

耐熱性 α -アミラーゼ液体 | デンプン加水分解・高温液化処理向け酵素

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

耐熱性 α -アミラーゼ液体は、加熱で糊化したデンプンスラリーの内部 α -1,4結合を切断し、長鎖デンプンをデキストリンや短鎖糖へ変えることで粘度を下げる酵素です。主用途は、デンプン糖、発酵原料、バイオエタノール、穀物加工、植物抽出、繊維デサイズなどにおける高温液化と後続糖化前処理です。Enzymes.bioは本品を製造する立場ではなく、1 kg単位でオンライン直接販売する酵素供給業者であり、CoAおよびSDSは注文時に併せて提供されます。

製品の位置づけ：高温デンプン液化のための液状 α -アミラーゼ

Thermostable Alpha Amylase Enzyme Liquid For Starch Hydrolysis Processingは、デンプンを含む原料スラリーを高温で処理し、粘度低下、デキストリン化、後続糖化の前処理を行うための液状酵素です。 α -アミラーゼは、デンプン分子を末端から順番に外す酵素ではなく、アミロースやアミロペクチン鎖の内部結合を切断するエンド型酵素として扱われ、デンプン質バイオマスの糖化やサッカリフィケーション研究でも中心的な酵素群として位置づけられています^[1]。

本品の「耐熱性」という性質は、デンプン加工で特に重要です。デンプンは水と加熱により糊化し、粒構造が崩れて水を抱え込み、スラリー粘度が急上昇します。この粘度上昇が、攪拌、熱交換、配管移送、ポンプ負荷、ろ過、後続酵素反応の障害になります。耐熱性 α -アミラーゼは、デンプンが糊化して工程上扱いにくくなる温度域で作用しやすいため、液化工程に組み込みやすい酵素です。トウモロコシデンプンからマルトデキストリンを作る研究でも、 α -アミラーゼ処理では酵素添加量、温度、加水分解時間がデキストロース当量に影響する主要変数として扱われています^[2]。

Enzymes.bioは、酵素の製造業者または研究機関ではなく、B2B用途向けに酵素原料を供給するオンライン販売業者です。本品は1 kg単位でオンライン直接購入できる形態の酵素製品であり、注文時にCoAとSDSが併せて提供されます。したがって、本記事では製造条件や研究室試薬としての細部ではなく、デンプン加水分解処理における機能、工程上の意味、利用分野、科学的根拠を中心に整理します。

デンプン液化で α -アミラーゼが担う役割

デンプン加工の初期段階で最も大きな操作上の問題は、糊化デンプンの高粘度です。トウモロコシ、小麦、キャッサバ、米、ソルガム、オート麦、さつまいもなどのデンプン質原料は、加熱されると粒が膨潤し、アミロースが溶出し、アミロペクチンの分岐構造も水和して流動性を低下させます。 α -アミラーゼによる液化は、この高分子ネットワークを短く切断し、スラリーをポンプ移送・攪拌・熱処理・糖化へ進めやすい状態へ変える工程です。甘ソルガムデンプンから液糖を作る研究では、液化時間と酵素添加が液糖生成に影響する因子として検討されています^[3]。

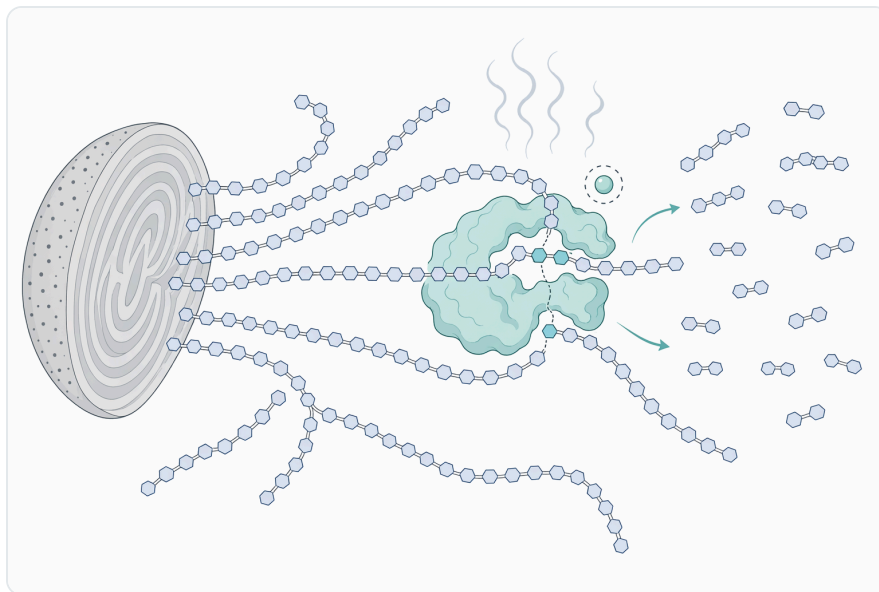


Figure 1. 내열성 알파-아밀레이스는 호화된 아밀로스와 아밀로펙틴의 내부 α -1,4 결합을 엔도 방식으로 절단해 더 짧은 덱스트린을 만들며, 전분 슬러리의 점도를 낮춘다.

α -アミラーゼの作用で生じる主生成物は、単一のグルコースではなく、長さの異なるデキストリン、マルトオリゴ糖、低分子化した可溶性糖鎖です。完全なグルコースシロップや発酵性糖を狙う場合、液化後にグルコアミラーゼなどの糖化酵素を組み合わせるのが一般的な考え方です。赤ソルガムデンプンからグルコースシロップを作る研究でも、基質濃度と酵素濃度が酵素加水分解による糖生成に影響することが扱われており、液化・糖化工程では酵素と基質条件の設計が重要であることが示されています^[4]。

このため、本品の工程上の中心価値は「デンプンを完全糖化すること」ではなく、「高温で粘度を下げ、デキストリン化し、後続工程の負荷を下げること」です。たとえば発酵原料では、液化によって粘度を下げた後、糖化で発酵性糖を増やし、酵母や微生物が利用しやすい糖組成へ近づけます。キャッサバデンプン加工残渣から発酵性糖を得る研究でも、デンプン残渣の酵素加水分解が未利用資源の糖化手段として扱われています^[5]。

作用機序：なぜ高粘度スラリーが流動化するのか

デンプンは、比較的直鎖性の高いアミロースと、高度に分岐したアミロペクチンからなる多糖です。未糊化状態では粒構造の内部に規則性が残っていますが、水中で加熱されると結晶性が崩れ、粒が膨潤し、分子鎖が水相に広がります。ここで分子量が大きいままだと、鎖同士の絡み合いと水の保持により、スラリーは急激に粘性を増します。オートミルク調製に関する研究でも、酵素加水分解がオート麦デンプンの構造的・熱的性質に影響する要因として評価されています^[6]。

α -アミラーゼは、この長いデンプン鎖の内部にある α -1,4グリコシド結合を切断します。切断点が増えるほど平均分子量は低下し、鎖の絡み合いが弱まり、水を抱え込む力も下がります。その結果、同じ乾物量でもスラリーの流動性が改善し、攪拌抵抗やポンプ負荷が低下します。ナノ触媒と α -アミラーゼを組み合わせたデンプン分解研究でも、 α -アミラーゼがデンプンの分解促進に参与する酵素として利用されています^[7]。

アミロペクチンには α -1,6分岐結合も含まれるため、 α -アミラーゼ単独では分岐点を完全に処理するわけではありません。そのため、液化後のデキストリンには分岐構造を含むものが残り、最終糖化を進めるにはグルコアミラーゼ、プルラーナーゼ、イソアミラーゼなど、別の作用様式を持つ酵素との組み合わせが検討されます。甘ソルガム処理副産物中の未利用デンプンを変換する研究でも、単一酵素ではなく酵素カクテル開発という視点が採られており、デンプン系副産物の完全利用には複数作用の組み合わせが重要であることが分かります^[8]。

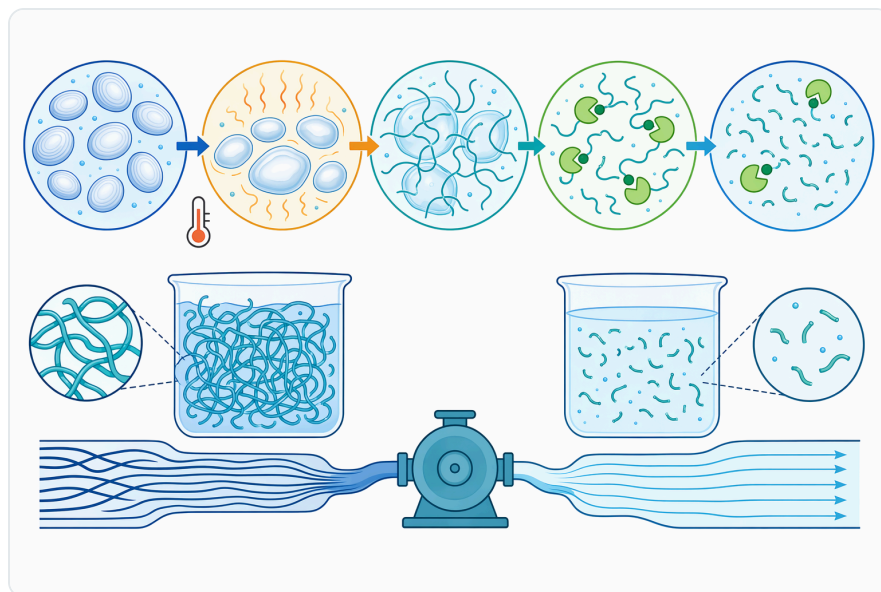


Figure 2. 가열은 전분 사슬에 대한 접근성을 높여 알파-아밀레이스가 길고 얽힌 중합체를 더 짧은 수용성 조각으로 전환할 수 있게 한다.

耐熱性が液化工程で重要になる理由

デンプン液化では、デンプンを十分に水和・糊化させるために加熱が必要です。しかし、通常の酵素は高温で立体構造が崩れやすく、基質に作用する前に失活してしまう場合があります。耐熱性 α -アミラーゼは、糊化に近い高温条件で機能を保ちやすいため、加熱、糊化、粘度低下を工程上連続して扱いやすくします。Bacillus licheniformis由来の組換え α -アミラーゼを植物バイオマス加水分解に用いた研究は、Bacillus系 α -アミラーゼがデンプン質原料の酵素処理で重視される理由を示す例です^[9]。

高温液化の実務的利点は、単に反応温度が高いことではありません。高温でデンプン粒が開き、酵素が基質鎖へアクセスしやすくなること、粘度が下がることで熱移動と混合が安定すること、処理の連続化に適しやすいことが重要です。Bacillus amyloliquefaciens由来 α -アミラーゼを用いた研究では、産業排水処理や繊維デサイズへの応用を含め、 α -アミラーゼが工業的なデンプン分解・除去用途に使われる酵素として評価されています^[10]。

一方で、耐熱性は万能性を意味しません。原料の前処理、粒径、固形分、アミロース比率、脂質との複合体形成、繊維質、ポリフェノール、pH、金属イオン環境などにより、酵素がデンプンへアクセスする度合いは変わります。さつまいもデンプンの加水分解に関する研究では、粒径と固形分が加水分解挙動に影響する因子として扱われており、原料物性が酵素反応の結果を左右することが示されています^[11]。

液化、糖化、デキストリン化の違い

デンプン加水分解工程では、「液化」「糖化」「デキストリン化」という言葉が混在しやすいため、役割を分けて理解することが重要です。耐熱性 α -アミラーゼ液体は、主に液化とデキストリン化に使われます。糖化は、液化後のデキストリンをさらにグルコースやマルトースなどへ変換する段階を指すことが多く、必要に応じて別酵素が組み合わせられます。マルトデキストリン合成研究では、 α -アミラーゼ濃度、温度、加水分解時間の変化によってデキストロース当量の変動することが検討されており、デキストリン化の度合いが工程設計上の重要指標になることが分かります^[2]。



Figure 3. 여러 전분분해 효소는 서로 다른 역할을 하며, 내열성 알파-아밀레이스가 먼저 액화를 수행한 뒤 글루코아밀레이스나 탈분지 효소 같은 효소가 추가 당화를 진행한다.

工程概念	主な目的	主要な分子変化	α -アミラーゼ液体の関与	後続工程との関係
高温液化	糊化スラリーの粘度低下	高分子デンプン鎖の内部切断	中心的に関与	糖化、発酵、ろ過を容易にする
デキストリン化	デンプンを短鎖デキストリンへ変換	平均分子量の低下、可溶化	中心的に関与	マルトデキストリン、糖化基質に展開
糖化	発酵性糖・甘味糖の増加	デキストリンからグルコース等を生成	単独では限定的	グルコアミラーゼ等との組み合わせが一般的
デサイズ	デンプン系糊剤の除去	糊剤デンプンの分解・可溶化	関与可能	繊維の洗浄・精練工程へ接続

この区別は、製品選定や工程説明で過大な期待を避けるためにも有用です。α-アミラーゼはデンプンを急速に低分子化して粘度を下げますが、分岐点や末端処理まで含めた完全糖化を単独で担うわけではありません。GH-13 α-アミラーゼをデンプン質バイオマスのサッカリフィケーションに向けて解析した研究でも、α-アミラーゼはデンプン系資源の糖化プロセスにおける重要な一部として位置づけられています^[1]。

原料別に見た反応性の考え方

トウモロコシデンプンは、デンプン糖、マルトデキストリン、発酵原料の代表的な基質です。商業用トウモロコシデンプンからマルトデキストリンを合成する研究では、 α -アミラーゼ処理条件によってデキストロース当量が変わることが示されており、同じトウモロコシ由来でも目的が液化なのか、特定DEのマルトデキストリンなのかで工程の見方が変わります^[2]。

キャッサバデンプンやキャッサバ加工残渣は、発酵性糖やグルコースシロップの原料として注目されます。廃キャッサバデンプンから α -アミラーゼを用いてグルコースシロップを作る研究や、キャッサバデンプン加工残渣を発酵性糖に変える研究は、食品・農産加工副産物を糖化原料として利用する流れを示しています^{[12][5]}。

ソルガム系原料では、甘ソルガムデンプンや赤ソルガムデンプンを用いた液糖・グルコースシロップ研究が報告されています。これらの研究では、液化時間、酵素添加、基質濃度などが糖生成に影響する因子として扱われており、穀物ごとのデンプン構造や随伴成分が工程設計に影響することを示しています^{[3][4]}。

オート麦や全粒系原料では、デンプンだけでなく β -グルカン、脂質、タンパク質、食物繊維が共存します。オートミルク調製における酵素加水分解研究では、酵素処理がオート麦デンプンの構造・熱特性に影響することが示されており、飲料や植物性食品では「粘度を下げる」だけでなく、口当たり、安定性、沈殿、熱履歴との関係も重要になります^[6]。

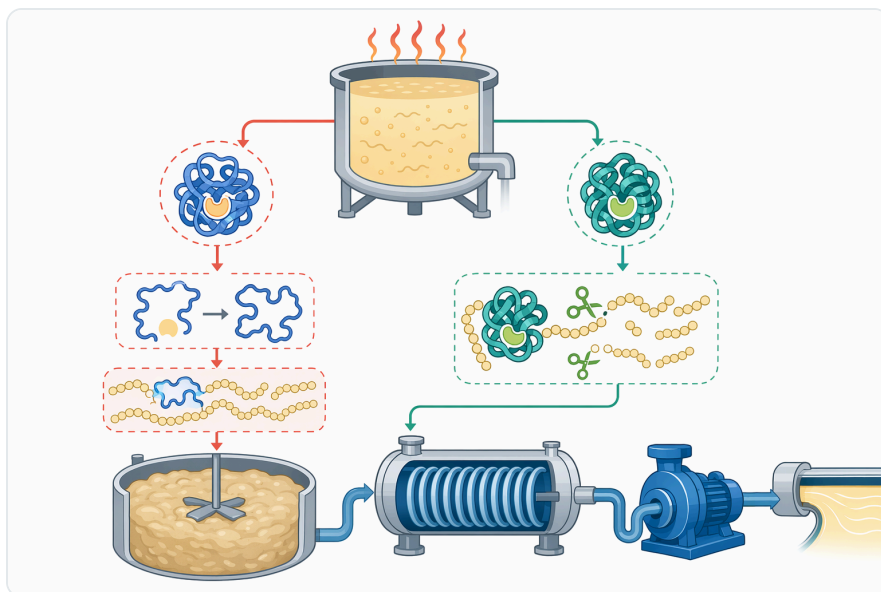


Figure 4. 内熱性は 전분이 호화되고 점도 조절이 가장 필요한 고온 단계에서 효소가 촉매 활성을 지닌 접힌 구조를 유지하도록 돕는다.

主な産業用途

デンプン糖・グルコースシロップ・マルトデキストリン

デンプン糖製造では、耐熱性 α -アミラーゼによる液化が前段に置かれ、その後の糖化でグルコースや各種糖組成へ近づけます。液化によりスラリー粘度が下がると、後続酵素が基質へアクセスしやすくなり、熱交換や移送も安定します。赤ソルガムデンプンからグルコースシロップを作る研究では、基質濃度と酵素濃度が糖生成に影響する変数として扱われ、デンプン糖工程における酵素反応条件の重要性が示されています^[4]。

マルトデキストリン製造では、完全糖化ではなく制御された部分加水分解が目的になります。 α -アミラーゼによってデンプン鎖を適度に切断し、デキストロース当量と分子量分布を目的に合わせて調整します。トウモロコシデンプンからのマルトデキストリン合成研究は、 α -アミラーゼ処理の条件変化がDEに反映されることを示しており、液化酵素が単なる粘度低下剤ではなく、製品物性にも関与することを示しています^[2]。

発酵原料・バイオエタノール・副産物糖化

発酵工程では、微生物が利用できる糖へデンプンを変換する必要があります。耐熱性 α -アミラーゼは、まずデンプン質原料を液化して処理しやすいデキストリンへ変え、その後の糖化と発酵に接続します。甘ソルガム処理副産物中の未利用デンプンを酵素カクテルで変換する研究は、農産加工残渣や副産物流から発酵可能な糖を得る発想を示しています^[8]。

キャッサバ残渣や廃デンプンの利用でも、 α -アミラーゼは有望な前処理酵素です。キャッサバデンプン加工残渣の酵素加水分解研究では、残渣中に残るデンプンを発酵性糖へ変換する方向性が示されており、廃棄物低減と糖原料化を同時に狙う用途に関連します^[5]。

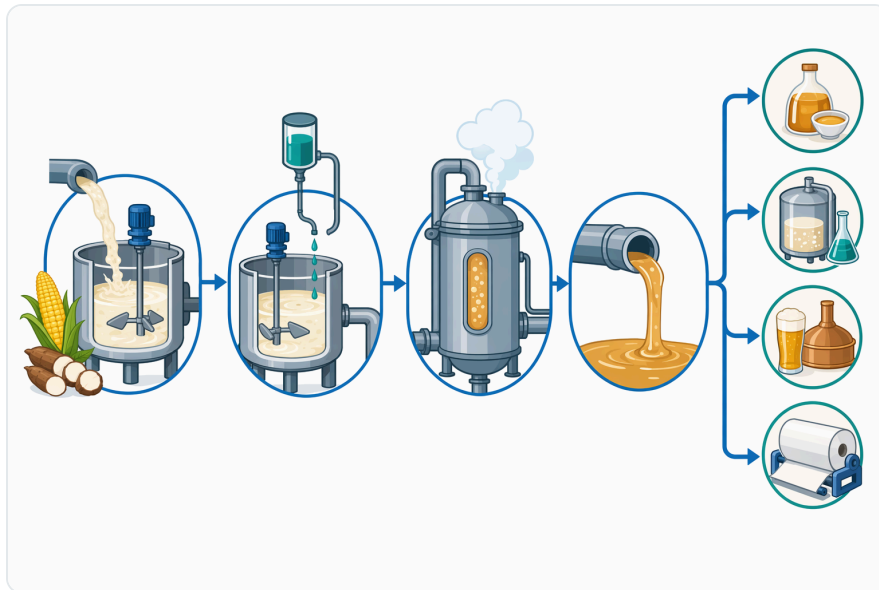


Figure 5. 일반적인 전분 전환 과정은 가열 조리 또는 호화, 내열성 알파-아밀레이스에 의한 액화, 그리고 선택적인 후속 당화, 발효, 원료 활용 또는 전분 변성으로 이루어진다.

穀物飲料・植物性食品・抽出工程

穀物飲料や植物抽出では、デンプンが粘度、濁り、沈殿、ろ過不良の原因になることがあります。 α -アミラーゼ処理によりデンプンを低分子化すると、抽出液の流動性や分離性を改善できる場合があります。オートミルク研究では、酵素加水分解が製品調製条件とデンプン特性に関わる因子として検討されており、植物性飲料において酵素処理が構造と物性を変えることが示されています^[6]。

ただし、植物抽出物ではデンプン以外の成分が酵素反応に影響します。ポリフェノールは α -アミラーゼ活性を阻害する研究対象として広く扱われており、ペカン由来フェノール化合物がデンプン消化に及ぼす影響を検討した研究でも、フェノール類とデンプン分解酵素の相互作用が重要なテーマになっています^[13]。

繊維デサイズ

繊維加工では、織布時に付与されたデンプン系糊剤を除去するデサイズ工程に α -アミラーゼが利用されます。ここでの目的は食品糖化ではなく、繊維表面のデンプン糊を加水分解し、水洗で除去しやすくすることです。Bacillus amyloliquefaciens由来 α -アミラーゼを用いた研究では、産業排水処理と繊維デサイズへの応用が検討されており、 α -アミラーゼのデンプン分解能が非食品分野にも展開されることが示されています^[10]。

耐熱性がある酵素は、比較的高温で行われる繊維前処理にも適合しやすくなります。デサイズ用途では基質が食品デンプンではなく糊剤として付着したデンプンである点が異なりますが、内部 α -1,4結合を切断して可溶化しやすくするという根本機序はデンプン液化と共通しています^[10]。

工程設計で影響を受けやすい因子

耐熱性 α -アミラーゼの効果は、原料スラリーの状態に大きく左右されます。まず重要なのは、デンプンが酵素から見てアクセス可能な状態にあるかどうかです。未糊化粒のままでは粒内部の結晶性や密な構造が障壁となり、糊化または部分糊化によって酵素が鎖に近づきやすくなります。抵抗性デンプンに関する研究では、超音波、マイクロ波、酵素の複合処理が構造・物理化学特性を変えることが示され、デンプンの前処理状態が酵素反応性に関わることが分かります^[14]。



Figure 6. 내열성 알파-아밀레이스는 전분 액화, 덱스트린 생산 흐름, 카사바 및 곡물 가공, 다공성 전분 생산, 섬유 탈호, 전분이 풍부한 폐기물 처리 등 다양한 분야에 적용된다.

次に、固形分と粒径が重要です。固形分が高いほど製造効率は上がりますが、初期粘度、混合不均一、局所加熱、酵素分散の問題が生じやすくなります。粒径が大きい原料や破碎が不十分な原料では、水和・糊化・酵素接触が遅くなることがあります。さつまいもデンプン加水分解研究では、サイズと固形分が加水分解に影響する因子として扱われています^[11]。

さらに、随伴成分にも注意が必要です。脂質はアミロースと複合体を作り、酵素アクセスを変えることがあります。タンパク質や食物繊維は水分保持や粘度に影響し、ポリフェノールは酵素との相互作用により反応を抑える場合があります。フェノール化合物とデンプン消化に関する研究は、 α -アミラーゼの挙動がデンプン以外の植物成分によって変化し得ることを示しています^[13]。

他のデンプン関連酵素との比較

耐熱性 α -アミラーゼを正しく理解するには、他のデンプン分解酵素との役割差を押さえる必要があります。 α -アミラーゼは高粘度を素早く下げる液化酵素として優れますが、糖化の最終段階や特定糖組成の制御では、別酵素との組み合わせが合理的になる場合があります。デンプン質副産物の変換で酵素カクテルが検討される背景には、デンプンの分岐構造や原料複雑性に対して単一酵素だけでは限界があるという考え方があります^[8]。

酵素分類	主な作用位置	主な生成物・効果	工程上の役割	耐熱性 α -アミラーゼとの関係
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、短鎖オリゴ糖、粘度低下	液化、デキストリン化	本品の中心機能
グルコアミラーゼ	非還元末端側	グルコース生成	糖化、発酵性糖増加	液化後に組み合わせられることが多い
β -アミラーゼ	非還元末端側	主にマルトース	麦芽糖生成、食品加工	α -アミラーゼとは切断様式が異なる
プルラナーゼ等	分岐結合	分岐デキストリンの処理	糖化効率改善、分岐構造処理	分岐点処理で補完的

β -アミラーゼは、 α -アミラーゼと同じ「アミラーゼ」と呼ばれても作用様式が異なります。さつまいもデンプンの内在性 β -アミラーゼを扱った研究では、原料サイズや固形分が加水分解に影響することが検討されており、デンプン分解では酵素種類と原料状態の両方を区別して考える必要があります^[11]。



Figure 7. 전분이 풍부한 여러 기질은 동일한 α -1,4 결합 절단 반응을 거치면 서로 용도에 맞는 가공 결과를 만들어낼 수 있다.

研究根拠から見た適用範囲と限界

α -アミラーゼのデンプン加水分解能は、多くの原料と用途で研究されています。キャッサバ、ソルガム、トウモロコシ、オート麦、デンプン残渣、デンプン質バイオマスなど、対象は食品原料から副産物まで広がっています。廃キャッサバデンプンを用いたグルコースシロップ製造研究は、 α -アミラーゼが廃デンプンの価値化にも使われ得ることを示す近年の例です^[12]。

一方で、研究で得られた反応条件や効果を、そのまますべての商業原料へ当てはめることはできません。研究では特定の基質、前処理、装置、反応時間、目的指標が設定されますが、実際の工業原料では季節差、粒度、夾雑物、固形分、熱履歴が異なります。コーンスターチフィルムの機械的性質を酵素加水分解で最適化する研究のように、同じデンプンでも目的が包装材料の物性改善であれば、食品糖化とは異なる評価軸になります^[15]。

また、耐熱性 α -アミラーゼはデンプン液化に強い酵素ですが、抵抗性デンプンや複合化したデンプン、脂質・タンパク質・繊維に囲まれたデンプンでは反応が遅くなる可能性があります。抵抗性デンプンのレビューでは、物理処理によって抵抗性デンプン含量や構造が変化することが整理されており、デンプンの加工履歴が消化性・分解性に影響することが分かります^[16]。

Enzymes.bioから購入する際の位置づけ

Enzymes.bioの耐熱性 α -アミラーゼ液体は、デンプン加水分解処理を行う事業者が、1 kg単位でオンライン直接購入できる酵素製品として位置づけられます。Enzymes.bioは製造業者や研究機関ではなく、B2B用途向けに酵素を供給する立場です。注文時にはCoAとSDSが併せて提供されるため、

購入後の受入管理や安全情報確認に必要な基本文書を同時に扱えます。

本品を工程上理解する際の要点は、耐熱性 α -アミラーゼを「高温液化のための粘度制御酵素」として見ることです。デンプンを完全にグルコースへ変える最終糖化酵素ではなく、糊化スラリーを低粘度化し、デキストリンを生成し、糖化・発酵・ろ過・抽出・デサイズなど後続工程を進めやすくする前段酵素です。デンプン質バイオマスのサッカリフィケーションにおけるGH-13 α -アミラーゼ研究も、 α -アミラーゼがデンプン資源変換の基盤酵素であることを裏づけています^[1]。

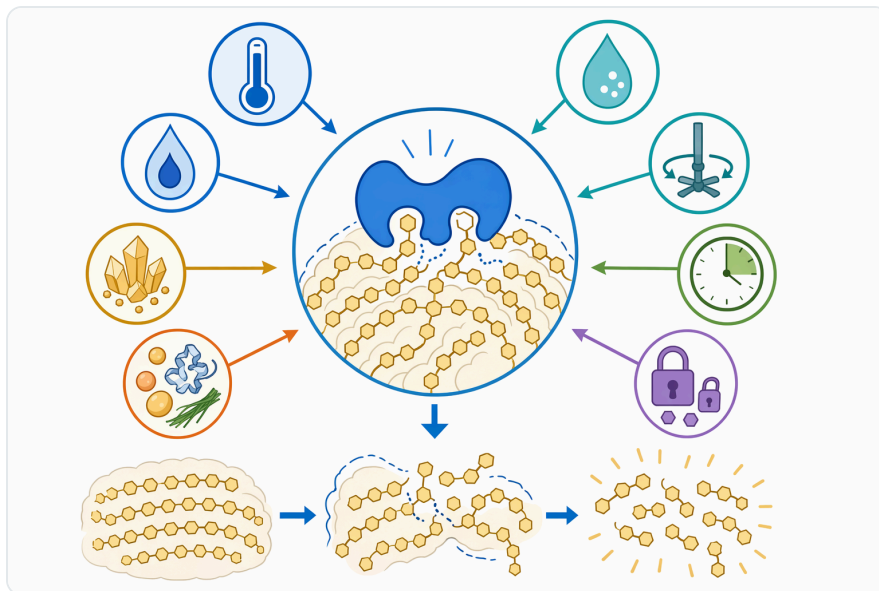


Figure 8. 알파-아밀레이스의 성능은 기질 접근성과 열 이력, pH, 혼합, 수분, 저해 물질, 비전분 성분 등 매트릭스 조건에 따라 달라진다.

過度に単純化すべきでない点もあります。 α -アミラーゼの効果は、原料デンプンの由来、糊化状態、固形分、粒径、随伴成分、熱履歴、後続酵素の有無で変わります。したがって、耐熱性 α -アミラーゼ液体の価値は「どの原料でも同一結果を保証する」ことではなく、デンプン液化という明確な工程機能を、高温処理に適した形で提供することにあります。甘ソルガム、赤ソルガム、キャッサバ、トウモロコシ、オート麦など多様な研究が示すように、デンプン加水分解では酵素機能と原料特性を合わせて理解することが重要です^{[3][4]}。

まとめ：高温液化、粘度低下、後続糖化前処理に使う酵素

耐熱性 α -アミラーゼ液体は、デンプン加水分解工程の前段で糊化スラリーを流動化し、デキストリン化するための実務的な酵素です。高温で作用しやすいことにより、デンプン糊化後の粘度上昇に対応し、移送、攪拌、糖化、発酵、ろ過、抽出、デサイズなどの工程を安定させる役割を担います。デンプン糖やマルトデキストリン、発酵原料、副産物糖化に関する研究群は、 α -アミラーゼがデンプン資源の価値化に広く使われる基盤酵素であることを示しています^{[2][12]}。

Enzymes.bioの本品は、製造業者向けの製造説明ではなく、B2B供給品としての耐熱性 α -アミラーゼ液体です。1 kg単位でオンライン直接購入でき、CoAとSDSは注文時に併せて提供されます。工程上は、最終糖化を単独で完結させる酵素ではなく、高温デンプン液化、粘度低下、デキストリン生成、後続糖化前処理のための酵素として位置づけるのが最も正確です。

Thermostable Alpha Amylase Enzyme Liquid For Starch Hydrolysis Processing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。

[Thermostable Alpha Amylase Enzyme Liquid For Starch Hydrolysis Processing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. Mansuri, J., Dadheech, T., Chauhan, P. S., Thakkar, A. B., Rank, D., Joshi, C. G., Patel, H., ... et al. (2026). Cloning, molecular modelling, and docking analysis of GH-13 alpha-amylase from rumen metagenome for saccharification of starch rich biomass for greener future. *Biocatalysis and Biotransformation*, 44, 45 - 62.
2. Fathoni, R., & Zahratunnisa, Z. (2024). Synthesis of Maltodextrin from Comercial Corn Starch with Variation of Alpha Amylase Concentration, Temperature and Hydrolisis Period for Determining Dextrose Equivalen Value. *Jurnal Chemurgy*.
3. Arif, A., Sasmitaloka, K. S., Winarti, C., & Wahyudiono (2019). Effect of liquefaction time and enzyme addition on liquid sugar production from sweet sorghum starch by enzymatic hydrolysis. *IOP Conference Series: Earth and Environment*, 250.
4. Permanasari, A. R., Yulistiani, F., Purnama, R., Widjaja, T., & Gunawan, S. (2018). The effect of substrate and enzyme concentration on the glucose syrup production from red sorghum starch by enzymatic hydrolysis. *IOP Conference Series: Earth and Environment*, 160.
5. Souto, L. F., Caliar, M., Júnior, M. S. S., Fiorda, F. A., & Garcia, M. C. (2016). Utilization of residue from cassava starch processing for production of fermentable sugar by enzymatic hydrolysis. *Food Science and Technology International*, 37, 19-24.

6. Bhokariker, 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*.
7. Krishnakumar, S., Janani, P., Mugilarasi, S., Kumari, G., & Janney, J. (2018). Chemical induced fabrication of silver nanoparticles (Ag-NPs) as nanocatalyst with alpha amylase enzyme for enhanced breakdown of starch. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*.
8. Cole, M., Eggleston, G., Gaines, D., & Heckemeyer, M. (2019). Development of an enzyme cocktail to bioconvert untapped starch in sweet sorghum processing by-products: Part I. *Industrial crops and products (Print)*.
9. Kiribayeva, A., Silayev, D., Abdullayeva, A., Shamsiyeva, Y., Ramankulov, Y., & Khassenov, B. (2022). HYDROLYSIS OF PLANT BIOMASS USING RECOMBINANT ALPHA-AMYLASE FROM BACILLUS LICHENIFORMIS AND XYLANASE FROM BACILLUS SONORENSIS. *Eurasian journal of applied biotechnology*.
10. 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.
11. Purwadi, R., Lestari, D., Lohoo, C. A., & Tirtaadi, J. L. (2021). The effect of size and solid content in hydrolysis of sweet potato starch using endogenous beta-amylase enzyme. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1143.
12. Aderibigbe, F. A., Babatunde, E. O., Ochapa, S. O., & Saka, H. (2024). Green Synthesis for the Production of Glucose Syrup from Waste Cassava Starch Using Alpha-Amylase. *FUOYE Journal of Engineering and Technology*.
13. Feng, J., & Kong, F. (2022). Enzyme inhibitory activities of phenolic compounds in pecan and the effect on starch digestion. *International Journal of Biological Macromolecules*.
14. Wang, M., Liu, G., Li, J., Wang, W., Ai-Hu, & Zheng, J. (2023). Structural and physicochemical properties of resistant starch under combined treatments of ultrasound, microwave, and enzyme. *International Journal of Biological Macromolecules*, 123331 .
15. 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.
16. Farooq, M. A., & Yu, J. (2024). Recent Advances in Physical Processing Techniques to Enhance the Resistant Starch Content in Foods: A Review. *Foods*, 13.


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。