

# Dough Improver Enzyme – Maltogenic Amylase Powder (CAS 9000-92-4) : 製パン・澱粉系食品の老化抑制と食感維持

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

**Dough Improver Enzyme – Maltogenic Amylase Powder** は、パン、バンズ、ロールパン、米粉製品などで、焼成後のクラム硬化を遅らせる目的で使われるマルトジェニックアミラーゼ粉末です。澱粉鎖に作用してマルトースや短鎖オリゴ糖を生じさせ、保存中にアミロペクチン鎖が再会合しにくい状態へ近づけることで、柔らかさとしっとり感の維持に寄与します。Enzymes.bio は本製品の製造業者・研究機関ではなく、1 kg 単位でオンライン販売する酵素供給業者であり、注文時に CoA と SDS が併せて提供されます。

## 製品の位置づけ：製パン用のマルトジェニックアミラーゼ粉末

Dough Improver Enzyme – Maltogenic Amylase Powder は、製パン・澱粉加工食品における「焼成後の硬化」「パサつき」「流通中の食感低下」を抑えるための酵素素材です。マルトジェニックアミラーゼは、澱粉の  $\alpha$ -1,4 グリコシド結合を中心に加水分解し、比較的短い糖鎖やマルトースを生成するアミラーゼ系酵素として扱われます。パン用途では、発酵中の糖供給だけでなく、焼成後の澱粉老化を調整する点が特に重要です。パンの保存性を延ばす用途でマルトジェニックアミラーゼを発現・評価した研究もあり、同酵素が製パン分野で実用的に検討されていることが示されています<sup>[1]</sup>。

Enzymes.bio は、この酵素をオンラインで購入できる供給形態として提供します。製品は 1 kg 単位で販売され、オンライン注文後に配送手続きが進みます。注文時には CoA（試験成績書）と SDS（安全データシート）が併せて提供されるため、受領後の社内記録、保管、安全管理に利用できます。なお、Enzymes.bio は製造業者ではないため、本稿では製造工程、独自分析法、活性単位の定義、製造由来株の詳細な保証など、メーカーに属する情報として誤認され得る表現は扱いません。

# マルトジェニックアミラーゼが解決する品質課題

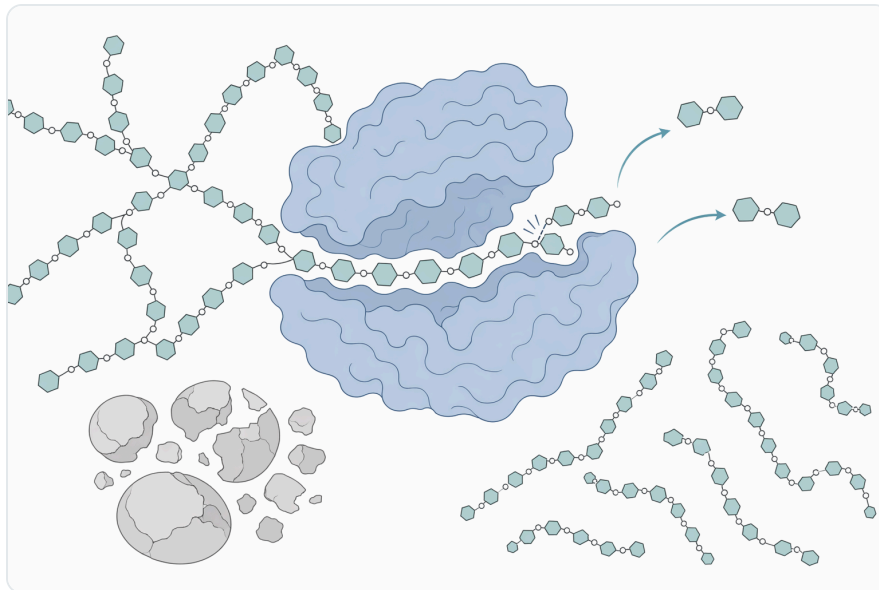
## 焼成後にパンが硬くなる主因：澱粉老化

焼きたてのパンが柔らかいのは、焼成中に澱粉が水を吸って糊化し、グルテンやその他の構成成分とともにクラムを形成するためです。しかし冷却後、糊化した澱粉分子は時間とともに再び規則的な配列へ戻ろうとします。この現象が澱粉のレトログラデーション、つまり老化です。特にアミロペクチン側鎖の再結晶化は、保存中のクラム硬化に強く関与します。マルトジェニックアミラーゼは、澱粉鎖を部分的に短くすることで、この再会合の進行を緩やかにし、パンの硬化を遅らせる目的で用いられます。パンの保存性延長を目的としたマルトジェニックアミラーゼの応用研究は、この酵素が単なる糖化酵素ではなく、テクスチャー維持のための実用酵素であることを示しています[1]。

この「老化抑制」は、防腐効果とは異なります。マルトジェニックアミラーゼはカビや細菌を直接殺す保存料ではなく、主に澱粉構造の変化を通じて物性変化を遅らせる酵素です。したがって、製品の消費期限や衛生安定性は、包装、冷却条件、水分活性、pH、製造衛生、流通温度などと分けて考える必要があります。酵素で改善できるのは、主として「食べたときの柔らかさ」「クラムのしっとり感」「老化由来のパサつき」の領域です。

## 流通・保管後の食感ばらつき

量産製パンでは、焼成直後の品質だけでなく、出荷後、店頭、消費時点での品質が重要です。クラムが早く硬くなると、同じ配合・同じ焼成条件でも、販売時点の食感が安定しません。マルトジェニックアミラーゼは、澱粉鎖長分布を変化させることで、保存中に硬いネットワークが形成される速度を抑える設計に使われます。Lactobacillus plantarum 由来マルトジェニックアミラーゼを発現・性状解析し、パンの保存性延長へ応用した研究は、この酵素が焼成品の経時品質に直接関係することを示す一例です[1]。



**Figure 1.** 말토제닉 아밀레이스는 젤라틴화된 전분, 특히 아밀로펙틴을 변형해 빵의 노화를 늦추며, 저장 중 빵 속질 구조가 더 천천히 재결정화되도록 합니다.

ただし、効果は配合全体の中で決まります。小麦粉の損傷澱粉量、吸水、糖、油脂、乳化剤、酸化還元系素材、発酵時間、焼成温度、冷却速度、包装の水分保持性が変われば、同じ酵素でも仕上がりは変化します。酵素は単独で最終品質を決める材料ではなく、澱粉・タンパク質・水・熱履歴の相互作用を調整する要素として位置づけるのが実務的です。

## 発酵性、焼き色、香りへの間接的寄与

マルトジェニックアミラーゼの主目的は老化抑制ですが、澱粉からマルトースや短鎖糖を生じさせるため、発酵や焼成中の褐変にも間接的に関わる可能性があります。酵母が利用できる糖が増えると発酵挙動に影響し、還元糖の存在はメイラード反応や焼き色にも影響します。ただし、甘味パンや菓子パンのように砂糖、乳成分、卵、油脂を多く含む配合では、酵素由来糖の寄与は全体の一部にとどまります。製パン用  $\alpha$ -アミラーゼの研究では、熱安定性やマルトトリオース生成能を改良してパン製造への適性を高める試みも報告されており、糖生成パターンと焼成適性が重要な設計対象であることが分かります<sup>[2]</sup>。

## 作用機序：澱粉鎖を短くし、再結晶化を遅らせる

### 澱粉の構造とクラム硬化の関係

パン生地中の澱粉は、主に直鎖状のアミロースと分岐状のアミロペクチンから構成されます。焼成中、澱粉粒は水を吸収して膨潤し、糊化します。焼き上がり直後は、糊化澱粉とタンパク質ネットワークが水を保持し、柔らかいクラムを形成します。しかし保存中には、アミロースが比較的早く

再配列し、その後アミロペクチン側鎖の再結晶化が進みます。この後者の過程が、数時間から数日スケールで感じられるパンの硬化に関係します。

マルトジェニックアミラーゼは、長い澱粉鎖を完全に分解し尽くすのではなく、焼成食品の構造を保ちながら、老化しやすい鎖長を部分的に短くする点に価値があります。生成される短鎖糖やオリゴ糖は、元の長鎖澱粉ほど規則的に再会合しにくく、クラム硬化の速度を下げる方向に働きます。Bacillus stearothermophilus 由来マルトジェニックアミラーゼでは、マルトース勾配を利用したバイオセンサー型ハイスループットスクリーニングによる指向性進化研究が報告されており、マルトース生成能がこの酵素群の機能評価で重要な指標として扱われていることが分かります<sup>[3]</sup>。

## 焼成工程でいつ働くのか

粉体の状態では、澱粉も酵素も水の少ない環境にあり、反応は限定的です。酵素が実質的に働きやすくなるのは、ミキシングで水が加わり、生地中に酵素が分散し、発酵や焼成初期で澱粉が水和・膨潤し始める段階です。焼成中に温度が上がると、澱粉はより酵素の基質としてアクセスされやすい状態になりますが、さらに温度が上がると酵素タンパク質は失活に向かいます。したがって、製パン用酵素では「焼成前から焼成初期に十分働き、最終製品中では過剰反応し続けられない」温度挙動が重要です。製パン向け  $\alpha$ -アミラーゼの研究で熱安定性と糖生成能が同時に改良対象とされるのは、この工程適性が品質に直結するためです<sup>[2]</sup>。

過剰反応は避ける必要があります。澱粉が必要以上に分解されると、クラムが粘つく、腰折れする、スライス性が低下する、甘味や焼き色が想定以上に強くなるといった問題が起こり得ます。マルトジェニックアミラーゼは老化抑制に有用ですが、構造を作る澱粉まで過度に弱めると逆効果になります。つまり、実務上の目標は「澱粉を壊すこと」ではなく、「老化に関与する鎖長分布を、製品構造を保てる範囲で調整すること」です。

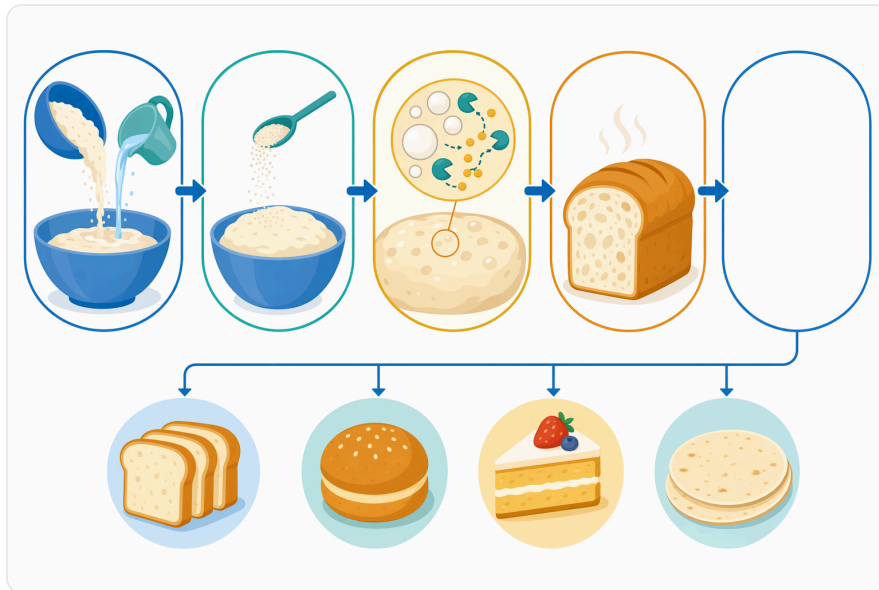


Figure 2. 이 효소는 베이킹 중 전분이 수화되고 젤라틴화될 때 가장 효과적이며, 이후 전분 사슬에 가한 변화가 냉각과 저장 과정에서 빵 속질의 식감에 영향을 줍니다.

## 酵素の由来や構造が性能差につながる理由

同じマルトジェニックアミラーゼと呼ばれても、由来生物、アミノ酸配列、立体構造、熱挙動、基質選択性、生成糖組成は同一ではありません。Geobacillus 由来マルトジェニックアミラーゼのアロステリック性を扱った研究は、この酵素群が単純な一基質一反応のモデルだけでは説明しきれない調節的性質を持ち得ることを示しています<sup>[4]</sup>。実務的には、酵素名が同じでも、パン生地中での反応速度、焼成初期の作用時間、生成糖の比率、最終テクスチャーへの影響は製品ごとに変わる可能性があります。

このため、マルトジェニックアミラーゼは、一般的な  $\alpha$ -アミラーゼや  $\beta$ -アミラーゼと同列に「澱粉を分解する酵素」とだけ理解すると不十分です。製パンで重視されるのは、単に糖を増やすことではなく、焼成後の老化挙動を制御できるかどうかです。特に、日持ちさせたい食パン、バンズ、ロールパン、冷凍・再加熱を経る製品では、この違いが品質に表れやすくなります。

## 製パン酵素の中での位置づけ

製パンでは、複数の酵素が異なる対象に作用します。マルトジェニックアミラーゼは澱粉老化の制御に強みを持ちますが、グルテン改質、アラビノキシラン分解、油脂様機能の補助、風味前駆体生成などは別の酵素領域です。近年は、キシラーナーゼなどをベーカリー用途へ応用するためのバイオエンジニアリング研究も進んでおり、製パン酵素は「1種類で全てを解決する素材」ではなく、対象成分ごとに役割を分担する技術群として扱われています<sup>[5]</sup>。

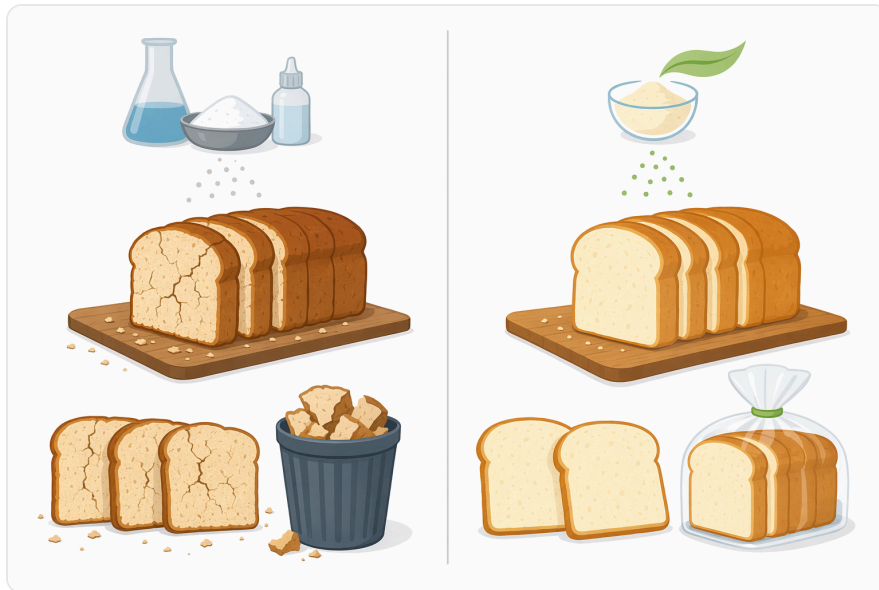
酵素タイプ	主な基質	製パンでの主な狙い	マルトジェニックアミラーゼとの違い
マルトジェニックアミラーゼ	糊化・水和した澱粉鎖	焼成後のクラム硬化抑制、しっとり感維持	澱粉老化の制御が中心。過度な液化よりも鎖長調整が重要
一般的な $\alpha$ -アミラーゼ	澱粉、デキストリン	発酵性糖の供給、生地膨張、焼き色補助	糖生成や粘度低下に寄りやすく、老化抑制効果は酵素特性に依存
$\beta$ -アミラーゼ	澱粉非還元末端側	マルトース生成、発酵性糖の補助	末端から作用する性質が中心で、焼成後老化抑制の主役とは限らない
キシラナーゼ	小麦中のアラビノキシラン	生地の扱いやすさ、体積、クラム構造の改善	澱粉ではなく細胞壁多糖に作用し、老化抑制とは別経路
プロテアーゼ	グルテンタンパク質	生地の伸展性調整、加工性改善	使い方を誤ると生地骨格が弱くなる。澱粉老化制御とは異なる

$\beta$ -アミラーゼや  $\alpha$ -アミラーゼも食品酵素として安全性評価の対象になっており、酵素ごとに由来、製造株、用途、摂取推定、アレルギー性などが検討されます。欧州の食品酵素評価文書では、 $\alpha$ -アミラーゼや  $\beta$ -アミラーゼについて個別の生産株・用途に基づく安全性評価が行われており、酵素の安全性は一般名だけで一括判断されるものではないことが分かります<sup>[6][7]</sup>。

## 用途別の考え方

### 食パン、ロールパン、バンズ

食パン、ロールパン、ハンバーガーバンズ、ホットドッグバンズでは、焼成後数時間から数日後の柔らかさが商品価値に直結します。これらの製品はクラム比率が高く、消費者が「硬い」「パサつく」と感じやすいため、澱粉老化を抑える酵素設計の効果が出やすい領域です。マルトジェニックアミラーゼをパンの保存性延長へ応用した研究は、こうした製品群で狙われる品質改善と一致します<sup>[1]</sup>。



**Figure 3.** 제빵 효소는 작용하는 기질에 따라 다르며, 말토제닉 아밀레이스는 전분의 노화를 억제하는 데 초점을 맞추는 반면 자일라나아제, 리파아제, 프로테아제, 일반 아밀레이스는 반죽이나 빵 속질의 다른 기능에 영향을 줍니다.

この用途では、単純な膨らみだけでなく、スライス時の崩れにくさ、包装内でのしっとり感、トースト後の食感も評価対象になります。老化抑制が強すぎると、柔らかさは出てもクラムが粘る場合があります。逆に作用が弱すぎると、焼成直後の品質差は小さくても、流通後の硬化を抑えきれません。したがって、マルトジェニックアミラーゼは、日配パンや包装パンで「経時品質」を設計するための中心的な酵素として考えられます。

### 甘味パン、菓子パン、リッチ生地

甘味パンや菓子パンでは、砂糖、油脂、卵、乳成分、フィリングが食感に大きく影響します。油脂や糖はそれ自体が老化を遅らせる方向に働くため、マルトジェニックアミラーゼの効果はリーンな食パンほど単純には見えない場合があります。一方で、保存中のクラム硬化や口どけ低下が問題になる製品では、澱粉鎖長の調整により柔らかさの維持を補助できます。製パン向け  $\alpha$ -アミラーゼで糖生成特性や熱安定性を改良する研究は、リッチ生地でも糖供給と焼成適性のバランスが重要であることを示唆します<sup>[2]</sup>。

甘味パンでは、酵素による糖生成が焼き色や香りに寄与する可能性がありますが、配合中の砂糖量が多い場合はその影響が相対的に小さくなります。むしろ注意すべきは、フィリングの水分移行、油脂によるクラム構造の変化、包装後の水分再分配です。マルトジェニックアミラーゼは、これら全てを制御する素材ではありませんが、澱粉老化に由来する硬化を緩める要素として組み込むことができます。

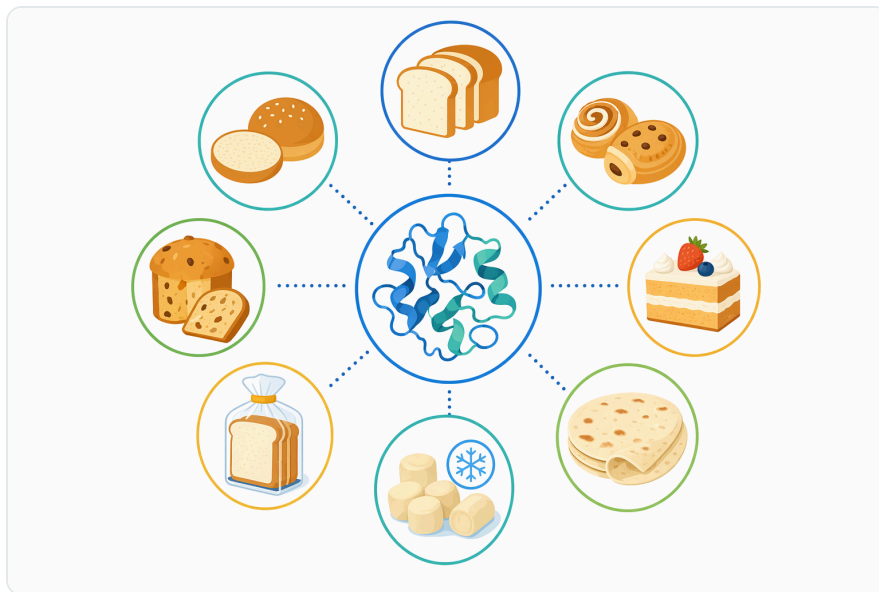
## 冷凍生地、パーベイク、再加熱製品

冷凍生地やパーベイク製品では、冷凍・解凍・再加熱の過程で澱粉とタンパク質の構造が変化します。焼成後に再加熱される製品では、消費時点で柔らかさを取り戻せるかどうか品質評価に関わります。マルトジェニックアミラーゼは、焼成後の澱粉再結晶化を遅らせる方向に働くため、冷凍・再加熱を含む製品設計でも検討される酵素です。酵素の効果は熱履歴に依存するため、焼成初期にどの程度作用し、その後どの段階で失活するかが重要になります<sup>[2]</sup>。

この用途では、冷凍耐性そのものを酵素だけで解決できるわけではありません。氷結晶による細胞構造やグルテン構造の損傷、解凍時の水分移動、再加熱時の表面乾燥なども品質を左右します。マルトジェニックアミラーゼは、これらのうち主に澱粉老化に関する部分を調整する酵素として理解するのが適切です。

## 米粉パン、米粉ケーキ、グルテンフリー焼成品

米粉パンや米粉ケーキでは、小麦グルテンがない、または少ないため、構造形成は澱粉糊化、タンパク質、増粘多糖、乳化剤、油脂、水分設計に強く依存します。澱粉主体である点では、マルトジェニックアミラーゼの作用対象が明確ですが、小麦パンと同じように効果が現れるとは限りません。グルテンネットワークがない製品では、澱粉分解が少し強く出るだけでも、ゲル強度や保形性に影響しやすいからです。



**Figure 4.** 말토제닉 아밀레이스는 저장 후에도 부드러움, 탄력, 슬라이스감 또는 접힘성을 유지해야 하는 베이커리 제품에서 특히 중요합니다.

それでも、米粉や澱粉ベースの食品では、保存中の硬化やボソつきが重要な課題になります。マルトジェニックアミラーゼは、アミロペクチン側鎖の再会合を抑える方向に働くため、グルテンフリー製品でも老化制御の選択肢になります。パンの保存性延長を目的としたマルトジェニックアミラ

ーゼ研究は、小麦パンだけでなく、澱粉主体食品の物性設計にも応用可能な考え方を提供します [1]。

## 澱粉ゲル、フィリング、再加熱食品

マルトジェニックアミラーゼの価値は、パンだけに限られません。澱粉を主成分とするゲル、フィリング、冷蔵デザート、再加熱惣菜、米飯加工品などでも、保存中の硬化、離水、口どけ低下が問題になることがあります。酵素を使って澱粉鎖長を調整すれば、ゲルの硬化速度や再加熱後の食感を変えられる可能性があります。ただし、パンとは水分量、pH、加熱時間、糖濃度、脂質の有無が異なるため、作用の出方は個別の食品マトリックスに依存します。

食品産業では、酵素を固定化して反応制御や再利用性を高める研究も進んでいますが、製パン用粉末酵素の使い方とは目的が異なります。固定化酵素の食品応用を扱うレビューは、酵素技術が多様な食品加工へ広がっていることを示す一方、各用途で反応環境とプロセス設計が重要であることも示しています [8]。

## 配合・工程で注意すべき実務ポイント

### 均一分散が品質安定の前提

粉末酵素は、少量でも製品物性に影響するため、生地中に偏在するとロット内で食感差が出やすくなります。プレミックス、粉体ブレンド、生地ミキシングのいずれの段階で投入する場合でも、酵素が粉体全体へ均一に分散することが重要です。局所的に濃く存在すると、その部分だけ澱粉分解が進み、クラムの粘つきや気泡構造の乱れにつながる可能性があります。

### 吸水と糊化状態が反応性を左右する

酵素反応には水が必要です。吸水が低い生地、油脂や糖が多く水分活性が下がる配合、加熱時間が短い製品では、澱粉が酵素にとって利用しやすい状態になる時間が限られます。一方、水分が多く、加熱中に澱粉が十分膨潤する製品では、反応が現れやすくなります。したがって、マルトジェニックアミラーゼの効果は、酵素そのものだけでなく、粉の損傷澱粉量、吸水、発酵、焼成温度曲線と一体で評価する必要があります。

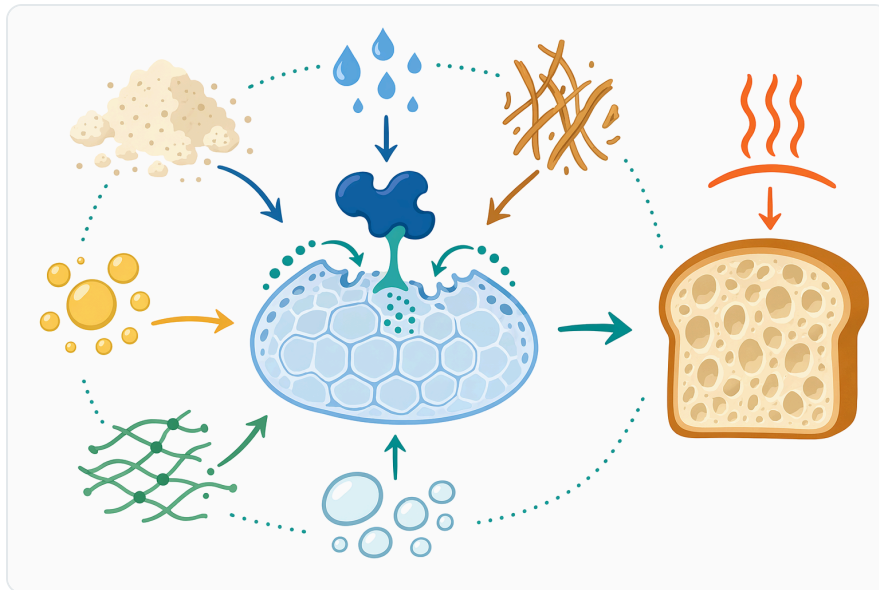


Figure 5. 말토제닉 아밀레이스의 성능은 밀가루 조성, 수화 정도, 열 이력, 배합 원료, 베이킹 중 전분의 물리적 접근성에 따라 달라집니다.

## 他の酵素との併用では役割を分ける

製パン改良では、マルトジェニックアミラーゼに加え、キシラナーゼ、リパーゼ、グルコースオキシダーゼ、プロテアーゼなどが併用されることがあります。キシラナーゼはアラビノキシランを変化させ、生地的气体保持やクラム構造に影響します。マルトジェニックアミラーゼは澱粉老化を中心に制御します。両者は作用対象が異なるため、同時に使う場合でも「体積を出す酵素」「老化を遅らせる酵素」「生地を扱いやすくする酵素」といった役割分担を明確にする必要があります。ベーカリー向けキシラナーゼの研究は、澱粉以外の多糖を標的にした酵素改良が製パン品質に関わることを示しています<sup>[5]</sup>。

## 過剰作用による品質低下を避ける

マルトジェニックアミラーゼは、適切に使えば柔らかさ維持に有効ですが、澱粉分解が強すぎると逆効果になります。典型的には、クラムの粘着、スライス時の刃付き、腰折れ、過度な湿り感、焼き色の過剰、口どけの不自然さが問題になります。老化を抑えるためには澱粉鎖を短くする必要がありますが、パンの骨格を支える澱粉ゲルまで弱めると、製品の形状保持性が落ちます。酵素の性能差は由来や構造特性にも左右されるため、同じ名称の酵素でも実際の挙動は完全には同一視できません<sup>[4]</sup>。

## 安全性と規制面の見方

食品酵素の安全性は、酵素名だけでなく、生産に用いられる微生物、製造工程、最終用途、推定摂取量、不純物、アレルギー性などを総合して評価されます。 $\alpha$ -アミラーゼについては、*Bacillus licheniformis*、*Aspergillus*、*Bacillus amyloliquefaciens* など複数の由来に関する食品酵素安全性評

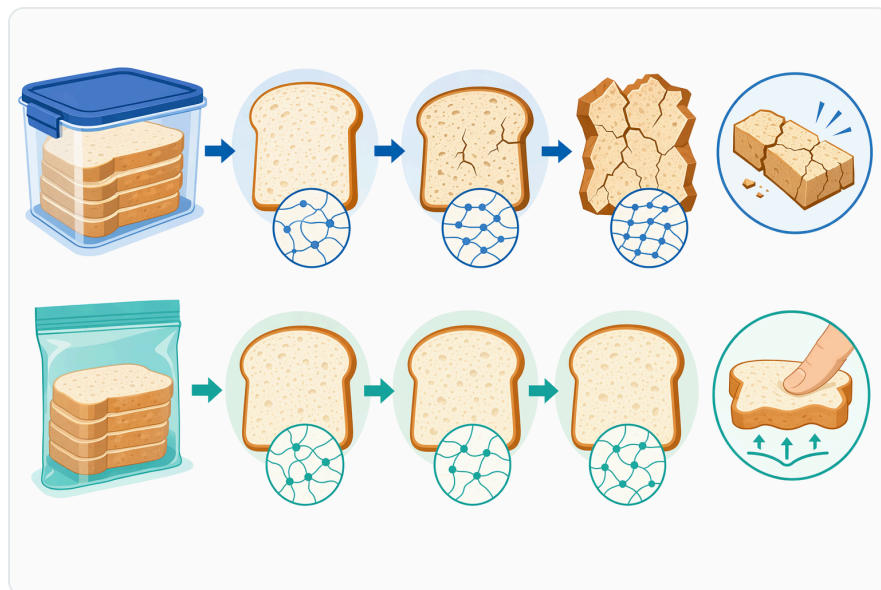
価が公表されており、同じ「アミラーゼ」でも由来株ごとに評価されることが分かります<sup>[9][10]</sup>。

この点は、マルトジェニックアミラーゼの実務利用でも重要です。ある文献で安全性評価された酵素が、別の供給品と同一であるとは限りません。食品メーカーは、自社製品を販売する国・地域の食品添加物、加工助剤、表示、アレルゲン管理、酵素使用基準に従って判断する必要があります。Enzymes.bio からの注文時に提供される CoA と SDS は、受領品の記録と安全管理に役立ちますが、各国の最終製品適合性判断そのものを代替するものではありません。

また、酵素はタンパク質であるため、粉末を扱う現場では吸入や皮膚接触に注意が必要です。SDS に従った保護具、局所排気、粉じん管理、密閉保管、こぼれ対策を行うことが基本です。食品酵素評価では、経口摂取時の安全性だけでなく、酵素タンパク質としての感作性やアレルゲン性の検討も扱われます。 $\alpha$ -アミラーゼ食品酵素の評価文書が複数存在することは、酵素の安全性が用途別・由来別に慎重に扱われるべき領域であることを示しています<sup>[6][11]</sup>。

## Enzymes.bio での購入形態

Enzymes.bio は、Dough Improver Enzyme – Maltogenic Amylase Powder を 1 kg 単位でオンライン販売します。購入者は製品ページから直接注文し、オンライン決済後に注文処理と配送が進みます。Enzymes.bio は製造業者や研究所ではなく、食品・産業用途の酵素をオンラインで入手しやすくする供給業者です。



**Figure 6.** 완제품에서 얻을 수 있는 주요 이점은 식감 손실을 늦춰, 빵이 목표 보관 기간 동안 더 부드럽고 탄력 있게 유지되도록 돕는 것입니다.

注文時には、CoA と SDS が併せて提供されます。CoA は受領品の記録管理に、SDS は保管・取り扱い・安全教育に利用できます。製造元としての独自製造データや研究試験の提示ではなく、供給品に付随する文書として扱うのが適切です。Enzymes.bio のマルトジェニックアミラーゼ製品は、製パンの老化抑制酵素として位置づけられています。

## まとめ：老化抑制を狙う澱粉制御酵素

Dough Improver Enzyme – Maltogenic Amylase Powder は、パンや澱粉系食品で焼成後の硬化を抑え、柔らかさとしっとり感を維持するためのマルトジェニックアミラーゼ粉末です。主な作用は、澱粉鎖を部分的に短くし、マルトースや短鎖オリゴ糖を生成することで、保存中のアミロペクチン再会合を起りにくくする点にあります。パンの保存性延長を目的としたマルトジェニックアミラーゼ研究は、この酵素が製パン品質の経時安定化に有効な技術要素であることを示しています [1]。

一方で、この酵素は防腐剤ではなく、微生物制御や包装設計を代替するものではありません。効果は小麦粉や米粉の種類、吸水、糖・油脂量、発酵条件、焼成温度、他酵素との組み合わせに左右されます。適切に設計すれば、食パン、ロールパン、バンズ、甘味パン、冷凍・再加熱製品、米粉・グルテンフリー焼成品、澱粉主体食品で、老化由来の硬化やパサつきを抑える実用的な選択肢になります。

Enzymes.bio は本製品を 1 kg 単位でオンライン供給し、注文時に CoA と SDS を提供します。製パンや澱粉食品の品質安定化を目指す事業者にとって、マルトジェニックアミラーゼは、澱粉老化を分子レベルで調整するための明確な役割を持つ酵素素材です。

### Dough Improver Enzyme - Maltogenic Amylase Powder 1000,000U/G Cas 9000-92-4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。

**Dough Improver Enzyme - Maltogenic Amylase Powder 1000,000U/G Cas 9000-92-4  
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. Lin, W., Zhang, D., Jing-Huang, Lei, Y., Su, X., Huang, W., & Wu, M. (2023). Expression and characterization of a maltogenic amylase from *Lactobacillus plantarum* in *Escherichia coli* and its application in extending bread shelf life. *Systems Microbiology and Biomanufacturing*, 4, 318-327.
2. Yu-Wang, Ma, J., Liu, H., Jiang, Z., & Li, Y. (2024). Simultaneous improvement of thermostability and maltotriose-forming ability of a fungal  $\alpha$ -amylase for bread making by directed evolution. *International Journal of Biological Macromolecules*, 130481 .
3. Wang, J., Han, L., Teng, M., Li, Q., Zhou, J., Li, J., Du, G., ... et al. (2024). Maltose gradient-induced biosensor-based high-throughput screening for directed evolution of maltogenic amylase from *Bacillus stearothermophilus*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 136586 .
4. Rahmati, P., Sajedi, R., Zamani, P., Rahmani, H., & Khajeh, K. (2017). Allosteric properties of *Geobacillus* maltogenic amylase. *Enzyme and Microbial Technology*, 96, 36-41 .
5. Simioni, B., Rocha, P. M. C., Fávero, A., Conceição Silva, J. L., Gandra, R. F., Maller, A., Kadowaki, M. K., ... et al. (2025). Bioengineering *Caulobacter vibrioides* for Xylanase Applications in the Bakery Industry. *Microorganisms*, 13.
6. Zorn, H., Baviera, J. M. B., Bolognesi, C., Catania, F., Gadermaier, G., Greiner, R., Mayo, B., ... et al. (2025). Safety evaluation of the food enzyme  $\alpha$  - amylase from the genetically modified *Bacillus licheniformis* strain CCTCC M 2023118. *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 23.
7. Zorn, H., Baviera, J. M. B., Bolognesi, C., Catania, F., Gadermaier, G., Greiner, R., Mayo, B., ... et al. (2025). Safety evaluation of an extension of use of the food enzyme  $\beta$  - amylase from barley (*Hordeum vulgare*). *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 23.
8. Jothyswarupha, K. A., Venkataraman, S., Rajendran, D., Shri, S., Sivaprakasam, S., Yamini, T., Karthik, P., ... et al. (2024). Immobilized enzymes: exploring its potential in food industry applications. *Food Science and Biotechnology*, 34, 1533 - 1555.
9. Zorn, H., Baviera, J. M. B., Bolognesi, C., Catania, F., Gadermaier, G., Greiner, R., Mayo, B., ... et al. (2025). Safety evaluation of the food enzyme  $\alpha$  - amylase from the non - genetically modified *Aspergillus* sp. strain FUA. *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 23.
10. Lambré, C., Baviera, J. M. B., Bolognesi, C., Cocconcelli, P., Crebelli, R., Gott, D., Grob, K., ... et al. (2023). Safety evaluation of the food enzyme  $\alpha$  - amylase from the non - genetically modified *Bacillus amyloliquefaciens* strain LMG - S 32676. *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 21.
11. Lambré, C., Baviera, J. M. B., Bolognesi, C., Cocconcelli, P., Crebelli, R., Gott, D., Grob, K., ... et al. (2023). Updated safety evaluation of the food enzyme  $\alpha$  - amylase from the non - genetically modified *Cellulosimicrobium funkei* strain AE - AMT. *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 21.


## 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。