

High Temperature Tolerant Alpha Amylase Enzyme For Brewers : 高温マッシングとデンプン液化を支援する醸造向け α -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

High Temperature Tolerant Alpha Amylase Enzyme For Brewers は、ビール醸造のマッシングや穀物副原料処理で、加熱により糊化したデンプンを可溶性デキストリンへ切断し、マッシュの粘度低下と液化の一貫性を助ける酵素です。 α -アミラーゼはデンプン分子内部の結合を加水分解するエンド型酵素であり、 β -アミラーゼやその他の糖化反応が進みやすい基質状態を作ります^[1]。Enzymes.bioは本製品を供給するオンライン販売業者であり、製品は1 kg単位で直接購入でき、CoAおよびSDSは注文時に併せて提供されます。

醸造工程で高温耐性 α -アミラーゼが必要になる理由

ビール醸造では、麦芽や穀物副原料に含まれるデンプンを、酵母が利用できる糖と、ビールのボディに寄与するデキストリンへ変換する必要があります。マッシング中の α -アミラーゼと β -アミラーゼの挙動を追跡した醸造研究では、両酵素の活性変化を把握することが、麦汁糖組成や工程最適化に関わる重要な要素として扱われています^[2]。高温耐性 α -アミラーゼは、この中でも特に「糊化したデンプンを速やかに液化し、後続の糖化を妨げる粘度上昇を抑える」役割に適しています。

高温マッシングやシリアルクッカーを使う工程では、デンプン粒が膨潤して糊化し、マッシュの粘度が急に上がります。粘度が高い状態では攪拌、熱移動、酵素と基質の接触、ろ過が不安定になりやすく、未分解デンプンが残るとワートの清澄性や発酵の再現性にも影響します。熱安定性を持つ α -アミラーゼは、こうした加熱条件下でもデンプン鎖の内部切断を進め、液化工程のばらつきを抑えるために利用されます^[3]。

副原料を多く使うレシピでは、この価値がさらに大きくなります。米、コーン、小麦、ソルガム、未発芽穀物などは、麦芽とはデンプン構造、糊化挙動、内在酵素量が異なり、麦芽由来酵素だけでは処理が不安定になることがあります。高温耐性アミラーゼに関する産業応用レビューでは、好熱性微生物由来のアミラーゼが、デンプン加工、発酵、食品プロセスなど、高温での基質処理を伴う用途で重視されていることが整理されています^[4]。

α -アミラーゼの作用機序：液化は「糖化の前処理」でもある

α -アミラーゼは、デンプン中の α -1,4グリコシド結合を分子内部から切断する酵素です。基質であるデンプン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なり、 α -アミラーゼが内部結合を切ることで長鎖高分子は短いデキストリン、オリゴ糖、少量の低分子糖へ変わります。 α -アミラーゼの構造と進化を扱ったレビューでは、このエンド型の加水分解機能が、多様な産業分野でデンプン質原料を処理する基盤になっていると説明されています^[1]。

醸造上重要なのは、 α -アミラーゼが「発酵性糖を最大化する酵素」ではなく、「デンプンを扱いやすい形へ崩す酵素」だという点です。長鎖デンプンが短くなると、マッシュの粘度が下がり、攪拌や熱移動が改善され、 β -アミラーゼや他の糖化酵素が末端や短鎖基質へアクセスしやすくなります。ビール醸造における α -アミラーゼと β -アミラーゼ活性のモニタリング研究でも、両者を別々の役割としてではなく、マッシング全体の糖生成を左右する連続した反応系として扱っています^[2]。

高温耐性タイプが意味を持つのは、デンプン糊化が進む温度域と、酵素タンパク質が失活しやすい温度域が重なるためです。通常、基質であるデンプンは加熱により酵素が作用しやすい状態になりますが、同時に酵素自体は熱変性のリスクを受けます。したがって高温耐性 α -アミラーゼは、基質が開いた状態で液化を進めるための実務的な選択肢になります^[3]。

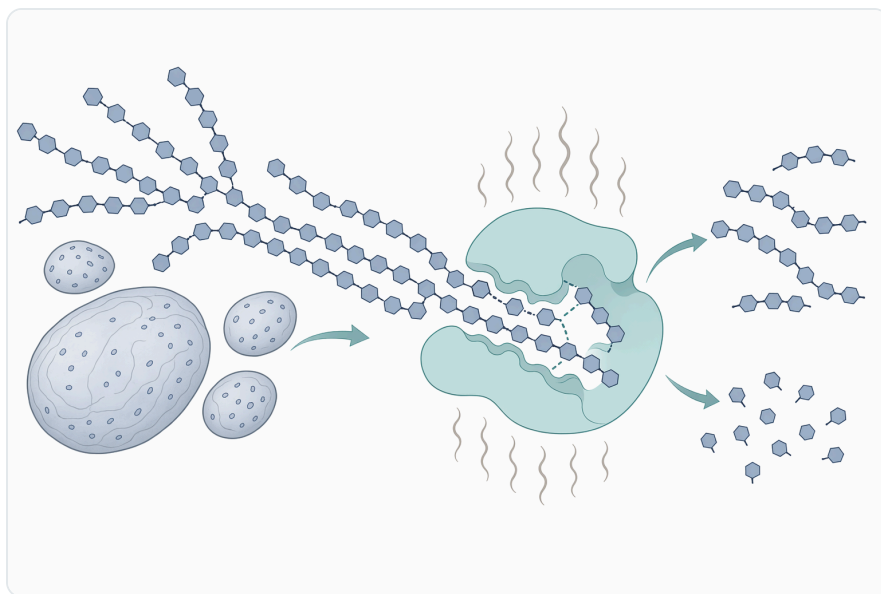


Figure 1. 알파 아밀레이스는 전분 사슬 내부에서 작용하여 내부 α -1,4 결합을 절단하고, 큰 아밀로스와 아밀로펙틴 중합체를 더 짧은 덱스트린과 용해성 조각으로 분해한다.

高温耐性の科学的背景

熱安定性を持つアミラーゼは、多くの場合、好熱性または耐熱性微生物に由来する酵素研究から理解されてきました。Geobacillus属など高温環境に関連する微生物から得られる α -アミラーゼは、産業的な高温デンプン処理に適した候補として研究されており、温度耐性、pH挙動、金属イオンや添加物の影響が評価対象になります^[5]。これは特定製品の性能値を示すものではなく、高温耐性アミラーゼという酵素カテゴリが産業上合理的に研究されていることを示す根拠です。

耐熱性の分子基盤には、タンパク質立体構造の剛直性、疎水性相互作用、塩橋、カルシウム結合、表面電荷分布、ドメイン間相互作用などが関与します。 α -アミラーゼの構造研究では、触媒ドメインと基質結合領域の配置が反応性に大きく関与することが示されており、基質吸着を改善するための分子設計研究も行われています^[6]。醸造現場で重要なのは、この構造的安定性が「熱いマッシュ中で一定時間、デンプン液化に寄与する余地」を作ることです。

一方で、熱安定性は無制限ではありません。酵素はタンパク質であるため、温度、pH、保持時間、攪拌、基質濃度、金属イオン、塩濃度、他の原料成分によって反応性が変わります。高温利用向けの α -アミラーゼ安定化研究では、安定化剤や固定化・複合化によって高温での残存活性を改善する試みが報告されており、熱条件が酵素性能を左右すること自体が研究対象になっています^[7]。

マッシング中での役割：粘度低下、液化、糖化の入口づくり

マッシングでは、粉碎穀物と水を混合し、温度を管理しながらデンプン、タンパク質、細胞壁成分などを酵素的に変換します。 α -アミラーゼはこのうちデンプン処理を担当し、長鎖デンプンを切断することでマッシュの粘度を下げます。粘度低下は単なる操作性の改善ではなく、熱の均一化、ポンプ移送、ろ過、酵素接触、ワート回収に直接関わる工程品質の問題です^[2]。

高温耐性 α -アミラーゼは、特に糊化温度が高い副原料や、加熱保持を伴う仕込みで使いやすい位置づけになります。デンプン粒が十分に開いていない段階では酵素が内部へアクセスしにくく、反対に加熱しすぎると酵素の失活が進みます。高温耐性タイプはこの狭い実務領域を広げ、糊化と液化を同じ工程内で進めやすくするために使われます^[4]。

液化が進むと、後続の β -アミラーゼやその他の糖化反応にとって基質が増えます。 β -アミラーゼは主に非還元末端側から糖を切り出すため、 α -アミラーゼによる内部切断で短い鎖や新しい末端が増えることは、糖化の入口を増やす効果を持ちます。醸造研究で α -アミラーゼと β -アミラーゼの活性を同時に監視する意義が強調されるのは、最終的な麦汁糖組成が単一酵素ではなく複合反応で決まるためです^[2]。

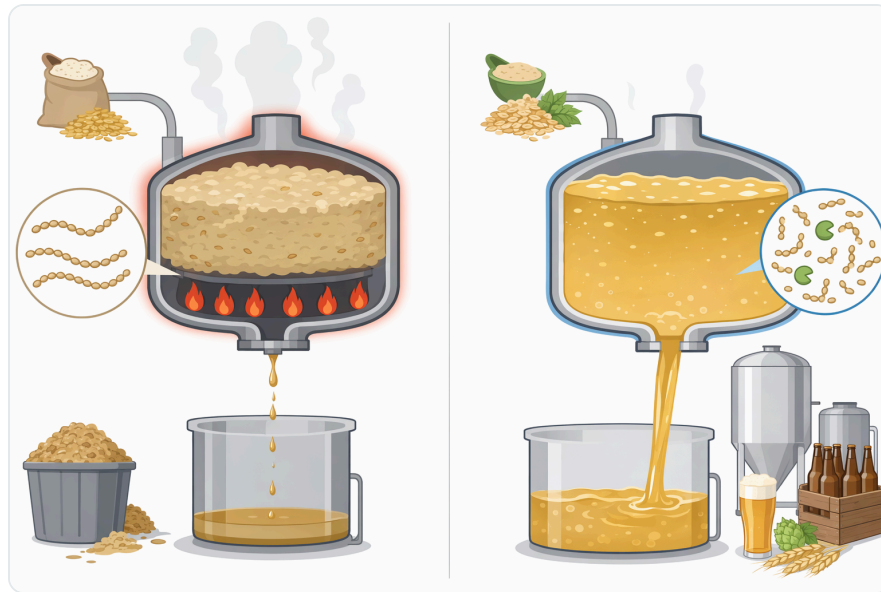


Figure 2. 알파 아밀레이스, 베타 아밀레이스, 한계 덱스트리나아제, 글루코 아밀레이스형 활성은 전분을 절단하는 위치와 그 산물이 맥즙의 발효성과 덱스트린 함량에 미치는 영향이 서로 다르다.

α-アミラーゼ、β-アミラーゼ、グルコアミラーゼの違い

醸造で酵素を理解する際は、「デンプンを分解する酵素」を一括りにしないことが重要です。α-アミラーゼ、β-アミラーゼ、グルコアミラーゼはいずれもデンプン系基質に作用しますが、切断位置、生成物、工程上の意味が異なります。高温耐性α-アミラーゼはこの中で、液化とデキストリン化に強く関わる酵素として位置づけられます^[1]。

酵素	主な作用位置	醸造工程での主な意味	高温マッシングとの関係
α-アミラーゼ	デンプン鎖の内部結合を切断	長鎖デンプンを短いデキストリンへ変え、粘度を下げる	高温耐性タイプは糊化後の液化を支援しやすい
β-アミラーゼ	主に非還元末端から糖を切り出す	発酵性糖の形成に大きく関わる	温度履歴の影響を受けやすく、α-アミラーゼとのバランスが重要
グルコアミラーゼ	末端からグルコースを生成	高発酵度や低残糖設計で使われることがある	目的とするビールのボディや残糖感との調整が必要

この比較から分かるように、High Temperature Tolerant Alpha Amylase Enzyme For Brewers は、麦汁を極端にドライにするための単独酵素ではなく、まずデンプンを液化し、後続反応の基盤を整える酵素です。α-アミラーゼとβ-アミラーゼをマッシング中に監視した研究は、糖化工程を「一つの酵素の有無」ではなく、時間、温度、pH、複数酵素の相互作用として捉える必要性を示しています^[2]。

原料配合別に見た利用価値

麦芽比率が高い仕込みでは、麦芽由来の酵素力が十分であれば、外部酵素の必要性は限定的な場合があります。ただし、麦芽品質、ロット差、粉碎粒度、仕込み濃度、温度制御のばらつきによって、液化や糖化の再現性が低下することがあります。 α -アミラーゼはデンプン鎖を内部から切るため、マッシュの物性を早い段階で整えたい場合に有効な選択肢になります^[1]。

副原料を含む仕込みでは、麦芽由来酵素に対する基質負荷が増えます。未発芽穀物や加工穀物は、内在酵素が少ない、糊化条件が異なる、細胞壁やタンパク質マトリックスが酵素接触を妨げるなどの理由で、麦芽100%とは異なる挙動を示します。熱安定性アミラーゼの産業利用に関するレビューでは、デンプン質原料を高温で処理するプロセスにおいて、耐熱性酵素が工程効率と原料利用の柔軟性に関わることが示されています^[4]。

ハイグラビティ醸造では、マッシュ中の固形分濃度が高くなり、粘度、攪拌抵抗、酵素拡散、熱分布の問題が顕在化しやすくなります。 α -アミラーゼによる内部切断は、こうした高濃度系での流動性改善に直結します。熱安定性 α -アミラーゼに関する産業研究でも、高温・高基質条件で酵素が機能することの実用的重要性が繰り返し論じられています^[3]。

醸造上の状況	起こりやすい課題	高温耐性 α -アミラーゼの工程上の役割
副原料比率が高い	糊化条件の違い、麦芽酵素力不足、粘度上昇	糊化後のデンプン鎖を切断し、液化を補助
高温保持を含む仕込み	通常酵素の失活、液化不足	熱条件下でデンプン分解の余地を確保
ハイグラビティ醸造	攪拌・移送・ろ過の負荷増大	粘度低下により物理的操作性を改善
麦芽ロット差が大きい	糖化速度や発酵度のばらつき	デンプン液化の再現性を補助
残存デンプンが問題になる	濁り、ろ過不良、発酵不安定	長鎖デンプンを短鎖化し、後続糖化を促進

ビール品質への影響：発酵度だけでなくボディも見る

α -アミラーゼの使用で期待される変化は、単純な「アルコール増加」ではありません。液化が進むと、未分解デンプンの残留が減り、後続酵素が働きやすくなるため、発酵性糖の形成が安定しやすくなります。しかし、最終的な発酵度は β -アミラーゼ、グルコアミラーゼの有無、酵母株、発酵温度、麦汁栄養、糖組成によって決まります^[2]。



Figure 3. 첨가된 내열성 알파 아밀레이스는 부원료 비중이 높은 곡물 배합, 특수 맥아 비중이 높은 레시피, 고온 당화나 부원료 가열 공정, 고비중 양조에서 가장 유용하다.

一方で、デキストリンはビールのボディ、口当たり、残糖感に関わります。 α -アミラーゼは長鎖を短くしますが、その生成物がどこまで発酵性糖へ変わるかは、後続酵素系と工程設計次第です。つまり、高温耐性 α -アミラーゼは「糖を増やす酵素」としてだけでなく、「デキストリン分布を変え、マッシュ物性と後続糖化の条件を変える酵素」として考える必要があります^[1]。

過度に液化や糖化を進めれば、目的とするビールスタイルによっては、ボディが軽くなりすぎる可能性があります。反対に、液化が不足すれば、ろ過不良、濁り、残存デンプン、発酵の不安定化につながります。したがって実務上は、酵素を単独の強化剤として扱うのではなく、レシピ設計、温度プロファイル、麦芽酵素力、副原料比率、目標とする最終糖組成の中で位置づけることが重要です^[2]。

高温耐性とpH・塩・金属イオンの関係

α -アミラーゼの挙動は温度だけで決まるわけではありません。pHは触媒残基の電荷状態、基質結合、タンパク質安定性に影響し、塩や金属イオンは構造安定化または阻害の方向に働くことがあります。pH耐性・熱耐性を持つ好塩性 α -アミラーゼの研究では、極端条件に適応した酵素が、温度、pH、塩濃度といった複数要因の組み合わせの中で評価されています^[8]。

一部の α -アミラーゼではカルシウムが構造安定性に関与することが知られていますが、すべての酵素が同じ依存性を示すわけではありません。カルシウム非依存性や界面活性剤耐性を示す α -アミラーゼも報告されており、酵素の由来や構造によって安定性プロファイルは大きく異なります^[9]。醸

造工程では、原料水のミネラル、マッシュpH、麦芽由来成分、副原料由来成分が反応環境を作るため、同じ酵素でも工程条件によって体感される効果が変わります。

安定化技術の研究は、酵素を高温下で使う難しさを示す裏返しでもあります。キトサン-アルギン酸複合体を用いた α -アミラーゼ安定化研究では、酵素周辺の物理化学環境を変えることで安定性を改善する試みが報告されています^[10]。醸造現場ではこのような材料を直接使うという意味ではなく、酵素の耐熱性が「固定された絶対値」ではなく、周辺条件に左右される性質であると理解することが重要です。

Enzymes.bioにおける製品の位置づけ

Enzymes.bioが供給する High Temperature Tolerant Alpha Amylase Enzyme For Brewers は、醸造用途での高温デンプン液化を想定した α -アミラーゼ製品です。Enzymes.bioは製造業者または研究所ではなく、業務用酵素をオンラインで供給する販売業者として位置づけられます。製品ページでは、本製品が醸造工程での高温マッシングや液化を支援する酵素として案内されています。

本製品は1 kg単位でオンライン直接販売されます。購入時にはCoAとSDSが併せて提供されるため、使用者は注文に関連する文書として、取り扱い、安全、製品確認に必要な情報を参照できます。ここで重要なのは、製品ページや付属文書の情報を工程内の品質管理と安全管理に組み込み、酵素を食品加工・醸造プロセスで扱うタンパク質製剤として適切に管理することです。

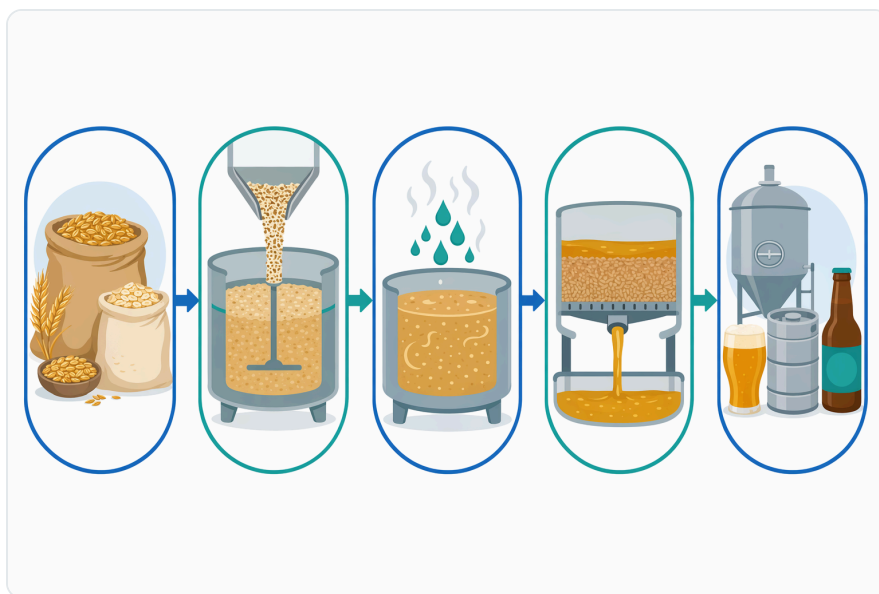


Figure 4. 알파 아밀레이스가 효과적으로 작용하면 먼저 전분 분자의 크기가 줄어들고, 이어서 더 넓은 당화 효소 시스템이 이용할 수 있도록 용해도와 사슬 말단의 접근성이 향상된다.

酵素製剤は、粉末または液体を問わず、吸入や皮膚・眼への接触を避けて扱うべき材料です。 α -アミラーゼは産業的に広く使われる酵素ですが、タンパク質であるため、感作された作業員では刺激やアレルギー様反応のリスクを考慮する必要があります。取り扱い時は、注文時に提供されるSDSの記載に従い、飛散、エアロゾル化、直接接触を抑える作業管理が適切です。

工程設計上の考え方：添加量ではなく「反応の位置」を理解する

高温耐性 α -アミラーゼを使う際に最初に考えるべきなのは、具体的な添加量ではなく、工程のどこでデンプンが糊化し、どこで液化が必要になり、どこで糖化へ引き継ぐかです。 α -アミラーゼは糊化前の硬いデンプン粒より、加熱により膨潤・開裂したデンプンへ作用しやすくなります。したがって、高温耐性タイプは、デンプンが開いた段階で熱失活に耐えながら液化へ寄与する点に価値があります^[3]。

次に重要なのは、 α -アミラーゼの反応を「止める」または「次段階へ移す」設計です。マッシングでは温度プロファイルが酵素ごとに異なる影響を与え、 α -アミラーゼと β -アミラーゼのバランスが糖組成を左右します。マッシング中の酵素活性を追跡した研究は、温度保持と時間管理が麦汁組成の最適化に直結することを示しています^[2]。

また、副原料を含む工程では、原料ごとの糊化挙動に注意が必要です。ある原料では十分に糊化していても、別の原料ではデンプン粒がまだ酵素にアクセスしにくいことがあります。熱安定性アミラーゼの産業応用研究では、原料、温度、反応時間、pHの組み合わせが、酵素利用の実効性を左右することが整理されています^[4]。

期待できる効果と期待しすぎてはいけない効果

期待できる効果の第一は、マッシュ液化の安定化です。デンプン鎖が短くなることで粘度が下がり、攪拌、ポンプ移送、熱移動、ろ過が改善される可能性があります。これは最終製品の味を直接作るというより、工程の物理的安定性を高める効果です^[1]。

第二は、後続糖化の基質を整えることです。 α -アミラーゼが内部切断で短鎖化を進めると、 β -アミラーゼなどが作用できる末端や短鎖基質が増えます。醸造中の α -アミラーゼと β -アミラーゼの活性を同時に見る研究が存在するのは、両酵素の組み合わせが麦汁の発酵性と残存デキストリンに関わるためです^[2]。

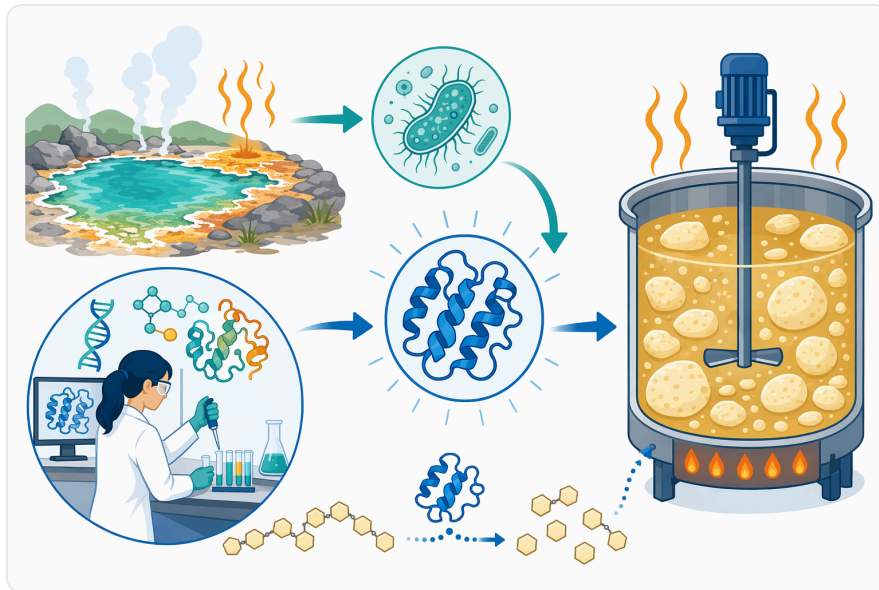


Figure 5. 내열성 알파 아밀레이스는 고온 전분 가공에 적합한 구조와 활성을 유지하는 효소가 필요하기 때문에 열과 관련된 생물, 메타게놈 자원, 공학적으로 개량된 변이체에서 연구된다.

第三は、副原料利用の柔軟性です。高温耐性 α -アミラーゼは、麦芽酵素力に頼りにくい原料や、糊化温度が高い原料を含む配合で、デンプン液化を補助する目的に合います。好熱性微生物由来アミラーゼのレビューでは、高温条件でのデンプン加工や発酵関連用途が、耐熱性アミラーゼの主要な産業的文脈として扱われています^[4]。

一方で、期待しすぎにはいけない効果もあります。 α -アミラーゼ単独では、すべてのデンプンを完全に発酵性糖へ変えるわけではありません。また、酵母の発酵能力、栄養条件、発酵温度、酸素管理、原料由来の窒素やミネラルが不適切であれば、液化が改善しても発酵全体は安定しません。つまり本酵素は発酵トラブルの万能な補正剤ではなく、デンプン処理工程を安定化するための酵素です^[2]。

他分野の研究から見える高温耐性アミラーゼの実用性

醸造以外のデンプン加工分野でも、 α -アミラーゼは高温液化の中心的酵素として研究されています。デンプン糖、アルコール発酵、食品加工、繊維の糊抜きなどでは、デンプンを短鎖化して粘度や反応性を変えることが重要です。熱安定性 α -アミラーゼの産業的関連性を扱う研究は、こうした用途横断的な価値を示しています^[3]。

Bacillus属やGeobacillus属などの微生物由来 α -アミラーゼは、産業酵素として多く研究されています。Bacillus株の熱安定性 α -アミラーゼ生産条件を最適化する研究では、微生物株、培養条件、基質が酵素生産に影響することが示されています^[11]。Enzymes.bioは研究機関ではありませんが、こ

のような研究背景は、耐熱性アミラーゼが産業的に重要な酵素カテゴリであることを理解する助けになります。

近年は、計算科学やタンパク質工学によって、 α -アミラーゼの構造特徴、基質結合、安定性を予測・改変する研究も進んでいます。 α -アミラーゼの構造特徴と産業応用の最近の傾向を扱うレビューでは、計算的アプローチが酵素機能の理解と応用可能性の評価に役立つことが整理されています[12]。これは特定ロットの仕様を示すものではなく、 α -アミラーゼの産業利用が構造生物学と工程科学の両方に支えられていることを示します。

醸造現場での実務的な読み替え

醸造担当者にとって、高温耐性 α -アミラーゼは「麦芽酵素の代替」というより、「高温・高粘度・副原料条件で液化を支える補助酵素」と捉えると使い方を誤りにくくなります。麦芽由来酵素は香味、糖組成、伝統的なマッシュ挙動の一部を担いますが、副原料比率や高温工程が加わると、その内在酵素だけでは一貫性を保ちにくい場合があります[2]。

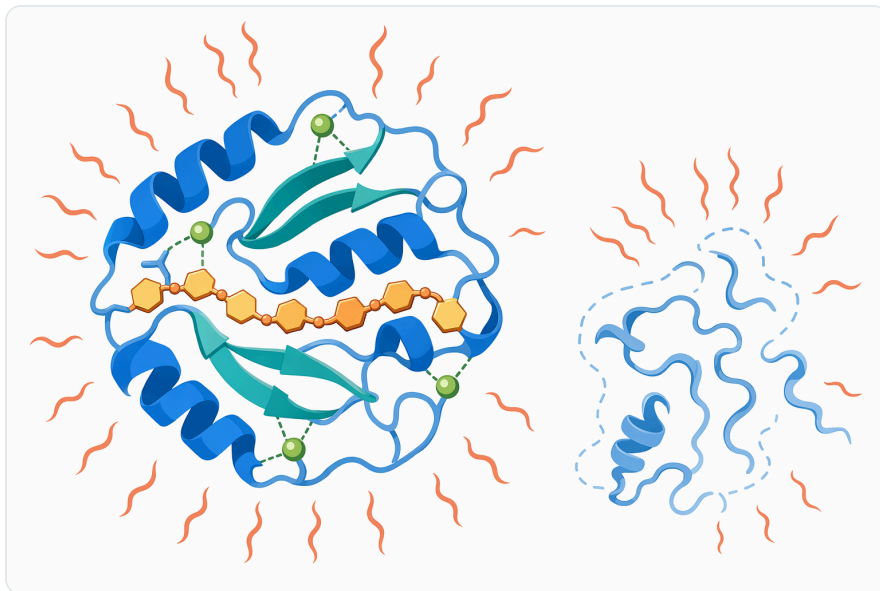


Figure 6. 칼슘과 기타 안정화 요소는 알파 아밀레이스가 열 스트레스 조건에서도 전분 결합을 절단 위치에 맞게 배치하는 데 필요한 활성 부위의 기하 구조를 유지하도록 도울 수 있다.

また、酵素添加の効果はワート分析だけでなく、マッシュの状態にも現れます。攪拌抵抗の低下、ポンプ負荷の低減、ろ過時の流れ、残存デンプンの傾向、発酵開始時の糖組成など、複数の工程指標で評価する必要があります。 α -アミラーゼの役割が液化である以上、発酵後のアルコール度数だけで良否を判断すると、工程上の価値を見落とす可能性があります[1]。

最終的な品質設計では、目的とするビールのスタイルを先に定義することが重要です。軽快で高発酵度のビールでは、液化後の糖化をより進める設計が合う場合があります。反対に、デキストリン由来の厚みを残したいビールでは、 α -アミラーゼによる短鎖化と後続糖化の進みすぎを抑える設計が必要です。マッシング中の酵素活性と糖生成を監視する研究は、このバランス設計の科学的な土台になります^[2]。

まとめ：高温でデンプンを扱う醸造工程のための液化補助酵素

High Temperature Tolerant Alpha Amylase Enzyme For Brewers は、高温マッシングや副原料処理で糊化したデンプンを短いデキストリンへ分解し、マッシュの粘度低下、液化の一貫性、後続糖化の進行を支援する醸造向け α -アミラーゼです。 α -アミラーゼはデンプン内部を切断する酵素であり、 β -アミラーゼやその他の糖化酵素と組み合わせさせて麦汁糖組成に影響します^[1]。

この酵素の価値は、単に糖を増やすことではなく、高温でデンプンが糊化する工程において、物性と反応性を整える点にあります。熱安定性アミラーゼの研究は、デンプン加工、発酵、食品プロセスにおいて、高温条件で酵素が機能することの重要性を示しています^[4]。最終的なビール品質は、原料、温度、pH、酵母、糖化酵素群、発酵管理の総合結果であるため、本酵素は工程全体の一部として設計するのが適切です。

Enzymes.bioは本製品を1 kg単位でオンライン直接販売する供給業者であり、製造業者または研究所ではありません。CoAおよびSDSは注文時に併せて提供されるため、使用者はそれらを参照しながら、醸造・食品加工プロセスで扱う酵素製剤として安全かつ適切に管理できます。

High Temperature Tolerant Alpha Amylase Enzyme For Brewers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 Tolerant Alpha Amylase Enzyme For Brewers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. Pinto, É. S., Dorn, M., & Feltes, B. C. (2020). The tale of a versatile enzyme: Alpha-amylase evolution, structure, and potential biotechnological applications for the bioremediation of n-alkanes. *Chemosphere*, 250, 126202 .
2. Viader, R. P., Yde, M., Hartvig, J., Pagenstecher, M., Carlsen, J., Christensen, T. B., & Andersen, M. (2021). Optimization of Beer Brewing by Monitoring α -Amylase and β -Amylase Activities during Mashing. *Beverages*.
3. George, R., & George, J. J. (2020). Thermostable Alpha-Amylase and Its Activity, Stability and Industrial Relevance Studies. *Social Science Research Network*.
4. Vala, V., Suhagia, T. A., Raina, V., Gurjar, A., Srivastava, S. K., Jain, P., & Alle, M. (2025). Thermostable amylases from thermophilic microbes: advances in production, engineering, and industrial applications. *Nanotechnology*, 37.
5. 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*.
6. Baroroh, U., Yusuf, M., Rachman, S. D., Ishmayana, S., Hasan, K., & Subroto, T. (2019). Molecular dynamics study to improve the substrate adsorption of Saccharomycopsis fi buligera R64 alpha-amylase by designing a new surface binding site *Advances and Applications in Bioinformatics and Chemistry*.
7. Samuel, M., Mohsen, A., Ejan, A. B., Ooi, Y., Ashraf, S., & Nasr-El-Din, H. (2010). A Novel alpha-Amylase Enzyme Stabilizer for Applications at High Temperatures. *Spe Production & Operations*, 25, 398-408.
8. Solat, N., & Shafiei, M. (2021). A novel pH and thermo-tolerant halophilic alpha-amylase from moderate halophile Nesterenkonia sp. strain F: gene analysis, molecular cloning, heterologous expression and biochemical characterization. *Archives of Microbiology*, 203, 3641 - 3655.
9. Wang, G., Luo, M., Lin, J., Lin, Y., Yan, R., Streit, W., & Ye, X. (2019). A New Extremely Halophilic, Calcium-Independent and Surfactant-Resistant Alpha-Amylase from Alkalibacterium sp. SL3. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 29 5, 765-775 .
10. Sankalia, M., Mashru, R., Sankalia, J. M., & Sutariya, V. (2007). Reversed chitosan-alginate polyelectrolyte complex for stability improvement of alpha-amylase: optimization and physicochemical characterization. *European journal of pharmaceutics and biopharmaceutics*, 65 2, 215-32 .
11. Rodrigo, W. W. P., Magamulla, L. S., Thiwanka, M. S., & Yapa, Y. M. S. M. (2022). Optimization of Growth Conditions to Identify the Superior *Bacillus* Strain Which Produce High Yield of Thermostable Alpha Amylase. *Advances in Enzyme Research*.
12. Shad, M., Hussain, N., Usman, M., Akhtar, M., & Sajjad, M. (2023). Exploration of computational approaches to predict the structural features and recent trends in α - amylase production for industrial applications. *Biotechnology and Bioengineering*, 120, 2092 - 2116.


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。