

Fungal Alpha Amylase（真菌由来 α -アミラーゼ） — 製パン・パン品質改善用粉末酵素

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

Fungal Alpha Amylase（真菌由来 α -アミラーゼ）は、パン生地中のデンプンを部分的に分解し、発酵に使われる糖の供給、パンのボリューム、クラムの柔らかさ、焼成後の食感維持を支援する製パン向け酵素です。作用の中心は、デンプン中の α -1,4グリコシド結合を内部から切断し、長いデンプン鎖を短いデキストリンや発酵・焼成反応に関わる糖へ変えることにあります。Enzymes.bioは本製品の供給業者であり、1kg単位でオンラインから直接購入でき、CoAおよびSDSは注文時に併せて提供されます。

製パン向けFungal Alpha Amylaseの位置づけ

Fungal Alpha Amylase For Bread Makingは、食パン、ロールパン、バンズ、菓子パン、冷凍生地、製パンプレミックスなどで、デンプン分解を工程上有利な範囲に整えるために使われる粉末酵素です。 α -アミラーゼは食品加工を含む複数の産業で利用される代表的な工業酵素であり、バイオテクノロジーによる酵素生産と産業応用の文脈でも重要な酵素群として扱われています^[1]。

製パンで重要なのは、デンプンを「完全に糖化する」ことではなく、ミキシング、発酵、焼成初期、保存中の各段階で、パン品質に有利な量とタイミングでデンプン構造を変えることです。真菌由来 α -アミラーゼは、細菌由来 α -アミラーゼや麦芽由来酵素と同じ「アミラーゼ」という大分類に含まれますが、製パンでは反応の進み方、熱による失活のしやすさ、生成されるデキストリンの性質が、クラムの柔らかさや粘りの出方に関わります^[2]。

Enzymes.bioは製造業者または研究所ではなく、製パン用酵素粉末をオンラインで供給する立場です。本製品は1kg単位で直接購入でき、製品に関連するCoAとSDSは注文時に併せて提供されます。製品ページでは、製パン向け α -アミラーゼ粉末および関連するFungal Alpha-Amylaseカテゴリーとして整理されています。

α -アミラーゼがパン生地で働く仕組み

デンプンの内部切断と発酵糖の供給

小麦粉の主要成分であるデンプンは、主にアミロースとアミロペクチンから成る高分子です。 α -アミラーゼは、このデンプン鎖の α -1,4結合を内部から切断するエンド型酵素で、反応の結果として短いデキストリンやマルトース生成につながる基質が増えます。酵母は発酵中に利用可能な糖を取り込み、二酸化炭素を発生させるため、デンプン分解はガス発生と生地膨張の土台になります^[1]。

パン生地では、もともと小麦粉に含まれる遊離糖だけでは発酵全体を支えるには限界があります。特に長時間発酵、冷蔵・冷凍を伴う工程、糖添加を抑えた配合、全粒粉や副原料を含む配合では、発酵中に利用可能な糖の供給バランスが品質に影響します。 α -アミラーゼの役割は、酵母を直接活性化することではなく、酵母が利用しやすい糖供給の流れをデンプン側から補助することです^[3]。

焼成初期のデンプン糊化とクラム形成

焼成が始まると、生地温度の上昇に伴い、デンプン粒は吸水・膨潤し、糊化へ向かいます。この段階で α -アミラーゼが働くと、糊化しつつあるデンプンの一部が短鎖化され、粘度、ガス保持、膨張のバランスに影響します。反応が適度であれば、生地は膨らみやすくなり、内相は細かく、クラムは柔らかくなりやすい一方、過剰な分解では粘った内相や腰折れの原因になり得ます^[4]。

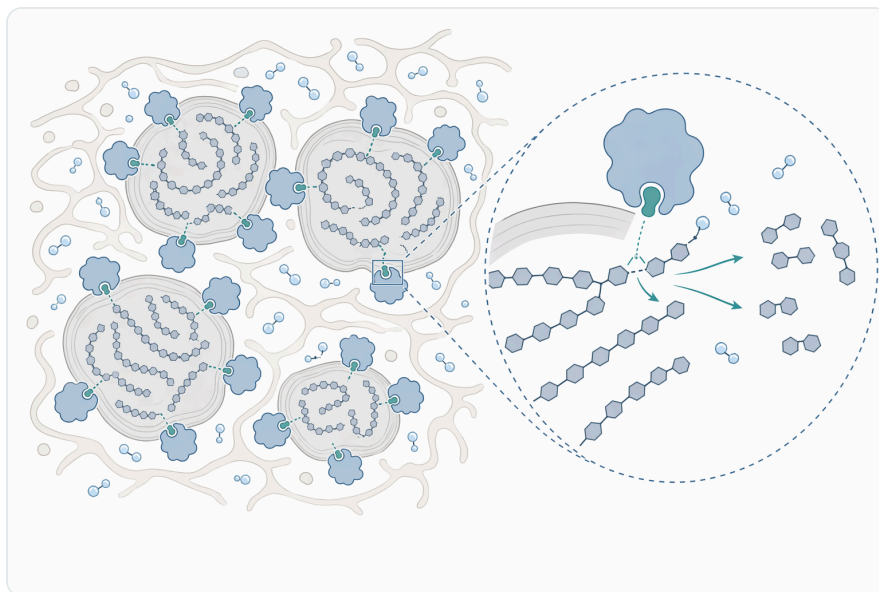


Figure 1. 곰팡이 유래 알파아밀라아제는 접근 가능한 전분의 내부 α -1,4 결합을 절단하여 더 짧은 덱스트린과 발효 가능한 당을 형성한다.

この「適度な分解」が重要です。パン生地ではグルテンネットワークがガスを保持し、デンプンが焼成後の骨格と水分保持に関わります。 α -アミラーゼはグルテンを直接分解する酵素ではありませんが、デンプン由来の粘度や水分分配を変えるため、結果として生地の扱いやすさ、焼成時の伸

び、クラムのきめに影響します。 α -アミラーゼと他の酵素を組み合わせた研究では、酵素の組み合わせが生地レオロジー、パン品質、保存性に影響することが示されています^[4]。

保存中の硬化とデンプン老化への関与

焼成後のパンが硬くなる主因の一つは、糊化したデンプンが保存中に再配列・再結晶化することです。 α -アミラーゼでデンプン鎖が部分的に短くなると、再結晶化に参加する鎖の長さや可動性が変わり、クラムの硬化速度が変化します。これは「パンが老化しない」という意味ではなく、デンプン老化の進行を配合・包装・保存条件とともに調整する一要素です^[5]。

近年のパン品質改善研究では、デンプンとグルテンの相互作用、発酵由来多糖、酵素、親水コロイドなどを組み合わせて、クラムの柔らかさや保存中の品質を制御する考え方が広がっています。たとえばデキストラン生成を利用する研究では、デンプンとグルテンの観点からパン品質を改善する仕組みが整理されており、 α -アミラーゼも同じくデンプン側から食感を調整する技術として位置づけられます^[5]。

製パン工程ごとの機能

ミキシング：粉体中で均一に分散させる段階

ミキシングでは、酵素が小麦粉、その他乾燥原料、水と接触し、生地中へ分散します。粉末酵素は局所的に偏ると、その部分だけデンプン分解が進みやすくなるため、乾燥原料との均一な混合が重要です。副原料を含む複合粉では水分吸収、粒子径、食物繊維、タンパク質の違いが生地物性に影響するため、酵素反応も単独ではなく配合全体の中で捉える必要があります^[6]。

ミキシング初期には、デンプン粒のうち損傷デンプンや水にアクセスしやすい部分が酵素の基質になりやすくなります。小麦粉の損傷デンプンが多い場合、吸水性が増し、発酵基質も増えますが、過度に反応が進むと生地のべたつきや成形性低下につながります。高い損傷デンプンに起因するパン品質問題に対して、 α -アミラーゼとアミログルコシダーゼの組み合わせを検討した研究もあり、デンプン状態と酵素選択が品質に直結することが示されています^[7]。

発酵：酵母が利用する糖を補助する段階

発酵中、酵母は利用可能な糖を消費して二酸化炭素と発酵生成物を作ります。 α -アミラーゼはこの段階で、デンプンから短鎖糖を生み出す基礎反応を担います。サワードウやプロバイオティックブレッドの研究では、発酵微生物、酸生成、酵素反応、香味形成がパン品質を左右することが整理されており、 α -アミラーゼの糖供給機能はこの発酵設計の一部として理解できます^[8]。

発酵が安定すると、生地中のガス生成が持続し、最終発酵での膨らみや焼成時のオーブンスプリングが安定しやすくなります。ただし、糖が増えすぎると焼き色が強く出る、クラムが粘る、発酵速度とグルテン保持力のバランスが崩れる場合があります。α-アミラーゼの評価では、単にガス発生を見るのではなく、ミキシング耐性、成形性、ホイロ耐性、焼成後の内相までを一連の工程として見る必要があります^[3]。

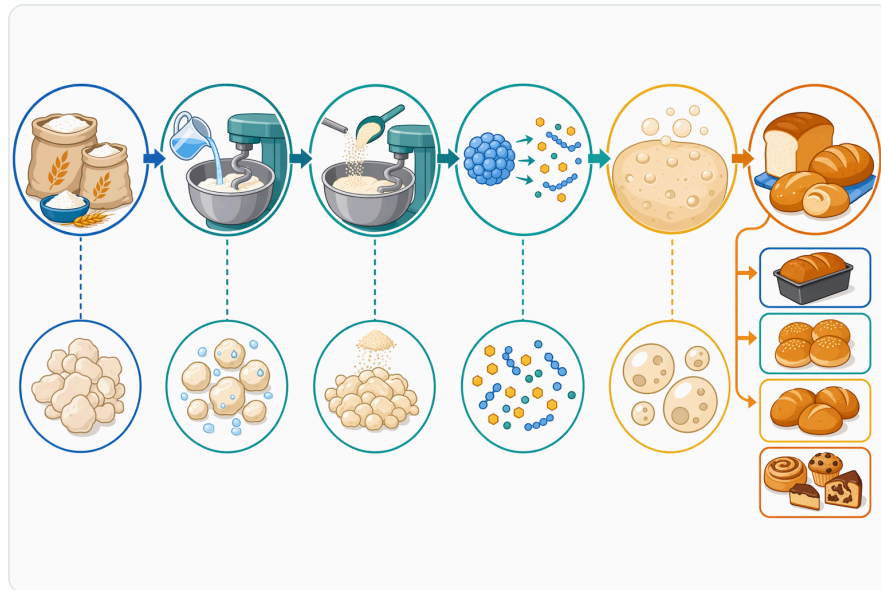


Figure 2. 이 효소는 혼합, 발효, 최종 발효 및 초기 굽기 과정에서 작용하며, 열에 의해 비활성화된 뒤에는 빵 시스템에 덱스트린과 당이 남는다.

焼成：酵素反応が止まり、パン構造が固定される段階

焼成中は、生地温度が上昇するにつれて酵素反応、デンプン糊化、タンパク質変性、ガス膨張、水分移動が同時に進みます。α-アミラーゼは焼成初期に反応し、その後、熱によって失活していきます。このため、製パン用α-アミラーゼでは、発酵中から焼成初期までに必要な反応を行い、焼成後に過度な分解が続かない性質が望まれます^[2]。

焼成時に生成される還元糖は、アミノ酸と反応してクラストの褐色化に関与します。したがって、α-アミラーゼはクラムの柔らかさだけでなく、焼き色や香ばしさの土台にも間接的に関与します。ただし、焼き色は糖、乳製品、卵、油脂、焼成温度、蒸気、pHにも左右されるため、α-アミラーゼだけで決まるものではありません^[9]。

主要用途別の考え方

食パン・ローフブレッド

食パンでは、比容積、均一な気泡、スライス時の柔らかさ、保存中の硬化抑制が重視されます。 α -アミラーゼによるデンプンの部分分解は、発酵糖の供給とクラム柔軟性の両面から食パン品質に関わります。酵素の組み合わせを用いた研究では、生地物性、パン品質、保存性の改善が検討されており、食パンのように内相と保存性が評価される製品で意義が大きい酵素です^[4]。

食パン用途で特に注意すべき点は、柔らかさと粘りの境界です。適度な α -アミラーゼ反応はクラムをソフトにしますが、過剰反応ではクラムが湿ったように粘り、スライス刃に付着しやすくなる場合があります。これはデンプン骨格が弱くなりすぎ、水分がクラム構造内で過剰に可動化するためです。したがって、食パンでは発酵力だけでなく、焼成後のクラム弾性と口どけを同時に評価する設計が必要です^[7]。

ロールパン・バンズ

ロールパンやバンズでは、短時間で安定した発酵、均一な高さ、柔らかい食感、軽い口どけが求められます。 α -アミラーゼは、発酵に使われる糖を補助し、焼成初期の膨張とクラスト形成に関わります。ハンバーガーバンズのようにリベイクや保温を受ける製品では、保存中のクラム硬化を抑える方向でも利用価値があります^[5]。

バンズでは、糖や油脂を含むリッチな配合が多く、酵母活性や水分分配がリーンなパンとは異なります。 α -アミラーゼの効果は、配合中の砂糖、油脂、乳化剤、乳成分、卵の有無で変わります。焼き色を均一にしたい場合、 α -アミラーゼが生成する糖は一助になりますが、過剰な褐色化や表皮のべたつきが生じないように、工程全体で調整されます^[9]。

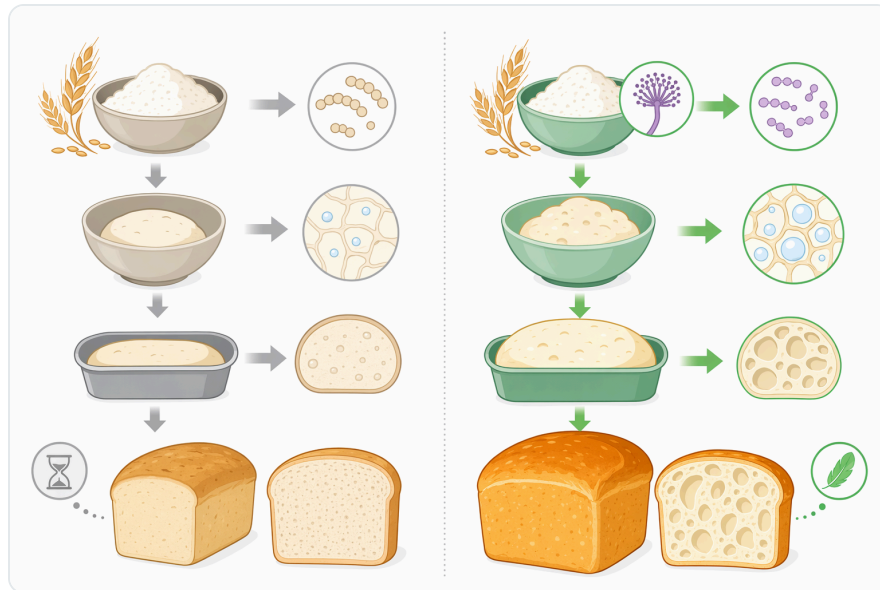


Figure 3. 균형 잡힌 전분 가수분해는 발효, 빵의 부피 팽창, 껍질 색 및 속살의 부드러움을 돕지만, 가수분해가 너무 적거나 너무 많으면 품질 결함이 발생한다.

冷凍生地・遅延発酵生地

冷凍生地では、冷凍・解凍による酵母損傷、グルテンネットワークの弱化、水分再分配が問題になります。α-アミラーゼは発酵基質の供給を助けますが、冷凍耐性を直接与える酵素ではありません。α-アミラーゼとキシラーゼ活性が、異なる小麦品種由来の冷凍生地特性に及ぼす影響を調べた研究では、酵素活性と小麦粉の違いが冷凍生地の品質に関係することが示されています^[3]。

遅延発酵や冷蔵発酵では、酵素反応の時間が長くなるため、通常工程よりもデンプン分解の進み方が品質に出やすくなります。長時間低温工程では、発酵が遅い一方で酵素反応は完全には止まらないため、糖の蓄積、焼き色、クラム粘性のバランスに注意が必要です。真菌由来α-アミラーゼは、このような工程で過剰反応を避けながら糖供給を整える目的で検討されます^[3]。

製パンプレミックス・改良剤

製パンプレミックスや改良剤では、α-アミラーゼは単独ではなく、キシラーゼ、グルコースオキシダーゼ、アスコルビン酸、乳化剤、親水コロイドなどと組み合わせて設計されることがあります。Aspergillus tubingensis由来グルコースオキシダーゼ、アスコルビン酸、α-アミラーゼの相乗効果を調べた研究では、生地特性、焼成品質、保存性の改善が検討されています^[9]。

このような組み合わせでは、各成分の役割が異なります。α-アミラーゼはデンプン分解と糖供給、キシラーゼはアラビノキシランを介した水分保持と生地粘弾性、グルコースオキシダーゼやアスコルビン酸は酸化的なネットワーク形成に関わります。組み合わせが適切であれば、単一酵素よりも生地安定性と保存品質の両立を狙いやすくなります^[4]。

真菌由来 α -アミラーゼと他の製パン酵素の違い

酵素・原料カテゴリー	主な基質	製パンでの主な役割	過剰作用時に起こり得る課題	代表的な使い分け
真菌由来 α -アミラーゼ	デンプンの α -1,4結合	発酵糖の供給、クラム柔軟化、焼き色補助	クラムの粘り、べたつき、形状保持低下	食パン、バンズ、ロール、プレミックス
細菌由来 α -アミラーゼ	デンプン	強いデンプン分解、焼成中の反応持続を狙う設計	過度な軟化、内相の粘り	反応性を強く求める配合で慎重に使用
アミログルコシダーゼ	デキストリン末端	グルコース生成、発酵糖・焼き色補助	甘味・褐色化の過多、粘り	高損傷デンプン対策や糖供給補助
キシラナーゼ	アラビノキシラン	生地伸展性、水分分配、ボリューム補助	生地軟化、扱いにくさ	小麦粉改良、冷凍生地、全粒粉配合
グルコースオキシダーゼ	グルコース	酸化的ネットワーク形成、生地強化	生地の締まり過ぎ	柔らかさより生地安定性を重視する配合

この比較で重要なのは、 α -アミラーゼが「デンプン側」に作用する酵素である点です。キシラナーゼは水溶性・不溶性アラビノキシラン、グルコースオキシダーゼは酸化反応、アミログルコシダーゼはデキストリン末端からの糖生成に関わるため、同じ製パン改良剤に含まれていても作用点は異なります。酵素を組み合わせた研究では、生地レオロジーとパン品質に複合的な影響が出ることが確認されています^[4]。

細菌由来 α -アミラーゼについては、Bacillus由来酵素を製パンに応用した研究があり、パン品質改善を目的に評価されています。これは α -アミラーゼ一般の有用性を示す一方で、真菌由来酵素と細菌由来酵素では反応特性が異なるため、同じ「 α -アミラーゼ」として単純に置き換えられるわけではありません^[10]。

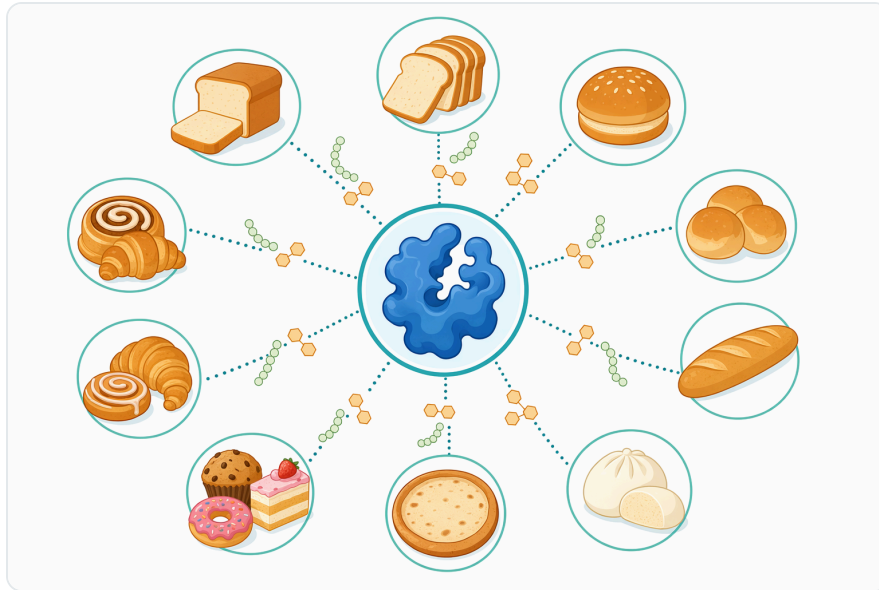


Figure 4. 곰팡이 유래 알파아밀라아제는 식빵, 롤빵, 통곡물빵, 혼합분 빵 및 글루텐프리 빵 시스템 전반에 사용되며, 그 효과는 전체 배합에 따라 달라진다.

小麦粉品質と α -アミラーゼの関係

小麦粉にはもともと内在性の α -アミラーゼが含まれますが、その量や働きは小麦の品種、栽培環境、収穫時期、保管条件で変わります。小麦の α -アミラーゼが低すぎると発酵糖が不足しやすく、高すぎるとデンプン分解が進みすぎて生地やパン品質に問題が出る可能性があります。小麦の保管中におけるFalling Numberと α -アミラーゼの変化を扱った研究では、穀粒中の α -アミラーゼ変動が小麦粉の生地特性予測に関わることが示されています^[11]。

製パン用に外部から α -アミラーゼを加える目的は、小麦粉の不足を一律に補うことではなく、工程上必要なデンプン分解を再現しやすくすることです。原料粉の損傷デンプンが多い場合、酵素がアクセスできる基質が増え、反応が強くなる場合があります。一方、損傷デンプンが少ない粉や発酵時間が短い工程では、酵素の効果が見えにくい場合もあります^[7]。

全粒粉、ライ麦、小麦以外の穀粉、副原料を含む配合では、デンプン以外に食物繊維、フェノール成分、タンパク質、脂質が水分競合を起こします。ブドウ皮、ブドウ種子、ソバ、マスタードシードなどを含む複合粉の研究では、粒子径や添加量がミキシング、粘度、発酵特性、レオロジーに影響することが示されており、 α -アミラーゼの効果もこの複雑なマトリクス内で変化します^[12]。

グルテンフリー・米粉パンでの位置づけ

グルテンフリー製パンでは、小麦グルテンによるガス保持構造がないため、デンプン糊化、親水コロイド、タンパク質、乳化剤、酵素の役割が小麦パンとは異なります。米粉生地とパンに対する α -アミラーゼの影響を調べた研究では、レオロジーおよび微細構造の観点から、 α -アミラーゼが米粉生地の性質に影響することが示されています^[13]。

ただし、グルテンフリー用途では、 α -アミラーゼだけで小麦パンのような弾性構造を作ることはできません。近年のグルテンフリーブレッド品質改善に関するレビューでは、酵素、親水コロイド、タンパク質、発酵、加工技術を組み合わせる必要性が整理されています。したがって、Fungal Alpha Amylaseは、米粉やグルテンフリー配合では「デンプン制御用の一要素」として位置づけるのが現実的です^[14]。

期待できる効果と限界

Fungal Alpha Amylaseに期待される第一の効果は、発酵中の糖供給を補助することです。これにより、酵母のガス発生が安定し、パンの膨らみ、内相、焼き色に間接的な影響を与えます。

Aspergillus oryzae α -アミラーゼを分泌するパン酵母株を構築し、製パンに用いた研究は、真菌由来 α -アミラーゼがパン生地中のデンプン利用と製パン性能に関わることを示す代表的な例です^[2]。

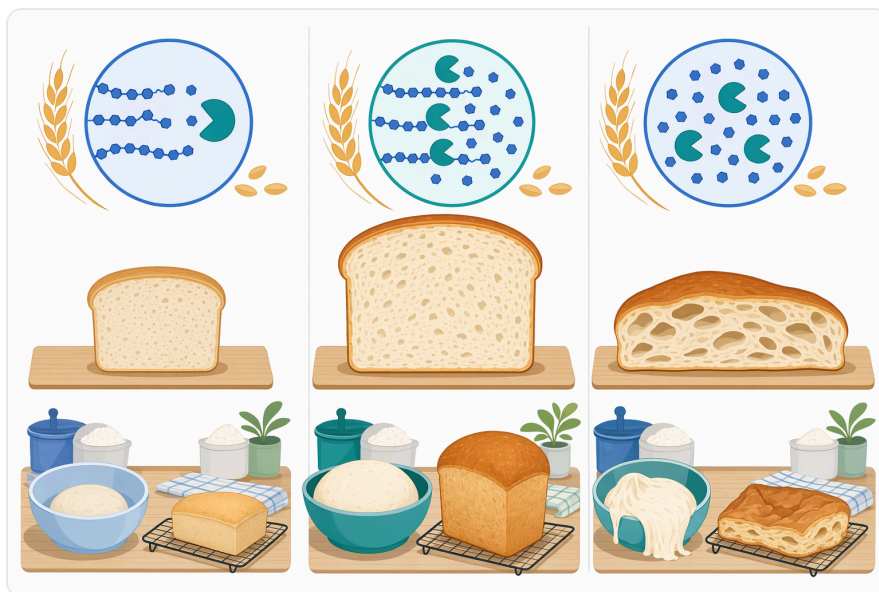


Figure 5. 빵 품질은 효소 활성을 최대화하는 것이 아니라 전분 가수분해를 조절하는 데 달려 있다.

第二の効果は、クラムの柔らかさと保存中の硬化抑制です。 α -アミラーゼはデンプン鎖を短くすることで、焼成後の再結晶化や水分移動に影響します。酵素の組み合わせを用いた研究でパン品質と保存性の改善が検討されているように、 α -アミラーゼは単独でも重要ですが、実務上は他の改良成

分と組み合わせて、柔らかさ、弾性、スライス性、口どけを調整します^[4]。

限界も明確です。α-アミラーゼはグルテン形成を直接強化しません。タンパク質品質が弱い小麦粉、ミキシング不足、過発酵、焼成不足、過剰な加水といった問題を、α-アミラーゼだけで解決することはできません。また、デンプン分解が過剰になると、内相の粘り、べたつき、腰折れ、焼成後の構造不安定化が起こるため、効果は常に「適量域」の中で評価されます^[7]。

安全な取り扱いと製品文書

粉末酵素は微細な粉体であるため、取り扱い時には粉じんの発生を抑え、吸入や目・皮膚への不要な接触を避けることが基本です。酵素そのものは少量で機能するタンパク質であり、作業環境では粉体投入、計量、混合、清掃時に飛散しやすくなります。具体的な取り扱い上の注意は、注文時に提供されるSDSを参照して、各作業環境の安全管理に組み込む必要があります。

CoAは製品ロットに紐づく品質文書、SDSは安全な取り扱い、保管、応急措置、輸送上の情報を整理した文書です。Enzymes.bioでは、本製品のオンライン注文時にこれらの文書が併せて提供されます。これは製品の製造を自社で行うという意味ではなく、供給業者としてオンライン販売と関連文書提供を行う位置づけです。

実務上の使い方を考えるための要点

製パンでFungal Alpha Amylaseを使う場合、見るべき品質指標は「発酵が速くなるか」だけではありません。生地べたつき、成形性、ホイロ中の安定性、オーブンスプリング、比容積、クラムのきめ、スライス性、保存中の硬さ、クラスト色を一体で評価する必要があります。α-アミラーゼとキシラナーゼの冷凍生地研究が示すように、酵素効果は小麦品種や工程条件によって変わります^[3]。

また、酵素は配合内の他成分と競合・相乗します。アスコルビン酸やグルコースオキシダーゼが生地を強める方向に働く一方、α-アミラーゼはデンプン側から柔らかさや糖供給を支えます。親水コロイドは水分保持を変え、乳化剤は気泡膜やデンプン老化に関わります。α-アミラーゼとアルギン酸ナトリウムを組み合わせて生地レオロジーを評価した研究でも、酵素と高分子素材の併用が生地物性に影響することが示されています^[15]。

このため、真菌由来α-アミラーゼは「パンを膨らませる添加物」という単純な理解では不十分です。より正確には、デンプンの分解度、発酵糖の供給、焼成初期の粘度、保存中のデンプン再配列を調整する酵素です。小麦粉の内在性α-アミラーゼ、損傷デンプン、発酵時間、焼成条件と組み合わせて考えることで、食感と工程安定性の両方に寄与します^[11]。



Figure 6. 분말 효소 제제는 효소 단백질이 호흡기 감작 물질이 될 수 있으므로 분진 발생을 최소화하는 방식으로 취급해야 한다.

Enzymes.bioでの供給形態

Enzymes.bioは、Fungal Alpha Amylase For Bread Makingを製パン用途向け粉末酵素としてオンラインで供給しています。購入単位は1kgで、オンライン上で直接注文できます。注文時には、関連するCoAおよびSDSが併せて提供されます。

本製品は、製パン用 α -アミラーゼを探しているベーカリー、食品原料会社、製パンプレミックス開発担当者、R&D部門、応用開発チームが、デンプン分解を通じて発酵、クラム、焼き色、保存性を調整するための酵素原料として検討できます。Enzymes.bioの製品カテゴリーでは、Fungal Alpha-Amylaseが製パン向け酵素粉末として整理されています。

まとめ：Fungal Alpha Amylaseはデンプン制御でパン品質を支える酵素

Fungal Alpha Amylase（真菌由来 α -アミラーゼ）は、パン生地中のデンプンを部分的に分解し、発酵糖の供給、焼成時の膨張、クラムの柔らかさ、保存中の食感維持に関わる製パン向け酵素です。作用点はデンプン中の α -1,4結合であり、グルテンを直接強化するのではなく、デンプン構造と糖供給を通じてパン品質を支えます^[1]。

研究面では、Aspergillus oryzae α -アミラーゼを利用した製パン研究、酵素組み合わせによる生地レオロジー・パン品質・保存性の改善研究、冷凍生地や米粉生地への α -アミラーゼ適用研究などがあり、製パンにおける α -アミラーゼの有用性と条件依存性の両方が示されています^{[2][4]}。

一方で、 α -アミラーゼは多ければよい酵素ではありません。過剰なデンプン分解は、べたつき、粘るクラム、形状保持性低下につながる可能性があります。したがって、Fungal Alpha Amylaseは、食パン、バンズ、ロール、冷凍生地、プレミックスなどの目的に応じて、デンプン分解を適切に制御するための製パン酵素として理解するのが最も実務的です^[7]。

Fungal Alpha Amylase For Bread Making - Powder 100,000 U/G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。

[Fungal Alpha Amylase For Bread Making - Powder 100,000 U/G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. Dub, A., Plaskonis, I., Barna, O., Kozyr, H., Stechyshyn, I., & Vasenda, M. (2025). Production of enzymes by biotechnological methods: A review. *The Ukrainian Scientific Medical Youth Journal*.
2. Randez-Gil, F., Prieto, J., Murcia, A., & Sanz, P. (1995). Construction of baker's yeast strains that secrete *Aspergillus oryzae* alpha-amylase and their use in bread making. *Journal of Cereal Science*, 21, 185-193.
3. Nabih, E. K., Elsheamy, M., Elsoud, E. A., & N.Yasin, N. (2019). EFFECT OF ALPHA-AMYLASE AND XYLANASE ACTIVITIES ON PROPERTIES OF FROZEN DOUGH PREPARED FROM FLOURS OF DIFFERENT WHEAT VARIETIES. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*.
4. Caballero, P., Gómez, M., & Rosell, C. (2007). Improvement of dough rheology, bread quality and bread shelf-life by enzymes combination. *Journal of Food Engineering*, 81, 42-53.
5. Zhang, Y., Wang, D., Zhang, Z., Guan, H., Zhang, Y., Xu, D., Xu, X., ... et al. (2024). Improvement on wheat bread quality by in situ produced dextran-A comprehensive review from the viewpoint of starch and gluten. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23 3, e13353 .
6. Mironeasa, S., & Codină, G. (2017). The Mixolab Rheological Properties and Dough Microstructure of Defatted Mustard Seed-Wheat Composite Flours. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41.
7. Barrera, G., Tadini, C., León, A., & Ribotta, P. (2016). Use of alpha-amylase and amyloglucosidase combinations to minimize the bread quality problems caused by high levels of damaged starch. *Journal of food science and technology*, 53, 3675-3684.

8. Amr, A., & Al-khamaiseh, A. M. (2022). Sourdough use in Bread Production: Review. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*.
9. Kriaa, M., Ouhibi, R., Graba, H., Besbes, S., Jardak, M., & Kammoun, R. (2016). Synergistic effect of *Aspergillus tubingensis* CTM 507 glucose oxidase in presence of ascorbic acid and alpha amylase on dough properties, baking quality and shelf life of bread. *Journal of food science and technology*, 53, 1259-1268.
10. Trabelsi, S., Mabrouk, S. B., Kriaa, M., Ameri, R., Sahnoun, M., Mezghani, M., & Bejar, S. (2019). The optimized production, purification, characterization, and application in the bread making industry of three acid-stable alpha-amylases isoforms from a new isolated *Bacillus subtilis* strain US586. *Journal of food biochemistry*, 43 5, e12826 .
11. Adams, M. R. (2015). Two Studies Addressing Practical Needs of Wheat Farmers, Processors, and Breeders : Changes in Falling Number and Alpha-amylase During Grain Storage, and Improved Predictions of Wheat-flour Dough Properties.
12. Coțovanu, I., & Mironeasa, S. (2021). Buckwheat Seeds: Impact of Milling Fractions and Addition Level on Wheat Bread Dough Rheology. *Applied Sciences*.
13. Dabash, V., & Burešová, I. (2022). Impact of alpha-amylase enzyme on the Rheological and Microstructural properties of the different types of rice flour doughs and bread. *Emirates Journal of Food and Agriculture*.
14. Haixi, L., Ahmed, S., Shahbaz, M., Abid, J., Jahangir, M., & Khan, S. (2025). Quality Improvement in Gluten-Free Bread: A Comprehensive Review of Modern Techniques and Ingredients. *Food reviews international (Print)*, 42, 1983 - 2017.
15. Bahrami, N., ZADEH, A. N., & Hariri, A. (2022). The evaluation of the effect of adding alpha-amylase and sodium alginate on the rheological properties of bread dough. *Food Science and 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

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。