

# 高温 $\alpha$ -アミラーゼ：アルコール製造・醸造における澱粉液化用酵素

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

高温 $\alpha$ -アミラーゼは、加熱で糊化して粘度が上がった澱粉スラリーを、デキストリンや短鎖オリゴ糖へ切断して流動化する酵素です。アルコール製造と醸造では、発酵そのものを担うのではなく、後続の糖化酵素や酵母が働きやすい澱粉由来基質を準備する「液化」段階で使われます。耐熱性を持つ $\alpha$ -アミラーゼは、米、トウモロコシ、キャッサバなど比較的高温で糊化する原料を扱う工程で、とくに重要な役割を持ちます<sup>[1]</sup>。

## 製品の位置づけ：高温澱粉液化に使う $\alpha$ -アミラーゼ

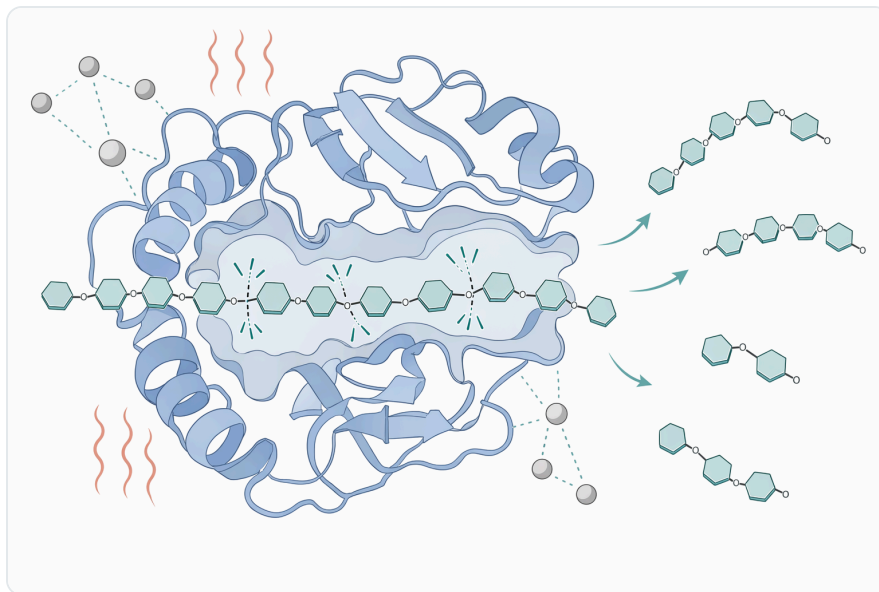
**High Temperature Alpha-Amylase For Alcohol & Brewing Starch Liquefaction** は、アルコール製造、ビール・発泡酒・蒸留酒などの醸造、澱粉糖製造における加熱液化工程向けの $\alpha$ -アミラーゼです。Enzymes.bioは本製品の供給業者であり、製造業者または研究機関としてではなく、オンラインで1kg単位の直接購入に対応する供給チャンネルとして製品を提供します。注文時には、通常のご取扱いに必要なCoAおよびSDSが併せて提供されます。

この文書は、製品ページを補足する技術解説として、酵素が工程内でどのように働くか、なぜ高温型がアルコール・醸造向けの澱粉液化で選ばれるのかを整理するものです。特定の活性単位、グレード、分析法、活性単位の定義を列挙する仕様書ではなく、工程設計者や購買担当者が酵素の役割を理解するための背景資料として読める内容に限定しています<sup>[2]</sup>。

## $\alpha$ -アミラーゼの基本機能：澱粉鎖を内部から切断する

$\alpha$ -アミラーゼは、澱粉を構成するグルコース鎖の内部結合を加水分解する酵素です。澱粉は主に、比較的直鎖状のアミロースと、分岐を多く持つアミロペクチンから成ります。 $\alpha$ -アミラーゼは鎖の末端から一つずつ糖を外す酵素ではなく、分子内部の $\alpha$ -1,4-グリコシド結合をランダムに近い形で切断するため、長大な澱粉分子をデキストリン、マルトオリゴ糖、より短い可溶性断片へ変換します<sup>[3]</sup>。

この「内部から切る」という性質が、液化工程での実用価値を生みます。加熱された澱粉粒は吸水・膨潤し、糊化によってスラリーの粘度が急上昇しますが、 $\alpha$ -アミラーゼが高分子鎖を短くすると、分子同士の絡み合いが減り、攪拌・移送・熱伝達が改善されます。工業的なアミラーゼ利用に関するレビューでは、 $\alpha$ -アミラーゼが食品、発酵、澱粉加工などで広く使われる理由として、この澱粉分解と粘度低減の機能が中心に置かれています<sup>[1]</sup>。



**Figure 1.** 고온 알파-아밀라아제는 내부 알파 글루코시드 결합을 가수분해해 호화된 전분을 수용성 덱스트린으로 분해함으로써 액화합니다.

液化段階の目的は、澱粉を直ちにすべて発酵可能糖へ変えることではありません。むしろ、粘度が高く酵素接触も不均一になりやすい糊化澱粉を、後続の糖化酵素が作用しやすい短鎖基質へ整えることが主目的です。グルコースシロップの研究では、 $\alpha$ -アミラーゼによる液化と、その後の糖化を分けて最適化する考え方が示されており、液化と糖化は役割の異なる連続工程として扱われています<sup>[4]</sup>。

## なぜ「高温」 $\alpha$ -アミラーゼが必要になるのか

澱粉原料は、種類によって糊化挙動が大きく異なります。米、トウモロコシ、キャッサバ、ソルガムなどの副原料や澱粉質原料は、麦芽由来酵素が安定に働きやすい温度帯より高い温度で十分に糊化することがあります。醸造分野では、こうした副原料の澱粉を糖化可能な状態にするため、糖化工程の前に加熱液化を行うプロセスが使われます<sup>[5]</sup>。

通常の酵素は高温で立体構造が崩れると活性を失います。これに対して耐熱性 $\alpha$ -アミラーゼは、高温の澱粉スラリー中でも一定時間構造を維持し、糊化と分解が重なる条件で働きやすいように選ばれます。耐熱性 $\alpha$ -アミラーゼの研究では、Bacillus属、Geobacillus属、Anoxybacillus属など、高

温環境に適応した微生物由来酵素が注目されており、産業的な澱粉処理に向く特性が検討されています<sup>[6]</sup>。

高温液化で重要なのは、「熱に耐える」だけではありません。糊化した澱粉は粘度が高く、基質拡散が制限され、局所的な温度差や濃度差も生じやすくなります。そのため、酵素は高温で基質へ接触できること、短時間で長鎖を切断して粘度を下げることで、後続の糖化・発酵に不利な過度の副反応を増やしすぎないことが求められます。耐熱性 $\alpha$ -アミラーゼの産業 relevance を扱った研究では、温度安定性、反応安定性、澱粉処理への適合性が一体の性能として議論されています<sup>[7]</sup>。

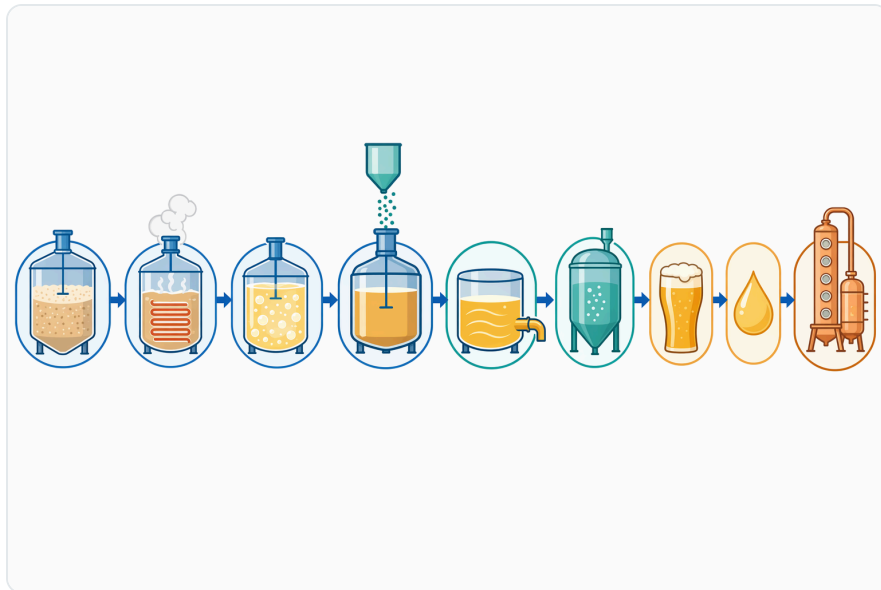


Figure 2. 알코올 및 양조 공정에서는 고온 액화 단계에서 고온 알파-아밀라아제를 첨가하여 매시의 점도를 낮추고 전분을 당화에 적합한 상태로 준비합니다.

## アルコール製造での役割：発酵前の澱粉基質を整える

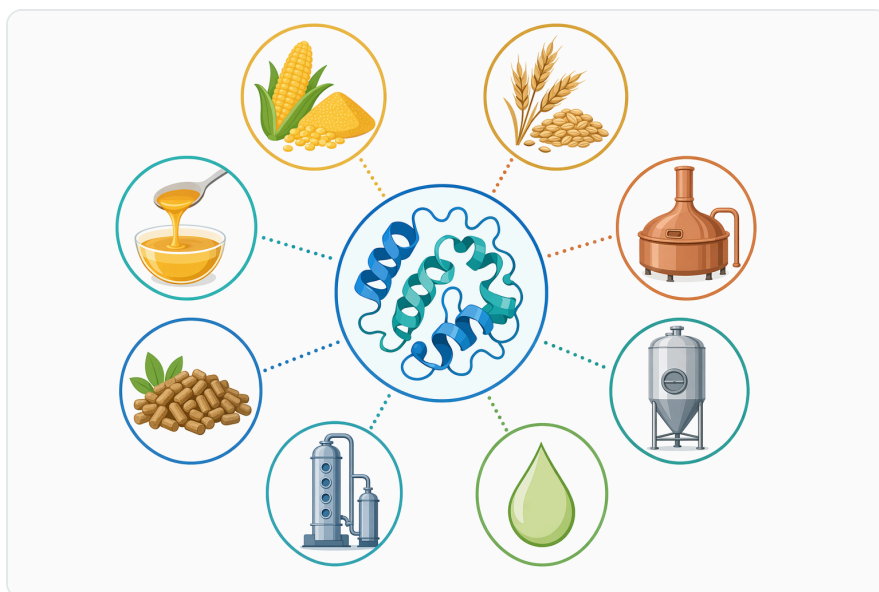
澱粉質原料からエタノールを生産する場合、酵母は澱粉高分子をそのまま効率よく利用できません。工程としては、まず澱粉を糊化・液化し、次に糖化酵素でグルコースや発酵可能糖を増やし、その糖を酵母が発酵してエタノールを生成します。 $\alpha$ -アミラーゼはこの連鎖の前半に位置し、発酵槽へ入る前の基質状態を左右します<sup>[1]</sup>。

液化が不十分だと、スラリーの粘度が残り、攪拌負荷、ポンプ移送、熱交換、糖化酵素との接触が悪化します。逆に、液化が進むと長鎖澱粉が短鎖化され、糖化酵素が作用できる末端や可溶性断片が増えます。これにより、糖化工程の反応場が整い、発酵へ進む前の原料ばらつきを抑えやすくなります。澱粉系バイオエタノールに関する文献では、 $\alpha$ -アミラーゼ液化を組み込んだプロセスが、糖化・発酵と組み合わせて検討されています<sup>[3]</sup>。

アルコール製造で高温型が有利になる場面は、原料を高温で十分に糊化させながら粘度を早く落としたい場合です。特に高濃度スラリーでは、水を増やせば粘度は下がりますが、その後の蒸留・濃縮・排水負荷が増えます。高温 $\alpha$ -アミラーゼは、濃い澱粉スラリーを扱う工程で、希釈に頼らず流動性を改善するための選択肢になります。近年のアミラーゼ生産・応用レビューでも、発酵産業や澱粉変換における耐熱性酵素の重要性が繰り返し整理されています<sup>[2]</sup>。

## 醸造での役割：副原料の澱粉を糖化可能にする

ビールやその他の醸造飲料では、麦芽だけでなく、米、コーン、シロップ原料、キャッサバ由来澱粉などを副原料として使う設計があります。副原料の利用目的は、風味、色調、コスト、糖組成、発酵特性などに関わりますが、澱粉が十分に液化されなければ、抽出収率やろ過性に影響が出ます。醸造向け液化酵素は、こうした副原料を糖化工程に入る前に扱いやすい状態へ変えるために使われます<sup>[5]</sup>。



**Figure 3.** 이 효소는 양조, 연료용 알코올, 음용 주정, 곡물 가공 및 관련 전분 전환 공정에서 전분 액화에 사용됩니다.

麦芽には本来アミラーゼ系酵素が含まれますが、すべての副原料処理を麦芽酵素だけに任せられるとは限りません。副原料の糊化温度が高い場合、必要な加熱条件では麦芽由来酵素が失活しやすくなります。耐熱性 $\alpha$ -アミラーゼを併用すれば、シリアルクッカーや加熱マッシュ中で澱粉鎖を切断し、メインマッシュへ戻した後の糖化を進めやすくなります。醸造分野の酵素ソリューションでも、液化は高温副原料処理の主要課題として扱われています<sup>[5]</sup>。

醸造における液化の良否は、単に糖が増えるかどうかだけでなく、マッシュ粘度、熱移動、攪拌均一性、濾過・lautering の挙動にも関わります。澱粉が長鎖のまま残ると、粘度上昇や目詰まり、抽出のばらつきにつながる可能性があります。 $\alpha$ -アミラーゼが内部結合を切断すると、分子量が下が

り、マッシュ全体が均一に動きやすくなります。これは醸造工程における再現性と処理性の観点で重要です<sup>[1]</sup>。

## 液化、糖化、発酵の違いを整理する

澱粉加工では「液化」「糖化」「発酵」が連続して語られるため、酵素の役割が混同されがちです。液化は、糊化澱粉の粘度を下げ、長鎖澱粉をデキストリンへ変える段階です。糖化は、デキストリンをさらにグルコース、マルトースなどの発酵可能糖へ近づける段階です。発酵は、酵母などの微生物が糖を代謝し、エタノールや二酸化炭素などを生成する段階です<sup>[4]</sup>。

工程	主な目的	中心となる変化	$\alpha$ -アミラーゼの関与	アルコール・醸造での意味
糊化	澱粉粒を水和・膨潤させる	結晶構造が崩れ、粘度が上がる	酵素が基質へ接触しやすくなる前段階	原料澱粉を反応可能な状態にする
液化	高粘度澱粉を流動化する	長鎖澱粉がデキストリンへ短鎖化	主役として内部結合を切断する	攪拌、移送、糖化への移行を改善
糖化	発酵可能糖を増やす	デキストリンがより小さな糖へ分解	補助的または前処理として寄与	酵母が利用しやすい糖組成に近づく
発酵	糖をアルコールへ変換する	酵母代謝によりエタノール生成	直接の発酵酵素ではない	液化品質が発酵前基質に影響

この区別は、酵素選定だけでなく工程トラブルの切り分けにも役立ちます。たとえば、糖化後の発酵が遅い場合、それが酵母の問題なのか、糖化不足なのか、さらに前段の液化不足なのかを分けて考える必要があります。 $\alpha$ -アミラーゼは発酵そのものを促進する添加物ではなく、発酵へ至る前の澱粉構造を変えることで、後続工程の条件を整える酵素です<sup>[3]</sup>。

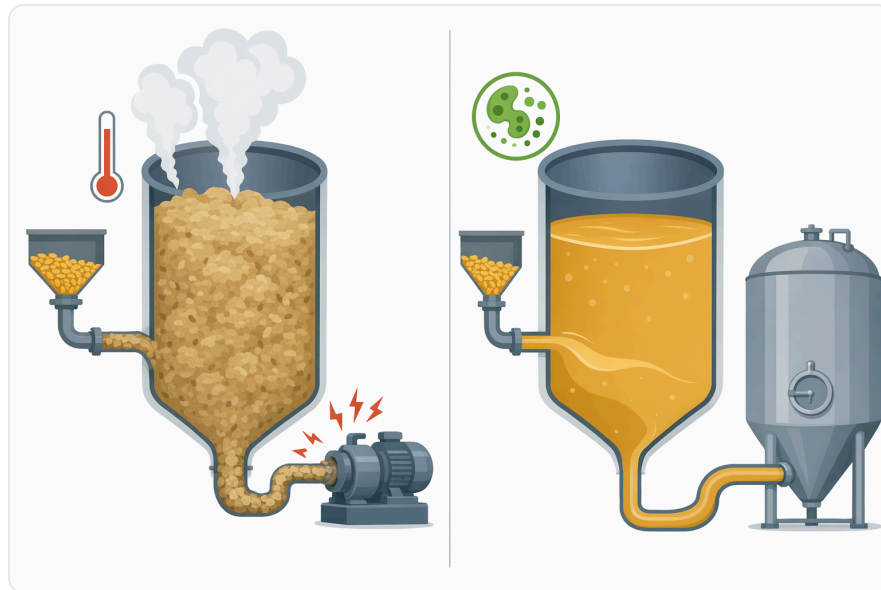


Figure 4. 비효소적 열처리만 사용하는 경우와 비교해, 알파-아밀라아제 액화하는 매시 점도를 낮추고 이후 공정에서 발효성 당 생산을 향상시킵니다.

## 高温 $\alpha$ -アミラーゼの分子レベルの働き

$\alpha$ -アミラーゼの活性中心は、澱粉鎖を結合できる溝状の構造を持ち、基質の  $\alpha$ -1,4結合を加水分解します。内部結合が切断されるたびに、巨大分子だった澱粉の平均鎖長が短くなり、溶液中での分子の広がりや絡み合いが減少します。その結果、同じ固形分濃度でもスラリーは流れやすくなります。構造予測と産業応用を扱う近年のレビューでは、 $\alpha$ -アミラーゼの構造的特徴と生産動向が、食品・発酵・澱粉加工での利用と結びつけて論じられています<sup>[3]</sup>。

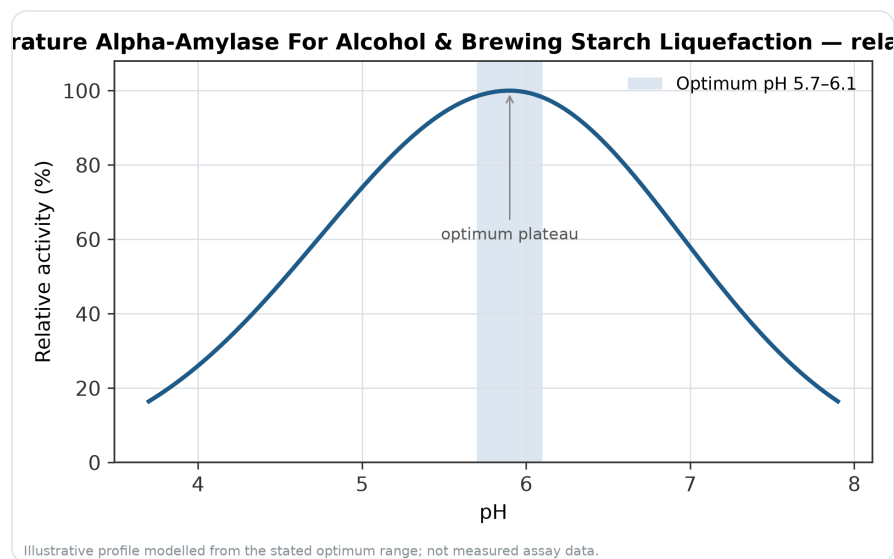
耐熱性は、酵素タンパク質の折りたたみ構造が高温でほどけにくいことに由来します。熱安定性を支える要因としては、疎水性コアの安定化、塩橋、水素結合ネットワーク、カルシウム結合部位などが研究対象になります。ただし、実際の工業条件では、酵素そのものの熱安定性に加えて、pH、基質濃度、攪拌、金属イオン、せん断、保持時間が複合的に影響します。カルシウムイオン存在下でのアミラーゼ活性化とポテト澱粉液化を扱った研究は、反応環境が液化挙動に影響し得ることを示しています<sup>[8]</sup>。

高温  $\alpha$ -アミラーゼの研究では、温泉、地熱地帯、火山性環境などから得られる耐熱性微生物がしばしば対象になります。Geobacillus属やAnoxybacillus属由来の酵素は、熱安定性や酸性条件での安定性など、澱粉加工に関係する性質が検討されています。地熱環境からの耐熱性  $\alpha$ -アミラーゼ遺伝子探索や、Anoxybacillus由来酵素の特性評価は、産業用酵素開発の背景にある生物資源探索の例です<sup>[9]</sup>。

## 原料別に見た液化上の考え方

トウモロコシや米などの穀類澱粉は、粒子構造、アミロース含量、タンパク質・脂質との複合体、粉碎状態によって水和と糊化の進み方が変わります。液化酵素が十分に作用するには、澱粉粒が酵素にアクセス可能な状態になっていることが重要です。糊化が不十分なままでは、酵素添加量だけを増やしても長鎖澱粉が残りやすく、粘度低下が限定的になることがあります。微生物 $\alpha$ -アミラーゼの工業応用レビューでは、基質種と処理条件が酵素利用の成否に関わる点が整理されています[2]。

キャッサバ、サゴ、ジャガイモ、サツマイモなどの根茎・貯蔵澱粉は、穀類とは異なる粒径や膨潤性を示します。キャッサバ澱粉を用いたグルコースシロップ製造研究では、液化時間と糖化時間を分けて検討する必要性が示されており、原料に応じた液化条件の最適化が重要であることがわかります[4]。



**Figure 5.** pH에 따른 알코올 및 양조용 전분 액화 고온 알파-아밀라아제의 상대 활성으로, pH 5.7~6.1에서 최적 활성 구간을 나타냅니다.

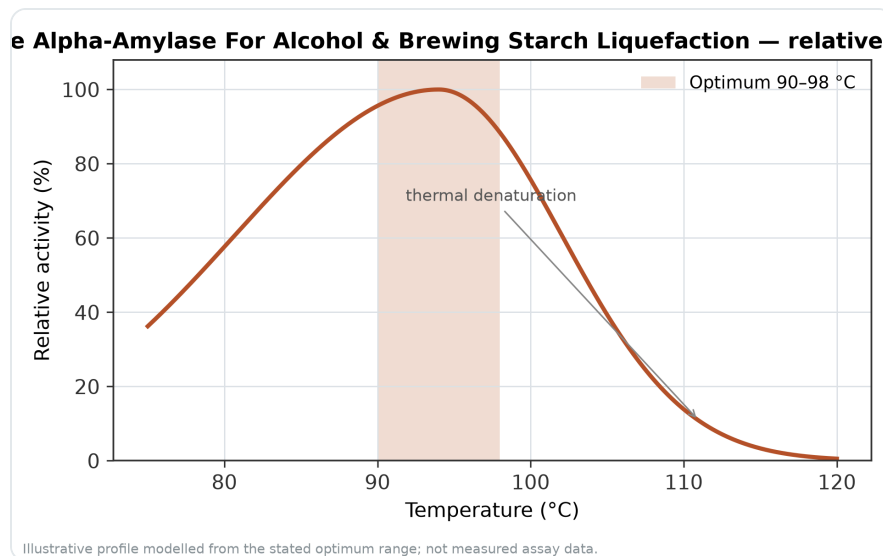
醸造では、原料の違いは味や発酵性だけでなく、加熱設備の運転にも影響します。副原料を多く使う場合、シリアルクッカーで高温液化し、液化マッシュをメインマッシュに戻す設計が使われます。高温 $\alpha$ -アミラーゼは、この前処理段階で澱粉の分子量を下げ、主糖化工程に入る前の粘度と分散状態を調整する役割を持ちます。醸造酵素の解説でも、液化は副原料利用時の熱処理と密接に関連する工程として説明されています[5]。

## 高濃度スラリーで起こる課題と液化酵素の意義

アルコール製造や澱粉糖製造では、原料濃度を高めるほど、単位水量あたりの糖・アルコール生産量を上げやすくなります。一方で、高濃度スラリーは粘度が高く、熱が伝わりにくく、攪拌の不均一や局所的な過加熱が起こりやすくなります。液化が遅れると、配管やポンプへの負荷も上がり、工程全体の安定性に影響します。アミラーゼの産業応用に関する近年のレビューでは、澱粉変換プロセスの効率化において酵素の安定性と反応条件が重要な要素として扱われています<sup>[1]</sup>。

$\alpha$ -アミラーゼが早い段階で長鎖澱粉を切断すると、スラリー粘度が下がり、熱と酵素がより均一に分布しやすくなります。これは単なる「分解率」の問題ではなく、反応場全体の物理性を変える効果です。粘度が下がることで攪拌が改善し、攪拌が改善すると酵素と基質の接触も改善するため、液化は自己促進的に進みやすくなります。耐熱性 $\alpha$ -アミラーゼ研究では、こうした高温・高基質条件での安定性が産業的意義として重視されています<sup>[7]</sup>。

ただし、高温 $\alpha$ -アミラーゼを使えばどの工程でも同じ結果が得られるわけではありません。原料粉砕度、加水量、温度履歴、保持時間、pH、攪拌効率、後続酵素との組み合わせが変われば、粘度低下や糖組成も変わります。したがって、期待される効果は「高温液化で澱粉鎖を短くし、後続工程へつなぎやすくすること」と具体的に捉えるべきであり、収率やエネルギー削減を無条件に約束するものではありません<sup>[2]</sup>。



**Figure 6.** 온도에 따른 알코올 및 양조용 전분 액화 고온 알파-아밀라아제의 상대 활성으로, 90~98° C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도 이상에서는 열변성에 따른 전형적인 활성 감소가 나타납니다.

## 耐熱性 $\alpha$ -アミラーゼに関する研究背景

---

耐熱性 $\alpha$ -アミラーゼは、工業的に重要な酵素群として多くの研究が行われています。Bacillus licheniformis由来 $\alpha$ -アミラーゼは、耐熱性アミラーゼの代表的な研究対象の一つであり、澱粉液化や食品加工への応用可能性が検討されてきました。酸安定性と耐熱性を持つBacillus licheniformis由来 $\alpha$ -アミラーゼの特性評価研究では、温度・pHに対する安定性が、工業利用の観点から重要な性質として扱われています<sup>[10]</sup>。

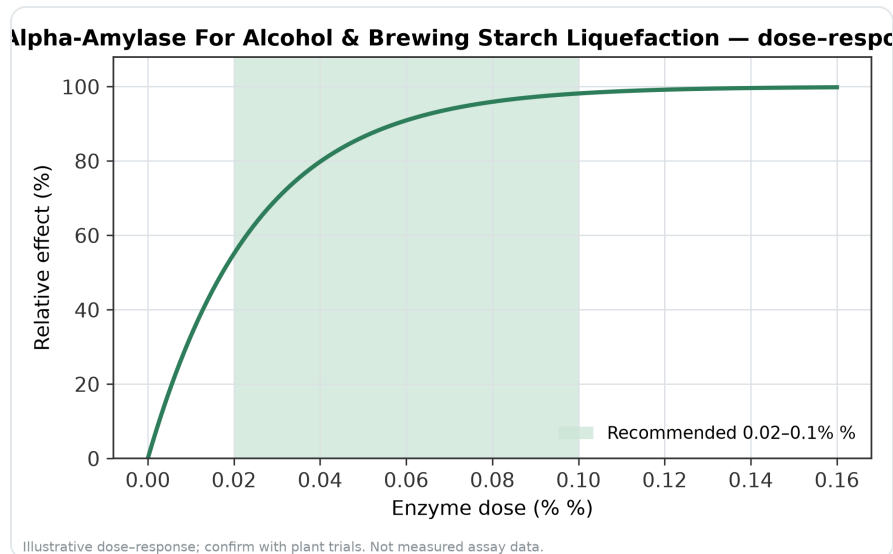
Geobacillus属から得られる $\alpha$ -アミラーゼも、高温環境に適応した酵素として注目されています。インドネシアの火山由来Geobacillus sp. DS3から精製された耐熱性 $\alpha$ -アミラーゼの研究では、熱安定性を持つ酵素の性質が評価され、澱粉分解用途への関連性が示されています。こうした研究は、特定市販品の性能を直接示すものではありませんが、高温液化に適した酵素がどのような生物学的背景から得られるかを理解する助けになります<sup>[6]</sup>。

Anoxybacillus tengchongensis由来の耐熱性 $\alpha$ -アミラーゼに関する研究も、地熱環境から得られる酵素の可能性を示しています。地熱温泉由来微生物からの酵素探索は、高温条件で働くタンパク質を見つける有力な方法であり、澱粉液化のような加熱工程と相性があります。耐熱性酵素の探索・特性評価は、アルコール・醸造用途の高温液化酵素を理解するための基礎的な研究領域です<sup>[11]</sup>。

## 低pH液化と工程適合性

---

澱粉液化では、温度だけでなくpHも工程適合性に関わります。従来の高温液化では、酵素が働きやすい条件に合わせてpH調整を行う必要がある場合がありますが、低pH側で安定な耐熱性 $\alpha$ -アミラーゼは、後続の糖化や発酵条件との接続を簡略化できる可能性があります。低pH・耐熱性 $\alpha$ -アミラーゼの探索と最適化を扱った研究では、澱粉液化におけるpH適合性が重要な開発課題として示されています<sup>[12]</sup>。



**Figure 7.** 권장 사용 범위(0.02~0.1%)에서 알코올 및 양조용 전분 액화 고온 알파-아밀라아제의 용량-반응 관계를 예시한 그림입니다.

アルコール製造では、液化後に糖化、さらに発酵へ進むため、各工程のpH差が大きいほど調整負荷が増えます。醸造でも、マッシュ条件との整合性が重要です。高温 $\alpha$ -アミラーゼの工程価値は、単独の酵素活性だけではなく、前後工程とどれだけ自然につながるかによって決まります。これは、耐熱性、酸安定性、基質特異性、反応時間が総合的に評価される理由です<sup>[10]</sup>。

## 期待できる効果と、過度に一般化すべきでない点

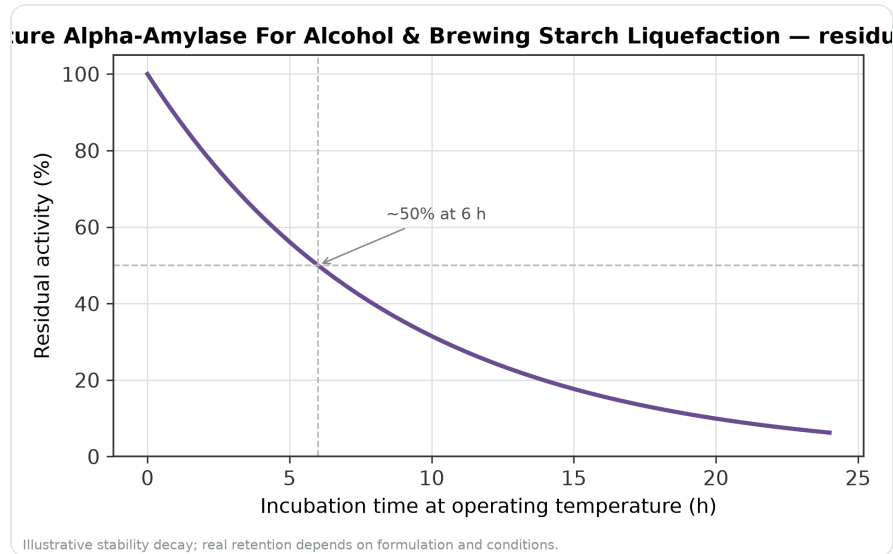
高温 $\alpha$ -アミラーゼの主要な効果は、糊化澱粉の粘度低下、液化物の均一化、糖化酵素が作用しやすい短鎖基質の形成です。これにより、アルコール製造では糖化・発酵前のスラリー状態が整いやすくなり、醸造では副原料マッシュの処理性が改善しやすくなります。 $\alpha$ -アミラーゼが澱粉加工、食品、発酵産業で広く使われる理由は、この高分子澱粉を扱いやすい形へ変える基本機能にあります<sup>[1]</sup>。

一方で、エネルギー消費、処理時間、アルコール収率、ろ過性、最終製品の風味への影響は、工程条件に依存します。酵素は反応を担う重要な要素ですが、原料の粉碎状態、加熱方式、攪拌能力、保持時間、後続の糖化酵素、酵母株、発酵管理によって結果は変わります。したがって、高温 $\alpha$ -アミラーゼは工程改善の有力な選択肢であっても、単独で全ての性能指標を保証するものとして扱うべきではありません<sup>[2]</sup>。

## 安全な取扱いと文書提供

酵素製品はタンパク質を主成分とするため、粉じんやエアロゾルを吸入しないようにし、作業環境に応じた一般的な酵素取扱い上の注意が必要です。産業用酵素の安全取扱いガイドでは、吸入感作リスクを抑えるため、粉じん発生を低減、換気、個人防護具、こぼれた際の適切な清掃などが基本

的管理策として示されています[13]。



**Figure 8.** 운전 온도에서 시간 경과에 따라 잔존 활성이 감소하는 알코올 및 양조용 전분 액화 고온 알파-아밀라아제의 열 안정성 저하를 예시한 그림입니다.

本製品については、Enzymes.bioのオンライン注文時にCoAおよびSDSが提供されます。CoAは注文品に関する確認文書として、SDSは保管・取扱い・安全管理のための文書として参照されます。ここでの説明は、製品を製造する立場からの規格提示ではなく、供給製品を実際のアルコール・醸造・澱粉液化工程で理解するための技術的背景に限定しています。

## まとめ：高温 $\alpha$ -アミラーゼは液化工程の中心酵素

High Temperature Alpha-Amylase For Alcohol & Brewing Starch Liquefaction は、加熱で糊化した澱粉スラリーを短鎖化し、流動性を高め、後続の糖化・発酵へつなげるための高温対応  $\alpha$ -アミラーゼです。  $\alpha$ -アミラーゼは澱粉の内部結合を切断するため、粘度低下とデキストリン形成に直接関与し、アルコール製造、醸造副原料処理、澱粉糖製造で重要な前処理酵素として位置づけられます [3]。

耐熱性  $\alpha$ -アミラーゼの価値は、高温で糊化する原料を扱う場面で特に明確になります。米、トウモロコシ、キャッサバなどの副原料や濃厚澱粉スラリーでは、液化が工程の安定性、攪拌性、糖化への移行性を左右します。Enzymes.bioは本製品を1kg単位でオンライン供給しており、注文時にはCoAおよびSDSが提供されます。

## High Temperature Alpha-Amylase For Alcohol & Brewing Starch Liquefaction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。

[High Temperature Alpha-Amylase For Alcohol & Brewing Starch Liquefaction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. Oyenado, O., & Omoruyi, I. (2024). [Review of amylase production by microorganisms and their industrial application](#). *Ife Journal of Science*.
2. Far, B. E., Ahmadi, Y., Khosroshahi, A. Y., & Dilmaghani, A. (2020). [Microbial Alpha-Amylase Production: Progress, Challenges and Perspectives](#). *Advanced Pharmaceutical Bulletin*, 10, 350 - 358.
3. Shad, M., Hussain, N., Usman, M., Akhtar, M., & Sajjad, M. (2023). [Exploration of computational approaches to predict the structural features and recent trends in  \$\alpha\$  - amylase production for industrial applications](#). *Biotechnology and Bioengineering*, 120, 2092 - 2116.
4. Samaranayake, M. D., & Silva, A. B. G. C. J. D. (2017). [Optimization of liquefaction and saccharification times for laboratory scale production of glucose syrup from Cassava starch and scaling up process of optimized conditions at pilot scale](#).
5. [Liquefaction](#). *Novonesis*.
6. Widiana, D., Phon, S., Ningrum, A., & Witasari, L. (2022). [Purification and characterization of thermostable alpha - amylase from Geobacillus sp. DS3 from Sikidang Crater, Central Java, Indonesia](#). *Indonesian Journal of Biotechnology*.
7. George, R., & George, J. J. (2020). [Thermostable Alpha-Amylase and Its Activity, Stability and Industrial Relevance Studies](#). *Social Science Research Network*.
8. Pourmohammadi, K., Sayadi, M., & Abedi, E. (2023). [Ultrasound-assisted activation amylase in the presence of calcium ion and effect on liquefaction process of dual frequency ultrasonicated potato starch](#). *Journal of Food Measurement & Characterization*, 17, 3435-3449.
9. Chauhan, G., Kumar, V., Arya, M., Kumari, A., Srivastava, A., Khanna, P., & Sharma, M. (2023). [Mining of Thermostable Alpha-amylase Gene from Geothermal Springs using a Metagenomics Approach](#). *Journal of Pure and Applied Microbiology*.

10. Wu, X., Wang, Y., Tong, B., Chen, X., & Chen, J. (2018). Purification and biochemical characterization of a thermostable and acid-stable alpha-amylase from Bacillus licheniformis B4-423. *International Journal of Biological Macromolecules*, 109, 329-337 .
11. Timilsina, P. M., Pandey, G., Shrestha, A., Ojha, M., Baral, G., & Karki, T. (2020). Purification and Characterization of a Noble Thermostable Alpha-amylase from Anoxybacillus tengchongensis RA1-2-1 Isolated from Geothermal Spring of Nepal.
12. Richardson, T., Tan, X., Frey, G., Callen, W., Cabell, M., Lam, D., Macomber, J. L., ... et al. (2002). A Novel, High Performance Enzyme for Starch Liquefaction DISCOVERY AND OPTIMIZATION OF A LOW pH, THERMOSTABLE -AMYLASE\*.
13. Amfep Safe Handling Guide 2023.Pdf. *Amfep.*


## 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。