

Thermostable Phytase（熱安定性フィターゼ） — 家禽飼料のリン利用性改善に用いる酵素

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

Thermostable Phytase は、トウモロコシ・小麦・大豆粕などの植物性家禽飼料に含まれるフィチン酸を段階的に加水分解し、家禽が利用しやすいリンを増やすために用いられる飼料酵素です。熱安定性が重視されるのは、配合飼料の混合・加熱・ペレット化工程で酵素が失活すると、消化管内でのフィチン酸分解という本来の役割を十分に果たしにくくなるためです。Enzymes.bio は本製品を供給する事業者であり、1kg単位でオンライン直接購入でき、注文時に CoA と SDS が併せて提供されます。

家禽飼料でフィターゼが必要とされる理由

家禽飼料の主要原料である穀物、油糧種子粕、豆類、副産物には、リンがフィチン酸またはフィチン酸塩として多く含まれます。フィチン酸はイノシトール環に複数のリン酸基が結合した貯蔵分子で、植物にとってはリンの蓄積形態ですが、鶏などの単胃動物では内因性酵素だけで十分に分解されにくい成分です。そのため、飼料分析上はリンが存在していても、家禽が実際に利用できるリンは制限される場合があります。6-フィターゼを含む複数の飼料添加物評価では、家禽および豚を対象に、フィターゼがフィチン酸由来リンの利用性改善を目的として検討されてきました^[1]。

この問題は、単に「リンが不足する」だけではありません。フィチン酸はカルシウム、亜鉛、鉄、マグネシウムなどの陽イオンと結合しやすく、さらにタンパク質やデンプン消化にも間接的な影響を与える抗栄養因子として扱われます。つまり、フィチン酸が残ると、リンだけでなく複数の栄養素の利用効率が下がる可能性があります。近年の飼料酵素研究では、フィターゼ、キシラナーゼ、プロテアーゼなどを含む外因性酵素が、植物性原料に由来する抗栄養因子を緩和する技術として整理されています^[2]。

家禽生産では、飼料コスト、骨格形成、成長、卵殻品質、リン排泄量が同時に問題になります。無機リン源を多く加えれば利用可能リンを確保しやすくなりますが、未利用リンが多い設計では糞中リン排泄の増加につながります。フィターゼは、植物原料中に既に存在するフィチン酸リンを利用可能な形に変えることで、栄養設計の自由度を高める酵素です。家禽・豚・魚類を含む幅広い畜種向け6-フィターゼの安全性・有効性評価でも、飼料中フィチン酸リンの利用改善が中心的な用途として扱われています^[3]。

Thermostable Phytase の「熱安定性」が意味するもの

Thermostable Phytase の熱安定性とは、家禽飼料製造で発生する温度、水分、圧力、せん断などのストレスを受けても、消化管内で機能するために必要な酵素構造を維持しやすい性質を指します。配合飼料は、原料粉碎、混合、コンディショニング、ペレット化、冷却といった工程を経ることがあり、特に加熱を伴う工程ではタンパク質である酵素が変性しやすくなります。キメラ型キシラーゼ・フィターゼのリンカー設計研究でも、飼料酵素の熱耐性向上は、加工工程での失活を抑える技術課題として取り上げられています[4]。

酵素の熱安定性は、「高温下で反応が進む」という意味だけではありません。家禽飼料用途では、加工中に構造を保ち、摂取後にそ嚢、腺胃、筋胃、小腸上部などの消化管環境でフィチン酸に作用できることが重要です。とくにフィターゼは酸性側の消化管環境で基質に接触するため、熱安定性に加えて pH 条件下での機能保持も重視されます。低 pH 条件下でのフィチン酸分解性を高めるため、架橋フィターゼ凝集体のような酵素安定化技術も研究されています[5]。

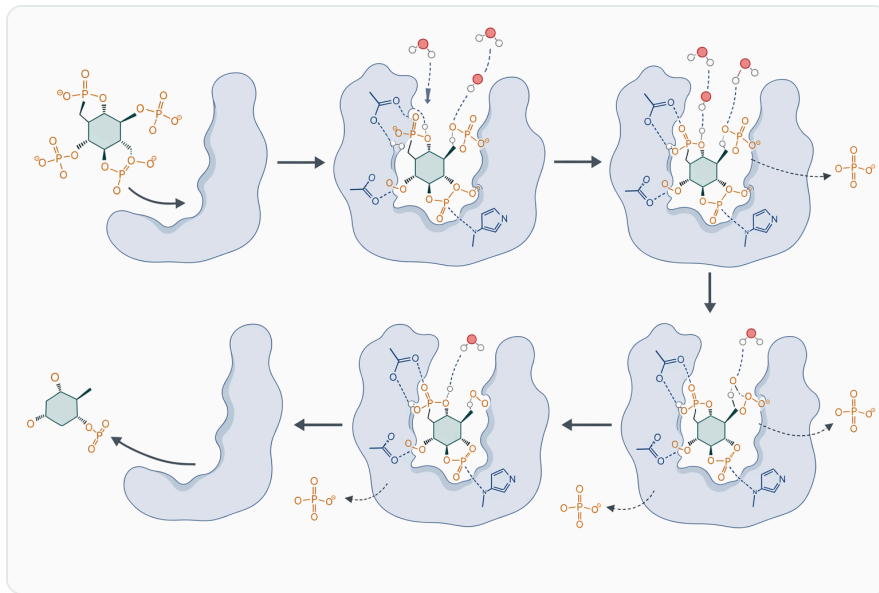


Figure 1. 피타아제는 피테이트의 인산 에스터 결합을 가수분해하여 무기 인산을 방출하고, 피테이트의 미네랄 결합 능력을 낮춥니다.

一方で、熱安定性を強調する際には、実際の効果が飼料条件に依存する点を明確にする必要があります。ペレット化条件、原料組成、水分、滞留時間、酵素の混合均一性、飼料中カルシウム濃度、消化管通過速度が異なれば、同じフィターゼでも得られる栄養効果は変わります。Komagataella phaffii 由来6-フィターゼ製品の家禽向け有効性評価では、対象種や用途を明確にした上で、フィターゼを飼料添加物として評価する枠組みが示されています[6]。

フィターゼの作用機序：フィチン酸をどのように分解するか

フィチン酸は、化学的にはイノシトール六リン酸として理解できます。イノシトール環の周囲に複数のリン酸基が結合しており、これが強い陰電荷を持つため、カルシウムなどの陽イオンと結合して不溶性複合体を作りやすくなります。家禽の消化管では、こうした複合体が残ると、リンが吸収されにくいだけでなく、ミネラルやタンパク質の利用性にも影響します。6-フィターゼを対象とする複数の飼料添加物評価では、フィチン酸の脱リン酸化を通じたリン利用性改善が有効性の中心に置かれています^[7]。

フィターゼは、フィチン酸のリン酸エステル結合を加水分解します。この反応は一度で完了するものではなく、イノシトール六リン酸から五リン酸、四リン酸、三リン酸といった低リン酸化イノシトールへ段階的に進み、その過程で無機リン酸が放出されます。家禽にとって重要なのは、消化管の限られた時間内にどれだけ早く高リン酸化フィチン酸を低分子化できるかです。高リン酸化イノシトールほどミネラル結合能が強いため、初期段階の脱リン酸化が栄養上大きな意味を持ちます。

フィターゼには、3-フィターゼ、6-フィターゼなど、どの位置のリン酸基から反応を開始するかによる分類があります。家禽飼料向けの規制評価では、3-フィターゼおよび6-フィターゼのいずれも対象種や用途ごとに安全性・有効性が評価されています。たとえば、3-フィターゼを産卵用育成鶏およびマイナー家禽種に用いる評価、6-フィターゼをブロイラー、七面鳥、採卵鶏、豚に用いる評価が公開されています^[8]。

反応効率は、酵素そのものの性質だけでなく、基質へのアクセス性にも依存します。トウモロコシや大豆粕の細胞壁、非デンプン多糖、タンパク質マトリックスがフィチン酸への接触を妨げることがあります。そのため、飼料酵素研究ではフィターゼ単独だけでなく、キシラナーゼ、セルラーゼ、アミラーゼなど炭水化物加水分解酵素との組み合わせも検討されています。メタゲノム由来酵素カクテルを用いたトウモロコシの *in vitro* バイオプロセッシング研究では、植物性飼料原料の構造を酵素で変化させ、家禽飼料としての利用性を高める方向性が示されています^[9]。

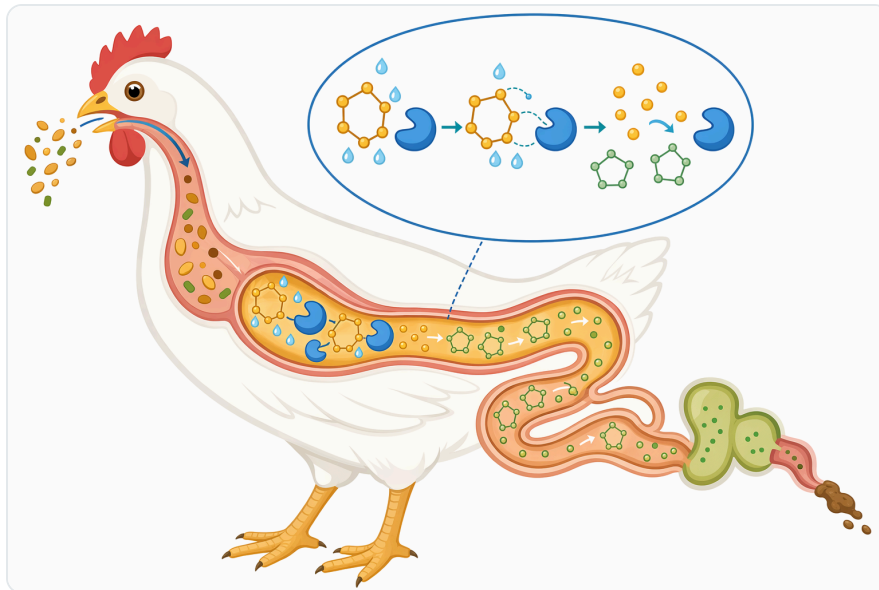


Figure 2. 피타아제는 소화 과정에서 기질이 조류의 체내를 통과하기 전에 인산을 방출할 수 있을 만큼 빠르게 피테이트와 접촉해야 합니다.

家禽飼料で期待される主要な効果

Thermostable Phytase の第一の効果は、フィチン酸リンを無機リンとして放出し、家禽の利用可能リンを増やすことです。これにより、飼料中の総リン量と可消化リン量の差を縮小しやすくなります。フィターゼ製品の家禽・豚向け評価では、フィチン酸リンの利用性向上が飼料添加物としての主要な有効性指標として扱われています^[10]。

第二の効果は、無機リン源への依存を調整しやすくなることです。飼料設計では、利用可能リン、カルシウム、エネルギー、アミノ酸のバランスを同時に考える必要があります。フィターゼを用いることで、原料中の有機リンをより有効に活用できるため、栄養設計の柔軟性が高まります。ただし、これはフィターゼを単に追加すればよいという意味ではなく、カルシウム過多や原料中フィチン酸量の違いを考慮しないと、期待した反応が得られにくくなります。

第三の効果は、リン排泄量の低減です。未分解のフィチン酸リンは糞中に排泄され、畜産由来リン負荷の一因になります。フィターゼは消化管内でフィチン酸を分解することで、未利用リンの排出を減らす方向に働きます。家禽および豚を対象とした6-フィターゼ評価では、飼料添加物としての有効性だけでなく、対象動物、消費者、使用者、環境への安全性が総合的に検討されています^[1]。

第四の効果として、ミネラル利用性やタンパク質消化への間接的寄与が考えられます。フィチン酸がミネラルやタンパク質と結合する性質を持つため、フィターゼによる脱リン酸化は、フィチン酸複合体の形成を弱める可能性があります。ただし、これらの付加的効果は飼料組成と飼養条件に影響されやすく、常に同じ大きさで現れるとは限りません。したがって、Thermostable Phytase の中心的価値は、まずフィチン酸分解とリン利用性改善として理解するのが科学的に妥当です。

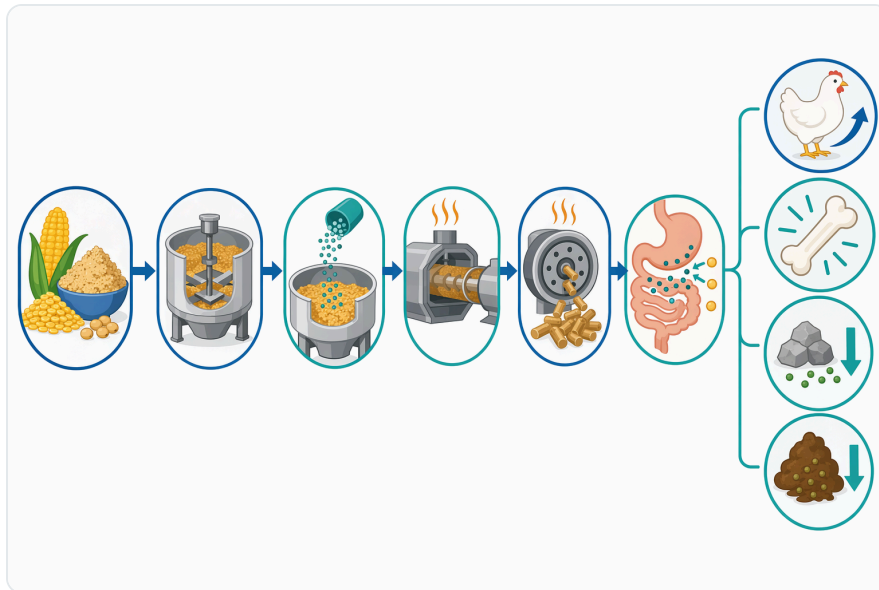


Figure 3. 내열성 피타아제는 컨디셔닝, 펠릿화, 냉각, 저장 및 이후 소화 과정에서 유용한 활성을 유지하도록 설계되었습니다.

熱安定性フィターゼと通常フィターゼの実務上の違い

下表は、家禽飼料用途で Thermostable Phytase を検討する際に重要となる観点を整理したものです。ここでの比較は一般的な技術的違いであり、特定製品の性能値や分析値を示すものではありません。

観点	熱安定性フィターゼ	熱安定性を主目的にしていないフィターゼ
主な狙い	加熱を伴う飼料加工後も、消化管内で作用しやすい状態を維持する	加工条件が穏やかな用途や、後添加などで熱ストレスが小さい場合に使用されることがある
ペレット化工程との関係	加熱・水分・圧力による酵素失活リスクへの対応が重視される	加工条件によっては酵素活性低下の影響を受けやすい
評価で重視される性質	熱安定性、酸性条件での作用、消化管内での基質分解	基本的なフィチン酸分解能、対象原料との適合性
家禽飼料での意味	工業的な配合飼料製造に組み込みやすい	粉状飼料、低温工程、液体後添加など条件に依存
注意点	熱安定性だけで効果は決まらず、pH、カルシウム、原料組成、通過速度も影響する	熱ストレスを受ける場合は加工後の機能保持が課題になる

飼料酵素の熱耐性を高める研究では、タンパク質工学、酵素固定化、架橋化、融合酵素設計などが検討されています。Mucor indicus 由来の熱安定性フィターゼに関する研究では、農業副産物を用いた生産や固定化によって、家禽飼料での栄養効率向上を目指す方向性が示されています^[11]。

家禽種別に見る用途の位置づけ

ブロイラー飼料

ブロイラーでは、短期間での成長、骨格形成、飼料要求率が重視されます。植物性原料主体の配合では、フィチン酸リンが利用されにくいことが栄養設計上の制約になります。フィターゼは、消化管内でフィチン酸を脱リン酸化して利用可能リンを増やすため、ブロイラー飼料における代表的な外因性酵素です。6-フィターゼをすべての家禽種および豚向けに評価した意見書では、ブロイラーを含む家禽飼料用途が明確に対象化されています^[7]。

ブロイラーでは、フィターゼの効果が飼料要求率の改善として語られることがありますが、これは飼料全体の栄養設計に依存します。抗菌性成長促進剤の使用制限、原料価格の変動、腸内環境への関心が高まる中で、酵素による栄養利用性改善は重要な技術領域です。ただし、抗菌性成長促進剤の代替としてフィターゼだけを位置づけるのは不正確であり、フィターゼはあくまでフィチン酸分解を主作用とする酵素です。成長成績に関するメタ解析研究は、飼料効率が多因子で決まることを示しており、酵素効果もその文脈で解釈する必要があります^[12]。

採卵鶏・育成鶏飼料

採卵鶏では、骨代謝と卵殻形成に関わるカルシウム・リン栄養が重要です。育成期には骨格発達、産卵期には卵殻品質と長期的なミネラル代謝が問題になります。フィターゼは、植物性原料中のフィチン酸リンを解放することで、リン供給とミネラル利用の設計を補助します。3-フィターゼの評価では、産卵用育成鶏やマイナー家禽種が対象とされ、家禽種別の用途評価が行われています^[8]。

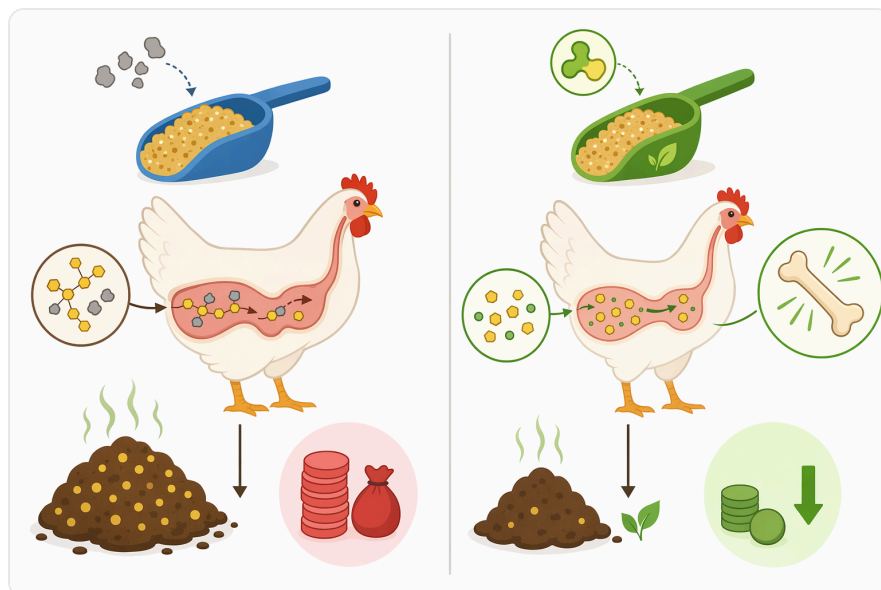


Figure 4. 사료용 피타아제는 선호하는 소화 조건, 가공 내성 및 실제 적용상의 한계 면에서 개념적으로 차이가 있습니다.

採卵鶏においては、カルシウム濃度がブロイラー飼料より高くなる場面があり、カルシウムとフィチン酸の相互作用がフィターゼ反応に影響する可能性があります。カルシウムが過剰に存在すると、フィチン酸カルシウム複合体が形成され、酵素が基質へ接近しにくくなる場合があります。そのため、フィターゼの価値は単独添加ではなく、カルシウム・リン・ビタミンD・原料由来フィチン酸を含めた飼料設計全体の中で発揮されます。

七面鳥・マイナー家禽種

七面鳥やマイナー家禽種でも、植物性原料に含まれるフィチン酸リンの利用性は課題になります。家禽種によって消化管容量、通過速度、成長曲線、栄養要求量が異なるため、フィターゼの有効性は対象種別に評価されます。APSA PHYTAFEED の評価では、肥育用七面鳥、繁殖用に育成される七面鳥、マイナー家禽種が対象となっており、フィターゼがブロイラー以外の家禽でも検討されていることが分かります^[13]。

マイナー家禽種では、ブロイラーほど大量の試験データがない場合もあります。そのため、同じ「家禽」として一括りにせず、対象種、成長段階、飼料原料、飼養目的を区別して理解することが重要です。Thermostable Phytase の説明でも、家禽全般に使われる酵素である一方、実際の成果は配合条件と飼養条件に左右されることを明確にしておく必要があります。

植物性原料主体の配合で重要になる条件

Thermostable Phytase が特に意味を持つのは、トウモロコシ、大豆粕、小麦、米ぬか、菜種粕、ひまわり粕、その他植物性副産物を多く含む配合です。これらの原料では、リンの一定割合がフィチン酸態で存在し、家禽にとって利用しにくい状態になっています。米ぬかを炭素源として

Aspergillus niveus がフィターゼ、プロテアーゼ、キシラナーゼを産生し、動物飼料への応用を検討した研究は、農産副産物と飼料酵素の接点を示しています^[14]。

原料の粒度や加工履歴も重要です。細かく粉碎された原料では酵素が基質に接触しやすくなる一方、加熱処理やペレット化でタンパク質・デンプン・繊維構造が変化し、フィチン酸へのアクセス性も変わることがあります。炭水化物加水分解酵素を含むメタゲノム由来酵素カクテルでトウモロコシを処理した研究では、飼料原料の構造を酵素的に変えることで、家禽飼料としての機能性を高める可能性が検討されています^[15]。

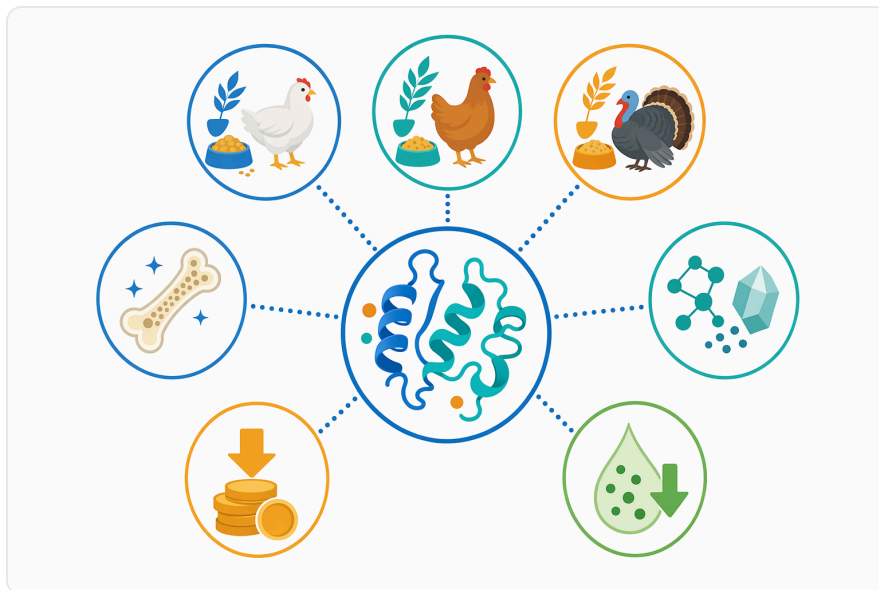


Figure 5. 내열성 피타아제는 식물성 원료 기반 사료를 급여하는 육계, 산란계, 종계, 칠면조, 오리 및 기타 가금류 전반에 활용될 수 있습니다.

カルシウムとリンのバランスは、フィターゼの効果を左右する中心要因です。フィターゼでリンを解放しても、飼料中カルシウムが過剰であればフィチン酸カルシウムの形成が進み、基質が酵素にとって扱いにくくなることがあります。また、無機リンを過剰に添加している場合、フィターゼによるリン放出の栄養上の価値が見えにくくなることもあります。したがって、フィターゼは「追加の酵素」ではなく、利用可能リンを再評価するための設計要素として扱う必要があります。

酵素併用の考え方：フィターゼ、キシラナーゼ、プロテアーゼ

家禽飼料では、フィターゼ単独でなく、キシラナーゼ、 β -グルカナナーゼ、セルラーゼ、アミラーゼ、プロテアーゼなどとの併用が検討されることがあります。非デンプン多糖が多い小麦・大麦・副産物を含む配合では、粘性上昇や細胞壁による栄養素閉じ込めが問題になり、炭水化物分解酵素が基質アクセス性を改善する可能性があります。プロテアーゼはタンパク質消化を補助し、フィチン酸と結合したタンパク質の利用性にも間接的に関わる可能性があります^[2]。

ただし、酵素を多く組み合わせれば必ず相乗効果が出るわけではありません。酵素ごとに最適 pH、作用部位、基質、反応速度が異なり、飼料中での基質量が不足していれば追加効果は限定的です。フィターゼにとって最重要の基質はフィチン酸であり、キシラナーゼにとってはアラビノキシラン、プロテアーゼにとってはタンパク質です。複合酵素設計では、各酵素がどの抗栄養因子に作用するかを区別して理解する必要があります。

キメラ型キシラナーゼ・フィターゼの研究は、複数酵素活性を一つの設計思想で扱い、熱耐性を高める方向を示しています。これは、家禽飼料の現場で複数の基質制約が同時に存在することを反映しています。ただし、研究段階の融合酵素や固定化酵素の知見を、すべての市販製品にそのまま当てはめることはできません。Thermostable Phytase の説明では、特定の製造法や酵素工学的構造を断定せず、家禽飼料における機能的役割を中心に述べるべきです^[4]。

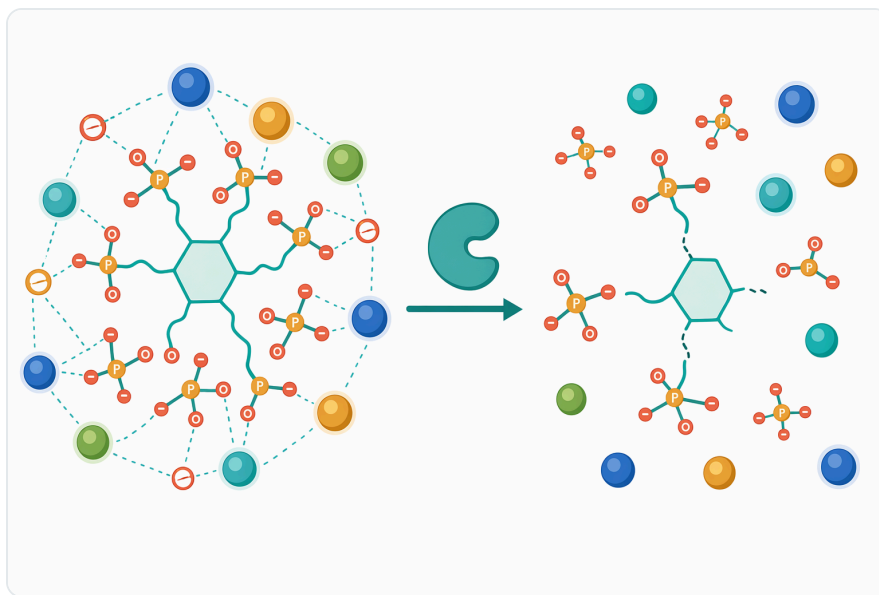


Figure 6. 인산기가 제거되면 피테이트의 음전하가 낮아져 식이 미네랄을 포획하는 능력이 감소할 수 있습니다.

安全性・有効性評価から見た信頼性

飼料添加物としてのフィターゼは、欧州食品安全機関などで対象動物、消費者、使用者、環境に対する安全性と有効性が評価されてきました。Aspergillus oryzae、Trichoderma reesei、Komagataella phaffii など、さまざまな生産宿主由来の6-フィターゼが、家禽および豚を含む対象種で評価されています。これらの評価は、フィターゼが特定の研究テーマにとどまらず、実際の飼料添加物として規制上の検討対象になっていることを示します^[3]。

安全性評価では、酵素そのものの有効性だけでなく、産生微生物、製造由来不純物、対象動物への耐性、消費者安全、使用者暴露、環境影響などが検討されます。Astra PHY GOLD に関する評価では、Trichoderma reesei 由来6-フィターゼがすべての家禽種および豚を対象に検討されています。

[7]。このような評価は、フィターゼ製品を家禽飼料用途で説明する際の科学的背景になります。

一方で、個別評価の結論を別製品へそのまま移すことはできません。酵素の由来、配合形態、安定化技術、対象種、使用条件が異なれば、性能や適用範囲も異なります。Enzymes.bio は供給業者であり、製造業者または研究機関ではありません。そのため、本記事では一般的な科学的背景と用途理解を示し、特定の製造工程、活性単位、試験法、グレード、分析定義については記載しません。

Enzymes.bio における製品の位置づけ

Enzymes.bio が供給する **Thermostable Phytase - Enzymes In Poultry Feed** は、家禽飼料でのフィチン酸分解とリン利用性改善を目的とした酵素製品です。製品はオンラインで1kg単位から直接購入でき、オンライン注文に基づいて処理・配送されます。注文時には CoA と SDS が併せて提供されます。

本製品の説明で最も重要なのは、熱安定性フィターゼを「リンを追加する原料」ではなく、「植物原料中に存在するフィチン酸リンを家禽が利用しやすい形へ変える酵素」として理解することです。飼料中の未利用リンを減らし、栄養設計上の柔軟性を高め、リン排泄低減に寄与し得る点が、家禽飼料におけるフィターゼの実務的価値です。複数のフィターゼ評価では、家禽種を含む対象動物での安全性・有効性が検討されており、飼料酵素としての利用基盤が示されています^[10]。

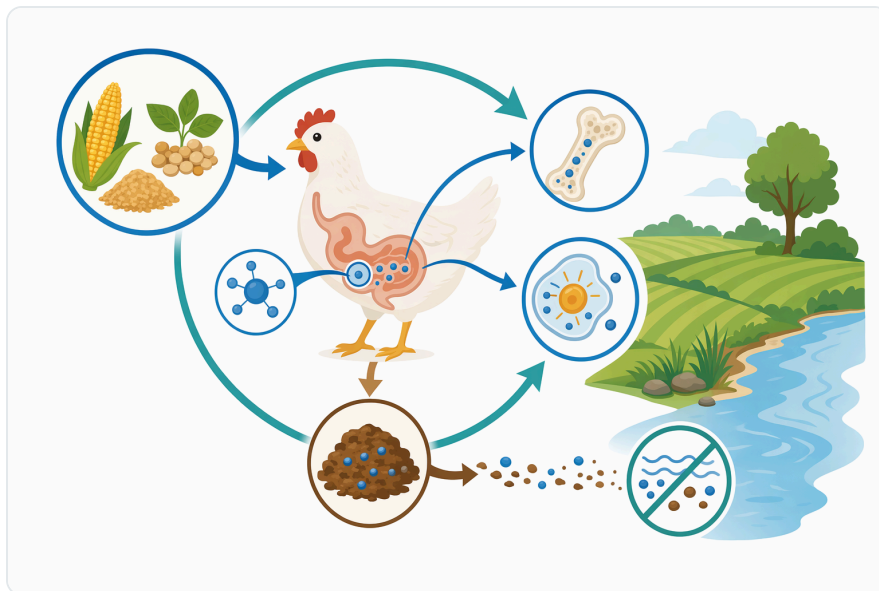


Figure 7. 피테이트 인의 소화율이 향상되면 사료 내 인 중 이용되지 못하고 분변으로 배출되는 비율을 줄일 수 있습니다.

また、熱安定性は、飼料加工の現場で重要な品質概念です。酵素はタンパク質であるため、熱、湿度、圧力、pH、貯蔵条件によって構造と機能が影響を受けます。熱安定性フィターゼは、ペレット化などの加工工程を含む家禽飼料で、加工後にも消化管内で作用する可能性を高める設計思想に基

づく酵素です。固定化や架橋化などの研究は、飼料用途での酵素安定性向上が重要課題であることを示しています^[5]。

実務的な理解のためのまとめ

Thermostable Phytase は、家禽飼料中のフィチン酸を段階的に脱リン酸化し、利用可能リンを増やすための酵素です。植物性原料が多い配合では、総リン量だけを見ても家禽が使えるリン量を正確に判断できないため、フィターゼは栄養設計上の重要な補助技術になります。6-フィターゼおよび3-フィターゼの各種評価は、家禽飼料でのフィターゼ利用が広く検討されていることを示しています^[1]。

熱安定性の意義は、飼料加工中の失活リスクを抑え、消化管内でフィチン酸分解を行うための機能を維持しやすくする点にあります。ただし、実際の効果は、飼料原料、フィチン酸量、カルシウム・リン比、加工条件、家禽種、成長段階に左右されます。したがって、Thermostable Phytase は、単独で成果を保証する添加物ではなく、家禽飼料全体のリン利用性と環境負荷を最適化するための酵素と位置づけるのが適切です。

Enzymes.bio は Thermostable Phytase を供給する事業者であり、製品は1kg単位でオンライン直接購入できます。CoA と SDS は注文時に併せて提供されます。本記事は、製品の科学的背景、作用機序、家禽飼料での用途、熱安定性の意味を整理するための技術文書であり、製造方法や試験法を示すものではありません。

Thermostable Phytase - Enzymes In Poultry Feed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。

[Thermostable Phytase - Enzymes In Poultry Feed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. Mézes, M. (2010). Scientific Opinion on Ronozyme® P (6-phytase) as feed additive for chickens and turkeys for fattening, laying hens, and piglets (weaned), pigs for fattening and sows (poultry and pigs). *EFSA Journal*, 8, 1862.

2. 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.
3. Bampidis, V., Azimonti, G., Bastos, M., Christensen, H., Dusemund, B., Durjava, M., Kouba, M., ... et al. (2024). Safety and efficacy of a feed additive consisting of 6 - phytase produced by *Aspergillus oryzae* DSM 33737 (HiPhorius™) for all poultry, all Suidae and all fin fish (DSM Nutritional Products Ltd). *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 22.
4. Patel, D., Rawat, R., Sharma, S., Shah, K., Borsadiya, N., & Dave, G. (2023). Linker-assisted engineering of chimeric xylanase-phytase for improved thermal tolerance of feed enzymes. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 42, 8114 - 8124.
5. Henninger, C., Hoferer, M., Ochsenreither, K., & Eisele, T. (2023). Cross-linked phytase aggregates for improved phytate degradation at low pH in animal feed. *European Food Research and Technology*, 249, 2377-2386.
6. Bampidis, V., Azimonti, G., Bastos, M., Christensen, H., Durjava, M., Dusemund, B., Kouba, M., ... et al. (2023). Efficacy of the feed additive consisting of 6 - phytase (produced by *Komagataella phaffii* CGMCC 7.19) (Nutrase P) for chickens for fattening, other poultry for fattening or reared for laying and ornamental birds (Nutrex N.V.). *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 21.
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 6 - phytase produced by *Trichoderma reesei* CBS 146250 (Axta® PHY GOLD 30L, Axta® PHY GOLD 30T, Axta® PHY GOLD 65G) for all poultry species and all pigs (Danisco (UK) Ltd). *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 20.
8. Rychen, G., Aquilina, G., Azimonti, G., Bampidis, V., Bastos, M., Bories, G., Chesson, A., ... et al. (2018). Safety and efficacy of 3 - phytase FLF1000 as a feed additive for chickens reared for laying and minor poultry species. *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 16.
9. Mousavi, S. H., Motahar, S. F. S., Salami, M., Kavousi, K., Mamaghani, A. S. A., Ariaeenejad, S., & Salekdeh, G. (2022). In vitro bioprocessing of corn as poultry feed additive by the influence of carbohydrate hydrolyzing metagenome derived enzyme cocktail. *Scientific Reports*, 12.
10. Aquilina, G., Bampidis, V., Bastos, M., Bories, G., Chesson, A., Coconcelli, P., Flachowsky, G., ... et al. (2015). Scientific Opinion on the safety and efficacy of Axta® PHY 15 000 L (6-phytase) as a feed additive for poultry and porcine species. *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 13 11, 4275 .
11. Venkataraman, S., Raj, K. M., Vivek, S., Johnson, B., & Vaidyanathan, V. (2025). Enhanced Nutritional Efficiency in Poultry Feed: Optimized Production and Immobilization of Thermostable Phytase from *Mucor indicus* Using Agricultural By-Products. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 197, 4351 - 4367.
12. El-Fateh, M., Bilal, M., & Zhao, X. (2024). Effect of antibiotic growth promoters (AGPs) on feed conversion ratio (FCR) of broiler chickens: A meta-analysis. *Poultry Science*, 103.
13. Bampidis, V., Azimonti, G., Bastos, M., Christensen, H., Dusemund, B., Kouba, M., Durjava, M. K., ... et al. (2019). Safety and efficacy of APSA PHYTAFEED® 20,000 GR/L (6 - phytase) as a feed additive for

turkeys for fattening, turkeys reared for breeding and minor poultry species. *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 17.

14. Oliveira Simas, A. L., Alencar Guimarães, N. C., Glienke, N. N., Galeano, R. M. S., Sá Teles, J. S., Kiefer, C., Souza Nascimento, K. M. R., ... et al. (2024). Production of Phytase, Protease and Xylanase by *Aspergillus niveus* with Rice Husk as a Carbon Source and Application of the Enzymes in Animal Feed. *Waste and Biomass Valorization*, 15, 3939 - 3951.
15. Mousavi, S. H., Motahar, S. F. S., Salami, M., Kavousi, K., Mamaghani, A. S. A., Ariaeenejad, S., & Salekdeh, G. (2022). In vitro bioprocessing of corn as poultry feed additive by the influence of carbohydrate hydrolyzing metagenome derived enzyme cocktail. *Scientific Reports*, 12.


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。