

中温 α -アミラーゼ（Medium Temperature α -Amylase）による食品加工向けデンプン加水分解

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

中温 α -アミラーゼは、糊化または十分に水和したデンプンの α -1,4-グリコシド結合を内部から切断し、デキストリンやマルトオリゴ糖へ変換する酵素です。食品・飲料・発酵工程では、デンプンスラリーの粘度低減、液化、部分糖化、後続工程の安定化に使われます。Enzymes.bioは本製品を製造する研究所ではなく、1kg単位でオンライン直接販売する供給業者であり、CoAおよびSDSは注文時に併せて提供されます。

中温 α -アミラーゼの位置づけ：高温液化ではなく、扱いやすい食品加工条件でのデンプン制御

中温 α -アミラーゼは、デンプンを含む穀物原料、植物性飲料原料、発酵用マッシュ、シロップ前処理液、ベーカリー配合などで、デンプンを「完全に糖へ変える」ためだけでなく、加工中の流動性と反応性を整えるために用いられます。 α -アミラーゼはアミロースやアミロペクチンの内部 α -1,4結合を切断するエンド型酵素であり、反応初期から分子量を下げやすいため、粘度の高い糊化デンプンを扱いやすい状態へ移行させる用途に適しています。食品加工における酵素加水分解は、原料の構造を選択的に変え、熱・酸・アルカリ処理だけでは制御しにくい物性や消化性、溶解性を調整する技術として整理されています^[1]。

「中温」という表現は、極端な高温耐性を最優先する液化酵素ではなく、食品原料の加熱、保持、混合、発酵前処理といった比較的穏やかな工程条件で使いやすいことを示す実務的な目安です。実際の効果は、原料デンプンの植物種、アミロース比率、粒子構造、糊化状態、固形分、pH、加熱履歴、攪拌、反応時間によって変わります。未熟バナナ粉やそのデンプンのように、粒子構造や非デンプン成分、結晶性が酵素加水分解への抵抗性を左右する素材も報告されており、同じ α -アミラーゼでも原料ごとの応答は一樣ではありません^[2]。

Enzymes.bioが供給する中温 α -アミラーゼは、食品加工でデンプン加水分解を行うためのB2B向け酵素製品です。Enzymes.bioは製造業者または研究機関として性能を開発・保証する立場ではなく、オンラインで1kg単位の直接販売を行う供給業者です。注文時にはCoAとSDSが併せて提供されるため、受け入れ、保管、安全取り扱い、社内記録に必要な基本文書を製品とともに確認できます。

作用機序： α -1,4結合を内部から切断し、粘度を先に下げる

デンプンは、ほぼ直鎖状のアミロースと、 α -1,6結合による分岐を含むアミロペクチンから構成されます。 α -アミラーゼはこのうち主に α -1,4-グリコシド結合を内部から加水分解し、長鎖多糖を短いデキストリンやマルトオリゴ糖へ変換します。末端から一つずつ糖を外す酵素ではないため、デンプン鎖全体の平均分子量を早い段階で下げ、スラリーやペーストの流動性に大きく影響します。Bacillus属由来 α -アミラーゼは、食品残渣のようなデンプンを含む複合基質の分解にも応用が検討されており、デンプン性有機物の低分子化に関わる代表的な微生物酵素として扱われています[3]。

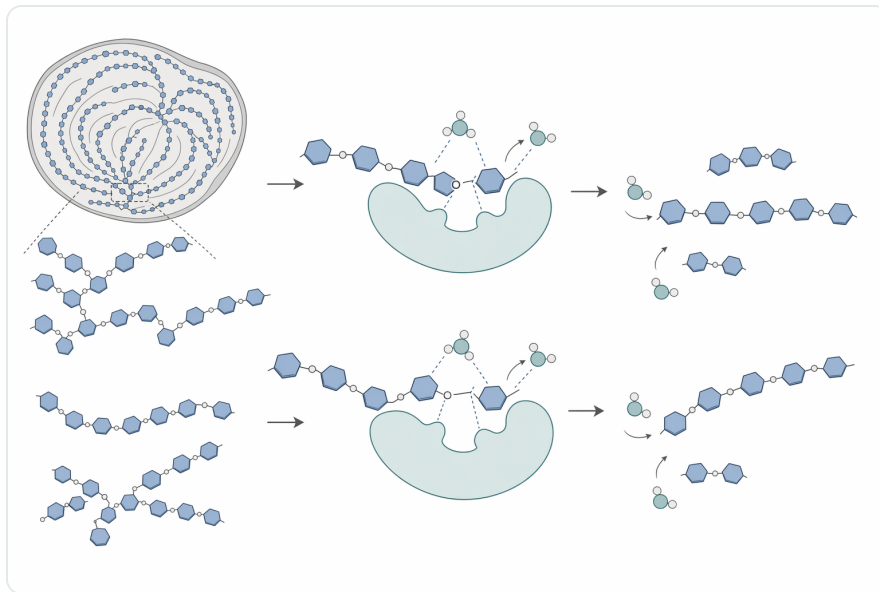


Figure 1. 중온 알파-아밀라아제는 호화된 전분의 내부 알파-1,4 글리코시드 결합을 가수분해하여 수용성 덱스트린과 말토스가 풍부한 분해 산물을 생성합니다.

この「内部切断」という性質は、食品工程で非常に重要です。糊化したデンプンは水を抱き込み、膨潤した粒子と溶出した高分子鎖によって粘度が上がります。 α -アミラーゼが鎖の内部を切ると、絡み合いと水保持の仕方が変わり、ポンプ移送、攪拌、熱交換、濾過、均質化の負荷が下がります。反応が進むと、低分子化されたデキストリンがさらに糖化酵素や発酵微生物に利用されやすい基質となり、発酵や甘味設計、シロップ化の前段階として機能します。

一方で、 α -アミラーゼだけでデンプンをすべてグルコースへ変換するわけではありません。グルコアミラーゼは非還元末端からグルコースを生成し、 β -アミラーゼはマルトース生成に関与し、プルラーナーゼなどの脱分岐酵素はアミロペクチンの分岐点処理を担います。したがって、中温 α -アミラーゼは「液化・粘度低減・部分加水分解の起点」として理解するのが実務的です。デンプンをどの程度まで短くするか、後続でどの酵素や発酵を組み合わせるかによって、最終的な糖組成や物性は大きく変わります。

酵素タイプ	主な作用位置	生成物の傾向	工程上の位置づけ
α -アミラーゼ	デンプン鎖内部の α -1,4結合	デキストリン、マルトオリゴ糖	液化、粘度低減、部分加水分解
β -アミラーゼ	非還元末端側	主にマルトース方向	麦芽糖生成、甘味・発酵性調整
グルコアミラーゼ	非還元末端側、分岐近傍にも作用	グルコース方向	高度糖化、発酵性糖生成
プルラナーゼ等	α -1,6分岐結合	脱分岐デンプン、直鎖化断片	分岐デンプンの分解効率向上

デンプン基質側の要因：同じ酵素でも、原料構造で反応性が変わる

α -アミラーゼの効果は、酵素そのものだけでなく、デンプン基質の構造に強く依存します。トウモロコシ、米、小麦、ジャガイモ、キャッサバ、サゴ、栗、葛、バナナなどのデンプンは、粒径、結晶性、アミロース含量、リン酸化の程度、脂質・タンパク質との複合体形成が異なります。これらの差は、糊化温度、膨潤性、酵素の浸透性、加水分解後の粘度、老化挙動に反映されます。未熟バナナ粉とそのデンプンでは、酵素加水分解への抵抗性が多因子的に生じることがレビューされており、単に酵素量や処理時間を増やせば同じ分解度に到達するとは限りません^[2]。

加熱履歴も重要です。デンプン粒が未糊化のまま残ると、酵素が内部の α -1,4結合へ十分にアクセスできず、反応が粒子表面中心になります。逆に、過度の加熱、せん断、冷却を経たデンプンは、再会合や老化によって酵素が入りにくい構造を形成する場合があります。ジャガイモデンプンでは、マイクロ波処理と酵素加水分解の組み合わせが多階層構造や老化挙動に影響することが検討されており、熱・物理処理と酵素処理の順序が最終物性を変えることが示唆されています^[4]。

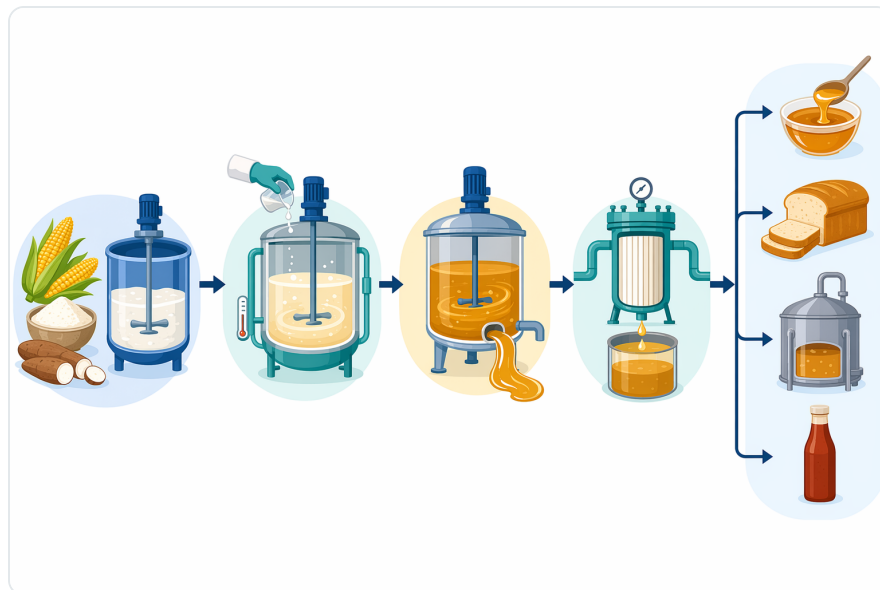


Figure 2. 식품 전분 가공에서는 가열된 전분 슬러리에 중온 알파-아밀라아제를 첨가하여, 이후의 정제 및 제품 배합 공정 전에 전분을 액화합니다.

食品原料に含まれるポリフェノールや有機酸、タンパク質、脂質も反応を左右します。クロロゲン酸によるデンプン酵素加水分解の阻害機構を比較した研究では、加工方法の違いによって阻害の程度や相互作用が変わることが扱われています^[5]。これは、コーヒー、果実、根菜、穀物外皮を含む処方では、デンプンだけを見て反応を予測しにくいことを示します。酵素は特定結合を認識する生体触媒ですが、食品マトリックス内では基質の露出、阻害成分、粘度、拡散が同時に効いてきます。

食品・飲料工程での主な用途

穀物スラリーとシロップ前処理の粘度低減

穀物粉、米粉、トウモロコシ粉、麦芽を含むスラリーは、加熱時に急激に粘度が上がることがあります。中温 α -アミラーゼを用いると、糊化したデンプン鎖が内部から切断され、長鎖多糖によるネットワークが緩みます。これにより、攪拌翼への負荷、配管内圧、熱交換のムラ、濾過不良を抑えやすくなります。米デンプン由来のピロデキストリン加水分解からレジスタントマルトデキストリンを得る研究のように、デンプンの加水分解度を制御することで、単なる糖化だけでなく機能性糖質素材の設計にもつながります^[6]。

液化工程では、酵素反応を「最後まで進める」よりも、「後続工程に適した流動性と分子量分布に整える」ことが目的になる場合が多くあります。過度に分解すると、粘度は下がってもボディ感、焼成後の食感、飲料の口当たり、発酵中の糖供給速度が変わるため、製品設計によって望ましい加水分解度は異なります。 α -アミラーゼは初期の粘度制御に強く、糖組成の最終調整には他の酵素や発酵工程が関与することが多いという切り分けが重要です。

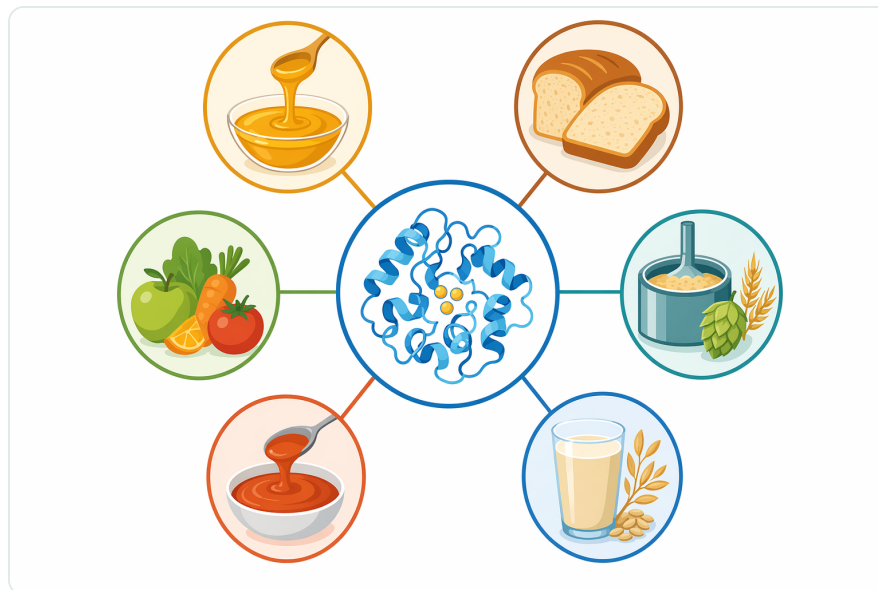


Figure 3. 식품용 중온 알파-아밀라아제는 전분당, 제빵, 양조, 곡물 음료 및 가공식품의 점도 조절 등 다양한 분야에 사용됩니다.

植物性飲料・穀物飲料の甘味と口当たり調整

オーツ、米、雑穀、豆類との複合原料を用いる植物性飲料では、デンプンの残り方が粘度、ざらつき、沈降、自然な甘味に影響します。中温 α -アミラーゼは、加熱・水和した穀物デンプンを短鎖化し、飲みやすい流動性へ近づけるために使われます。デンプンを部分的にマルトオリゴ糖へ変えることで、砂糖を直接加える設計とは異なる、穀物由来の甘味とボディ感を調整できます。食品加工における酵素加水分解は、栄養、機能、感覚特性を同時に変え得る技術としてレビューされています^[1]。

ただし、植物性飲料ではデンプン以外の β -グルカン、タンパク質、脂質、食物繊維も粘度と安定性を支配します。 α -アミラーゼ処理でデンプン由来粘度が下がっても、タンパク質凝集や繊維沈降が残ることがあります。したがって、中温 α -アミラーゼの役割は、穀物マトリックス全体を一度に解決する万能処理ではなく、デンプン画分を選択的に低分子化することです。この限定を明確にして使うほど、処方開発での再現性が高まります。

ベーカリーと加熱食品でのデンプン改質

ベーカリーでは、 α -アミラーゼが小麦粉中の損傷デンプンや糊化し始めたデンプンに作用し、酵母が利用しやすい糖や焼成中の色づきに関わる還元糖生成を支援します。適切な部分加水分解は、発酵の立ち上がり、クラスト色、クラムのやわらかさ、保存中の硬化挙動に関係します。ジャガイモマッシュの老化特性を酵素加水分解による多階層構造変化から検討した研究では、加水分解の形態が老化挙動を左右することが扱われており、デンプン改質が食感保持に深く関わることを示しています^[7]。

一方、ベーカリーでは過剰な α -アミラーゼ作用が問題になることもあります。デンプンが過度に短鎖化すると、生地が粘つく、焼成後の内相が崩れる、製品が過度に湿った食感になる、冷却後の構造安定性が落ちるといったリスクがあります。したがって、ベーカリーでの中温 α -アミラーゼは「多く使うほど良い」ものではなく、粉の損傷デンプン量、発酵時間、焼成条件、糖や乳化剤との相互作用を含めて、狙った食感へ近づけるための調整因子です。



Figure 4. 산을 이용한 전분 가수분해와 비교할 때, 알파-아밀라아제 액화는 더 온화한 공정 조건, 더 제어된 덱스트린 형성, 그리고 더 적은 바람직하지 않은 부산물을 제공합니다.

発酵原料の糖化前処理

アルコール発酵、発酵調味料、穀物発酵、乳酸発酵素材では、微生物が利用できる糖をどの速度で供給するかが収率、酸生成、香気、残糖に影響します。 α -アミラーゼはデンプンを短鎖化して、マルトース、マルトトリオース、デキストリンを含む発酵しやすい基質へ近づけます。Bacillus subtilisを用いた食品用途酵素発現の研究では、Bacillusが食品関連酵素生産の宿主として扱われており、アミラーゼ系酵素が食品バイオプロセスと密接に関わることが示されています^[8]。

発酵では、糖を一気に作るよりも、微生物の代謝速度に合った糖供給が望ましい場合があります。初期糖濃度が高すぎると浸透圧や副産物生成に影響し、低すぎると発酵遅延や香味不足につながります。中温 α -アミラーゼで部分加水分解した後、必要に応じて糖化酵素や発酵工程へつなぐことで、粘度、糖鎖長、発酵性のバランスを設計できます。

デンプン改質素材への応用：フィルム、乳化、食物繊維様素材

α -アミラーゼによるデンプン加水分解は、食品の液化だけでなく、デンプン系素材の機能改質にも関係します。トウモロコシデンプンフィルムでは、酵素加水分解の最適化により機械的特性を高める研究が報告されており、デンプン鎖長の制御がフィルム形成や強度に影響することが示されています^[9]。これは、デンプンを「溶かす」だけでなく、分子量を調整して膜、コーティング、包装素材の性質を変える発想です。

デンプンの化学修飾と酵素加水分解を組み合わせる研究も増えています。トウモロコシデンプンとサゴデンプンでは、ヒドロキシプロピル化と酵素加水分解の二重改質が物理化学的性質に与える影響が調べられています^[10]。また、葛デンプンでは、酵素加水分解と酸加水分解を組み合わせた構造改変が乳化効率に与える影響が扱われています^[11]。これらは、 α -アミラーゼが食品素材の粘度低減だけでなく、乳化、分散、ゲル化、フィルム形成などの機能設計に関わる可能性を示します。

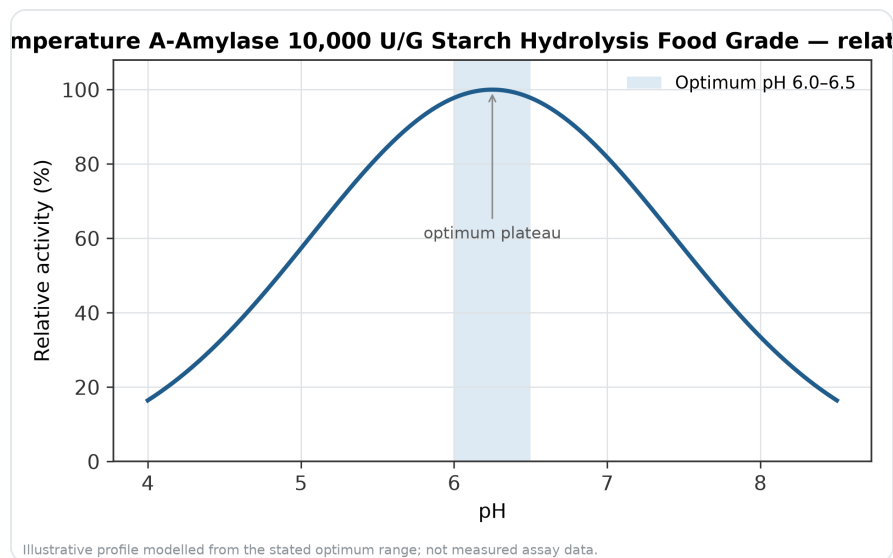


Figure 5. pH에 따른 Medium Temperature α -Amylase 10,000 U/g Starch Hydrolysis Food Grade의 상대 활성으로, pH 6.0-6.5에서 최적 활성 구간이 나타납니다.

栗粉の研究では、色調保護と酵素加水分解が微細構造、消化性、溶解性、膨潤度に与える影響が検討されています^[12]。食品粉体では、デンプンの一部を低分子化することで、水への分散性、加熱時の粘度、消化速度、口どけが変わります。中温 α -アミラーゼは、このような粉体・ペースト・飲料の物性設計において、熱やせん断だけでは到達しにくい分子レベルの調整手段になります。

Bacillus由来 α -アミラーゼ研究から見える産業的背景

食品加工で使われる α -アミラーゼの多くは、微生物酵素の研究蓄積に支えられています。Bacillus 属は、細胞外酵素を分泌しやすく、産業酵素生産に広く検討されてきた微生物群です。熱性Bacillus 由来 α -アミラーゼの生産最適化と食品廃棄物分解への応用研究では、 α -アミラーゼがデンプン性残渣を分解し、食品廃棄物の生物処理にも使える酵素として扱われています[3]。

Bacillus amyloliquefaciens由来 α -アミラーゼについては、パン廃棄物を基質とした生産最適化、産業排水処理、繊維の糊抜きへの応用が研究されています[13]。これは、 α -アミラーゼが食品工程だけでなく、デンプン性汚れ、デンプン糊剤、デンプン残渣の処理にも機能することを示します。本記事の対象は食品加工向けの中温 α -アミラーゼですが、同じ作用機序が多産業で利用されていることは、この酵素群の汎用性を理解するうえで有用です。

固体発酵による細菌 α -アミラーゼ生産のスケールアップに関するレビューでは、農産副産物を基質とした酵素生産や、発酵条件の最適化が取り上げられています[14]。また、ポメロの白皮部を Bacillus licheniformis による α -アミラーゼ生産基質として利用する研究も報告されており、未利用バイオマスを酵素生産に結びつける方向性が示されています[15]。これらの研究は、供給製品そのものの性能を直接証明するものではありませんが、 α -アミラーゼ産業がデンプン資源、食品副産物、発酵技術と強く結びついていることを示す背景になります。

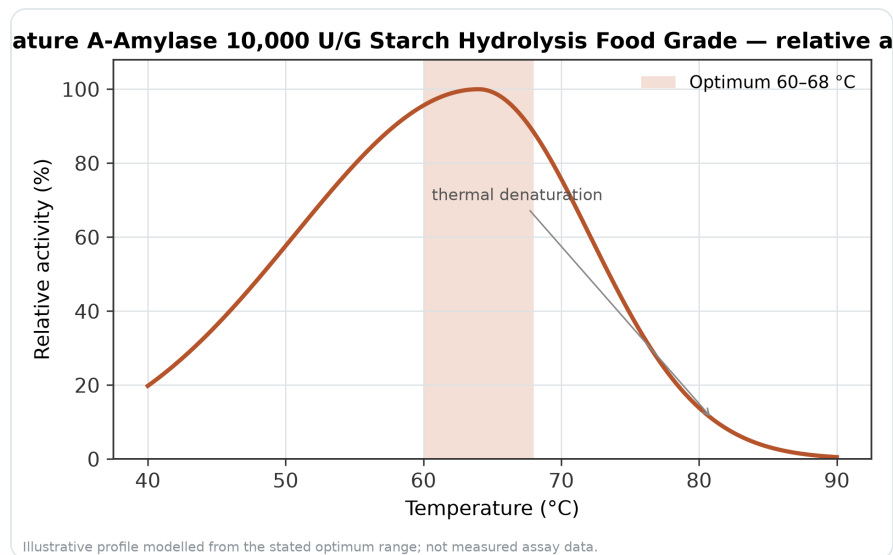


Figure 6. 온도에 따른 Medium Temperature α -Amylase 10,000 U/g Starch Hydrolysis Food Grade의 상대 활성으로, 60–68° C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도 이상에서는 열 변성에 따른 전형적인 활성 감소가 나타납니다.

工程で効果を左右する実務要因

中温 α -アミラーゼの反応では、まずデンプンが酵素にアクセス可能な状態になっているかが重要です。未糊化粒子が多い系では、反応は表面に偏りやすく、粘度低下が遅れることがあります。逆に、糊化後に冷却されて老化が進んだデンプンでは、再結晶化した領域が酵素抵抗性を示す場合があります。デンプン老化は、ジャガイモデンプンやマッシュの研究でも多階層構造の変化として扱われており、酵素処理のタイミングが最終食感に関わります^[4]。

pHと温度は、酵素の立体構造、基質結合、反応速度、失活のバランスを決めます。中温 α -アミラーゼは、食品加工で扱いやすい加熱範囲に適した酵素として使われますが、強酸性、強アルカリ性、長時間の過熱、金属イオン組成、塩濃度、糖濃度によって反応挙動が変わる可能性があります。酵素加水分解を食品加工に組み込む際には、単一の温度条件だけでなく、昇温、保持、冷却、充填までの全履歴で考える必要があります。

固形分濃度と攪拌も結果を左右します。高固形分のデンプンスラリーでは、酵素と基質の接触が拡散に制限されやすく、局所的な未反応部や過反応部が生じることがあります。攪拌が弱いと、粘度低下が均一に進まず、熱履歴の差も大きくなります。酵素は反応そのものを選択的に進めますが、食品工場では物質移動と熱移動が同じくらい重要です。

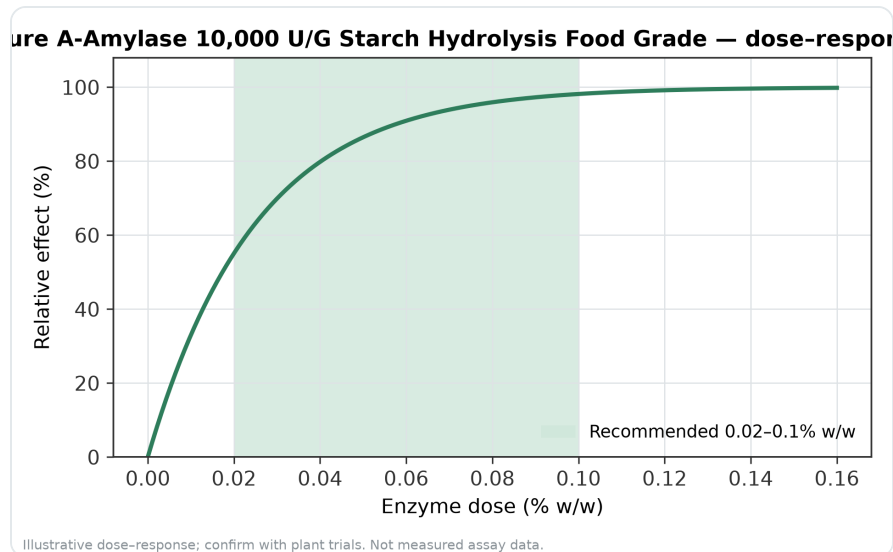


Figure 7. 권장 사용 범위(0.02–0.1% w/w)에서 Medium Temperature α -Amylase 10,000 U/g Starch Hydrolysis Food Grade의 예시적 용량-반응 관계입니다.

利点と限界を分けて考える

中温 α -アミラーゼの主な利点は、デンプン鎖を選択的に短くし、粘度低減と液化を比較的穏やかな条件で進められることです。酸加水分解のように広範な副反応を起こしにくく、処方中のデンプン画分を狙って改質できます。食品酵素による加水分解は、加工効率、官能特性、栄養特性、素材機能の改善を目的に広く研究されており、 α -アミラーゼはその中でもデンプン処理の中心的な酵素です^[1]。

ただし、限界も明確です。 α -アミラーゼはデンプン以外のタンパク質凝集、脂質酸化、繊維沈降、ポリフェノール由来の渋味、微生物汚染を直接解決する酵素ではありません。また、グルコースを最大化する完全糖化には、グルコアミラーゼや脱分岐酵素との組み合わせが必要になる場合があります。食品素材では、クロロゲン酸のような共存成分が酵素加水分解に影響し得るため、デンプン含量だけから効果を単純に予測することはできません^[5]。

安全衛生面では、粉末酵素の吸入感作にも注意が必要です。食品製造作業者における α -アミラーゼ特異的IgE感作と空气中曝露を扱った横断研究では、食品工場環境での酵素曝露がアレルギー性感作と関連して評価されています^[16]。これは、製品の有用性とは別に、粉体酵素を扱う現場ではSDSに沿った粉じん管理、局所排気、保護具、清掃手順が重要であることを示します。

用途別の期待効果と注意点

用途領域	期待される主効果	反応が効きにくい主な要因	過剰反応時の懸念
穀物スラリー	粘度低減、移送性改善、液化	未糊化粒子、高固形分、攪拌不足	ボディ感低下、糖組成のずれ
植物性飲料	口当たり調整、自然な甘味形成、沈降抑制補助	繊維、タンパク質凝集、脂質乳化不良	甘味過多、薄い飲み口
ベーカリー	発酵糖供給、焼き色、食感保持	粉質差、損傷デンプン差、発酵時間差	粘つき、内相崩れ、湿った食感
発酵原料	糖化前処理、発酵性向上、粘度低減	老化デンプン、阻害成分、pH不一致	糖供給過多、副産物変動
デンプン素材改質	溶解性、膨潤性、フィルム性、乳化性の調整	原料デンプン構造、他の修飾履歴	強度低下、粘度不足

Enzymes.bioからの入手と文書提供

Enzymes.bioは、中温 α -アミラーゼを1kg単位でオンライン直接販売する供給業者です。製品はオンライン注文後に処理・配送され、注文時にCoAとSDSが併せて提供されます。Enzymes.bioは製造業者や研究所ではないため、ここでの説明は製造工程、独自試験法、研究開発上の性能保証ではなく、食品加工における α -アミラーゼの作用機序と用途を理解するための技術的整理です。

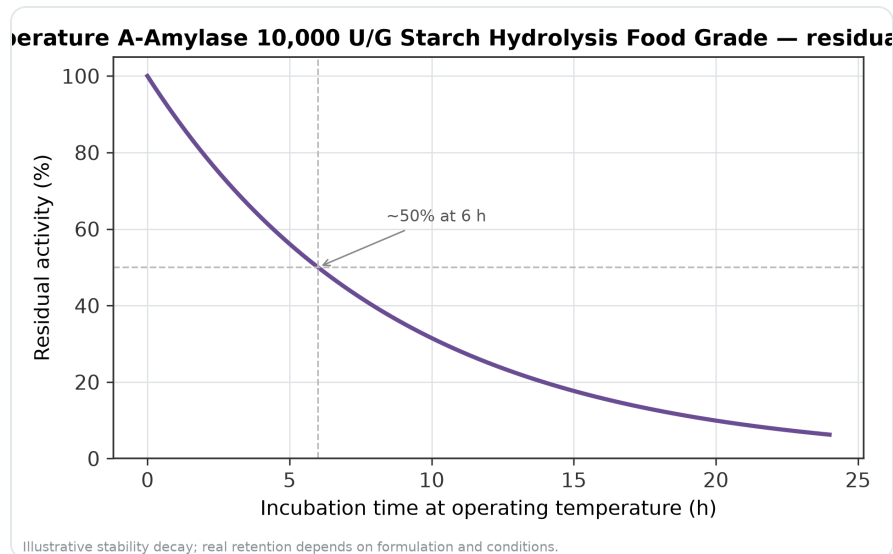


Figure 8. Medium Temperature α -Amylase 10,000 U/g Starch Hydrolysis Food Grade의 예시적 열 안정성 감소로, 운전 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소합니다.

この製品を実務に位置づけるなら、「中温域でデンプンを部分加水分解し、粘度、流動性、糖鎖長、加工適性を調整する食品加工向け酵素」と表現するのが最も正確です。 α -アミラーゼの研究は、Bacillus属などの微生物酵素生産、食品副産物の利用、デンプン素材の構造改質、発酵原料の前処理、食品物性制御にまたがっており、その応用範囲は広い一方、最終効果は原料と工程条件に依存します^[14]。

まとめ：中温 α -アミラーゼはデンプン工程の「液化と部分加水分解」の中核酵素

中温 α -アミラーゼは、デンプンの内部 α -1,4結合を切断し、長鎖多糖をデキストリンやマルトオリゴ糖へ変えることで、粘度低減、液化、部分糖化、発酵性向上、食品物性調整を支援します。特に、糊化・水和したデンプンを含む穀物スラリー、植物性飲料、ベーカリー、発酵原料、デンプン系素材改質では、熱やせん断だけでは制御しにくい分子量分布を酵素的に整えられる点が価値になります。食品中のデンプン加水分解は、微細構造、消化性、溶解性、膨潤性を変える処理としても研究されており、単なる粘度低減を超えた素材設計技術として重要です^[12]。

一方で、 α -アミラーゼは万能な糖化酵素ではなく、完全糖化、脱分岐、タンパク質改質、乳化安定化を単独で担うものではありません。原料デンプンの種類、糊化状態、老化、共存成分、pH、温度、攪拌、反応時間が効果を左右します。したがって、Enzymes.bioが供給する中温 α -アミラーゼは、食品加工の中でデンプン由来の粘度と糖鎖長を調整するための実務的な酵素として捉えるのが適切です。

Medium Temperature A-Amylase 10,000 U/G Starch Hydrolysis Food Grade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。

Medium Temperature A-Amylase 10,000 U/G Starch Hydrolysis Food Grade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. Akimova, D., Kakimov, A., Suychinov, A., Urazbayev, Z., Zharykbasov, Y., Ibragimov, N., Bauyrzhanova, A., ... et al. (2024). Enzymatic hydrolysis in food processing: biotechnological advancements, applications, and future perspectives. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*.
2. Dibakoane, S. R., Silva, L. S., Meiring, B., Anyasi, T. A., Mlambo, V., & Wokadala, O. C. (2024). The multifactorial phenomenon of enzymatic hydrolysis resistance in unripe banana flour and its starch: A concise review. *Journal of Food Science*.
3. MSARAH, M. J., Ibrahim, I., Hamid, A., & Aqma, W. S. (2020). Optimisation and production of alpha amylase from thermophilic Bacillus spp. and its application in food waste biodegradation. *Heliyon*, 6.
4. Cao, H., Tan, J., Huang, K., Song, H., Zhang, Y., Liu, C., Grimi, N., ... et al. (2025). Unveiling the multiscale structural dynamics and retrogradation behavior of potato starch via integrated enzymatic hydrolysis enhanced by microwave. *Food Chemistry*, 480, 143835 .
5. Wang, Y., Wang, D., Xing, M., Ji, M., Jiang, X., Jia, L., Li, L., ... et al. (2025). Effect and mechanism of chlorogenic acid inhibition of starch enzymatic hydrolysis: Comparison of different processing methods. *Food chemistry: X*, 29.
6. Binh, P., Loi, N., Lam, N. D., & Tuan, P. A. (2025). Optimization of pyrodextrin hydrolysis from rice starch to produce resistant maltodextrin. *Food Research*.

7. Cao, H., Huang, M., Liu, Z., Huang, K., Wang, M., Song, H., Li, S., ... et al. (2025). Influencing the retrogradation properties of potato mash through multi-scale structural modifications mediated by enzymatic hydrolysis forms. *Food Chemistry*, 485, 144467 .
8. Yu, X., Zhang, K., Zhu, X., Lv, H., & Wu, J. (2023). High level food-grade expression of maltogenic amylase in *Bacillus subtilis* through dal gene auxotrophic selection marker. *International Journal of Biological Macromolecules*, 127372 .
9. Ghizdareanu, A., Banu, A., Pasarin, D., Afilipoaei, A. I., Nicolae, C., Gabor, A., & Pătroi, D. (2023). Enhancing the Mechanical Properties of Corn Starch Films for Sustainable Food Packaging by Optimizing Enzymatic Hydrolysis. *Polymers*, 15.
10. Xian, L., R., M. E., Kamilah, H., Koh, W. Y., & Utra, U. (2024). Elucidating the impact of dual modification with hydroxypropylation and enzymatic hydrolysis on physicochemical properties of corn and sago starch. *Food Research*.
11. Fang, F., Cheng, S., Huang, L., Tian, Z., Gao, H., Mu, M., & Cai, Y. (2025). Structural modifications and physicochemical characterization of *Pueraria lobata* starch: Focusing on the impact of combined enzymatic and acid hydrolysis on emulsifying efficiency. *Food Chemistry*, 495 Pt 3, 146647 .
12. Guo, W., Yang, L., Shi, X., Cong, X., Cheng, S., Li, L., & Cheng, H. (2024). Effects of color protection and enzymatic hydrolysis on the microstructure, digestibility, solubility and swelling degree of chestnut flour. *Food chemistry: X*, 23.
13. Abd-Elhalim, B. T., Gamal, R., El-Sayed, S., & Abu-Hussien, S. H. (2023). Optimizing alpha-amylase from *Bacillus amyloliquefaciens* on bread waste for effective industrial wastewater treatment and textile desizing through response surface methodology. *Scientific Reports*, 13.
14. M, G. V., & S, P. (2025). Review on Scaling up α -Amylase Production by Bacterial Strains through Solid State Fermentation. *International Journal for Sciences and Technology*.
15. Tran, T. N., Chen, S., Doan, C., & Wang, S. (2025). Unlocking the Potential of Pomelo Albedo: A Novel Substrate for Alpha-Amylase Production Using *Bacillus licheniformis*. *Fermentation*.
16. Brika, W. M. M., Labib, I. B., & Elsayed, S. (2026). Alpha-Amylase-Specific IgE Sensitization and RAST-Class Distribution Among Food Manufacturing Workers: A Cross-Sectional Study with Airborne Exposure Assessment. *Social Science Research Network*.

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

