

# Food Grade Lipase Enzyme Powder（食品加工用リパーゼ粉末）：パン製造の生地改良とチーズ製造の風味形成に使うリパーゼ

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

Food Grade Lipase Enzyme Powder は、パン製造では小麦粉中の脂質を酵素的に改質し、発酵中の気泡安定性、ガス保持、ローフボリューム、クラム構造を支援する食品加工用リパーゼです。チーズ製造では乳脂肪の一部を加水分解して遊離脂肪酸を生じさせ、熟成中のピカンテな香味、乳脂肪由来の厚み、特定チーズらしい風味設計に関与します<sup>[1]</sup>。Enzymes.bioは本品を供給する立場であり、製品はオンラインで1kg単位で直接購入でき、注文時にCoAおよびSDSが併せて提供されます。

## 食品加工用リパーゼ粉末とは何か

リパーゼは、トリアシルグリセロールなどの脂質エステル結合に作用し、脂肪酸とグリセリド類へ変換する酵素群です。食品加工では、この反応を「脂肪を減らす」ためだけに使うのではなく、脂質の界面挙動、乳化性、香味前駆体、熟成中の風味生成を制御する技術として利用します。小麦ベース食品におけるリパーゼの機能は、脂質を改質して生地物性や焼成品質に影響する点にあり、パン、ロール、バンズなどの工業的ベーキングで重要な加工助剤として整理されています<sup>[1]</sup>。

Enzymes.bioが供給する Food Grade Lipase Enzyme Powder は、パン製造およびチーズ製造などの食品加工用途で用いられる粉末リパーゼです。Enzymes.bioは製造業者または研究機関ではなく、B2B用途の酵素をオンラインで供給する販売事業者です。本品は一般消費者がそのまま摂取する食品ではなく、製パン、乳製品、発酵食品、風味開発などの工程に組み込んで使用する加工用酵素として位置づけられます。

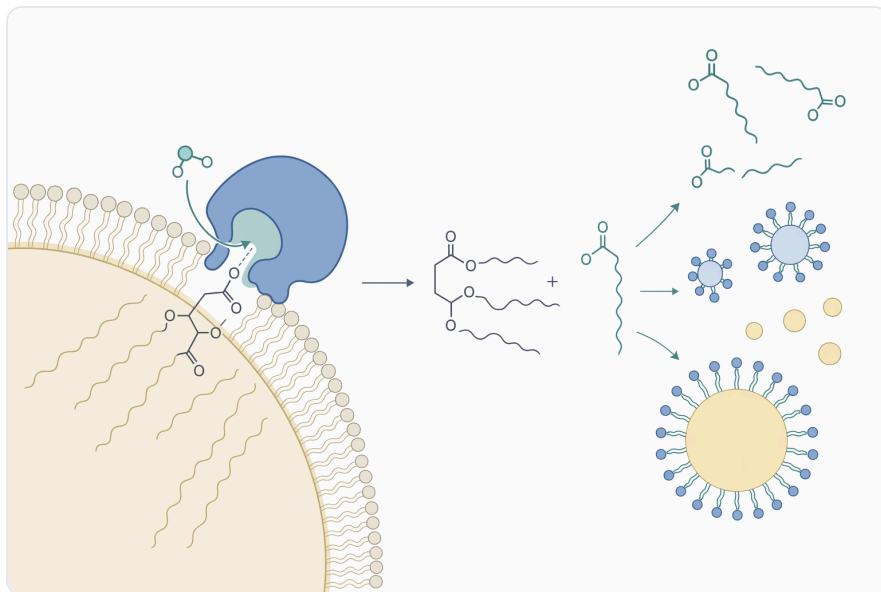
この酵素の価値は、脂質を「存在しているだけの成分」から「工程内で機能を持つ成分」へ変換できる点にあります。パン生地では、リパーゼ反応で生じる極性脂質や部分グリセリドが気泡界面に働き、生地中のガスセルを安定化させます。チーズでは、乳脂肪由来の遊離脂肪酸が、熟成中に香味の強さ、シャープさ、乳脂肪らしい余韻を形成します。つまり同じリパーゼでも、パンでは主に物性制御、チーズでは主に香味制御として機能します<sup>[2]</sup>。

## リパーゼの基本機序：脂質界面で反応が進む理由

リパーゼは水相中の可溶性基質だけに作用する酵素ではなく、油脂と水が接する界面で働くことが多い酵素です。多くのリパーゼでは、活性部位を覆う「リッド」と呼ばれる構造が脂質界面で開き、基質であるトリアシルグリセロールにアクセスしやすくなります。Pseudomonas aeruginosa リパーゼの分子動力学研究では、リパーゼ活性化に関わるリッド運動が解析されており、リパーゼが単なる溶液酵素ではなく、界面環境に応答して構造を変える酵素であることが示されています [3]。

この界面活性化の性質は、食品加工での効果を理解するうえで重要です。パン生地は小麦粉、水、空気、脂質、タンパク質、でんぷんが混在する複雑な分散系であり、チーズカードは脂肪球、カゼインネットワーク、水相、塩、微生物代謝物が共存する半固体系です。リパーゼはこうした不均一なマトリクスの中で脂質界面に作用するため、同じ酵素でも、脂肪の分散状態、水分、pH、塩分、温度、発酵・熟成時間によって結果が変わります [2]。

反応生成物の意味も用途で異なります。パンでは、脂質の部分加水分解により、より極性の高い脂質画分やモノ・ジグリセリド様の成分が生じ、これらが生地中の気泡膜やグルテン・でんぷん界面に影響します。チーズでは、短鎖・中鎖・長鎖の遊離脂肪酸が香味に寄与しますが、過剰に進むと酸敗臭、刺激臭、苦味、石けん様風味につながります。リパーゼは有用な反応を起こす一方で、脂質酸化や微生物由来酵素による望ましくない脂肪分解と区別して管理する必要があります [4]。



**Figure 1.** 리파아제는 중성지방의 에스터 결합을 가수분해하여 유리 지방산, 모노아실글리세롤, 디아실글리세롤 및 관련 지질 조각을 생성합니다.

## パン製造での主用途：生地改良、ガス保持、クラム構造

パン製造においてリパーゼが評価される理由は、生地中の脂質を改質し、発酵ガスの保持と焼成後の構造形成に影響するためです。小麦粉中の脂質は量としては多くありませんが、気泡膜、グルテンネットワーク、でんぷん粒表面で機能し、パンの体積、内相、柔らかさ、スライス性に関与します。小麦ベース食品におけるリパーゼのレビューでは、リパーゼが脂質画分を変化させ、生地特性と焼成品質に影響することが整理されています<sup>[1]</sup>。

### 気泡安定性とガス保持への影響

パン生地では、ミキシング中に空気を取り込まれ、発酵で二酸化炭素が発生し、焼成中にガスセルが拡張します。この過程で気泡膜が破れやすくと、ガスが逃げ、ローフボリュームが不足し、クラムが粗くなります。リパーゼは小麦粉脂質をより界面活性の高い成分へ変換し、気泡膜を安定化させる方向に働きます。Novonesisのベーキング向け資料でも、リパーゼによる脂質改質が気泡安定性、ガス保持、軽く均一なパン構造に関係する技術として説明されています<sup>[5]</sup>。

この機能は、乳化剤の一部機能を酵素反応で補う設計と近い考え方です。乳化剤は配合時点で機能性成分として投入されますが、リパーゼは生地中の脂質を工程内で変換し、発酵から焼成初期までの間に生地構造を支えます。そのため、クリーンラベル志向、添加物削減、乳化剤依存の低減を検討する製パン工程では、リパーゼが処方設計上の選択肢になります。ただし、最終的な効果は小麦粉品質、吸水、ミキシング、発酵温度、油脂配合、焼成条件と相互作用します<sup>[1]</sup>。

### クラム、体積、機械適性への影響

工業ベーカリーでは、手ごねの感覚よりも、連続ミキサー、分割機、丸目機、成形機、コンベア、ホイロ、スライサーを通過した後の安定性が重要です。リパーゼによる脂質改質は、生地の粘弾性、べたつき、伸展性、ガス保持に影響し、結果としてローフボリューム、クラムの細かさ、スライス時の崩れに関与します。小麦食品のリパーゼ研究では、リパーゼの種類や基質特異性により、生地や焼成品への影響が変わることが示されています<sup>[1]</sup>。

一方で、リパーゼだけで全ての製パン課題を解決できるわけではありません。例えば、タンパク質量が低すぎる小麦粉ではグルテンネットワークそのものが弱く、過発酵ではガスセルが粗大化し、焼成不足では構造が固定されません。リパーゼは脂質界面の機能を補う酵素であり、酸化酵素、アミラーゼ、ヘミセルラーゼ、プロテアーゼなどとは作用点が異なります。ベーキング酵素を組み合わせる場合でも、リパーゼの役割は「脂質改質による生地構造支援」と明確に分けて理解する必要があります<sup>[5]</sup>。

## チーズ製造での主用途：乳脂肪の分解と熟成香の形成

チーズ製造でのリパーゼの目的は、乳脂肪を制御された範囲で分解し、遊離脂肪酸を生成させることです。遊離脂肪酸は、チーズの香り、辛味、乳脂肪感、熟成感に直接または間接的に関与します。乳中酵素に関するレビューでは、リパーゼが乳および乳製品の貯蔵品質、風味、劣化に重要な影響を持つことが整理されており、脂肪分解が望ましい熟成にも品質欠陥にもつながる両義的な反応であることが示されています<sup>[2]</sup>。

### 低温殺菌乳で風味が弱くなる理由

生乳にはもともと乳由来酵素や微生物由来酵素が存在しますが、低温殺菌により多くの微生物が減少し、風味形成に関わる酵素活性も変化します。低温殺菌乳を使うチーズでは、安全性と工程安定性を得やすい一方で、未殺菌乳チーズに見られる複雑な熟成香が弱くなる場合があります。乳製品の風味は飼料、乳脂肪組成、微生物、酵素反応、熟成条件の影響を受けるため、リパーゼ添加はそのうち脂肪分解由来の香味を補う手段として位置づけられます<sup>[6]</sup>。

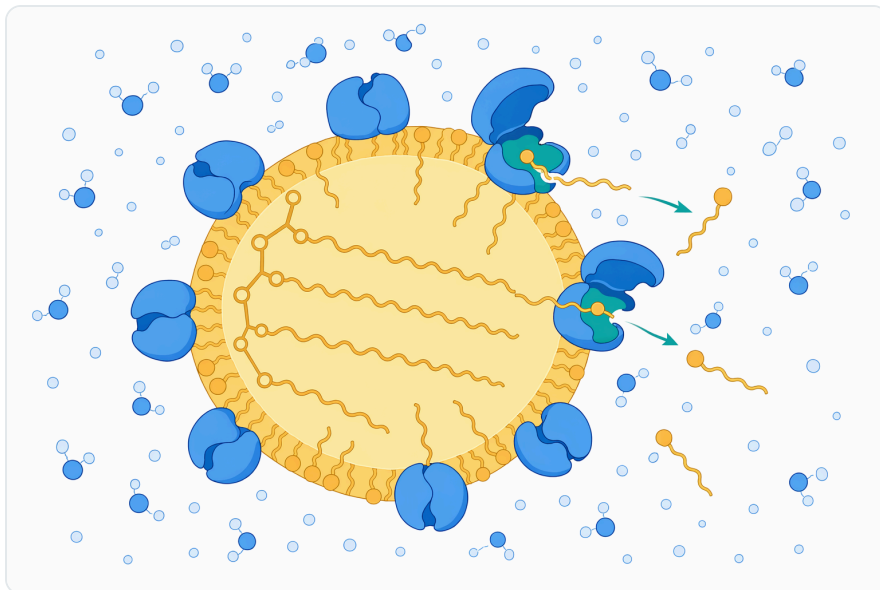


Figure 2. 많은 리파아제는 지질의 에스터 결합이 효소 활성 부위에 접근하기 쉬운 지방-물 계면에서 가장 효과적으로 작용합니다.

リパーゼ反応で生じる遊離脂肪酸は、チーズタイプによって望ましい量と質が異なります。ロマーノ、プロヴォローネ、パルメザン、フェタのようにシャープさやピカンテ感が重視されるチーズでは、脂肪分解由来の香味が特徴形成に寄与します。一方、マイルドなフレッシュチーズやクリーミーさを重視する製品では、同じ反応が過剰に感じられることがあります。したがって、チーズ用途でのリパーゼは「強い風味を出す酵素」ではなく、「乳脂肪由来の風味軸を設計する酵素」と考える方が正確です<sup>[2]</sup>。

## 良い熟成香と酸敗臭の境界

脂肪分解は、適切に進めばチーズらしい複雑な香味を形成しますが、制御されない場合は酸敗臭の原因になります。乳中には内在性リパーゼがあり、さらに低温で増殖する一部の微生物が耐熱性酵素を生産することがあります。これらが貯蔵中に脂肪へ作用すると、製造時に意図していない遊離脂肪酸が増え、熟成後の欠陥風味につながる可能性があります。乳中のプロテアーゼとリパーゼに関するレビューは、貯蔵品質、検出、制御の観点から、これら酵素が乳製品品質に及ぼす影響を包括的に扱っています<sup>[2]</sup>。

そのため、チーズでリパーゼを使う際は、リパーゼ添加そのものだけでなく、原料乳の鮮度、冷蔵履歴、スターターの酸生成、凝固、排 whey、塩分、熟成温度、水分活性を含めて考える必要があります。脂肪分解はタンパク質分解や乳酸発酵と並行して進むため、遊離脂肪酸だけが単独で香味を決めるわけではありません。リパーゼは熟成香の重要な一因ですが、チーズ全体の香味は複数の酵素反応と微生物代謝の総和として決まります<sup>[6]</sup>。

## パン用途とチーズ用途の違い

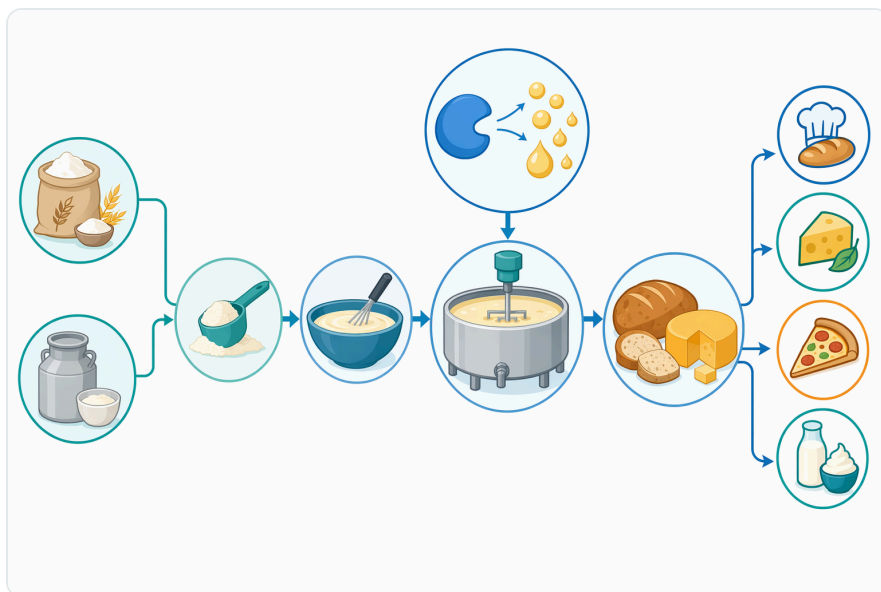
同じ食品加工用リパーゼでも、パンとチーズでは目的、反応時間、評価指標、リスクが大きく異なります。パンでは短時間の発酵・焼成工程で生地構造を支えることが主目的であり、チーズでは数日から長期熟成にわたって香味を形成することが主目的です。この違いを整理すると、リパーゼを「脂質分解酵素」と一括りにせず、工程ごとの機能として扱いやすくなります<sup>[1]</sup>。

観点	パン製造でのリパーゼ	チーズ製造でのリパーゼ
主な基質	小麦粉由来脂質、配合油脂の一部	乳脂肪、脂肪球中のトリアシルグリセロール
主目的	気泡安定化、ガス保持、ローフボリューム、クラム改善	遊離脂肪酸生成、熟成香、ピカンテ感、乳脂肪由来の風味
反応が品質へ現れる時期	ミキシング、発酵、焼成初期を経て焼成品に反映	凝固後から熟成期間中に徐々に反映
主要な評価軸	生地耐性、体積、内相、スライス性、食感	香り、辛味、酸敗の有無、熟成バランス、余韻
過剰反応時の懸念	風味変化、生地物性の崩れ、処方との不適合	酸敗臭、刺激臭、苦味、チーズタイプからの逸脱
関連する工程条件	吸水、ミキシング、発酵、油脂量、焼成	乳質、スターター、レンネット、塩分、水分、熟成温度

パンでは、リパーゼの効果は比較的短い工程内で現れます。生地中で脂質が改質され、発酵中の気泡安定性が高まり、焼成中に構造が固定されることで、焼成後の体積やクラムとして観察されます。これに対してチーズでは、乳脂肪分解の影響が熟成中に蓄積され、香味として現れます。したがって、パンでは工程安定性と物性、チーズでは時間経過による香味変化を重視して考える必要があります<sup>[2]</sup>。

## 製パンでの工程上の考え方

製パン工程でリパーゼ粉末を使う場合、通常は小麦粉などの粉体原料と均一に混合する、または水相へ分散させてミキシング時に生地全体へ行き渡らせる考え方になります。重要なのは、酵素が局所的に偏らず、生地全体の脂質画分へ接触できる状態を作ることです。生地の吸水、ミキシング強度、発酵時間、油脂配合が変わると、リパーゼが接触する基質と界面の状態も変わります<sup>[1]</sup>。



**Figure 3.** 제빵에서 리파아제는 반죽 혼합, 발효, 초기 굽기 단계에서 작용하여 기포 안정성, 빵의 부피 팽창, 균일한 빵결, 슬라이스성을 높이는 데 도움을 줍니다.

焼成工程では温度上昇により酵素活性は次第に失われますが、その前に生じた脂質改質の効果は、気泡膜、グルテン・でんぷんネットワーク、焼成後のクラム構造に反映されます。このため、リパーゼは最終製品中で継続的に反応し続ける成分というより、焼成前の工程で生地物性を整える加工助剤として理解の方が実務的です。高圧、加熱、非熱処理などの食品加工条件が酵素構造と活性に影響することは、食品加工における酵素挙動のレビューでも議論されています<sup>[7]</sup>。

配合面では、油脂の種類と量も重要です。リーンな食パン、油脂を含むバンズ、バターやマーガリンを使う菓子パンでは、リパーゼが作用する脂質環境が異なります。脂質量が多いほど風味への影響も出やすくなるため、体積改善だけでなく、焼成後の香り、口溶け、老化感も合わせて評価する

必要があります。製パン用リパーゼは脂質改質を通じて有効に働きますが、製品ごとに望ましい内相や食感が異なるため、同じ使い方が全てのパンに適するわけではありません<sup>[5]</sup>。

## チーズ製造での工程上の考え方

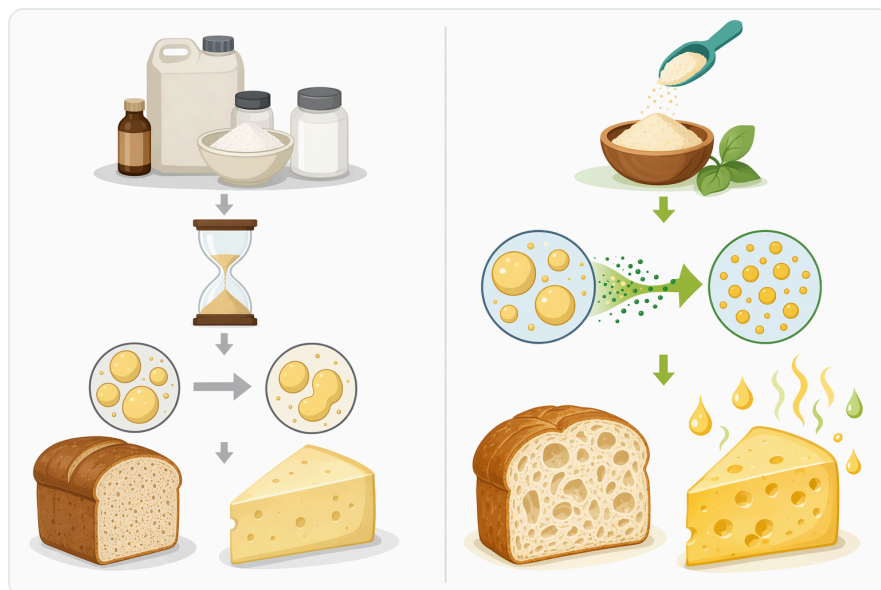
チーズ製造でリパーゼを使う場合、乳が凝固してカードになる前に乳中へ均一に分散させることが基本的な考え方です。凝固後に加えるとカード中で均一に広がりにくく、局所的な脂肪分解や風味の偏りにつながる可能性があります。乳脂肪球、カゼインミセル、スターター、レンネット、塩分、水分が相互作用するため、リパーゼは凝固・発酵・熟成の全体設計の中で位置づける必要があります<sup>[2]</sup>。

チーズでは、リパーゼ添加の結果がすぐに完成風味として現れるわけではありません。熟成中に遊離脂肪酸が蓄積し、さらに微生物代謝やタンパク質分解生成物と組み合わせさせて香味が形成されます。脂肪酸そのものが香る場合もあれば、エステル、ラクトン、ケトンなどの香気成分形成に間接的に関与する場合があります。乳製品の風味は飼料由来成分や脂肪酸組成にも左右されるため、リパーゼだけで風味を完全に規定することはできません<sup>[6]</sup>。

原料乳の管理は特に重要です。すでに微生物由来リパーゼの影響を受けた乳では、追加したリパーゼの効果と既存の脂肪分解が重なり、酸敗的な風味に傾くことがあります。乳中酵素のレビューでは、プロテアーゼやリパーゼが貯蔵中の乳品質に与える影響、特に加工後も品質欠陥に関与し得る点が論じられています<sup>[2]</sup>。チーズでリパーゼを使う場合は、香味を強くすることよりも、目的チーズの熟成プロファイルに合わせて脂肪分解を過不足なく組み込むことが重要です。

## 高濃度粉末リパーゼを扱う際の技術的注意

高濃度タイプのリパーゼ粉末では、少量でも工程に影響しやすいため、均一分散と工程内での接触状態が重要になります。ただし、食品加工での効果は単純な投入量だけで決まるものではありません。酵素が脂質界面に到達できるか、基質脂質がどのように分散しているか、水分が十分か、pHや塩分が酵素に適した範囲か、加熱までの時間がどれだけあるかが、実際の反応量を左右します<sup>[7]</sup>。



**Figure 4.** 빵 제조에서는 리파아제를 주로 반죽과 빵결의 물리적 구조 개선에 사용하고, 치즈 제조에서는 주로 지방에서 유래한 풍미 형성에 사용합니다.

リパーゼは基質特異性の違いによって、生成する脂肪酸や部分グリセリドの組成が変わります。1,3位に作用しやすいもの、短鎖脂肪酸に関わるもの、長鎖脂肪酸を扱うものなど、リパーゼの由来や構造で挙動が変わります。食品用途ではこの違いが風味、食感、乳化性に反映されます。リパーゼの産業利用では、酵素の固定化や反応場の制御によって選択性や安定性を高める研究も進んでおり、食品分野でもより制御された脂質変換への関心が高まっています<sup>[8]</sup>。

一方で、Enzymes.bioは製造元や試験機関として個別工程の性能を保証する立場ではありません。製品ページで確認できる範囲の情報に基づき、食品加工用酵素としてオンラインで1kg単位の直接購入が可能であり、注文時にCoAとSDSが併せて提供されます。本品の実際の適合性は、パンであれば処方と製造ライン、チーズであれば乳質と熟成設計に依存します。

## リパーゼと他の食品酵素の違い

食品加工では、アミラーゼ、プロテアーゼ、ヘミセルラーゼ、グルコースオキシダーゼ、ラッカーゼなど多様な酵素が使われます。リパーゼの特徴は、でんぷんやタンパク質ではなく脂質を主な標的とすることです。アミラーゼはでんぷん分解により発酵性糖や老化抑制に関与し、プロテアーゼはタンパク質ネットワークを変化させ、ヘミセルラーゼはアラビノキシランなどの非でんぷん性多糖に作用します。リパーゼはこれらとは異なり、脂質界面を通じて乳化性、気泡安定性、香味形成に影響します<sup>[9]</sup>。

酵素群	主な基質	パンでの主な意味	チーズ・乳製品での主な意味
リパーゼ	脂質、トリアシルグリセロール	脂質改質、気泡安定化、クラム改善	乳脂肪分解、遊離脂肪酸、熟成香
アミラーゼ	でんぷん	発酵性糖、焼色、老化抑制	乳製品では用途が限定的
プロテアーゼ	タンパク質	生地軟化、伸展性調整	カゼイン分解、熟成テクスチャー、旨味
ヘミセルラーゼ	非でんぷん性多糖	吸水、粘度、生地処理性	乳製品では主用途外
酸化系酵素	フェノール類、糖など	生地強化、酸化的ネットワーク形成	用途により限定的

この比較からも、リパーゼの位置づけは明確です。パンで体積やクラムを改善したい場合でも、でんぷん老化が主因ならアミラーゼ系の役割が大きく、グルテンが弱い場合は酸化的な生地強化や配合設計が関与します。チーズでも、苦味や旨味、組織形成の多くはタンパク質分解に由来します。リパーゼは脂質由来の機能に強みを持つため、他の酵素の代替ではなく、脂質軸を補完する酵素として扱うべきです<sup>[1]</sup>。

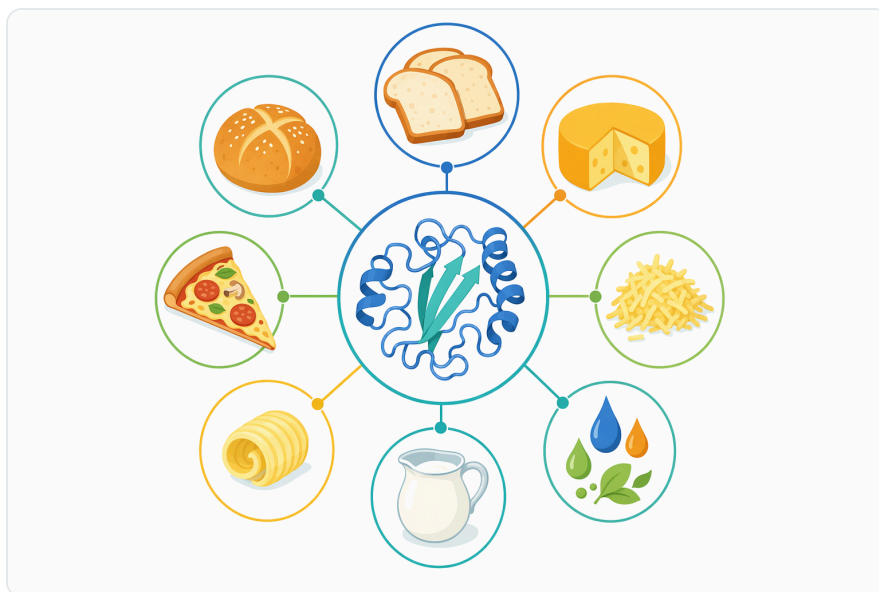
## 品質上の利点と限界

パン用途で期待できる利点は、ローフボリュームの改善、クラムの均一化、生地のガス保持支援、乳化剤依存の低減、機械適性の安定化です。特に工業ベーカリーでは、原料ロット差やライン速度の変動が品質に影響するため、生地構造を補助する酵素は工程許容幅を広げる要素になります。リパーゼは小麦粉脂質を工程内で機能性脂質へ変換するため、配合中の脂質をより有効に使う発想とも相性があります<sup>[5]</sup>。

チーズ用途で期待できる利点は、低温殺菌乳を使った場合の脂肪由来風味の補強、山羊乳・羊乳系チーズに近いシャープな香味設計、長期熟成チーズでのピカンテ感の形成です。脂肪酸由来の香味はチーズの個性に直結しますが、過剰な脂肪分解は欠陥にもなります。乳製品中のリパーゼは貯蔵品質にも関係するため、食品加工用に意図して加えるリパーゼと、原料乳中で意図せず働く酵素の影響を分けて考えることが重要です<sup>[2]</sup>。

限界として、リパーゼは風味や食感を一律に向上させる成分ではありません。パンでは小麦粉、発酵、焼成の管理が不十分であれば、脂質改質だけでは品質を補いきれません。チーズでは、スターター活性、凝固条件、塩分、水分、熟成環境が不適切であれば、望ましい香味ではなく不均一な熟

成や酸敗的な風味につながる可能性があります。リパーゼは強力な加工助剤ですが、工程全体の中で役割を限定して使うことで価値を発揮します<sup>[7]</sup>。



**Figure 5.** 리파아제는 식빵, 샌드위치 빵, 번, 롤, 고배합 반죽, 냉동 반죽, 유화제 저감 전략 등 지질 변형이 가공 성능을 뒷받침하는 다양한 분야에서 중요하게 활용됩니다.

## Enzymes.bioでの購入と文書提供

Enzymes.bioは、Food Grade Lipase Enzyme Powder を食品加工向け酵素としてオンラインで供給しています。購入は1kg単位の直接販売として行われ、注文時にCoAおよびSDSが併せて提供されます。Enzymes.bioは製造業者または研究所として個別の加工性能を提示する立場ではなく、B2Bの酵素供給事業者として、パン製造、チーズ製造、乳製品加工、風味開発などの用途に向けた製品を取り扱っています。

本品を検討する際は、まず用途をパンの物性改善に置くのか、チーズの風味形成に置くのかを明確にすることが重要です。パンであれば、脂質改質による気泡安定性、ガス保持、ローフボリューム、クラム構造が主な評価軸になります。チーズであれば、乳脂肪分解、遊離脂肪酸、熟成香、酸敗の有無、チーズタイプとの整合性が評価軸になります。同じリパーゼでも、工程と目的が異なれば、望ましい反応量も評価タイミングも変わります<sup>[1]</sup>。

## まとめ：パンでは構造、チーズでは香味を設計するリパーゼ

Food Grade Lipase Enzyme Powder は、パン製造では小麦粉中の脂質を改質して生地中の気泡を安定化し、ガス保持、ローフボリューム、クラムの均一性を支援する食品加工用酵素です。チーズ製造では乳脂肪を部分的に加水分解して遊離脂肪酸を生成し、熟成中のピカンテな香味、乳脂肪由来

の厚み、特定チーズらしい風味形成に関与します<sup>[2]</sup>。

リパーゼの機能は、単なる脂肪分解ではなく、脂質を工程内で機能性成分へ変換することにあります。パンでは物性と構造、チーズでは香味と熟成が中心です。一方で、効果は原料、処方、水分、pH、温度、発酵・熟成時間、脂質組成に強く依存します。過剰または不適切な脂肪分解は、パンでは風味や生地物性の不均衡、チーズでは酸敗臭や刺激的な欠陥につながるため、リパーゼは工程全体の一部として扱う必要があります<sup>[4]</sup>。

Enzymes.bioは本品を1kg単位でオンライン直接販売し、注文時にCoAおよびSDSを提供します。製パンで乳化剤依存を抑えながら生地安定性やクラム品質を整えたい場合、またはチーズで低温殺菌乳由来の穏やかな風味に脂肪分解由来の熟成感を加えたい場合、本品は脂質改質に焦点を当てた実務的な選択肢になります。

## Food Grade Lipase Enzyme Powder — High Concentrate For Bread & Cheese Manufacturing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。

**Food Grade Lipase Enzyme Powder — High Concentrate For Bread & Cheese Manufacturing**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. Gerits, L. R., Pareyt, B., Decamps, K., & Delcour, J. (2014). Lipases and Their Functionality in the Production of Wheat - Based Food Systems. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13, 978-989.
2. Khan, M. U., Yu, P., Wu, Y., Chen, Z., Kong, L., Farid, A., Cui, J., ... et al. (2025). Comprehensive review of enzymes (protease, lipase) in milk: Impact on storage quality, detection methods, and control strategies.. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 24 3, e70164 .
3. Cherukuvada, S. L., Seshasayee, A., Raghunathan, K., Anishetty, S., & Gautam, P. (2005). Evidence of a Double-Lid Movement in Pseudomonas aeruginosa Lipase: Insights from Molecular Dynamics Simulations. *PLoS Comput. Biol.*, 1.

4. Kumar, R. R., Goswami, S., T, V., Mishra, G. P., Singh, A., Satyavathi, C., Tyagi, A., ... et al. (2025). Rogue Enzymes at Work-Unraveling the Interplay Between Lipase and Lipoxygenase in Pearl Millet Flour for Solving the Problem of Rancidity. *Journal of Food Science*, 90 11, e70689 .
5. Dough Strengthening. *Novonesis*.
6. Faccia, M. (2020). The Flavor of Dairy Products from Grass-Fed Cows. *Foods*, 9.
7. Zheng, N., Long, M., Zhang, Z., Du, S., Huang, X., Osire, T., & Xia, X. (2023). Behavior of enzymes under high pressure in food processing: mechanisms, applications, and developments. *Critical reviews in food science and nutrition*, 64, 9829 - 9843.
8. Wang, N., Wang, W., Su, Y., Zhang, J., Sun, B., & Ai, N. (2025). The current research status of immobilized lipase performance and its potential for application in food are developing toward green and healthy direction: A review. *Journal of Food Science*, 90 2, e70038 .
9. Rosario, G. M., & Rita, M. (2022). Cellulases, hemicellulases and ligninolytic enzymes: mechanism of action, optimal processing conditions and obtaining value-added compounds in plant matrices. *MOJ Food Processing & Technology*.

## 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。