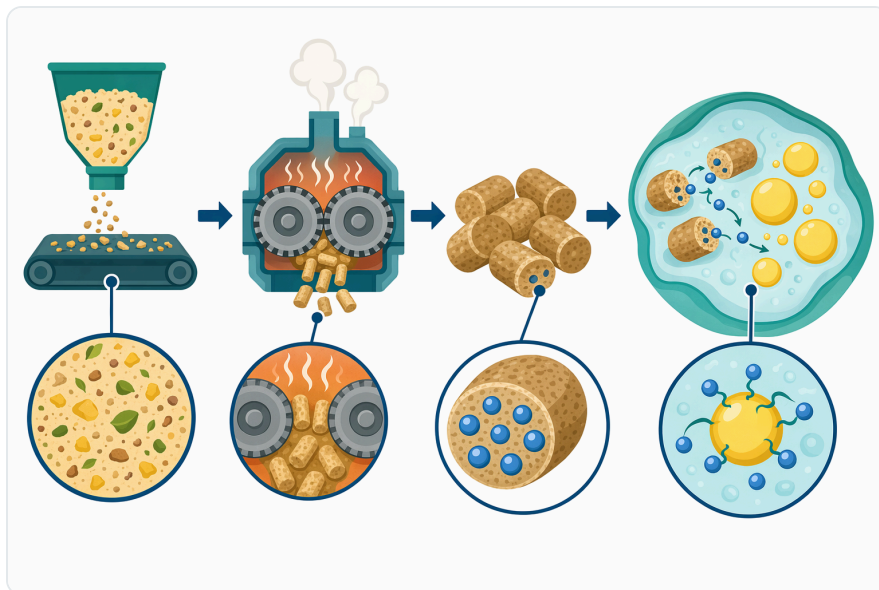
**Figure 7.** 소화 효소 활성은 식이와 생리가 영양소 처리 능력에 어떤 영향을 미치는지를 반영하기 때문에 영양 연구에서 흔히 측정된다.

一方で、リパーゼは抗菌剤、成長促進剤、疾病治療剤ではありません。栄養利用を支援する酵素であり、衛生管理、疾病対策、飼育環境、ワクチンプログラム、原料品質管理を置き換えるものではありません。また、リパーゼを添加しても、飼料中に利用可能な脂質基質が少ない場合、脂質以外の栄養素が制限要因になっている場合、加工で酵素が失活している場合、動物側の健康状態が悪い場合には、明確な成績差が見えにくくなります<sup>[5]</sup>。

抗生物質に依存しない栄養管理への関心が高まる中で、酵素、プロバイオティクス、発酵原料、植物性添加物、有機酸などを組み合わせる考え方は広がっています。Bacillus subtilisやBacillus nattoに関するレビューでは、腸管、免疫、代謝に関わるプロバイオティクス機能が整理されており、栄養と腸内環境を結びつける研究領域が拡大していることが分かります<sup>[11]</sup>。リパーゼはこの中で、腸内微生物そのものではなく、脂質消化という明確な酵素機能を担う素材として位置づけるのが正確です。

## Enzymes.bioでの供給形態と文書提供

Enzymes.bioは、飼料用酵素を含む酵素原料をオンラインで供給するサプライヤーです。本品は「Livestock Feed Enzymes Lipase Enzyme」として掲載され、1kg単位で直接購入できます。Enzymes.bioは製造業者や研究所として本品の開発試験を主張する立場ではなく、B2Bユーザーが飼料設計、製品開発、社内検討、原料評価に用いる酵素素材を供給する立場です。



**Figure 8.** 사료용 리파아제는 소화 조건에서 지질 기질과 접촉할 수 있도록 가공 및 저장 과정에서도 충분한 활성을 유지해야 한다.

注文に関連するCoAおよびSDSは、購入時に併せて提供されます。CoAはロットに関連する品質文書、SDSは安全取扱いに関する文書として位置づけられます。本稿は、これらの文書を置き換えるものではなく、リパーゼの作用機序、飼料中での用途、研究根拠の読み方、限界を整理する教育的な技術文書です。飼料用酵素カテゴリ全体はEnzymes.bio上でも独立した製品群として扱われています。

## まとめ：脂質消化に焦点を置く酵素素材として読む

飼料用リパーゼは、配合飼料中の脂質エステル結合を加水分解し、脂肪酸や部分グリセリドなど消化・吸収過程に入りやすい形へ近づける酵素です。家禽、豚、水産養殖のように、脂肪由来エネルギーの利用が飼料効率や原料設計に影響する分野で、リパーゼは脂質画分を対象とする明確な役割を持ちます<sup>[1]</sup>。

ただし、リパーゼの効果は、脂肪源、飼料マトリックス、動物種、成長段階、加工条件、保管条件、他酵素との組み合わせに左右されます。多酵素プレミックスや発酵原料に関する研究は、飼料中の複数成分を同時に改善する可能性を示しますが、そこからリパーゼ単独の効果を過度に一般化することは避けるべきです<sup>[7]</sup>。Enzymes.bioの本品は、脂質消化サポートを目的とする飼料用酵素原料として、1kg単位でオンライン購入できる供給品であり、CoAおよびSDSは注文時に併せて提供されます。

## Livestock Feed Enzymes Lipase Enzyme $\geq 20,000\text{U/G}$ Cas 232-619-9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。

[Livestock Feed Enzymes Lipase Enzyme  \$\geq 20,000\text{U/G}\$  Cas 232-619-9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. [Enzymes Feed](#). *Enzymetechnicalassociation*.
2. [Feed Enzymes Lipases](#). *Biovenic*.
3. K, K., K, S., & S, M. S. (2021). [A Review on Extraction of Lipase from Aspergillus Species and its Applications](#). *Research Journal of Pharmacy and Technology*.
4. Dong, X., Wen, Y., Nie, Q., Shan, S., Zhao, R., El-Seedi, H., Zhao, C., ... et al. (2025). [Effects of Octacosanol Isolated from Moringa oleifera Leaves on Inhibiting the Activity of Pancreatic Lipase](#). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.
5. [Enzymes in the Animal Feed Industry: Challenges, Types, and Future Applications](#). *Biolaxienzymes*.
6. Yaqub, A., Awan, M. N., Kamran, M., & Majeed, I. (2021). [Evaluation of potential applications of dietary probiotic \(Bacillus licheniformis SB3086\): Effect on growth, digestive enzyme activity, hematological, biochemical, and immune response of Tilapia \(Oreochromis mossambicus\)](#). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*.
7. Rafeeq, H., Zia, M. A., Shahid, M., & Khan, M. S. (2025). [Biochemical characterization and cost-benefit analysis of multi-enzyme premix for poultry feeding applications](#). *Journal of Applied Animal Research*, 53.
8. Bezerra, L., Oliveira, J. P. F., Vaz, A., Lucena, K., Barros, L. D. S., Andrade Fortunato, Y. M., Neto, S. G., ... et al. (2026). [Nitrogen Source-Carbohydrate Synchronization in Ruminant Nutrition: A Systematic Review](#). *Animals*, 16.
9. Betchem, G., Monto, A. R., Lu, F., Billong, L. F., & Ma, H. (2024). [Prospects and Application of Solid-State Fermentation in Animal Feed Production – A Review](#). *Annals of Animal Science*, 24, 1123 - 1137.
10. Lambo, M. T., Ma, H., Zhang, H., Song, P., Mao, H., Cui, G., Dai, B., ... et al. (2023). [Mechanism of action, benefits, and research gap in fermented soybean meal utilization as a high-quality protein source for livestock and poultry](#). *Animal Nutrition*, 16, 130 - 146.

11. Hua, M., Wang, J., Li, Y., He, Y., Luo, Z., Li, D., Sun, M., ... et al. (2026). Gut-Centric Multi-System Regulation by Bacillus subtilis and Bacillus natto: A Review of Their Probiotic Functions in Nutrition, Immunity, and Metabolism. *Nutrients*, 18.


## 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。