

High-Temperature Stable Alpha Amylase Enzyme Liquid For Winemaking : ワイン・果実酒・澱粉質発酵原料の高温液化用 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 Stable Alpha Amylase Enzyme Liquid For Winemaking は、澱粉を含むワイン、果実酒、発酵飲料、果実加工原料の前処理で、澱粉の液化、粘度低下、濾過性改善を支援する液体タイプの耐熱性 α -アミラーゼです。 α -アミラーゼは澱粉分子内部の結合を切断してデキストリン化を進めるため、澱粉質原料を発酵や後続処理に適した状態へ近づける酵素として利用されます^[1]。Enzymes.bio は本製品の供給業者であり、製品は1kg単位でオンライン購入でき、注文時にCoAとSDSが併せて提供されます。

製品の位置づけ：ワイン用「清澄剤」ではなく、澱粉課題に対応する耐熱性 α -アミラーゼ

本製品は、ワインメイキングや果実酒製造において、澱粉が工程上の問題になる場合に使用される液体酵素です。一般的な成熟ブドウ果汁では、ペクチン、タンパク質、フェノール、金属成分、微生物由来成分などが清澄性に関わることが多く、澱粉が常に主要因になるわけではありません。一方で、果実ピューレ、濃縮果汁、未熟果の混入、加熱処理原料、穀物・米・芋類を併用する発酵飲料、または澱粉質の植物性副原料を含む処方では、糊化澱粉による粘度上昇、沈降遅延、濾過負荷、発酵前処理の不均一化が起こり得ます。こうした場面では、耐熱性 α -アミラーゼが「澱粉を短く切る」ことで、原料液を扱いやすい状態へ変える実務的な選択肢になります^[2]。

α -アミラーゼの役割は、澱粉を完全にグルコースへ変換することではなく、主に長鎖澱粉を短鎖デキストリンへ分解して液化することです。発酵性糖を最大化したい場合には、用途に応じて糖化酵素が別に関与しますが、 α -アミラーゼによる前段階の液化が進んでいないと、基質が高粘度のまま残り、混合、加熱、冷却、酵母接種、濾過の各工程が不安定になりやすくなります。損傷小麦澱粉から発酵性糖を得る二段階酵素加水分解の研究でも、澱粉を段階的に処理して発酵可能な糖へ近づける考え方が示されています^[1]。

Enzymes.bioはこの酵素を供給するオンラインサプライヤーであり、製造業者または研究所ではありません。本製品は、製品ページから1kg単位で直接購入する形態で提供され、注文時に関連するCoAとSDSが併せて提供されます。したがって、本稿では特定の製造条件や分析法を提示するのではなく、公開文献で確認できる α -アミラーゼの機序、澱粉加水分解の科学的背景、ワイン・果実酒・発酵原料での工程上の意味に焦点を当てます。

α -アミラーゼの作用機序：澱粉鎖を内部から切断して液化を進める

澱粉は、主に直鎖状のアミロースと分岐構造を持つアミロペクチンから構成される高分子多糖です。 α -アミラーゼは、この澱粉分子内の α -1,4グリコシド結合を加水分解するエンド型酵素であり、分子の末端から一つずつ糖を外すのではなく、鎖の内部を複数箇所切断します。そのため、反応の初期段階から分子量が急速に下がり、糊化澱粉の粘性ネットワークが崩れ、原料液の流動性が改善しやすくなります。 α -アミラーゼを用いた澱粉加水分解は、トウモロコシ澱粉フィルムの物性制御や澱粉構造の調整にも利用されており、澱粉分子の切断が材料特性を変化させることが報告されています^[3]。

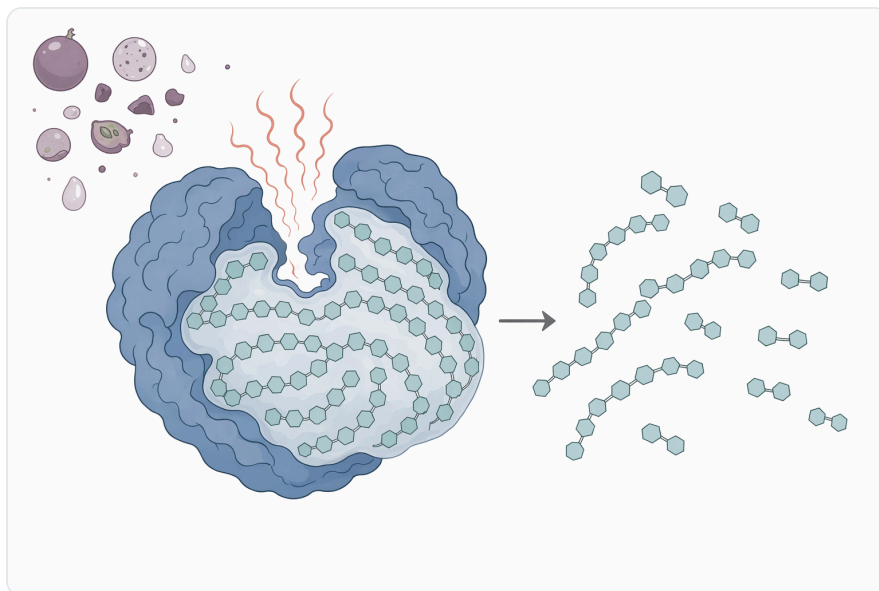


Figure 1. 고온 안정성 알파 아밀라아제는 와인 및 과실주 제조를 위한 가열 매시 준비 과정에서 호화된 전분을 수용성 덱스트린과 발효 가능한 당으로 가수분해합니다.

この機序は、ワイン・果実酒工程で問題になる「澱粉由来の粘度」と直接関係します。加熱された澱粉は水を吸収して膨潤し、糊化して粘度を大きく上げます。そこへ α -アミラーゼが作用すると、長い澱粉鎖が短いデキストリンへ分割され、液中で形成されていた高分子ネットワークが弱まります。結果として、攪拌時の抵抗、ポンプ移送時の負荷、熱交換時の滞留、圧搾や濾過時の目詰まりが軽減される可能性があります。固定化 α -アミラーゼによる天然澱粉前処理と加水分解の最適化研究でも、 α -アミラーゼ処理が澱粉基質の分解挙動を制御する中心要素として扱われています^[4]。

一方、 α -アミラーゼはアミロペクチンの分岐点である α -1,6結合を主に処理する酵素ではありません。そのため、 α -アミラーゼ単独では、澱粉を完全な単糖へ変換するよりも、液化とデキストリン化に強みがあります。発酵性糖の増加まで狙う工程では、液化後に別の糖化酵素が関わる設計が一般的です。黒米澱粉を対象にしたアミログルコシダーゼ加水分解の研究は、澱粉をさらに糖化方向へ進める酵素処理が α -アミラーゼとは異なる役割を持つことを示す文脈で参考になります^[5]。

耐熱性が重要になる理由：糊化温度域と酵素失活の間を埋める

澱粉質原料の処理では、加熱によって澱粉粒が膨潤し、結晶性が崩れ、酵素がアクセスしやすい糊化状態になります。しかし、通常の酵素は高温で立体構造が崩れやすく、活性を失うことがあります。耐熱性 α -アミラーゼは、この矛盾を緩和するために使われます。つまり、澱粉が酵素にとって利用しやすい状態になる温度域で、酵素側も十分に機能しやすいことが重要です。Bacillus licheniformis 由来 α -アミラーゼの活性改善に関する研究では、産業的に重要な α -アミラーゼの安定性と生産性が継続的な研究対象になっていることが示されています^[6]。

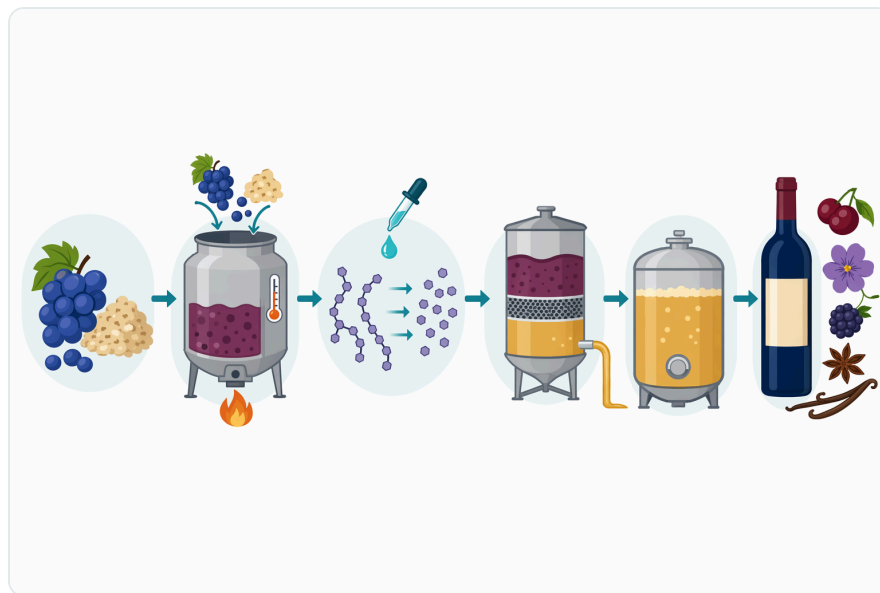


Figure 2. 일반적인 와인 제조 공정에서는 고온 매시 처리 중 내열성 알파 아밀라아제를 사용해 전분 점도를 낮추고 발효성 추출물의 방출을 개선합니다.

高温工程に適した α -アミラーゼを使う利点は、単に「熱で壊れにくい」ことに留まりません。澱粉が糊化している状態で酵素反応を進められるため、未糊化澱粉よりも基質表面が開き、酵素が結合できる部位が増えます。また、反応初期に粘度が下がると、攪拌による温度ムラや濃度ムラが抑えられ、結果として工程全体が均一になりやすくなります。超音波の熱効果を利用した多孔質澱粉の酵素加水分解研究でも、熱的・物理的処理と酵素反応の組み合わせが澱粉構造に影響することが示されています^[7]。

ワインメイキングや果実酒製造では、原料の加熱殺菌、果実ピューレの熱処理、濃縮果汁の希釈・加温、穀物や米を含む副原料の煮沸・糊化など、高温を通る工程があります。こうした工程では、酵素を低温工程まで待って添加すると、すでに高粘度化した原料を扱わなければならない場合があります。耐熱性 α -アミラーゼであれば、加熱後の高温域から液化を進めやすく、工程の初期段階で粘度を制御できる可能性があります。カルシウムと超音波による α -アミラーゼの安定性・触媒効率向上に関する研究も、 α -アミラーゼの構造安定性が実用性能に直結するテーマであることを示しています^[8]。

ワイン・果実酒工程で澱粉が問題になる場面

伝統的なブドウワインでは、澱粉が主成分として存在するわけではありません。しかし、現代の飲料開発では、ブドウ以外の果実、果実加工品、穀物、米、芋類、植物性抽出物、濃縮ベース、フレーバーベースを組み合わせることがあり、澱粉や糊化澱粉が工程特性に影響するケースがあります。とくに、加熱処理された果実ピューレや穀物由来原料では、澱粉が水を抱え込んで粘度を増し、酵母発酵前の混合均一性や濾過性を低下させることがあります。フィンガーミレットの麦芽化・発酵中における時間と温度が澱粉加水分解と酵素活性に影響する研究は、発酵原料中の澱粉処理が温度管理と密接に関わることを示しています^[2]。

果実酒やフルーツワインでは、濁りの原因を単純に一つへ絞ることはできません。ペクチン性濁り、タンパク質混濁、ポリフェノール凝集、微生物由来濁り、金属反応、繊維質、種子・果皮由来粒子などが複合的に関与します。その中で、澱粉が関与する濁りは、ヨウ素反応のような確認を現場で行うかどうかとは別に、粘度・沈降性・濾過差圧の変化として現れることがあります。 α -アミラーゼが対象とするのはあくまで澱粉であり、ペクチンやタンパク質を主対象とする処理とは役割が異なります。クロロゲン酸が澱粉の酵素加水分解を阻害する機序を比較した研究は、植物性原料中の共存成分が澱粉分解に影響し得ることを示しており、果実系原料で酵素反応を考える際にも重要な視点です^[9]。



Figure 3. 내열성 액상 알파 아밀라아제는 전분을 점도가 낮은 덱스트린과 당으로 전환하여 와인, 과실주, 막걸리 및 부원료 기반 음료 생산을 지원합니다.

澱粉質副原料を含む発酵飲料では、 α -アミラーゼの意義はさらに明確です。米、麦、トウモロコシ、キャッサバ、芋類などの澱粉を発酵へ利用するには、まず高分子澱粉を低分子化し、後続の糖化や酵母発酵へつなげる必要があります。キャッサバ澱粉の酵素加水分解最適化研究や、高濃度条件での非糊化黒紫米澱粉の酵素加水分解研究は、原料ごとの澱粉構造、固形分、温度、反応条件が糖化・液化挙動に大きく影響することを示しています^{[10][11]}。

工程上の効果：粘度低下、濾過性、発酵前処理

α -アミラーゼによる最も直接的な効果は、澱粉性高粘度の低下です。糊化澱粉が長鎖のまま存在すると、原料液はせん断に対して重くなり、配管内での圧力損失、タンク内の混合ムラ、加熱冷却の不均一性を引き起こします。 α -アミラーゼが澱粉鎖を短くすると、分子間の絡み合いが減り、液の流動性が改善します。オートミルク調製における酵素加水分解と澱粉の構造・熱特性を扱った研究でも、飲料様マトリックスにおいて酵素処理が澱粉物性に影響することが示されています^[12]。

濾過性の改善も、澱粉分解と関係します。澱粉が微細な糊状粒子またはゲル状成分として残ると、フィルター表面で圧密層を形成し、透過速度を下げる可能性があります。 α -アミラーゼ処理で澱粉分子が短くなると、ゲル形成性や粒子間架橋が弱まり、濾過工程の負担が下がる可能性があります。ただし、濾過性はペクチン、タンパク質、微粒子、酵母細胞、ポリフェノール凝集物にも左右されるため、 α -アミラーゼ処理だけですべての濾過問題が解決するとは限りません。ポテト澱粉の多段階構造変化と老化挙動を酵素加水分解とマイクロ波処理で解析した研究は、澱粉の分子構造変化が物性と再会合挙動に結びつくことを示しています^[13]。

発酵前処理としては、 α -アミラーゼは酵母が直接利用しにくい高分子澱粉を、後続の糖化処理に適したデキストリンへ変える役割を持ちます。これにより、糖化酵素の作用点が増え、発酵性糖生成へ向かう反応が進みやすくなります。損傷小麦粒澱粉から発酵性糖を生産する二段階酵素加水分解では、澱粉基質を段階的に処理することで発酵可能な糖を得るプロセス設計が扱われています^[1]。

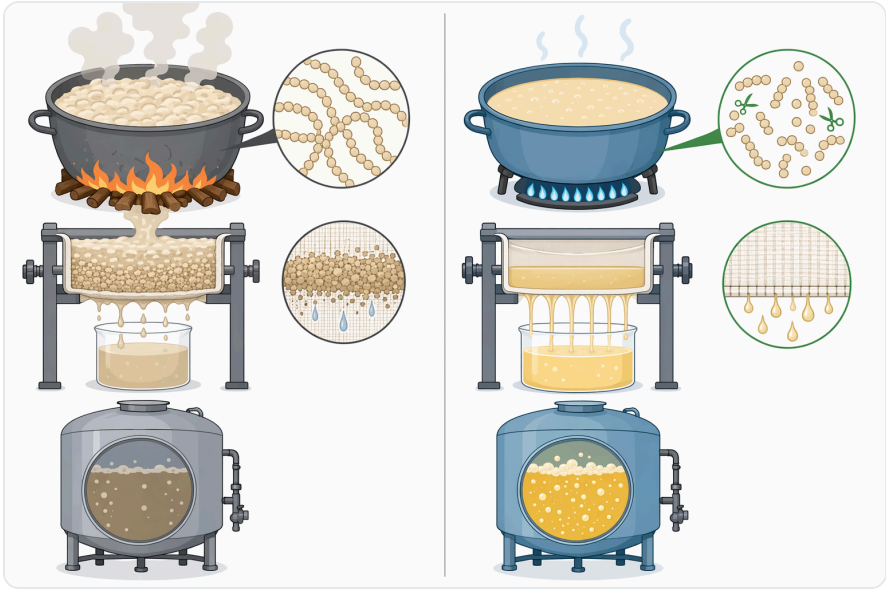


Figure 4. 열처리만으로 전분을 처리하는 경우와 비교해, 알파 아밀라아제 처리는 매시 점도를 낮추고 여과성을 개선하며 발효성 추출물의 이용 가능성을 높입니다.

α -アミラーゼ、糖化酵素、清澄関連酵素の役割比較

酵素・処理カテゴリー	主な対象基質	ワイン・果実酒・発酵原料での主な目的	得意な工程上の効果	限界
耐熱性 α -アミラーゼ	アミロース、アミロペクチン中の主に α -1,4結合	澱粉の液化、粘度低下、糖化前処理	高温処理原料や糊化澱粉のデキストリン化、攪拌・移送・濾過負荷の軽減	澱粉を完全にグルコースへ変える主酵素ではない
アミログルコシダーゼなどの糖化酵素	デキストリン、オリゴ糖、澱粉末端	発酵性糖の増加	液化後の糖化、グルコース生成方向への反応	高粘度の未処理澱粉では反応効率が制限されやすい
ペクチン分解系酵素	ペクチン質	果汁清澄、圧搾性改善	果実由来の粘性や濁りの軽減	澱粉液化は主目的ではない

酵素・処理カテゴリー	主な対象基質	ワイン・果実酒・発酵原料での主な目的	得意な工程上の効果	限界
タンパク質・ポリフェノール安定化処理	タンパク質、フェノール複合体など	混濁安定性の改善	熱混濁や熟成中の凝集対策	澱粉性粘度には直接作用しない

この比較から分かるように、本製品の中心的な価値は「澱粉を含む原料を高温域でも液化しやすい状態にすること」です。果実由来の濁り全般を対象とするのではなく、澱粉性粘度、澱粉性沈殿、澱粉質副原料の前処理に焦点を当てると、 α -アミラーゼの役割が明確になります。伝統的アルコールワイン発酵における α -アミラーゼ固定化研究も、発酵工程と α -アミラーゼ利用を結びつける事例として位置づけられます^[14]。

高温安定型・液体製剤であることの実務的意味

液体タイプの酵素は、果汁、マッシュ、ピューレ、濃縮原料の希釈液、穀物を含む発酵ベースなどに分散させやすい形態です。粉末酵素では投入時の飛散、溶解ムラ、局所濃度の偏りが課題になる場合がありますが、液体製剤ではタンク内へ添加した後に攪拌で均一化しやすく、液体系プロセスとの相性が高いといえます。とくに、粘度の高い果実ピューレや澱粉質マッシュでは、酵素が均一に行き渡ることが反応の再現性に影響します。 α -アミラーゼの固定化や反応最適化を扱う研究でも、酵素と澱粉基質の接触性が加水分解挙動に関わる重要要素として扱われています^[4]。

耐熱性は、液体製剤の利便性と組み合わせることで、加熱処理工程の前後に組み込みやすいという利点を生みます。たとえば、澱粉質原料を加温して糊化させた後、酵素が高温域で一定時間作用できれば、冷却前に粘度を下げるができます。これは、配管詰まり、ポンプ負荷、熱交換効率低下を避けたい工程で実用的です。ルンビア澱粉をグルコース粉末へ加工する酵素加水分解研究では、糖化温度が工程成果に関わるということが扱われており、温度と酵素反応の関係が澱粉処理で重要であることを示しています^[15]。

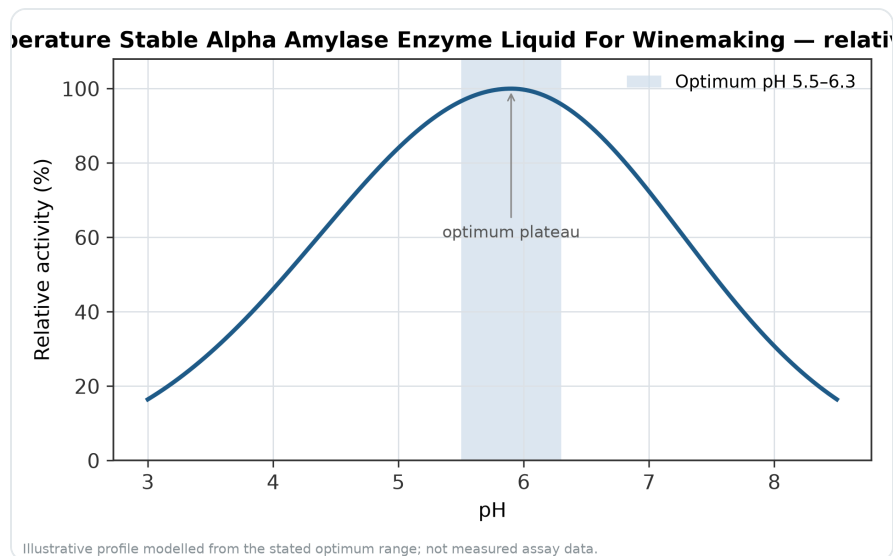


Figure 5. 와인 제조용 고온 안정성 액상 알파 아밀라아제 효소의 pH에 따른 상대 활성으로, pH 5.5-6.3에서 최적 활성 구간을 보입니다.

ただし、「耐熱性」は無制限に高温で機能するという意味ではありません。酵素はタンパク質であり、温度、pH、共存成分、アルコール、糖濃度、金属イオン、フェノール類、処理時間によって構造安定性と反応速度が変わります。果実や植物原料では、フェノール性化合物や有機酸が反応環境を変えることがあります。クロロゲン酸による澱粉酵素加水分解阻害の比較研究は、同じ澱粉分解反応でも共存する食品成分によって反応が変化し得ることを示しています^[9]。

原料別に見た使いどころ

ブドウ主体のワインでは、澱粉が目立つ問題でなければ α -アミラーゼの必要性は限定的です。しかし、未熟果や果実加工品の使用、濃縮ベースの配合、粘度の高い原料ロットでは、澱粉または澱粉様多糖が清澄性や濾過性へ影響する場合があります。この場合、 α -アミラーゼはペクチナーゼの代替ではなく、澱粉性の要因を切り分けて処理する補完的な酵素です。食品包装用トウモロコシ澱粉フィルムにおける酵素加水分解の研究は、澱粉鎖の切断度合いが機械的性質に反映されることを示しており、澱粉分子を変えることがマクロな物性変化へつながる点で参考になります^[3]。

果実ピューレや濃縮果汁を使う果実酒では、粘度と濁りの原因が複合化しやすくなります。ペクチン、繊維、澱粉、タンパク質、ポリフェノールが同時に存在し、加熱・冷却で構造が変わるためです。澱粉が関与する場合、耐熱性 α -アミラーゼは加熱後の高粘度化を抑え、後続の沈降・遠心・濾過工程の負荷を下げる可能性があります。オートミルクの酵素加水分解研究では、飲料状マトリックスにおいて酵素処理が澱粉構造と熱特性に影響することが示され、植物性原料飲料での澱粉管理の重要性を裏付けます^[12]。

米、麦、トウモロコシ、芋類、キャッサバなどを含む発酵飲料では、 α -アミラーゼはより中心的な役割を持ちます。これらの原料は発酵可能な糖を直接多く含むというより、高分子澱粉を糖化可能な形へ変える必要があります。耐熱性 α -アミラーゼは、加熱糊化された澱粉をデキストリンへ変え、糖化酵素や発酵工程へつなぐ前処理として有用です。キャッサバ澱粉を対象とした酵素加水分解最適化研究は、澱粉質原料ごとに加水分解挙動が異なり、工程変数が重要であることを示しています^[10]。

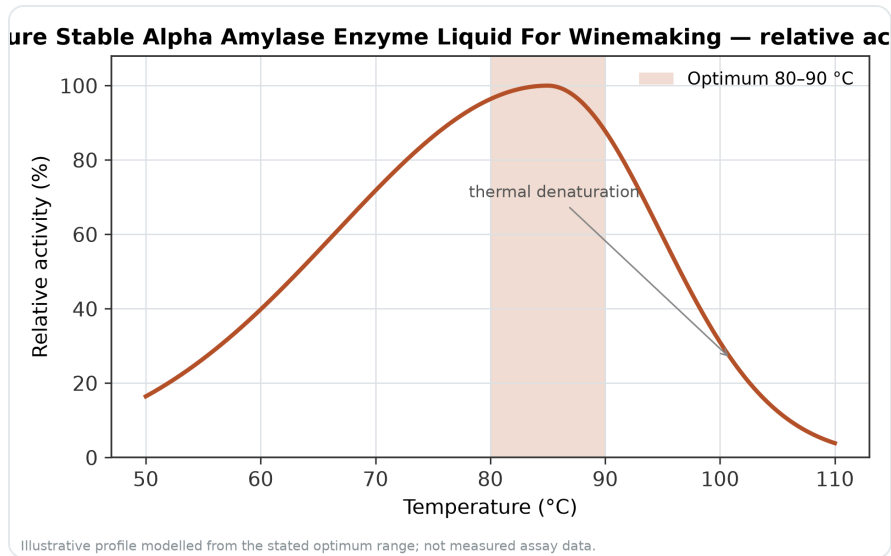


Figure 6. 와인 제조용 고온 안정성 액상 알파 아밀라아제 효소의 온도에 따른 상대 활성으로, 80–90° C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도 이상에서는 열 변성에 따른 전형적인 활성 감소가 나타납니다.

反応を左右する実工程の要因

α -アミラーゼ反応では、原料中の澱粉状態が大きく影響します。未糊化の澱粉粒は結晶性が高く、酵素が内部へ入りにくい場合があります。一方、加熱で糊化した澱粉は構造が緩み、酵素が作用しやすくなります。ただし、過度な加熱や長時間保持により、澱粉の老化、再会合、ゲル化が進むと、再び処理しにくい構造になることがあります。ジャガイモ澱粉の酵素加水分解とマイクロ波処理を組み合わせた研究では、澱粉の多階層構造変化と老化挙動が検討されており、熱履歴と酵素処理の関係が複雑であることが示されています^[13]。

pHも反応性に関わります。ワインや果実酒の原料は酸性であり、穀物マッシュや植物性飲料原料とは環境が異なります。酵素はそれぞれ機能しやすいpH範囲を持つため、同じ α -アミラーゼでも果実系の酸性原料、高糖度濃縮液、アルコール存在下、ポリフェノールが多い原料では挙動が変わります。緑ソバ澱粉の酵素加水分解において電気化学的に活性化された水溶液が還元性物質の収率へ影響する研究は、反応媒体の性質が澱粉加水分解に影響することを示す一例です^[16]。

共存成分も無視できません。果実原料には有機酸、フェノール類、糖、ミネラル、タンパク質、ペクチン、繊維が含まれ、これらが酵素タンパク質や澱粉基質と相互作用することがあります。特にフェノール性化合物は、澱粉や酵素と結合して加水分解速度を変える可能性があります。クロロゲン酸による澱粉酵素加水分解の阻害機序を比較した研究は、植物由来成分が澱粉消化・分解反応を抑制し得ることを明確に扱っています^[9]。

科学的根拠の強さと、過度に主張すべきでない点

α -アミラーゼが澱粉を加水分解し、粘度低下や液化に利用されるという点は、澱粉科学と食品・発酵工学の中で確立した知見です。損傷小麦澱粉、キャッサバ澱粉、黒紫米澱粉、オート麦澱粉など、多様な澱粉質原料で酵素加水分解が研究されており、原料ごとに最適条件や反応挙動が異なる一方、 α -アミラーゼを含む酵素処理が澱粉変換の中心技術であることは一貫しています^{[1][11]}。

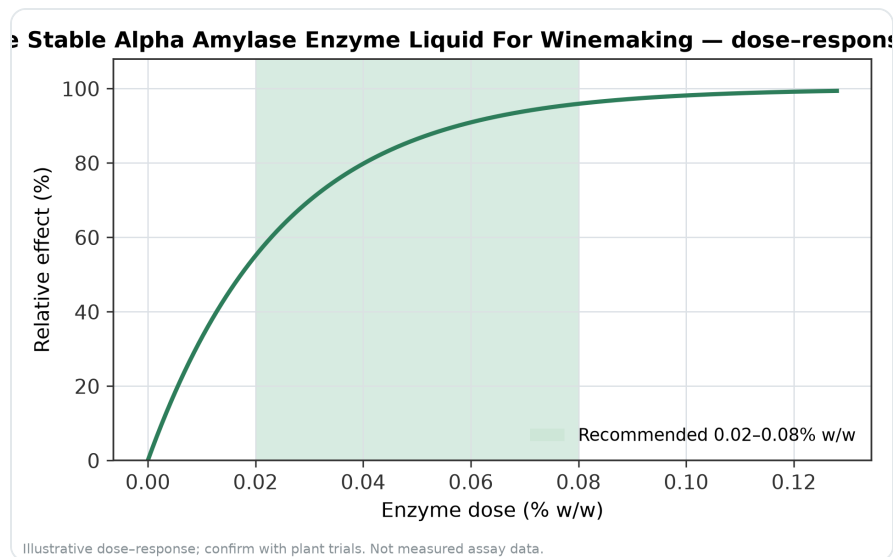


Figure 7. 권장 사용 범위(0.02-0.08% w/w)에서 와인 제조용 고온 안정성 액상 알파 아밀라아제 효소의 예시적 용량-반응 관계입니다.

耐熱性 α -アミラーゼの有用性についても、産業的な関心は高い領域です。Bacillus licheniformis 由来 α -アミラーゼの改良研究、カルシウムや超音波による安定性・触媒効率向上研究、各種原料を使った α -アミラーゼ生産研究は、 α -アミラーゼの安定性と実用性が工業利用で重要なテーマであることを示しています^{[6][8]}。

一方で、本製品そのものについて、第三者査読論文でワイン工程における性能を個別評価した公開データがあるとは、本稿の出典範囲からは言えません。したがって、本稿で述べる内容は、特定ロットや特定製造条件の性能保証ではなく、 α -アミラーゼという酵素クラス、耐熱性酵素、澱粉加水分解に関する公開研究から導かれる技術的説明です。この区別は、B2B用途で工程設計を検討する

際に重要です。伝統的アルコールワイン発酵での α -アミラーゼ固定化研究は、発酵文脈での α -アミラーゼ利用を示すものですが、すべてのワイン原料やすべての設備条件へ同一に適用できるわけではありません^[14]。

Enzymes.bioでの提供形態

Enzymes.bio は、High-Temperature Stable Alpha Amylase Enzyme Liquid For Winemaking を供給するオンライン酵素サプライヤーです。製品は1kg単位でオンライン直接購入でき、注文時にCoAとSDSが併せて提供されます。Enzymes.bio は製造業者または研究所ではないため、本稿では製造工程や試験法の詳細ではなく、公開文献に基づく酵素機能と実用上の位置づけを説明しています。

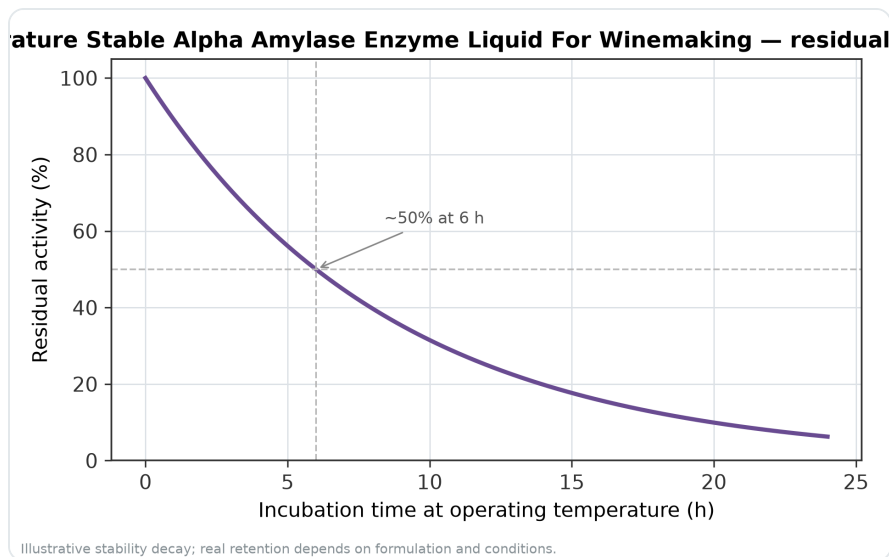


Figure 8. 와인 제조용 고온 안정성 액상 알파 아밀라아제 효소의 예시적 열 안정성 감소 곡선으로, 작동 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소하는 모습을 보여줍니다.

この製品は、澱粉を含むワイン、果実酒、発酵飲料、果実加工液、植物性原料ベースを扱う事業者にとって、加熱処理と澱粉液化を接続しやすい酵素として位置づけられます。特に、原料粘度が高い、加熱後に糊状化する、濾過負荷が大きい、澱粉質副原料を発酵へ利用したい、といった工程では、耐熱性 α -アミラーゼによる前処理が工程安定化の一手段になります。澱粉加水分解に関する複数の研究が示すように、酵素処理の効果は原料種、熱履歴、反応媒体、共存成分によって変わるため、 α -アミラーゼは「万能な清澄化剤」ではなく、澱粉性課題へ焦点を当てた工程支援酵素として理解するのが適切です^{[12][2]}。

まとめ：澱粉を含むワイン・果実酒工程の液化と安定化を支援する酵素

High-Temperature Stable Alpha Amylase Enzyme Liquid For Winemaking は、澱粉を含むワイン、果実酒、発酵飲料、果実加工原料において、澱粉の液化、粘度低下、濾過性改善、糖化前処理を支援する液体タイプの耐熱性 α -アミラーゼです。 α -アミラーゼは澱粉鎖を内部から切断してデキストリン化を進めるため、糊化澱粉による高粘度や工程負荷を軽減する目的に適しています。澱粉質発酵原料から発酵性糖を得る研究や、各種植物澱粉の酵素加水分解研究は、この酵素クラスが澱粉処理で重要な役割を持つことを示しています^{[1][15]}。

ただし、本製品はペクチン性濁り、タンパク質混濁、微生物管理、香味設計を包括的に解決する製品ではありません。対象は澱粉であり、最も意味を持つのは、澱粉質副原料、加熱処理された果実原料、濃縮・ピューレ原料、米・穀物・芋類を含む発酵ベースなど、澱粉が工程上の障害になる場合です。Enzymes.bio は本製品を1kg単位でオンライン供給し、注文時にCoAとSDSを提供します。澱粉が関与するワインメイキングや発酵飲料製造において、耐熱性 α -アミラーゼは、原料をより流動的で処理しやすい状態へ整える実用的な酵素です。

High-Temperature Stable Alpha Amylase Enzyme Liquid For Winemaking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 Stable Alpha Amylase Enzyme Liquid For Winemaking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. Sirohi, R., Pandey, J., Goel, R., Singh, A., Lohani, U., & Kumar, A. (2020). Two - Stage Enzymatic Hydrolysis for Fermentable Sugars Production from Damaged Wheat Grain Starch with Sequential Process Optimization and Reaction Kinetics. *Starch-starke*, 2000082.
2. Fabien, G., Ndungutse, V., & Alothmany, R. (2025). Effect of Time and Temperature on Starch Hydrolysis and Enzymatic Activity During Malting and Fermentation of Finger Millet. *Journal of scientific reports-A*.
3. 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

4. Khazaei, S., & Hejazi, P. (2025). Simultaneous optimization of factors affecting native starch pretreatment and enzymatic hydrolysis using magnetic covalent immobilized α -amylase. *BiotechIntellect*.
5. Medeiros Garcia, M., Souza Moreira, J., Costa Pereira Silva, A. B., Almeida, R. L. J., Santos, N. C., Gusmão, T., Sousa Conrado Oliveira, L., ... et al. (2026). Characterization of black rice starch: enzymatic hydrolysis with amyloglucosidase and morphostructural, thermal, and rheological properties of native varieties from Brazil and China. *International Journal of Biological Macromolecules*, 151304 .
6. Khatun, M., Zarin, F., Tasnim, K. Z., & Sarmin, F. (2023). Improvement of Alpha-amylase Activity from Bacillus Licheniformis using UV Radiation and Modified Media Composition. *Bioresearch communications*.
7. Su, X., Bai, S., Xu, Q., Xu, S., Liu, X., Xu, Z., & Zhang, N. (2025). The influence of ultrasonic thermal effect on the preparation of porous starch by ultrasonic-assisted enzymatic hydrolysis. *International Journal of Biological Macromolecules*, 143179 .
8. Abedi, E., Torabizadeh, H., & Orden, L. (2023). Enhancement of Alpha-amylase's Stability and Catalytic Efficiency After Modifying Enzyme Structure Using Calcium and Ultrasound. *Food and Bioprocess Technology*, 17, 1546 - 1562.
9. 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.
10. Hargono, H., Kumoro, A. C., Jos, B., Prasetyaningrum, A., & Utomo, D. P. (2025). OPTIMIZATION OF ENZYMATIC HYDROLYSIS OF CASSAVA (MANIHOT ESCULENTA) STARCH CONTAINING CYANIDES. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*.
11. Do, H., Thanh, T., & Nguyen, T. (2023). High gravity enzymatic hydrolysis of non-gelatinized starch from black - purple rice. *Vietnam Journal of Science and Technology*.
12. Bhokarikar, S., Gurumoorthi, P., Athmaselvi, K., & Pushpadhas, H. A. (2024). Optimization of process variables for the preparation of oat milk using the Box-Behnken response surface model and studying the effect of enzyme hydrolysis on structural and thermal properties of oat starch. *Journal of Applied Biology & Biotechnology*.
13. 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 .
14. Nguyen, B. P., & Vo, T. (2025). STUDY ON IMMOBILIZATION OF ENZYME ALPHA-AMYLASE IN TRADITIONAL ALCOHOL WINE FERMENTATION. *Thu Dau Mot University Journal of Science*.
15. Alzena, J. N., Dewi, E., & Junaidi, R. (2023). Processing Rumbia Starch Into Glucose Powder by Enzymatic Hydrolysis with Optimum Saccharification Temperature. *Jurnal Teknologi*.
16. Pogorelov, A., Suvorov, O., Alekseenko, E., & Fomenko, I. (2024). Effect of electrochemically activated aqueous solution on the yield of reducing agents during enzymatic hydrolysis of green buckwheat

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。