

Maltogenic Amylase Enzyme For Baking | 製パンの老化抑制・クラム柔らかさ保持向けマルトジェニックアミラーゼ

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

Maltogenic Amylase Enzyme For Bakingは、食パン、ロールパン、蒸しパン、米粉・もち米系食品などのデンプンを含む加熱食品で、保存中のクラム硬化を抑え、やわらかさとしっとり感の保持を支援する製パン向け酵素です。作用の中心は、糊化したデンプン、特にアミロペクチン鎖の再配列に関わる構造を部分的に短くし、老化しにくい状態へ調整することにあります^[1]。Enzymes.bioは本酵素の供給業者であり、製品は1kg単位でオンラインから直接購入でき、CoAとSDSは注文時に併せて提供されます。

Maltogenic Amylase Enzyme For Bakingとは

マルトジェニックアミラーゼは、デンプンを加水分解してマルトースを中心とする低分子糖や短鎖オリゴ糖を生成するアミラーゼ系酵素です。製パン用途では、単に発酵糖を増やす目的よりも、焼成後のパンで進むデンプン老化を遅らせる「アンチステーリング酵素」として位置づけられることが多く、パンの保存中品質、クラムの弾力、食感保持に関係します^[2]。

パンの老化は、袋内の水分が失われるだけの現象ではありません。焼成中に糊化したデンプンが冷却・保存中に再配列し、特にアミロペクチンの再結晶化が進むことで、クラムは硬く、もろく、乾いたように感じられます。マルトジェニックアミラーゼは、この再配列に関与しやすいデンプン鎖を部分的に切断することで、保存中の硬化速度を下げる方向に働きます^[1]。

Enzymes.bioのMaltogenic Amylase Enzyme For Bakingは、製パン・焼成食品・デンプン加工用途向けに供給されるB2B向け酵素製品です。同社は酵素の製造業者や研究機関ではなく供給業者であり、製品は1kg単位でオンライン直接販売されます。製品の安全情報と品質関連文書として、CoAおよびSDSは注文時に併せて提供されます。

製パンで問題になる「老化」は何が起きているのか

焼きたてのパンでは、デンプン粒が加熱と水分によって糊化し、グルテンネットワークや気泡構造とともに柔らかいクラムを形成します。一方、冷却後の保存段階では、糊化したデンプン分子がより規則的な構造へ戻ろうとし、クラムの硬化、弾力低下、口どけの悪化が進みます。製パン改良剤に関するレビューでも、全粒粉パンを含むパン品質では、デンプン、タンパク質、繊維、酵素、乳化剤などが複合的に食感と保存性へ影響することが整理されています^[3]。

この変化は、配合中の水分量、糖、油脂、乳化剤、タンパク質量、食物繊維、焼成条件、包装、保存温度によって大きく変わります。たとえば、グルテンネットワークは気泡保持とクラム構造を支えますが、デンプンの糊化・老化挙動も最終的な硬さに強く関わるため、タンパク質だけを見ても保存中の食感は説明できません。小麦生地の線形・非線形レオロジー研究では、グルテニンやグリアジンの構成がネットワーク挙動に影響することが示されており、パン品質はデンプンとタンパク質の両方を考える必要があります^[4]。

短時間で食べられる焼きたて商品では、ボリュームやクラスト色が重視される場合があります。しかし、包装パン、流通パン、冷凍・解凍を伴う製品、米粉・もち米系の加熱食品では、製造後の数時間から数日間で進む硬化が消費者評価に直結します。したがって、マルトジェニックアミラーゼの技術的価値は、「焼成直後を劇的に変える」よりも「保存中の食感変化を緩やかにする」点にあります^[1]。

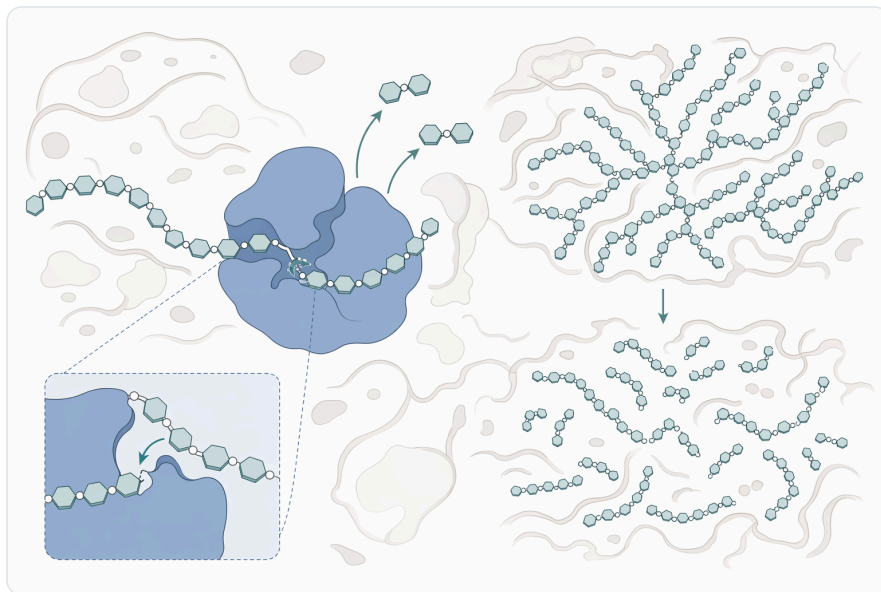


Figure 1. 말토제닉 아밀레이스는 굽는 동안 호화된 전분에 작용해 맥아당과 짧은 말토올리고당을 생성하여, 이후 빵 속질이 단단해지는 현상을 줄여 줍니다.

マルトジェニックアミラーゼの作用機序

デンプン鎖を過度に壊さず、老化しやすい構造を調整する

マルトジェニックアミラーゼは、デンプンを完全に糖化するための酵素ではなく、製パン工程中にデンプン鎖を部分的に加水分解することで、焼成後のデンプン再配列に影響します。研究では、*Bacillus licheniformis*由来のマルトジェニックアミラーゼがパン品質の改善と保存性延長に関与することが報告されており、酵素の特性改良によってパン品質への寄与が高まることも検討されています^[2]。

重要なのは、パン生地中のデンプンがすべて同じ状態で存在するわけではないことです。未損傷のデンプン粒、損傷デンプン、加熱で膨潤・糊化したデンプンでは、酵素がアクセスできる部位が異なります。焼成中に水分と熱を受けたデンプンは酵素作用を受けやすくなり、その後の冷却・保存段階で再結晶化しにくい鎖長分布へ近づきます。デンプンの酵素改質に関するレビューでも、酵素処理はデンプンの分子構造、物性、老化挙動を変える主要な手段として扱われています^[5]。

このため、マルトジェニックアミラーゼの実用上の効果は、単純な「糖の生成量」だけでは評価できません。生成されるマルトースや短鎖オリゴ糖は、発酵、焼色、保湿感にも副次的に関わりますが、製パンでの中核は、アミロペクチンを中心とした再配列を抑え、クラムが硬くなる速度を遅らせることです^[1]。

アミロペクチン再結晶化への影響

パンの老化では、焼成直後に糊化したアミロースの変化も関係しますが、保存中の硬化にはアミロペクチンの再結晶化が大きく寄与します。アミロペクチンは分岐構造を持つ巨大分子で、外部鎖の長さや分布が再配列のしやすさに影響します。マルトジェニックアミラーゼは、これらの鎖を適度に短くすることで、結晶性の高い硬い構造へ戻る動きを妨げると考えられます^[2]。

この作用は、焼成後に酵素が永続的に働き続けるという意味ではありません。酵素はタンパク質であり、製パン工程の熱履歴によって活性は低下します。したがって、実際の効果は、ミキシングから焼成中の温度上昇過程において、酵素がデンプンへどの程度作用できたかによって決まります。指向性進化によって耐熱性や作用性を高めたマルトジェニックアミラーゼの研究が行われていることも、焼成工程中の反応可能時間が品質に影響することを示しています^[6]。

糖生成、発酵、焼色への副次的な関与

マルトジェニックアミラーゼが生成するマルトースは、配合や発酵条件によっては酵母発酵の糖源の一部になり得ます。ただし、製パンではもともと小麦粉中の損傷デンプン、内在性アミラーゼ、添加糖、乳成分なども発酵や焼色に影響するため、マルトジェニックアミラーゼだけで発酵挙動を

説明するのは適切ではありません。α-アミラーゼ、キシラナーゼ、セルラーゼを組み合わせた研究では、酵素処理が生地物性とパン品質に複合的な影響を及ぼすことが示されています[7]。

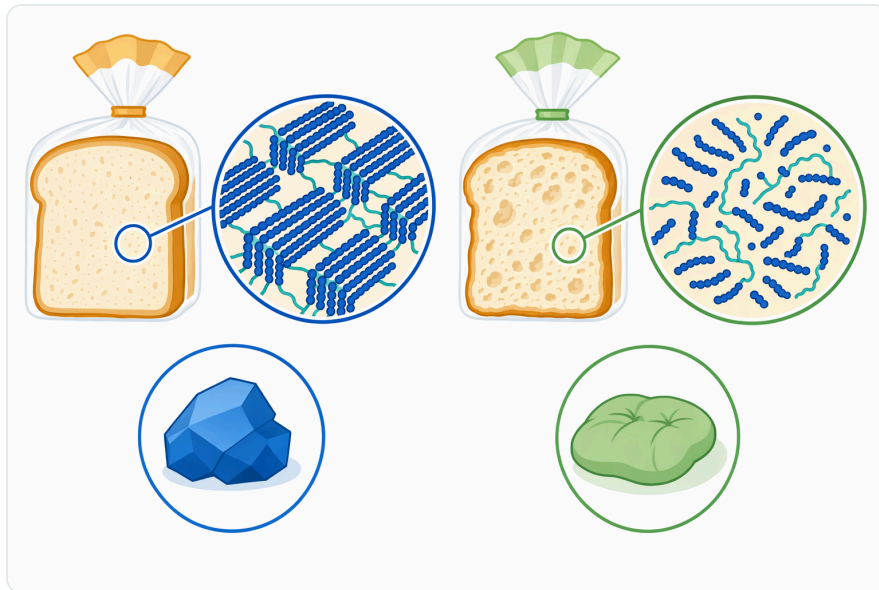


Figure 2. 빵은 포장되어 있어도 구운 뒤 빵 속에서 전분 분자들이 다시 결합하기 때문에 노화될 수 있습니다.

焼色や香りについても同様です。還元糖とアミノ化合物が関与するメイラード反応はクラスト色や香気形成に影響しますが、焼成温度、時間、表面水分、pH、糖・タンパク質組成が同時に関係します。したがって、マルトジェニックアミラーゼは焼色や香りへ影響する可能性を持つものの、製パンでの主目的は保存中のクラム柔らかさ保持とデンプン老化抑制として捉えるのが実務的です[3]。

他の製パン酵素・機能素材との違い

製パンでは、マルトジェニックアミラーゼのほかにも、α-アミラーゼ、キシラナーゼ、セルラーゼ、リパーゼ、プロテアーゼ、乳化剤、食物繊維素材などが使われます。それぞれの狙いは異なり、同じ「パン改良」でも、生地の伸展性、ガス保持、ボリューム、クラムのきめ、保存性のどこを改善したいかで選択が変わります。オートブランを加えたパン生地の研究では、α-アミラーゼ、キシラナーゼ、セルラーゼがレオロジー特性に異なる影響を及ぼすことが報告されています[8]。

素材・酵素	主な対象	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	糊化デンプン、アミロペクチン鎖	保存中のクラム硬化抑制、しっとり感保持	老化抑制が中心。デンプン鎖長分布を調整する
一般的なα-アミラーゼ	損傷デンプン、糊化デンプン	発酵糖供給、ボリューム、焼色、食感調整	過度に作用すると粘りやべたつきにつながる場合がある

素材・酵素	主な対象	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
キシラナーゼ	アラビノキシランなどの非デンプン多糖	生地の扱いやすさ、ガス保持、ボリューム改善	デンプン老化そのものではなく、繊維性多糖と水分分配に作用する
セルラーゼ	セルロース系繊維	繊維配合生地の物性調整	ブランや全粒粉配合で影響が出やすい
乳化剤	デンプン・脂質・タンパク質界面	クラム柔らかさ、気泡安定、ボリューム	酵素反応ではなく界面・複合体形成を通じて作用する

マルトジェニックアミラーゼと乳化剤の比較は、実務上とくに重要です。パン品質と保存中の硬化に対して、乳化剤とマルトジェニックアミラーゼはいずれも効果を持ち得ますが、乳化剤は主に界面安定化やアミロースとの複合体形成を通じて作用し、マルトジェニックアミラーゼはデンプン鎖そのものを酵素的に改変します。パンの保存中品質を対象に、ステアロイル乳酸ナトリウムとマルトジェニックアミラーゼの影響を扱った研究でも、両者は異なる機能素材として検討されています[1]。

全粒粉、ブラン、豆類粉、果実粉、食物繊維素材などを配合した製品では、水分保持と生地物性が大きく変わるため、マルトジェニックアミラーゼの見え方も変化します。小麦ブラン由来アラビノキシランの修飾・加水分解研究では、非デンプン多糖の構造変化が生地レオロジーと微細構造に影響することが示されており、繊維強化パンではデンプン酵素だけでなく多糖全体の挙動を考える必要があります[9]。

食パン、ロールパン、ソフトブレッドでの位置づけ

食パンやロールパンのようなソフト系製品では、消費者は「ふんわり」「しっとり」「翌日も硬くない」といった品質を重視します。マルトジェニックアミラーゼは、焼成直後のボリュームを主目的とする酵素ではなく、包装後の保存期間中にクラムの硬化を緩やかにする目的で使われます。Bacillus licheniformis由来マルトジェニックアミラーゼの研究では、パン品質の改善と保存性延長が主要な評価対象となっています[2]。

ロールパンや菓子パン生地では、糖や油脂が比較的多く、これらがもともと柔らかさ保持に寄与します。その一方で、糖・油脂が多い配合では発酵、焼色、水分活性、食感のバランスが変わるため、マルトジェニックアミラーゼの効果は「低糖・低油脂の食パン」と同じ見え方にはなりません。全粒粉パン改良剤のレビューでも、酵素や機能素材の効果は配合と工程の文脈で評価すべきことが示されています[3]。

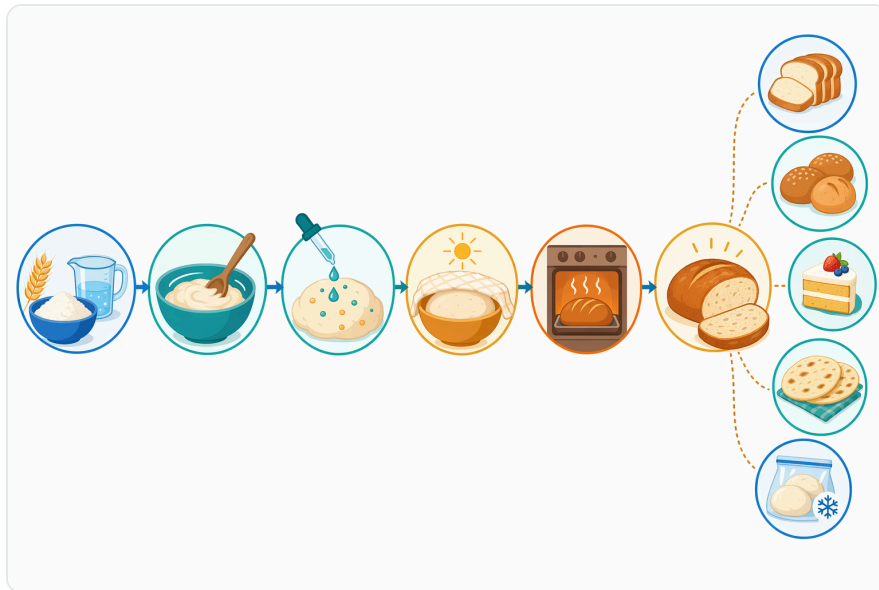


Figure 3. 기능이 발휘되는 구간은 반죽에 첨가되는 시점부터 오븐에서 전분이 호화되는 과정까지 이어지며, 저장 중에는 전분 노화를 늦추는 효과로 계속 나타납니다.

冷凍生地、パーベイク、長時間流通品では、加熱・冷却・再加熱・保存の履歴が複雑になります。このような製品では、デンプン老化だけでなく氷結晶、水分移動、グルテンネットワークの損傷も問題になりますが、マルトジェニックアミラーゼは少なくともデンプン由来の硬化抑制に関わる選択肢として検討されます。酵素改質デンプンの研究領域では、凍結融解や保存中の物性変化を抑えるためにデンプン構造を制御する考え方が広く扱われています^[10]。

蒸しパン・中華まん系製品での使いどころ

蒸しパンや中華まんの皮では、焼成パンとは異なり、クラスト形成よりも白さ、しっとり感、弾力、歯切れが重視されます。加熱は蒸気によって行われ、表面乾燥が少ないため、焼色よりもクラム様の内部組織全体の食感が品質を決めます。マルトジェニックアミラーゼは、こうした蒸し加熱製品でも、糊化デンプンの老化に由来する硬化を抑える目的で利用できます。

蒸し製品では、水分が多い分だけ柔らかさは出しやすいものの、保存中に粘弾性が失われたり、歯切れが重くなったりすることがあります。これはデンプン老化と水分再分配の両方に関わるため、マルトジェニックアミラーゼの効果は配合中の小麦粉、米粉、糖、油脂、乳化剤、増粘多糖類の影響を受けます。デンプンのペースト化特性と生地レオロジーがビスケット品質に関係する研究でも、デンプン物性は最終食感を左右する重要因子として扱われています^[11]。

米粉・もち米系食品への応用

米粉パン、もち米粉製品、米ケーキ、団子様食品では、小麦パン以上にデンプンの老化が食感変化として現れやすい場合があります。米デンプンやもち米デンプンは、製品の弾力、粘り、歯切れを支える一方、保存中に硬化や粉っぽさを生じやすいことがあります。グルテンを含まない製品では、デンプンの構造変化が品質に占める割合がさらに大きくなります^[12]。

グルテンフリーブレッドでカプセル化マルトジェニックアミラーゼを用いた研究では、グルテンを持たない配合でのパン品質改善を目的に、酵素の利用形態が検討されています。これは、マルトジェニックアミラーゼが小麦パンだけでなく、米粉や他のデンプン主体製品にも応用可能であることを示す事例です^[12]。

ただし、米粉・もち米系製品では、望ましい食感が「ふんわり」ではなく「もっちり」「歯切れよく」「硬くなりにくい」など多様です。マルトジェニックアミラーゼはデンプン老化抑制に関与しますが、過度なデンプン分解は粘り、べたつき、成形性の低下として感じられる可能性があります。そのため、製品ごとの食感目標に対して、酵素の役割をデンプン構造調整として理解することが重要です^[5]。

全粒粉・高繊維・雑穀パンでの考え方

全粒粉、オートブラン、豆類粉、雑穀粉を加えたパンでは、食物繊維やタンパク質、灰分、酵素活性、吸水性が変化します。これらの副原料は栄養価や風味を高める一方で、生地への伸展性やガス保持を低下させ、クラムを粗く硬くすることがあります。オートブラン配合生地に対する α -アミラーゼ、キシラナーゼ、セルラーゼの研究では、酵素の種類によって生地レオロジーへの影響が異なることが示されています^[8]。

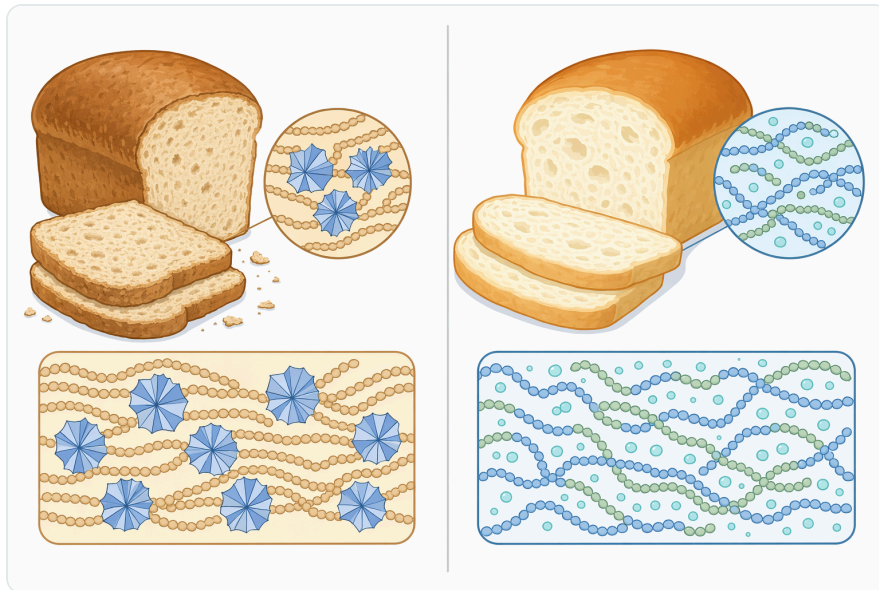


Figure 4. 말토제닉 아밀레이스는 주된 목표가 글루텐 이완, 반죽 작업성 개선, 지질 변형이 아니라 전분 기반의 부드러움 유지라는 점에서 다른 제빵 효소와 다릅니다.

このような配合では、マルトジェニックアミラーゼは主にデンプン老化へ作用しますが、繊維による水分競合やグルテン希釈の問題を直接解決するわけではありません。たとえば、ルピン粉や発芽ヒヨコ豆素材を加えたパンでは、タンパク質・繊維・デンプンの組成変化が生地とパン品質へ影響します。発芽ヒヨコ豆グリッツ・粉を用いた研究でも、配合素材がレオロジーとパン特性を変えることが扱われています^[13]。

したがって、高繊維・雑穀パンでマルトジェニックアミラーゼを使う場合は、「重くなった生地を軽くする酵素」とみなすより、「保存中にさらに硬くなるデンプン由来の変化を緩和する酵素」と位置づけるほうが正確です。生地物性そのものを整えるには、キシラナーゼ、セルラーゼ、乳化剤、加水調整など別の要素も関わります^[7]。

保存中品質に対する期待値と限界

マルトジェニックアミラーゼについて最も根拠が強いのは、デンプン老化とクラム硬化の抑制に関する効果です。とくに、パン保存中の品質に対してマルトジェニックアミラーゼを用いる研究では、硬さや官能品質の変化が評価され、酵素添加が保存性改善に関係することが示されています^[1]。

一方で、具体的に何日間やわらかさが延びるか、どの程度硬さが低下するかは、製品の種類と工程条件によって変わります。小麦粉の品種、損傷デンプン量、タンパク質品質、砂糖・油脂・乳化剤の有無、焼成温度、包装、保管温度がすべて関係するため、文献で報告された結果を別の配合へそ

のまま移すことはできません。米国硬質赤春小麦を対象とした研究でも、タンパク質、デンプン、繊維組成が生地レオロジーとベーキング品質の予測に関わることが示されています^[14]。

また、マルトジェニックアミラーゼを多く作用させれば必ず良いわけではありません。デンプン分解が進みすぎると、生地やクラムの粘り、べたつき、腰折れ、歯切れの悪化につながる可能性があります。この点は、アミラーゼ系酵素全般に共通する実務上の注意であり、目的は「分解を最大化する」ことではなく「老化しにくい構造へ適度に調整する」ことです^[5]。

製パン工程での組み込み方

マルトジェニックアミラーゼは、通常の製パン工程において、小麦粉やその他の粉体原料とともに生地へ均一に分散させて使われます。その後、ミキシング、発酵、分割、成形、最終発酵、焼成という一般的な流れの中で、加水されたデンプンに対して反応する時間が生まれます。Enzymes.bioの製品は製パン用途向けに供給される酵素として、パンや蒸しパンなどデンプンを含む加熱食品での利用が想定されています。

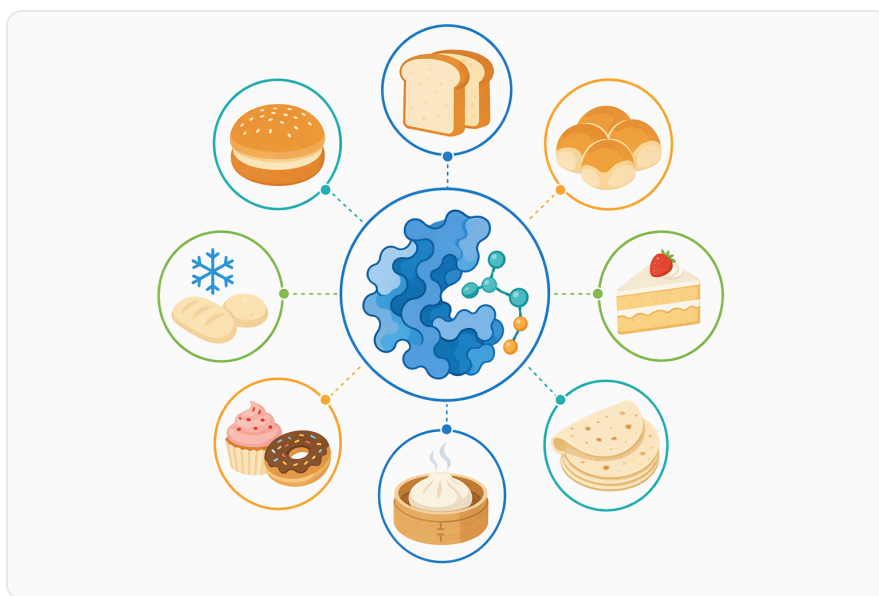


Figure 5. 가장 효과적인 적용 분야는 포장 샌드위치 식빵, 번, 롤빵 및 빵 속질의 단단해짐을 늦추는 것이 핵심 품질 목표인 기타 부드러운 효모 발효 제품입니다.

工程上のポイントは、酵素が「焼成後に添加物として食感を作る」のではなく、焼成前後の温度上昇過程でデンプンへ作用し、最終的なクラムの老化挙動を変える点です。発酵中は基質へのアクセスが限定される場合もありますが、焼成中にデンプンが糊化すると酵素が作用しやすくなります。その後、熱によって酵素は失活へ向かうため、保存中の効果は反応済みのデンプン構造に由来しません^[6]。

蒸しパンやもち米系製品では、焼成パンとは加熱方式が異なりますが、デンプンが水と熱で糊化し、冷却後に老化する点は共通しています。したがって、マルトジェニックアミラーゼは、オープン焼成品だけでなく、蒸し加熱・加熱成形を含むデンプン食品でも技術的に意味を持ちます。ただし、蒸し製品では水分が多く、酵素作用が食感へ現れやすい場合があるため、目的食感とのバランスが重要です^[12]。

クリーンラベルや改良剤設計との関係

近年の製パンでは、乳化剤や化学的改良剤を減らし、酵素や熱処理粉、発酵素材などで品質を整えるクリーンラベル志向の設計が増えています。従来型およびハイブリッド熱酵素処理小麦粉をクリーンラベルパン改良剤として用いる研究では、酵素的・熱的な粉改質がパン品質に影響することが検討されています^[15]。

マルトジェニックアミラーゼは、最終製品中で機能性を主張する成分というより、工程中にデンプン構造を調整する加工助剤として理解されることが多い素材です。ただし、表示や規制上の扱いは国・地域・用途・最終製品の設計によって異なるため、ここでは一般論としての表示判断ではなく、技術的機能に限定して述べるのが適切です^[3]。

乳化剤を置き換えられるかどうか、配合と品質目標によります。乳化剤は気泡安定、クラム構造、アミロース複合体形成などに関わり、マルトジェニックアミラーゼはデンプン鎖の酵素的改変に関わります。両者の作用点が異なるため、同じ柔らかさ保持を狙う場合でも、完全な代替ではなく、設計思想の違う選択肢として比較する必要があります^[1]。

Enzymes.bio製品としての位置づけ

Enzymes.bioは、Maltogenic Amylase Enzyme For Bakingを製パン・焼成食品向け酵素として供給しています。同社は製造業者や研究所ではなく、B2B酵素供給業者として、オンラインで1kg単位の直接販売を行います。注文に関連する文書として、CoAおよびSDSが併せて提供されるため、購入者は受領時に製品情報と安全取り扱い情報を確認できます。

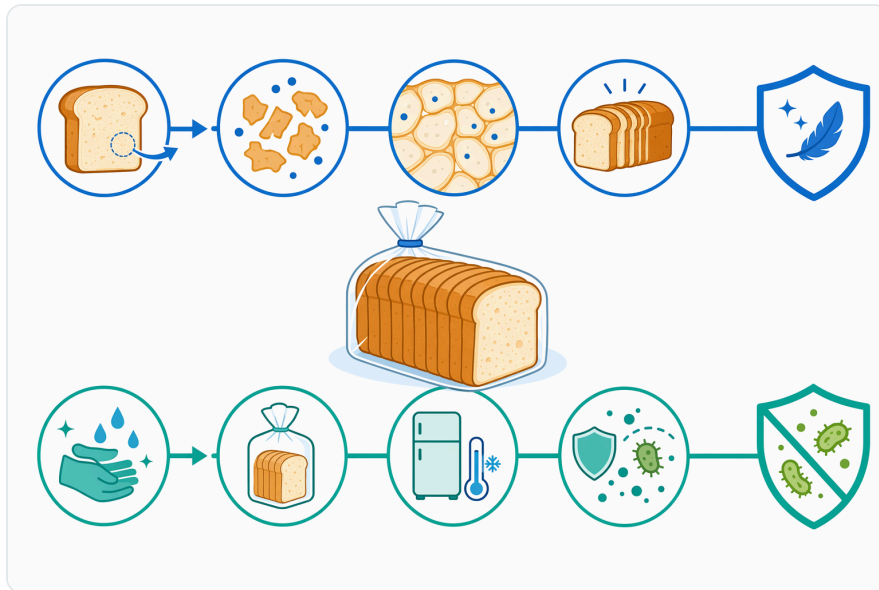


Figure 6. 부드러움 유지와 미생물에 의한 유통기한 관리는 서로 다른 제빵 과제로, 각각 다른 제어 전략이 필요합니다.

本製品の検討に適した用途は、食パン、ロールパン、ソフトブレッド、蒸しパン、米粉パン、もち米系加熱食品など、保存中にデンプン老化による硬化が問題となる製品です。反対に、主な課題がグルテン不足、ボリューム不足、繊維による生地切れ、クラスト色の不足だけである場合、マルトジェニックアミラーゼ単独では課題全体を解決しない可能性があります^[8]。

技術的には、マルトジェニックアミラーゼは「パンを柔らかくする魔法の添加物」ではなく、デンプン老化という明確な現象に対して、酵素反応で構造を調整するための素材です。この理解に立つと、製品設計では、やわらかさ、弾力、歯切れ、しっとり感、焼色、風味、包装後の保存安定性を分けて評価しやすくなります^[5]。

まとめ：マルトジェニックアミラーゼの価値はデンプン老化制御にある

Maltogenic Amylase Enzyme For Bakingの主要用途は、パンや蒸しパン、米粉・もち米系食品などで、保存中のクラム硬化を抑え、やわらかさとしっとり感を保持しやすくすることです。作用の中心は、糊化したデンプン、特にアミロペクチンの再配列に関わる鎖を部分的に加水分解し、老化しにくい構造へ近づける点にあります^[2]。

製パンでは、グルテン、デンプン、繊維、油脂、糖、乳化剤、発酵、焼成、包装がすべて品質に影響します。その中でマルトジェニックアミラーゼは、発酵補助や焼色改善よりも、保存中の食感劣化を抑えるアンチステーリング酵素として最も明確な役割を持ちます。乳化剤や他の酵素とは作用点が異なるため、製品ごとの課題に合わせて位置づけることが重要です^[1]。

Enzymes.bioは本酵素の供給業者として、1kg単位のオンライン直接販売に対応しています。CoAとSDSは注文時に併せて提供されるため、製パン・食品加工の現場では、デンプン老化抑制という技術目的に基づいて、食パン、ロールパン、蒸しパン、米粉・もち米製品などへの適用を検討できます。

Maltogenic Amylase Enzyme For Baking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。

[Maltogenic Amylase Enzyme For Baking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. Gomes-Ruffi, C. R., Cunha, R. H., Almeida, E. L., Chang, Y., & Steel, C. (2012). Effect of the emulsifier sodium stearoyl lactylate and of the enzyme maltogenic amylase on the quality of pan bread during storage. *Lwt - Food Science and Technology*, 49, 96-101.
2. Ying-Ruan, Xu, Y., Zhang, W., & Zhang, R. (2020). A new maltogenic amylase from Bacillus licheniformis R-53 significantly improves bread quality and extends shelf life. *Food Chemistry*, 128599 .
3. Tebben, L., Shen, Y., & Li, Y. (2018). Improvers and functional ingredients in whole wheat bread: A review of their effects on dough properties and bread quality. *Trends in Food Science & Technology*.
4. Bonilla, J. C., Erturk, M. Y., & Kokini, J. (2020). Understanding the role of gluten subunits (LMW, HMW glutenins and gliadin) in the networking behavior of a weak soft wheat dough and a strong semolina wheat flour dough and the relationship with linear and non-linear rheology. *Food Hydrocolloids*, 108, 106002.
5. Choton, S., Bandral, J., Singh, J., Bhat, A., Sood, M., Gupta, N., Reshi, M., ... et al. (2024). Enzymatic Modification of Starch: A Review. *Saudi Journal of Medical and Pharmaceutical Sciences*.
6. Ying-Ruan, Zhang, R., & Xu, Y. (2022). Directed evolution of maltogenic amylase from Bacillus licheniformis R-53: Enhancing activity and thermostability improves bread quality and extends shelf life. *Food Chemistry*, 381, 132222 .
7. Hmad, I. B., Ghribi, A. M., Bouassida, M., Ayadi, W., Besbes, S., Châabouni, S., & Gargouri, A. (2024). Combined effects of α -amylase, xylanase, and cellulase coproduced by Stachybotrys microspora on

dough properties and bread quality as a bread improver. *International Journal of Biological Macromolecules*, 134391 .

8. Liu, W., Brennan, M., Tu, D., & Brennan, C. (2023). Influence of α -amylase, xylanase and cellulase on the rheological properties of bread dough enriched with oat bran. *Scientific Reports*, 13.
9. Pietiäinen, S., Lee, Y., Jiménez-Quero, A., Katina, K., Maina, N. H., Hansson, H., Moldin, A., ... et al. (2024). Feruloylation and Hydrolysis of Arabinoxylan Extracted from Wheat Bran: Effect on Dough Rheology and Microstructure. *Foods*, 13.
10. Wu, K., Li, C., Li, Z., Zheng-Gu, Ban, X., Hong, Y., Cheng, L., ... et al. (2024). Enzymatic modification lowers syneresis in corn starch gels during freeze-thaw cycles through 1,4- α -glucan branching enzyme. *International Journal of Biological Macromolecules*, 132183 .
11. Liu, L., Yang, T., Yang, J., Zhou, Q., Wang, X., Cai, J., Huang, M., ... et al. (2022). Relationship of Starch Pasting Properties and Dough Rheology, and the Role of Starch in Determining Quality of Short Biscuit. *Frontiers in Plant Science*, 13.
12. Haghghat-Kharazi, S., Milani, J. M., Kasaai, M., & Khajeh, K. (2019). Use of encapsulated maltogenic amylase in malotodextrins with different formulations in making gluten-free breads. *LWT*.
13. Bresciani, A., Sergiacomo, A., Stefani, A. D., & Marti, A. (2024). Impact of Sprouted Chickpea Grits and Flour on Dough Rheology and Bread Features. *Foods*, 13.
14. Zhao, Y., Karrar, E., Peterson, J., & Islam, S. (2026). Contribution of Protein, Starch, and Fiber Composition to the Prediction of Dough Rheology and Baking Quality in U.S. Hard Red Spring Wheat. *Foods*, 15 4.
15. Lewko, P., Wójtowicz, A., & Gancarz, M. (2024). Application of Conventional and Hybrid Thermal-Enzymatic Modified Wheat Flours as Clean Label Bread Improvers. *Applied Sciences*.


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。