

Phospholipase Enzymes As Bread Making Improver : 製パン用ホスホリパーゼによる生地改良・ローフボリューム・クラム品質の改善

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

Phospholipase Enzymes As Bread Making Improver は、小麦粉や配合中のリン脂質をより界面活性の高い脂質成分へ変換し、生地のガス保持性、ローフボリューム、クラムの均一性を支える製パン用酵素です。外添乳化剤を単純に増やすのではなく、生地中の脂質を工程内で機能化する点が特徴で、食パン、ロールパン、バゲット系製品、蒸しパン系製品などの品質設計に利用されます。

ただし効果は小麦粉ロット、油脂配合、吸水、ミキシング、発酵、焼成条件に依存するため、ホスホリパーゼは「万能な添加剤」ではなく、既存の製パン処方を安定化させるための酵素系パン改良剤として理解するのが適切です^[1]。

製パン向けホスホリパーゼの位置づけ

Phospholipase Enzymes As Bread Making Improver は、Enzymes.bio がオンラインで供給する製パン用途の酵素製品であり、パン生地中の脂質を改質して乳化機能を高めることを目的とします。Enzymes.bio は本製品の供給業者であり、製造業者または試験研究機関としてではなく、1 kg 単位でオンライン直接販売する形で製品を提供します。注文時には、該当製品の CoA と SDS が併せて提供されます。

製パンにおける「改良」は、単にパンを大きくすることだけではありません。実務上は、ミキシング中の生地まとまり、分割・丸め・成形時の機械耐性、発酵中のガス保持、焼成後の内相、スライス時の崩れにくさ、食感の柔らかさ、流通中の品質維持まで含みます。工業的な製パン酵素の研究では、酵素改良剤が小麦粉のレオロジー特性と最終製品品質に影響することが扱われており、ホスホリパーゼはその中でも脂質界面を対象にする酵素として位置づけられます^[1]。

ホスホリパーゼの狙いは、小麦粉中にもともと存在する極性脂質、あるいは配合中の油脂・乳化成分と関連するリン脂質を、生地構造にとってより有効な形へ変換することです。リパーゼやホスホリパーゼの製パン応用では、脂質分解によって生成する成分が乳化剤様に働き、グルテン、デンプン、水、気泡界面の関係を变えることが説明されています^[2]。

なぜパン生地で脂質改質が効くのか

パン生地は、単なる小麦粉と水の混合物ではありません。ミキシングによって水和したグルテンタンパク質が連続的な弾性ネットワークをつくり、そこにデンプン粒、脂質、糖、酵母、塩、油脂、気泡が分散します。発酵中に酵母が生む二酸化炭素は、グルテン膜と液相膜に囲まれた気泡として保持され、焼成中に膨張してパン体積とクラム構造を決定します。

この気泡膜の安定性には、タンパク質だけでなく脂質の界面挙動が関わります。リン脂質は親水性のリン酸基を持つ一方で脂肪酸鎖を持つため、水相と脂質相、あるいは気泡界面に配向しやすい分子です。ホスホリパーゼはこのリン脂質を部分的に加水分解し、リゾリン脂質や脂肪酸など、界面での挙動が変化した生成物を生じさせます。油脂精製分野の脱ガム研究でも、ホスホリパーゼはリン脂質を反応基質として扱い、リン脂質の性質を変えて分離・処理しやすくする酵素として利用されています^[3]。

製パンでは、この反応が「生地中での乳化機能の発生」として意味を持ちます。生成したリゾリン脂質などの極性脂質は、水、グルテン、デンプン、脂質の接触界面に入り、気泡膜の破れにくさや生地の伸展と弾性のバランスに影響します。リパーゼ系酵素のベーカリー応用では、脂質をより極性・親水性の高い成分へ変換し、グルテンネットワークやパン体積に寄与するという説明がなされています^[2]。

作用機序：リン脂質を生地内乳化成分へ変える

リン脂質からリゾリン脂質への変換

ホスホリパーゼの中心的な反応は、リン脂質のエステル結合を切断することです。たとえばホスホリパーゼ A 型の反応では、リン脂質から脂肪酸が外れ、リゾリン脂質が生成します。リゾリン脂質は元のリン脂質より分子形状と親水・疎水バランスが変わるため、気泡膜や水－油界面で異なる挙動を示します。こうした「リン脂質を別の界面活性成分へ変える」発想は、油脂脱ガムなど食品油脂加工のホスホリパーゼ利用にも共通します^[3]。

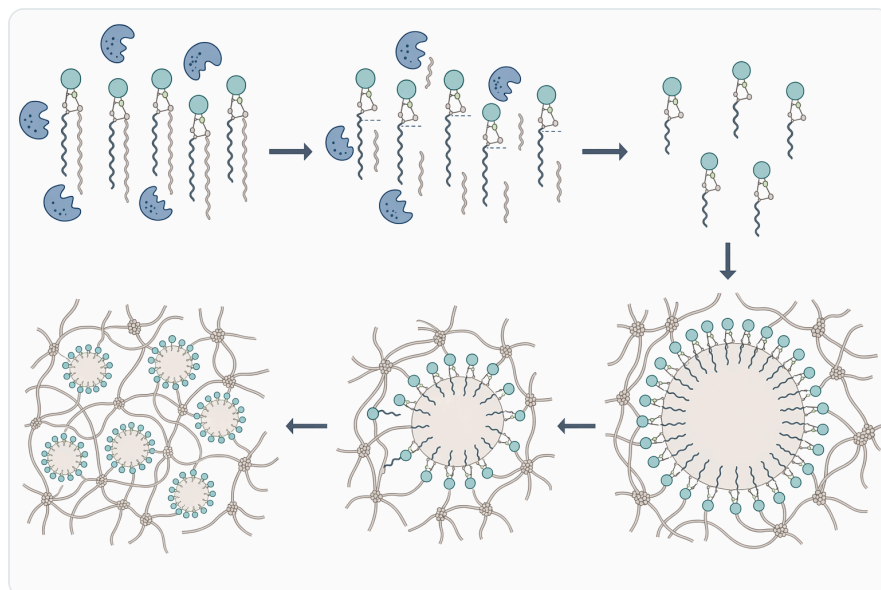


Figure 1. 포스포리파아제는 반죽 계면의 인지질을 더 높은 표면활성을 지닌 지질 산물로 변환하여 기포막을 안정화하는 데 도움을 줍니다.

パン生地では、この生成物が外添乳化剤のように振る舞う可能性があります。特に、グルテン膜とデンプン粒の間、気泡表面、油脂が分散する領域では、少量の界面活性成分でも膜の形成・安定化に影響します。リパーゼ、ホスホリパーゼ、DATEM を比較したバゲット品質に関する研究が存在することからも、脂質改質酵素は従来の乳化剤と同じ品質領域、すなわち体積、内相、食感、外観に関係する改良手段として扱われています^[4]。

グルテンネットワークへの間接的な作用

ホスホリパーゼはグルテンタンパク質を直接架橋する酵素ではありません。したがって、グルコースオキシダーゼのように酸化的にグルテンを強化する酵素や、プロテアーゼのようにタンパク質を分解する酵素とは作用点が異なります。ホスホリパーゼの主作用は脂質側にあり、その結果としてグルテン膜の界面状態が変わり、ガス保持や生地伸びに影響します。

この「間接的なグルテン強化」は実務上重要です。強すぎる生地は成形時に縮みやすく、弱すぎる生地は発酵中にガスを保持できません。ホスホリパーゼによる脂質改質は、タンパク質そのものを大きく変えるのではなく、気泡膜と水相の安定性を通じて、生地伸びと弾性のバランスを整える方向に働きます。製パン酵素改良剤の研究では、小麦粉のレオロジーと最終製品品質が密接に結びつくことが示されており、脂質改質酵素はそのレオロジー制御の一要素です^[1]。

デンプンとクラム構造への波及

焼成後のクラムは、糊化したデンプン、変性したグルテン、脂質、空隙構造から成ります。気泡膜が安定していれば、焼成中の膨張が均一になり、粗い大穴や潰れた内相が起こりにくくなります。ホスホリパーゼの効果は焼成前の生地形成だけでなく、焼成後のクラム粒度、柔らかさ、口どけに

も波及します。

リパーゼ系酵素のベーカリー利用では、脂質由来の反応生成物が乳化剤様に働き、パンの柔らかさやクラム品質に関係することが説明されています^[2]。これは、外添乳化剤を使用する処方と同じ結果を常に保証するものではありませんが、生地内で生成する極性脂質がクラム構造に関与するという点で、実務的な意味があります。

品質項目別に見たホスホリパーゼの寄与

ホスホリパーゼを製パン改良剤として評価する際は、「効いた／効かない」ではなく、どの品質項目にどの方向で寄与したかを分けて見る必要があります。パン体積、クラム、食感、生地ハンドリングは相互に関係しますが、同じ酵素添加でも配合によって出方が異なります。

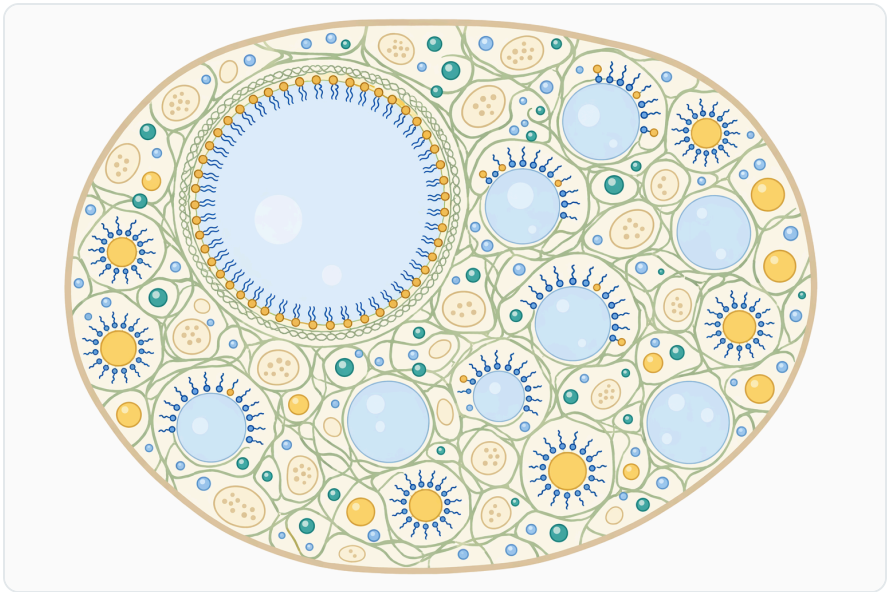


Figure 2. 빵 반죽에는 물·지질·기체·단백질이 만나는 계면이 많이 존재하며, 이곳에서 극성 지질은 가스 보유력과 빵 속결 구조에 영향을 미칩니다.

品質項目	ホスホリパーゼが関与する主な界面・構造	期待される方向性	影響を受けやすい条件
生地ハンドリング	水和グルテン、脂質分散、気泡初期膜	べたつきや脆さの低減、成形時の安定化	吸水、ミキシング強度、油脂量
ガス保持	発酵中の気泡膜、グルテン膜	発酵耐性、窯伸び、体積の安定化	小麦粉タンパク質、発酵時間、塩分
ローフボリューム	気泡膨張、膜の破断抵抗	体積改善、腰折れ抑制への寄与	生地強度、油脂種類、焼成条件

品質項目	ホスホリパーゼが関与する主な界面・構造	期待される方向性	影響を受けやすい条件
クラム構造	気泡分布、デンプン－タンパク質－脂質相	きめの細かさ、均一性、スライシ性	成形、ホイロ、焼成温度
食感	クラムの水分保持、脂質界面	柔らかさ、口どけの改善	糖・油脂配合、保管条件
乳化剤低減設計	外添乳化剤と内生成極性脂質のバランス	乳化剤使用量の低減可能性	目標ラベル、既存乳化剤、粉質

ホスホリパーゼ、リパーゼ、DATEM のような乳化・脂質関連改良剤は、いずれもパン品質に影響し得ますが、作用点は同一ではありません。バゲット品質を対象にリパーゼ、ホスホリパーゼ、DATEM の影響を扱った研究があるように、酵素による脂質改質と従来型乳化剤は、同じ「品質改善」という目的に対して異なる技術経路を取ります^[4]。

他のパン改良手段との違い

ホスホリパーゼを理解するには、アミラーゼ、キシラナーゼ、酸化酵素、外添乳化剤との違いを整理すると実務に落とし込みやすくなります。複数の酵素改良剤を組み合わせた場合、各酵素がデンプン、非デンプン多糖、タンパク質、脂質のどこに作用するかで、生地物性と最終品質が変わります^[1]。

改良手段	主な作用対象	製パン上の主目的	ホスホリパーゼとの関係
ホスホリパーゼ	リン脂質、極性脂質	生地内乳化、ガス保持、クラム改善	脂質界面を工程内で機能化する
一般的なりパーゼ	トリグリセリドなどの脂質	脂質分解による乳化性・風味・食感への影響	基質範囲が異なり、風味影響にも注意が必要
アミラーゼ	デンプン	発酵性糖、焼き色、柔らかさ保持	クラム改良で併用されることがある
キシラナーゼ	アラビノキシランなど	吸水、生地伸展性、体積	生地の水相挙動を変え、脂質界面作用と補完し得る
酸化系酵素	グルテン関連成分など	生地強化、機械耐性	直接的な生地強化と脂質界面安定化の組み合わせ
DATEM など乳化剤	外添界面活性成分	体積、クラム、機械耐性	ホスホリパーゼは内生成乳化成分を利用する点が異なる

この比較で重要なのは、ホスホリパーゼが「乳化剤の完全な代替」と決めつけられるものではない点です。外添乳化剤は配合時点で所定の機能を持つ成分を加える方法であり、ホスホリパーゼは原料中または配合中の脂質を反応によって機能化する方法です。そのため、脂質の量と質が異なる処方では、同じ酵素でも結果が変わります。リパーゼ系酵素の応用では、使用油脂や工程条件によって品質への影響が変化することが説明されています^[2]。

用途別の実務的な見方

食パン・ロールパン

食パンやロールパンでは、体積、均一なクラム、ソフト感、スライス適性が重視されます。ホスホリパーゼは、発酵中のガス保持と焼成中の気泡膜安定化を通じて、ローフボリュームと内相の均一化に寄与します。特に、製品ごとの高さのばらつき、クラムの粗さ、成形時の生地弱さが問題になる場合、脂質界面の改善は検討価値があります^[1]。

ただし、食パンの品質はホスホリパーゼだけで決まりません。小麦粉タンパク質、損傷デンプン、吸水、糖、塩、油脂、乳化剤、発酵時間、焼成プロファイルが相互に関わります。ホスホリパーゼはその中で、脂質を介して生地膜を安定化する役割を持ちます。リパーゼ系酵素がグルテンネットワークとパン体積に寄与するという説明は、この実務的な見方と整合します^[2]。

バゲット・リーンブレッド

バゲットのようなリーン配合では、油脂や糖が少ないため、生地の発酵耐性、クラストとクラムのバランス、気泡の開き方が重要になります。リパーゼ、ホスホリパーゼ、DATEM がバゲット品質に与える影響を扱った研究があることは、脂質関連改良がリッチ配合だけでなく、リーンブレッドでも品質項目に関与し得ることを示しています^[4]。

リーン配合では、過度に細かいクラムを求めるのではなく、製品コンセプトに応じて内相の開き、クラストの薄さ、噛み切りやすさを設計します。ホスホリパーゼの役割は、極端に生地を締めることではなく、発酵中の膜破断を抑え、窯伸びの再現性を支える方向で考えると実務に適合しやすくなります。

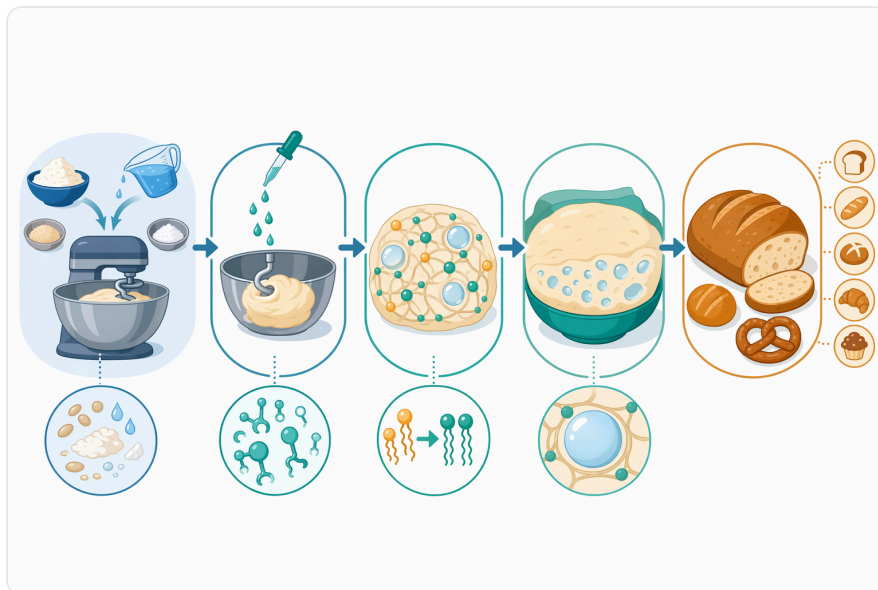


Figure 3. 포스포리파아제는 반죽 혼합, 발효, 최종 발효, 그리고 굽는 동안 빵 구조가 고정되기 전의 초기 가열 단계에서 작용합니다.

無塩・減塩パン

塩は風味だけでなく、グルテンの締まり、発酵速度、生地粘弾性に影響します。無塩または減塩パンでは、生地が緩みやすく、発酵管理が難しくなることがあります。無塩パンの品質改善を目的とした酵素組成に関する研究があるように、塩分条件が変わる場合には、酵素改良剤の組み合わせが品質安定化の選択肢になります^[5]。

ホスホリパーゼは塩の機能を直接置き換えるものではありませんが、脂質界面を整えることでガス保持やクラム形成を支援できます。減塩処方では、味、発酵、物性の三つが同時に変わるため、ホスホリパーゼは単独の解決策ではなく、酵素、粉質、発酵条件を含む処方設計の一部として扱う必要があります。

蒸しパン・中華まん系製品

蒸しパンや中華まん系製品では、焼成パンのような強いクラスト形成が起こりにくく、白さ、表面の滑らかさ、内相の細かさ、弾力、口どけが品質評価の中心になります。蒸しパン系の構造改善では、澱粉・タンパク質・多糖類・脂質の相互作用が大きく、近年も蒸しパンの構造特性に関する研究が行われています^[6]。

ホスホリパーゼは、蒸し工程で直接クラストを作るわけではありませんが、加熱前の生地膜と脂質分散を整えることで、蒸し上がりの内相やボリュームに関与し得ます。焼成パンより水分が高く、油脂や糖の設計も異なるため、食パンと同じ感覚ではなく、蒸し製品特有の柔らかさ、白さ、弾力とのバランスで考えることが重要です。

グルテンフリー・複合粉製品への示唆

ホスホリパーゼは小麦パンでの利用が中心ですが、製パン品質は小麦グルテンだけでなく、ハイドロコロイド、デンプン、タンパク質代替素材、脂質の組み合わせでも変化します。グルテンフリーのバターやパンでは、ハイドロコロイドの組み合わせが構造と品質に相乗効果を持つことが研究されています^[7]。

この知見は、ホスホリパーゼがグルテンフリー製品で常に有効であることを意味しません。しかし、グルテンネットワークが弱い、または存在しない系では、気泡膜や水相構造の安定化がさらに重要になります。脂質界面を制御するホスホリパーゼは、ハイドロコロイドやタンパク質素材と組み合わせて検討される可能性があります、処方依存性は小麦パン以上に大きいと考えるべきです。

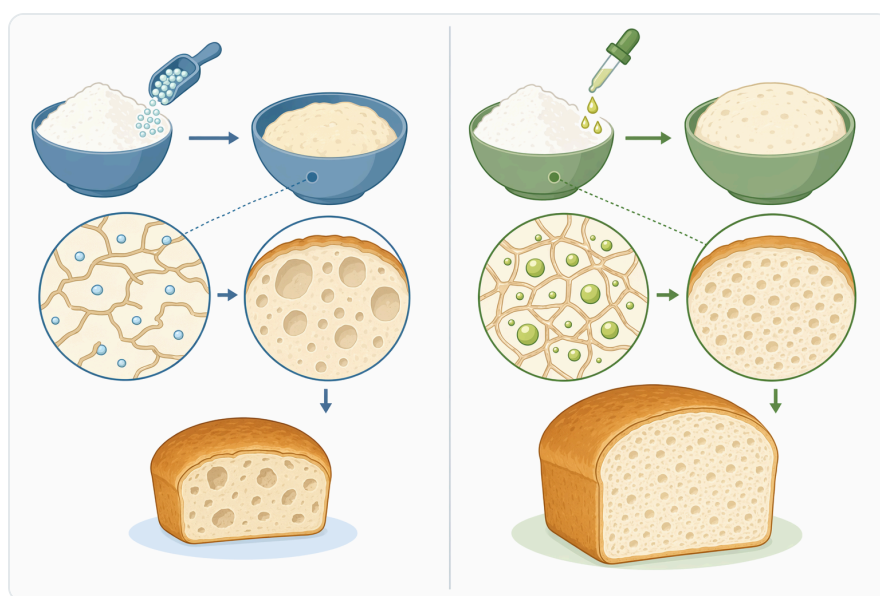


Figure 4. 포스포리파아제는 주로 전분, 섬유성 다당류, 중성지방이 아니라 극성 인지질을 표적으로 한다는 점에서 아밀라아제, 자일라나아제, β -글루카나아제, 리파아제와 다릅니다.

小麦粉ロットと脂質組成が結果を左右する理由

小麦粉中の脂質量は多くありませんが、そのうち極性脂質は製パン性に対して大きな影響を持ちます。小麦そのものにもホスホリパーゼ A 関連遺伝子が存在し、パンコムギの脂質含量やストレス応答との関係を扱った研究が報告されています^[8]。これは、製パン用に添加するホスホリパーゼの効果を示すものではありませんが、小麦の脂質代謝が品種・環境・生理条件と結びついていることを示す背景情報になります。

実務上は、同じ酵素を使っても、小麦粉ロットが変わると反応できる脂質の量と種類、生地中での分散状態、タンパク質との相互作用が変わります。高タンパク粉で強すぎる生地、低タンパク粉で弱い生地、損傷デンプンが多い粉、吸水が高い粉では、ホスホリパーゼによる界面改質の見え方が異なります。したがって、ホスホリパーゼは小麦粉の欠点を一律に消すものではなく、粉質に応じて生地構造を調整する酵素として捉える必要があります。

乳化剤低減設計での使い方の考え方

ホスホリパーゼが注目される理由の一つは、外添乳化剤の一部低減を検討できる点です。DATEM、モノグリセリド、SSLなどの乳化剤は、製パンで長く使われてきた機能性素材です。一方、ホスホリパーゼは、配合中のリン脂質を反応させて乳化剤様の成分を生地内で生成するため、ラベル設計や処方簡素化を考える際に選択肢になります^[4]。

ただし、「ホスホリパーゼを使えば乳化剤を必ずゼロにできる」という理解は避けるべきです。外添乳化剤は添加量、種類、作用タイミングが比較的明確であるのに対し、ホスホリパーゼは基質となる脂質が生地内にどの程度あり、どのように分散しているかに左右されます。油脂が少ない配合、リン脂質基質に限られる配合、既に強い乳化剤が入っている配合では、効果の出方が異なります。

乳化剤低減を考える場合、ホスホリパーゼの価値は「置換」だけではなく、「既存乳化剤の働きを補完し、少ない添加設計でも必要な生地安定性を得やすくする」点にもあります。リパーゼ系酵素がパンの柔らかさ、クラム品質、乳化機能に関係するという説明は、この補完的な使い方を理解するうえで有用です^[2]。

他の酵素との組み合わせ

製パン酵素は単独で使われることもありますが、工業的なパン改良では複数の酵素が組み合わせられることが一般的です。アミラーゼはデンプンを対象にし、発酵性糖やクラム柔らかさに関係します。キシラナーゼはアラビノキシランを介して吸水や生地伸展性に影響します。酸化系酵素は生地強度や機械耐性に関係します。ホスホリパーゼはこれらとは異なり、脂質界面を主な作用点とします^[1]。

組み合わせで重要なのは、各酵素の作用が互いに補完的か、過剰に同じ品質方向へ寄りすぎていないかです。たとえば、生地を強くする方向の改良が重なると、成形時の伸びが不足することがあります。逆に、生地を柔らかくする方向の改良が重なると、発酵中のだれや腰折れにつながる場合があります。ホスホリパーゼは脂質界面の安定化を通じて働くため、デンプン系、非デンプン多糖系、酸化系の酵素とは作用点を分けて考えると設計しやすくなります。

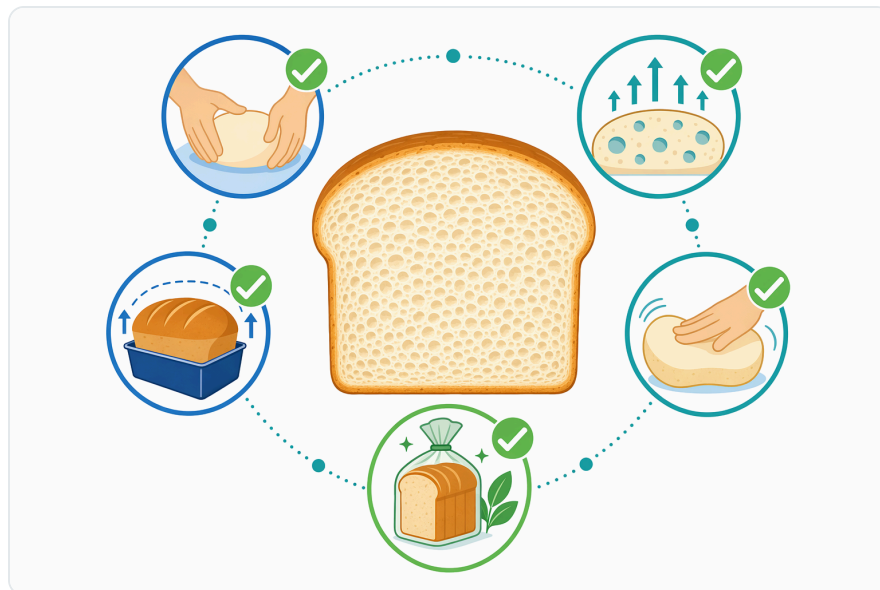


Figure 5. 기대되는 주요 빵 품질 개선 효과는 배합이 잘 맞는 경우 반죽 내성 향상, 가스 보유력 개선, 더 큰 빵 부피, 더 고운 속결, 더 부드러운 식감입니다.

無塩パンの品質改善に酵素組成が検討されているように、塩、糖、油脂、粉質、発酵条件が通常と異なる製品では、単一成分ではなく複合的な改良設計が必要になります^[5]。ホスホリパーゼは其中で、乳化と気泡膜安定化を担当する要素として位置づけられます。

過剰な期待を避けるための限界理解

ホスホリパーゼの効果は、基質となるリン脂質が存在し、酵素が生地中で適切に分散し、反応時間と水分が確保されることで発現します。そのため、非常に短い工程、極端に低水分の生地、脂質分散が不均一な工程では、期待した効果が見えにくくなる可能性があります。リパーゼ系酵素のベーカーリー応用でも、油脂の種類や工程条件を考慮する必要があると説明されています^[2]。

また、脂質を分解する酵素である以上、風味への配慮も必要です。油脂を多く含むリッチ配合では、脂質分解によって風味のバランスが変わる可能性があります。望ましいソフト感やクラム改良が得られても、バター風味、乳風味、ナッツ様風味、油脂の後味が変化すれば、製品としては適さない場合があります。ホスホリパーゼは品質改善の道具ですが、食感と風味の両方を見て評価すべき酵素です。

さらに、ホスホリパーゼは製パン上のすべての欠陥を解決するものではありません。発酵過多による酸味、酵母量の不適合、ミキシング不足、焼成不足、粉のタンパク質不足、吸水設計の誤りは、酵素だけでは補正しきれません。酵素改良剤の研究が示すように、最終品質は小麦粉物性と工程条件の複合結果であり、ホスホリパーゼは其中的脂質界面に働く一手段です^[1]。

安全性と取り扱い

食品酵素は食品加工に広く利用されていますが、酵素タンパク質であるため、粉じんの吸入や皮膚・眼への接触には注意が必要です。ホスホリパーゼ活性を含む食品酵素については、安全性評価を扱った公開文献もあり、食品用途の酵素は由来、製造菌株、用途、ばく露の観点から評価されます^[9]。

製パン現場での基本は、開封、計量、混合時に粉じんを抑え、作業者が吸入しないように扱うことです。皮膚や眼への直接接触も避け、作業環境に合わせた保護具を用います。Enzymes.bio からオンライン購入される製品には注文時に SDS が提供されるため、社内の安全手順、保管手順、作業教育に沿って参照できます。

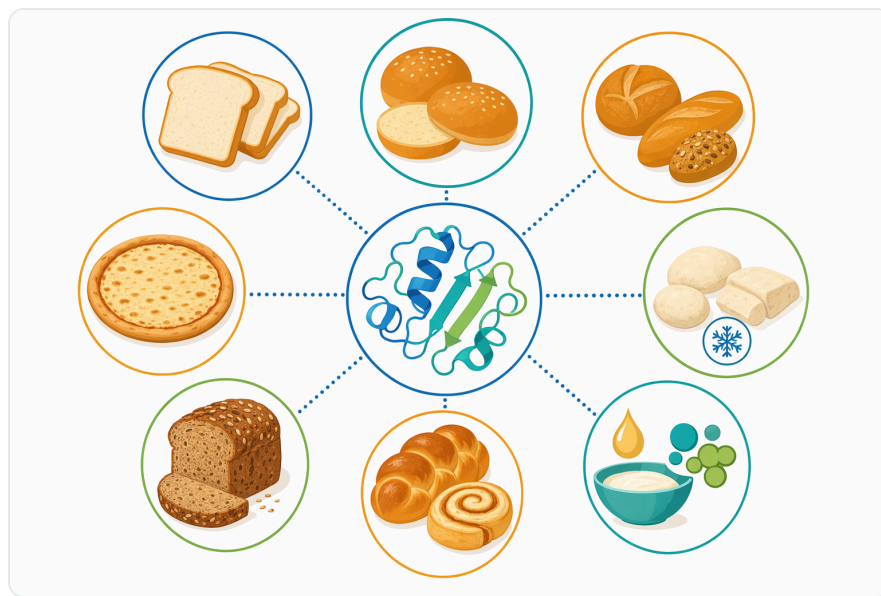


Figure 6. 포스포리파아제는 밀가루 지질, 레시틴, 달걀, 유제품 원료, 통곡물 분획, 유지종자 원료처럼 인지질 기질을 제공하는 배합에서 가장 유용합니다.

保管では、酵素がタンパク質であることを踏まえ、密封、乾燥、涼しい環境、直射日光の回避が基本になります。開封後に高温多湿へ長時間さらすと、粉体の状態や酵素品質が変化する可能性があります。製パン用酵素は工程内で少量使用される機能性素材であるため、保管状態の乱れは生地品質のばらつきとして現れやすくなります。

Enzymes.bio での供給形態

Enzymes.bio は Phospholipase Enzymes As Bread Making Improver を 1 kg 単位でオンライン直接販売しています。製品は、パン改良剤としての使用を想定した供給形態であり、製パン会社、プレミックス関連企業、食品開発部門、ベーカリー製品メーカーが、既存処方へ組み込むための酵素素材として購入できます。

ここでの Enzymes.bio の役割は、製品をオンラインで供給することです。製造業者や研究所として試験を代行する立場ではありません。製品理解において重要なのは、ホスホリパーゼの一般的な作用機序、製パン上の品質項目、配合依存性、取り扱い上の注意を把握したうえで、各社の工程と製品目標に合わせて使うことです。

まとめ：ホスホリパーゼは「生地内乳化」を設計する製パン酵素

Phospholipase Enzymes As Bread Making Improver は、パン生地中のリン脂質を改質し、リゾリン脂質などの界面活性を持つ成分を生じさせることで、生地安定性、ガス保持、ローフボリューム、クラムの均一性、柔らかさに寄与する製パン用酵素です。外添乳化剤を増やす方法とは異なり、配合中の脂質を工程内で機能化する点に技術的特徴があります。

科学的には、ホスホリパーゼはリン脂質を対象にする酵素であり、油脂加工分野でもリン脂質改質に利用されています。製パンでは、この反応が気泡膜、グルテン膜、水相、脂質相の界面安定化として現れ、パン品質に影響します^[3]。

一方で、効果は小麦粉ロット、油脂の種類、吸水、ミキシング、発酵、焼成条件に依存します。したがって、ホスホリパーゼは「必ず体積を増やす添加剤」や「乳化剤を完全に置換する成分」ではなく、脂質界面を制御して製パン品質を安定化させる実用的な酵素ツールとして扱うのが適切です^[2]。

Phospholipase Enzymes As Bread Making Improver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。

[Phospholipase Enzymes As Bread Making Improver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. Lensky, N., Saidov, A., Kalitka, D., Eseeva, G., & Balguzhinova, Z. (2024). Study of industrial enzyme improvers of the rheological properties of baking flour and the quality of finished products. *BIO Web of Conferences*.
2. Role And Application Of Lipase In Bakery Products. *Labinsights*.

3. Chen, L., Gao, Y., He, M., Liu, Y., Teng, F., & Li, Y. (2024). Magnetic nanoparticles-immobilized phospholipase LM and phospholipase 3G: Preparation, characterization, and application on soybean crude oil degumming. *International Journal of Biological Macromolecules*, 279 Pt 3, 135368 .
4. Effects Of Lipase Phospholipase And Datem On Some Qualitycharacteristics Of Bugget.Pdf. *Scholarsresearchlibrary*.
5. Пономарева, Е. И., Лукина, С. И., & Кривошеев, А. (2019). USE OF ENZYME COMPOSITIONS TO IMPROVE THE QUALITY OF NO-SALT BREAD. *Известия вузов. Пищевая технология*.
6. Zhang, Y., Bai, Z., Xi, X., Yang, K., Yue, C., Li, P., Zhang, K., ... et al. (2025). Influence of long-chain inulin phosphate monoester on structural and antidiabetic characteristics of red kidney bean steamed bread. *International Journal of Biological Macromolecules*, 141965 .
7. Parsamajd, M., Fazaeli, M., Majdinasab, M., & Golmakani, M. (2025). Synergistic Effects of Hydrocolloid Combinations on Gluten - Free Batter and Bread Characteristics. *Food Science & Nutrition*, 13.
8. Madhawan, A., Kumar, P., Sharma, P., Godara, M., Das, D., Bhandawat, A., Bhunia, R., ... et al. (2025). Genome-wide identification of phospholipase A genes and effect on lipid content under abiotic stress in bread wheat (Triticum aestivum L.). *Plant Physiology Reports*, 30, 796 - 807.
9. Dungen, M. W., Galano, M., Vondervoort, P. J., Kooi, I., Bruine, A., Peij, N. V., & Abbas-Lindfors, H. E. (2025). Safety evaluation of a food enzyme containing phospholipase activity produced by a strain of Fusarium commune. *Food and Chemical Toxicology*, 115484 .

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。