

# Termostabilna alfa-amylaza do hydrolizy skrobi: enzym upłynniający dla procesów skrobiowych i tekstylnych

Zespół badawczy Enzymes.bio · Wellington, Nowa Zelandia · June 19, 2026

**Bezpośrednia odpowiedź:** termostabilna alfa-amylaza to enzym do kontrolowanej hydrolizy skrobi, który rozcina głównie wewnętrzne wiązania  $\alpha$ -1,4-glikozydowe w amylozie i amylopektynie, obniżając lepkość kleiku skrobiowego i tworząc krótsze dekstryny oraz cukry redukujące. Jej wartość przemysłowa wynika z tego, że może pracować w warunkach podwyższonej temperatury, typowych dla upłynniania skrobi, produkcji hydrolizatów skrobiowych, odklejania tekstyliów i wybranych procesów modyfikacji skrobi <sup>[1]</sup>.

Enzymes.bio występuje w tym kontekście jako **dostawca** produktu enzymatycznego, a nie jako producent ani laboratorium. Produkt **Starch Hydrolysis Enzyme Alpha Amylase Thermostable Enzyme** jest sprzedawany bezpośrednio online w jednostkach 1 kg; CoA oraz SDS są dostarczane wraz z zamówieniem.

## Czym jest Starch Hydrolysis Enzyme Alpha Amylase Thermostable Enzyme?

**Starch Hydrolysis Enzyme Alpha Amylase Thermostable Enzyme** to preparat enzymatyczny oparty na aktywności alfa-amylazy, przeznaczony do procesów, w których skrobia ma zostać szybko upłynniona lub częściowo rozłożona. W praktyce przemysłowej oznacza to zmniejszenie lepkości zawiesiny skrobiowej po kleikowaniu, poprawę mieszania, łatwiejsze pompowanie i przygotowanie substratu do dalszej obróbki, np. do produkcji syropów, maltodekstryn, fermentowalnych hydrolizatów lub modyfikowanych materiałów skrobiowych <sup>[1]</sup>.

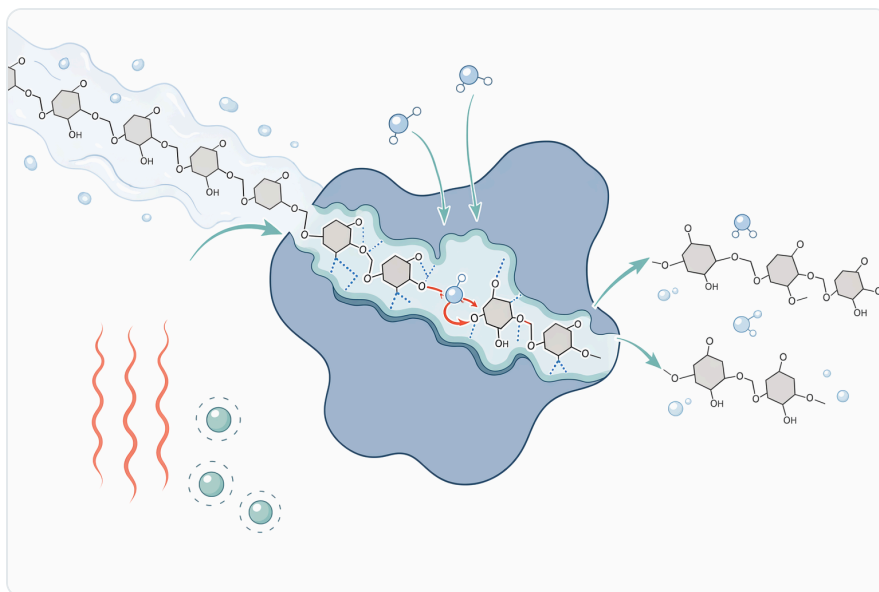
Określenie **termostabilna** nie oznacza „niezniszczalna w każdej temperaturze”, lecz wskazuje na większą odporność cieplną niż w przypadku enzymów wrażliwych na ogrzewanie. Ma to znaczenie, ponieważ skrobia podczas obróbki wodno-ciepłej pęcznieje i kleikuje, a właśnie wtedy jej lepkość staje się problemem technologicznym. Termostabilna alfa-amylaza pozwala prowadzić etap enzymatycznego cięcia łańcuchów skrobiowych bliżej warunków termicznych procesu, zamiast wymagać głębokiego schładzania przed dodaniem enzymu <sup>[2]</sup>.

Alfa-amylazy termostabilne są opisywane w literaturze dla wielu źródeł biologicznych, zwłaszcza mikroorganizmów z rodzaju *Bacillus* oraz promieniowców. Historycznie duże znaczenie miały szczepy *Bacillus licheniformis* i *Bacillus coagulans*, ponieważ badano je jako źródła termostabilnych alfa-amylaz aktywnych również w warunkach zasadowych, co rozszerzało ich potencjał poza klasyczne procesy skrobiowe [3].

## Jak alfa-amylaza rozkłada skrobię?

Skrobia jest mieszaniną dwóch głównych frakcji: amylozy, czyli w dużej mierze liniowych łańcuchów glukozy, oraz amylopektyny, która ma strukturę rozgałęzioną. Alfa-amylaza działa jako enzym endoamylolityczny: atakuje wiązania wewnątrz łańcucha, a nie tylko odcina pojedyncze jednostki z końca cząsteczki. Skutkiem nie jest natychmiastowe całkowite przejście skrobi do glukozy, lecz szybkie skracanie długich łańcuchów i spadek masy cząsteczkowej hydrolizowanych fragmentów [4].

Najważniejszym efektem technologicznym tego mechanizmu jest **redukcja lepkości**. Długie, uwodnione łańcuchy skrobiowe tworzą gęsty, trudny do mieszania kleik; po częściowym przecięciu łańcuchów przez alfa-amylazę układ staje się bardziej płynny. W procesach przemysłowych ten etap jest często określany jako upłynnianie, ponieważ enzym nie musi doprowadzić reakcji do pełnej glukozyzacji, aby znacząco poprawić reologię mieszaniny [1].



**Figure 1.** 알파-아밀레이스는 아밀로스 및 아밀로펙틴 내부의 알파-1,4 결합을 절단해 더 짧은 덱스트린과 수용성 탄수화물을 만들면서 전분 페이스트의 점도를 빠르게 낮춘다.

W uproszczeniu można przedstawić proces jako przejście: **skrobia natywna lub skleikowana** → **dekstryny o mniejszej masie cząsteczkowej** → **maltodekstryny i cukry redukujące**. Ostateczny profil produktu zależy od rodzaju skrobi, warunków cieplnych, pH, czasu kontaktu i dalszych enzymów użytych w procesie. Badania modelowania kinetycznego pokazują, że przebieg hydrolizy alfa-amylazowej różni się między skrobią natywną i modyfikowaną, dlatego ten sam enzym może dawać odmienne wyniki w zależności od struktury substratu [5].

## **Dlaczego termostabilność jest kluczowa w hydrolizie skrobi?**

---

W przetwórstwie skrobi temperatura nie jest parametrem pomocniczym, lecz jednym z głównych czynników decydujących o dostępności substratu dla enzymu. Granule skrobiowe w stanie natywnym są częściowo uporządkowane i mniej dostępne; dopiero ogrzewanie w obecności wody zwiększa pęcznienie, rozluźnia strukturę i ułatwia atak enzymatyczny. Enzym odporny na temperaturę może więc działać w momencie, gdy skrobia jest technologicznie bardziej podatna na hydrolizę [2].

Termostabilność zmniejsza również ryzyko szybkiej utraty aktywności podczas dodania enzymu do gorącego układu. W procesie produkcyjnym liczy się nie tylko aktywność w idealnych warunkach laboratoryjnych, lecz także zachowanie funkcji w mieszaninie o wysokiej zawartości suchej masy, podwyższonej lepkości, zmiennym pH i obciążeniu cieplnym. Z tego powodu rozwój alfa-amylaz o większej stabilności cieplnej pozostaje ważnym kierunkiem inżynierii białek [6].

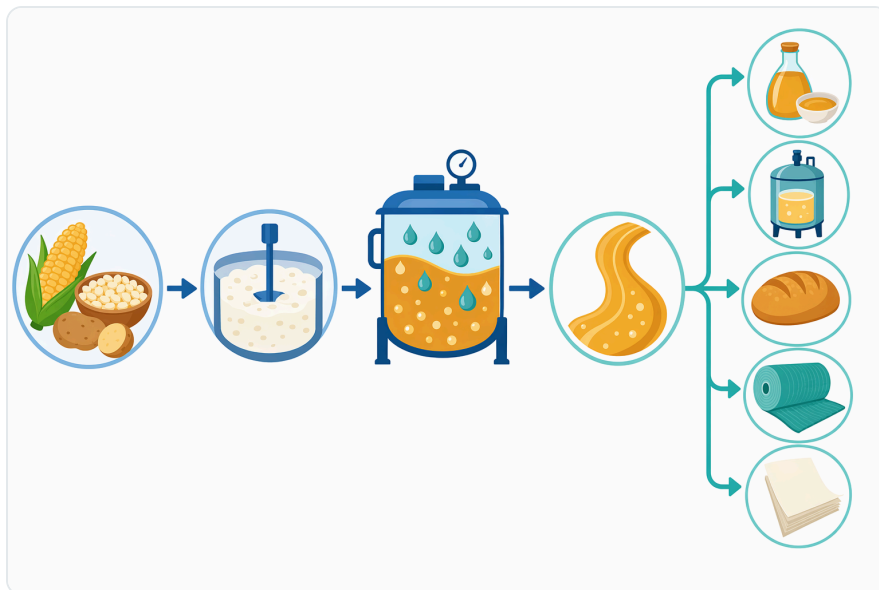
Nie każda alfa-amylaza termostabilna ma ten sam profil. Enzymy z różnych organizmów mogą różnić się optimum pH, odpornością na temperaturę, tolerancją wobec jonów metali, podatnością na inhibitory i skutecznością wobec skrobi surowej lub wstępnie skleikowanej. Charakterystyka termostabilnej alfa-amylazy ze szczepu *Streptomyces megasporus* SD12 pokazuje, że promieniowce również mogą być istotnym źródłem takich enzymów, nie tylko bakterie z rodzaju *Bacillus* [7].

## **Najważniejsze zastosowania przemysłowe**

---

### **Uptynnianie skrobi i produkcja hydrolizatów**

Najbardziej podstawowym zastosowaniem termostabilnej alfa-amylazy jest upłynnianie skrobi kukurydzianej, ziemniaczanej, pszennej, ryżowej, maniokowej i innych surowców skrobiowych. Enzym przekształca gęsty kleik w mieszaninę krótszych dekstryn, co ułatwia dalszą obróbkę technologiczną. W literaturze mechanizm hydrolizy skrobi przez alfa-amylazę jest omawiany zarówno w kontekście procesów naturalnych, takich jak kiełkowanie, jak i procesów technologicznych, w których celem jest kontrolowane skracanie łańcuchów polisacharydowych [1].



**Figure 2.** 내열성 알파-아밀레이스는 가열된 전분 처리에 잘 맞는다. 가열로 전분이 호화되어 전분 사슬이 노출되는 동안에도 효소가 충분히 활성을 유지해 팽윤한 페이스트를 액화할 수 있기 때문이다.

W produkcji hydrolizatów skrobiowych alfa-amylaza często pełni rolę enzymu pierwszego etapu. Jej zadaniem jest szybkie obniżenie lepkości i przygotowanie substratu do ewentualnego dalszego scukrzania innymi enzymami. Bez tego etapu mieszanina o wysokiej zawartości skrobi może być zbyt lepka, co obciąża mieszadła, wymienniki ciepła i pompy, a także utrudnia równomierne prowadzenie reakcji.

### Syrop glukozowy i wykorzystanie odpadowej skrobi maniokowej

Zastosowania alfa-amylazy obejmują również przetwarzanie surowców ubocznych lub odpadowych zawierających skrobię. Praca dotycząca „zielonej syntezy” syropu glukozowego z odpadowej skrobi maniokowej wskazuje, że alfa-amylaza może być elementem technologii podnoszącej wartość strumieni ubocznych, które w przeciwnym razie mogłyby stanowić koszt środowiskowy lub logistyczny <sup>[8]</sup>.

W takim podejściu enzym nie jest wyłącznie „dodatkiem procesowym”, lecz narzędziem waloryzacji surowca. Skrobia odpadowa, jeśli jest wystarczająco dostępna i odpowiednio przygotowana, może zostać przekształcona w użyteczne hydrolizaty. Z perspektywy B2B ma to znaczenie dla zakładów przetwarzających maniok, ziemniaki, zboża lub inne surowce skrobiowe, ponieważ hydroliza enzymatyczna może wspierać ograniczanie strat materiałowych.

## Odklejanie tekstyliów

W przemyśle tekstylnym skrobia jest często stosowana jako klejonka wzmacniająca przędzę podczas tkania. Po spełnieniu tej funkcji musi zostać usunięta, aby tkanina mogła zostać poddana barwieniu, wykańczaniu lub dalszej obróbce. Alfa-amylaza rozkłada skrobiową warstwę klejącą na mniejsze, łatwiejsze do wypłukania fragmenty, zmniejszając potrzebę agresywnego traktowania chemicznego.

Badania nad alfa-amylazą z *Bacillus amyloliquefaciens* obejmowały zarówno zastosowanie w oczyszczaniu ścieków przemysłowych, jak i w tekstylnym odklejaniu, co dobrze pokazuje praktyczną elastyczność tej klasy enzymów. Z punktu widzenia procesu tekstylnego istotne jest połączenie aktywności wobec skrobi z odpornością na warunki, w których prowadzi się obróbkę tkanin [9].

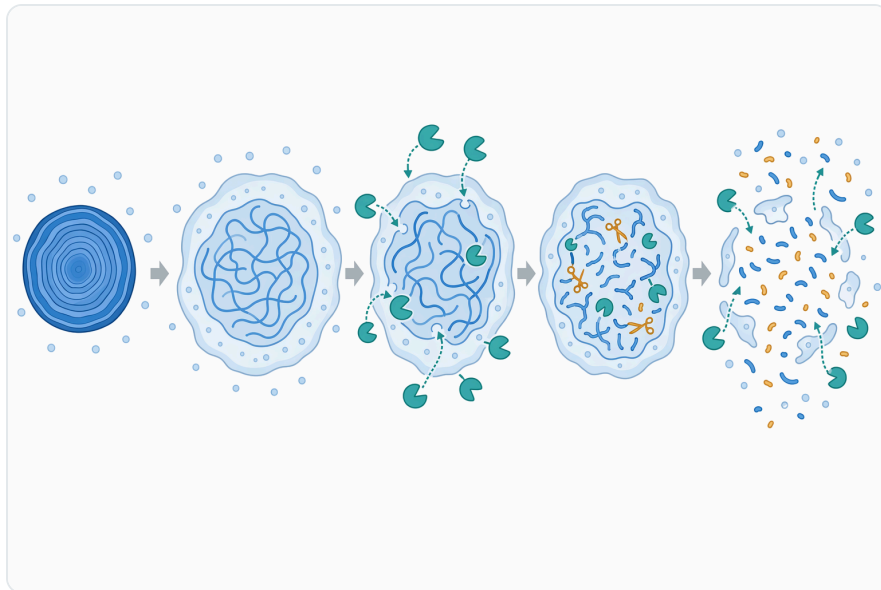


Figure 3. 초기 가수분해는 전분 과립에 구멍을 만들고 더 많은 전분 사슬을 노출시켜, 효소가 과립 구조 안으로 점진적으로 접근할 수 있게 한다.

## Piekarnictwo i produkty zbożowe

Alfa-amylaza ma również znaczenie w produktach zbożowych, choć w tym obszarze cel jest inny niż w upłynnianiu przemysłowych zawiesin skrobiowych. W pieczywie kontrolowana aktywność amylolityczna wpływa na dostępność cukrów fermentacyjnych, zachowanie miększu, objętość i właściwości sensoryczne. Badania nad chlebem pszennym traktowanym termostabilną celulazą i alfa-amylazą wskazują, że enzymy te mogą modyfikować właściwości fizyczne, żywieniowe i sensoryczne wypieków [10].

W zastosowaniach piekarniczych kluczowa jest precyzja: nadmierna hydroliza skrobi może pogarszać strukturę produktu, natomiast kontrolowana hydroliza może wspierać pożądane cechy technologiczne. Dlatego nie należy automatycznie przenosić warunków z upłynniania skrobi przemysłowej na

receptury piekarnicze; są to różne układy, o odmiennej zawartości wody, czasie procesu i roli enzymu.

## Skrobia surowa i surowce trudniej dostępne

Niektóre alfa-amylazy są badane pod kątem hydrolizy skrobi surowej, czyli mniej przetworzonej cieplnie. To istotne, ponieważ pełne kleikowanie wymaga energii, a ograniczenie intensywności obróbki cieplnej może być korzystne w wybranych procesach. Termostabilna alfa-amylaza ze szczepu *Bacillus licheniformis* So-B3 została opisana jako enzym o potencjale w hydrolizie skrobi surowej, co wskazuje na znaczenie właściwości enzymu wobec mniej dostępnych form substratu [2].

Hydroliza skrobi surowej jest jednak bardziej wymagająca niż hydroliza skrobi skleikowanej. Granule skrobiowe mają strukturę półkryształiczną, a dostęp enzymu do wiązań glikozydowych może być ograniczony przez pochodzenie botaniczne skrobi, wielkość granuli, obecność lipidów i białek oraz wcześniejszą obróbkę mechaniczną. W takich przypadkach sama nazwa „alfa-amylaza” nie wystarcza do przewidzenia skuteczności procesu.

## Porównanie zastosowań: gdzie termostabilna alfa-amylaza wnosi największą wartość?

Obszar zastosowania	Główna funkcja enzymu	Typowy efekt technologiczny	Co szczególnie zależy od procesu?	Przykład wsparcia w literaturze
Uptynianie skrobi	Cięcie łańcuchów amylozy i amylopektyny	Spadek lepkości, łatwiejsze mieszanie i pompowanie	Rodzaj skrobi, temperatura, czas, pH, sucha masa	Rola alfa-amylazy w hydrolizie skrobi w procesach technologicznych [1]
Hydrolizaty i syropy	Przygotowanie dekstryn i cukrów redukujących	Substrat do dalszego scukrzania lub produkt częściowej hydrolizy	Docelowy profil cukrów i stopień hydrolizy	Syrop glukozowy z odpadowej skrobi maniokowej [8]
Tekstylne odklejanie	Rozkład skrobiowej klejonki	Usunięcie kleju z tkaniny i przygotowanie do wykańczania	Rodzaj klejonki, temperatura kąpieli, czas kontaktu	Alfa-amylaza w tekstylnym odklejaniu i oczyszczaniu ścieków [9]
Skrobia surowa	Hydroliza mniej dostępnych granuli	Potencjalne ograniczenie intensywności obróbki cieplnej	Pochodzenie botaniczne skrobi i struktura granuli	Termostabilna alfa-amylaza z <i>B. licheniformis</i> So-B3 [2]

Obszar zastosowania	Główna funkcja enzymu	Typowy efekt technologiczny	Co szczególnie zależy od procesu?	Przykład wsparcia w literaturze
Produkty zbożowe	Kontrolowana degradacja skrobi w matrycy żywnościowej	Zmiana właściwości miękiszku, tekstury i cech sensorycznych	Receptura, czas wypieku, aktywność innych enzymów	Chleb pszenny z alfa-amylazą i termostabilną celulazą [10]

## Parametry procesu: co realnie wpływa na wynik hydrolizy?

Pierwszym czynnikiem jest **stan skrobi**. Skrobia natywna, skrobia skleikowana, skrobia uszkodzona mechanicznie i skrobia modyfikowana chemicznie lub fizycznie mogą reagować z alfa-amylazą z różną szybkością. Modele kinetyczne opracowywane dla hydrolizy skrobi natywnych i modyfikowanych pokazują, że przewidywanie aktywności alfa-amylazy wymaga uwzględnienia właściwości konkretnego substratu, a nie tylko samego enzymu [5].

Drugim czynnikiem jest **temperatura**. Zbyt niska temperatura może ograniczać dostępność skrobi i spowalniać reakcję, natomiast zbyt wysoka może stopniowo dezaktywować enzym, nawet jeśli jest on termostabilny. Dlatego w praktyce istotne jest znalezienie zakresu, w którym skrobia jest wystarczająco podatna na hydrolizę, a enzym utrzymuje użyteczną aktywność przez wymagany czas procesu.



**Figure 4.** 알파-아밀레이스는 사슬 내부를 빠르게 절단하고 액화 효과를 낸다는 점에서 베타-아밀레이스, 글루코아밀레이스, 탈분지 효소와 가장 뚜렷하게 구분된다.

Trzecim czynnikiem jest **pH**. Alfa-amylazy z różnych źródeł różnią się profilem pH, co ma znaczenie zwłaszcza tam, gdzie proces jest prowadzony w środowisku lekko kwaśnym, obojętnym albo zasadowym. Klasyczne badania nowych szczepów *Bacillus licheniformis* i *Bacillus coagulans* zwracały uwagę na produkcję termostabilnych alfa-amylaz aktywnych przy alkalicznym pH, co jest szczególnie interesujące dla zastosowań pozaskrobiowych, takich jak detergenty lub niektóre procesy tekstylne [3].

Czwartym czynnikiem jest **czas hydrolizy**. Krótki czas kontaktu może wystarczyć do upłynnienia kleiku, ale nie musi dawać dużej ilości cukrów redukujących. Dłuższy czas może pogłębiać hydrolizę, lecz równocześnie zmieniać właściwości produktu końcowego. W procesach przemysłowych nie chodzi więc o „maksymalną hydrolizę za wszelką cenę”, lecz o osiągnięcie określonej funkcji: płynności, rozpuszczalności, fermentowalności, właściwości teksturalnych lub podatności na dalszą obróbkę.

## Termostabilna alfa-amylaza a inne enzymy skrobiowe

---

Alfa-amylaza nie jest jedynym enzymem stosowanym w przetwarzaniu skrobi. W praktyce może być zestawiana z glukoamylazą, pullulanazą, izoamylazą lub alfa-glukozydazami, ale jej rola jest szczególna: szybko rozcina wiązania wewnątrz łańcucha i obniża lepkość. Dzięki temu często działa jako enzym „otwierający” proces, zanim inne enzymy doprowadzą hydrolizat do bardziej końcowych produktów.

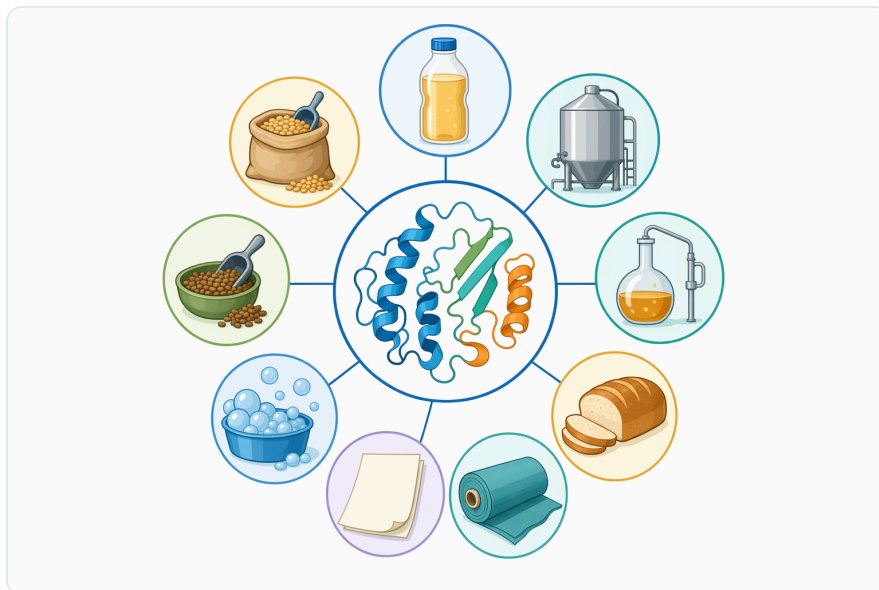
Różnicę tę dobrze widać w zastosowaniach analitycznych i technologicznych, gdzie alfa-amylaza bywa łączona z enzymami zdolnymi do dalszego rozkładu dekstryn. W badaniu porównawczym dotyczącym oznaczania całkowitej skrobi w produktach zbożowych zastosowano połączenie aktywności alfa-amylazy i amyloglukozydazy, co odzwierciedla praktyczne rozdzielanie funkcji: najpierw fragmentacja skrobi, następnie dalsze przekształcanie krótszych produktów [11].

Dla użytkownika przemysłowego oznacza to, że termostabilna alfa-amylaza jest szczególnie przydatna tam, gdzie pierwszym ograniczeniem jest lepkość i dostępność skrobi. Jeżeli celem jest maksymalna produkcja glukozy lub określony profil cukrów prostych, sam etap alfa-amylazowy może nie wystarczać i musi być rozumiany jako część szerszego schematu enzymatycznego.

## Jak interpretować „termostabilność” bez nadmiernych uproszczeń?

---

Termostabilność jest cechą stopniowalną. Enzym może być stabilny przez określony czas w jednym zakresie temperatur, ale tracić aktywność po dłuższej ekspozycji albo w połączeniu z niekorzystnym pH, środkami powierzchniowo czynnymi, rozpuszczalnikami lub wysoką zawartością suchej masy. Dlatego publikacje o termostabilnych alfa-amylazach zwykle opisują konkretny enzym w konkretnym układzie, a nie uniwersalną właściwość wszystkich alfa-amylaz [7].



**Figure 5.** 내열성 알파-아밀레이스는 액화 공정, 식품 및 음료 가공, 섬유 호발 제거, 전분이 풍부한 잔류물 관리, 세정, 사료 및 바이오매스 활용 등 다양한 분야에서 사용된다.

Współczesne badania nad zwiększaniem termostabilności pokazują, że nawet enzymy już użyteczne przemysłowo mogą być dalej modyfikowane. Przykładem jest poprawa termostabilności alfa-amylazy z *Bacillus amyloliquefaciens* przez wielopunktowe mutacje, co wskazuje, że odporność cieplna zależy od subtelnych elementów struktury białka, takich jak oddziaływania stabilizujące, sztywność lokalnych regionów i podatność na denaturację [6].

Nie należy więc traktować słowa „termostabilna” jako pojedynczej liczby lub gwarancji identycznego zachowania w każdej aplikacji. Dla procesu ważniejsze jest pytanie technologiczne: czy enzym utrzyma wystarczającą funkcję w przewidzianym czasie, temperaturze, pH i składzie mieszaniny, aby uzyskać oczekiwany spadek lepkości lub profil hydrolizatu.

## Znaczenie dla oczyszczania ścieków i obiegów ubocznych

Alfa-amylaza może odgrywać rolę również poza głównym strumieniem produkcyjnym. W ściekach z przemysłu spożywczego, tekstylnego lub przetwórstwa skrobi obecne mogą być resztki skrobi, klejonki i innych polisacharydów. Enzymatyczne rozłożenie skrobi może zwiększać podatność tych strumieni na dalsze oczyszczanie biologiczne lub fizykochemiczne.

Badanie optymalizacji alfa-amylazy z *Bacillus amyloliquefaciens* na odpadowym pieczywie dotyczyło zarówno oczyszczania ścieków przemysłowych, jak i odklejania tekstyliów. Jest to istotne, bo pokazuje podwójną logikę gospodarki procesowej: enzym można rozpatrywać nie tylko jako narzędzie produkcji,

ale również jako element ograniczania obciążenia odpadowego i poprawy efektywności strumieni ubocznych [9].

W kontekście B2B taka funkcja ma znaczenie dla zakładów, w których skrobia występuje w wielu punktach procesu: jako surowiec, dodatek technologiczny, klejonka, pozostałość w wodach poprocesowych lub komponent odpadu organicznego. Termostabilność może być korzystna, jeśli strumienie te są gorące albo poddawane obróbce bez pełnego schładzania.

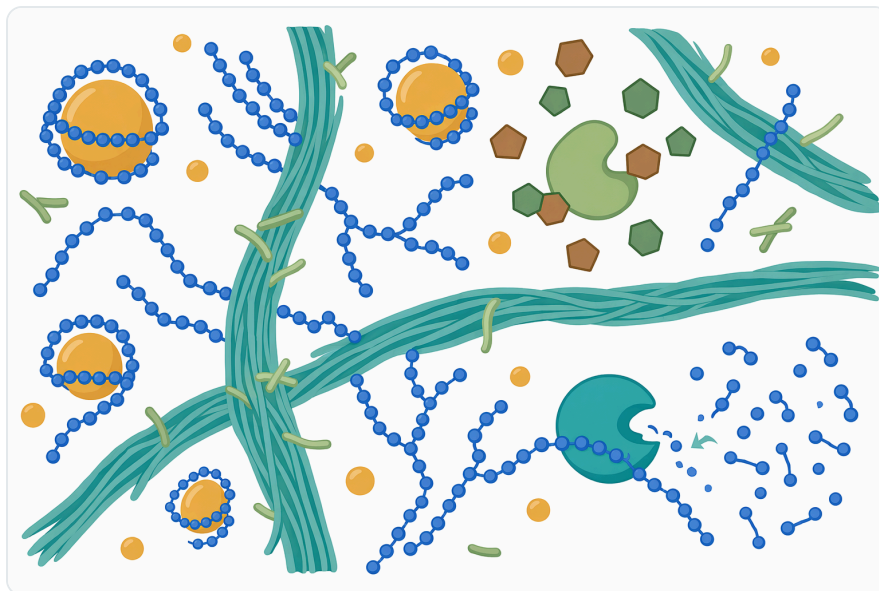


Figure 6. 실제 원료 매트릭스는 효소가 전분과 접촉하는 것을 제한하거나 물리·화학적 장벽을 만들어 알파-아밀레이스의 작용을 늦출 수 있다.

## Immobilizacja i rozwiązania specjalistyczne

W niektórych zastosowaniach alfa-amylaza jest immobilizowana, czyli unieruchamiana na nośniku, aby zwiększyć możliwość wielokrotnego użycia, poprawić stabilność lub ułatwić oddzielenie enzymu od produktu. Praca dotycząca immobilizowanej alfa-amylazy impregnowanej nanocząstkami srebra w membranie ze skorupki jaja wskazuje, że takie układy są badane jako sposób na wzmocnienie hydrolizy skrobi [12].

Nie oznacza to, że immobilizacja jest automatycznie potrzebna w standardowym upłynnianiu skrobi. W wielu procesach bardziej praktyczne są preparaty dodawane bezpośrednio do mieszaniny. Rozwiązania immobilizowane mogą być natomiast interesujące w reaktorach ciągłych, układach specjalistycznych lub tam, gdzie koszt odzysku enzymu jest uzasadniony przez charakter procesu.

## Bezpieczeństwo pracy z enzymami

Enzymy przemysłowe są białkami aktywnymi biologicznie, dlatego należy ograniczać pylenie, aerolizację i niekontrolowany kontakt z drogami oddechowymi. Wytyczne branżowe dotyczące bezpiecznego obchodzenia się z enzymami zwracają uwagę na znaczenie kontroli narażenia, organizacji pracy i stosowania informacji zawartych w dokumentacji bezpieczeństwa <sup>[13]</sup>.

W praktyce oznacza to traktowanie preparatu enzymatycznego jak funkcjonalnego składnika procesowego, a nie obojętnego proszku technicznego. SDS dostarczana wraz z zamówieniem zawiera informacje właściwe dla konkretnego produktu i powinna być używana przy planowaniu magazynowania, dozowania, czyszczenia i postępowania w razie rozsypania.

## Granice dowodów i rozsądna interpretacja literatury

Dowody na podstawową funkcję alfa-amylazy — hydrolizę skrobi i obniżanie lepkości przez cięcie łańcuchów polisacharydowych — są mocne i spójne. Potwierdzają je zarówno prace dotyczące mechanizmu działania, jak i zastosowania w procesach technologicznych oraz naturalnych układach degradacji skrobi <sup>[1]</sup>.



**Figure 7.** 내열성 알파-아밀레이스는 고온 환경에 적응한 미생물과 관련이 있으며, 단백질 공학을 통해 성능을 개선할 수도 있다.

Słabsze byłoby natomiast twierdzenie, że każdy preparat alfa-amylazy zachowa się identycznie w każdym procesie. Literatura pokazuje dużą różnorodność alfa-amylaz: inne właściwości mogą mieć enzymy z *Bacillus licheniformis*, inne z *Bacillus amyloliquefaciens*, a jeszcze inne z promieniowców czy

organizmów termofilnych. Dlatego szczegółowe wyniki, takie jak szybkość hydrolizy, tolerancja pH, skuteczność wobec skrobi surowej lub zachowanie w mieszaninach o wysokiej suchej masie, należy interpretować w kontekście konkretnego enzymu i substratu [2].

Również zastosowania poboczne, takie jak oczyszczanie ścieków, immobilizacja czy specjalistyczne modyfikacje skrobi, nie powinny być traktowane jako automatycznie przenoszalne na każdy zakład. Są one dobrze uzasadnione kierunkowo, ale wymagają dopasowania do rzeczywistej matrycy procesowej, rodzaju zanieczyszczeń, temperatury, czasu kontaktu i oczekiwanego efektu technologicznego.

## Podsumowanie techniczne

**Starch Hydrolysis Enzyme Alpha Amylase Thermostable Enzyme** jest rozwiązaniem dla procesów, w których skrobia wymaga upłynnienia, częściowej hydrolizy lub przygotowania do dalszej obróbki w podwyższonej temperaturze. Mechanizm działania polega na wewnętrznym rozcinaniu łańcuchów skrobiowych, co prowadzi do spadku lepkości i powstawania krótszych dekstryn oraz produktów hydrolizy [4].

Najważniejsze zastosowania obejmują upłynnianie skrobi, wytwarzanie hydrolizatów i syropów, tekstylne odklejanie, wybrane procesy piekarnicze, obróbkę strumieni ubocznych oraz specjalistyczne układy modyfikacji skrobi. Największą wartość enzym wnosi tam, gdzie połączenie aktywności amylolitycznej i odporności cieplnej pozwala ograniczyć problemy z lepkością, poprawić prowadzenie procesu i zwiększyć użyteczność surowców skrobiowych [8].

Enzymes.bio dostarcza ten produkt online w jednostkach 1 kg. Firma pełni rolę dostawcy, nie producenta ani laboratorium; CoA oraz SDS są dostarczane wraz z zamówieniem.

### Zamów Starch Hydrolysis Enzyme Alpha Amylase Thermostable Enzyme online

Sprzedawany w jednostkach 1 kg, dostępny z magazynu i gotowy do wysyłki. Zamów bezpośrednio w naszym sklepie — zapłać online, a my przetworzymy Twoje zamówienie. Do każdego zamówienia dołączamy Certyfikat Analizy i Kartę Charakterystyki.

[Kup Starch Hydrolysis Enzyme Alpha Amylase Thermostable Enzyme →](#)

## Bibliografia

Ponumerowano według kolejności pierwszego cytowania. Źródła open access, każde zweryfikowane jako dostępne w momencie publikacji; numery cytowań w tekście prowadzą tutaj.

1. Матвеев, Ю., & Аверьянова, Е. В. (2022). ON THE MECHANISM OF PEA STARCH HYDROLYSIS BY ALPHA-AMYLASE DURING GERMINATION AND IN TECHNOLOGICAL PROCESSES. *Южно-Сибирский научный вестник*.
2. Fincan, S., Özdemir, S., Karakaya, A., Enez, B., Mustafov, S. D., Ulutaş, M. S., & Sen, F. (2020). Purification and characterization of thermostable  $\alpha$ -amylase produced from *Bacillus licheniformis* So-B3 and its potential in hydrolyzing raw starch. *Life Science*, 118639 .
3. Medda, S., & Chandra, A. (1980). New strains of *Bacillus licheniformis* and *Bacillus coagulans* producing thermostable alpha-amylase active at alkaline pH. *Journal of Applied Bacteriology*, 48 1, 47-58 .
4. Hägele, E., Schaich, E., Rauscher, E., Lehmann, P., Bürk, H., & Wahlefeld, A. (1982). Mechanism of action of human pancreatic and salivary alpha-amylase on alpha-4-nitrophenyl maltoheptaoside substrate. *Clinical Chemistry*, 28 11, 2201-5 .
5. Fernandez, M. A., Rodríguez, L. M., Morales, P. E., & Vega, C. S. (2025). Development of kinetic models for predicting alpha-amylase activity during enzymatic hydrolysis of native and modified starch substrates. *International Journal of Advanced Biochemistry Research*.
6. Yuan, S., Yan, R., Lin, B., Li, R., & Ye, X. (2023). Improving thermostability of *Bacillus amyloliquefaciens* alpha-amylase by multipoint mutations. *Biochemical and Biophysical Research Communications - BBRC*, 653, 69-75 .
7. Dey, S., & Agarwal, S. (1999). Characterization of a thermostable alpha-amylase from a thermophilic *Streptomyces megasporus* strain SD12. *Indian Journal of Biochemistry & Biophysics*, 36 3, 150-7 .
8. 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*.
9. 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.
10. Chauhan, J., Shukla, R., Bishoyi, A. K., Goyal, S., & Sanghvi, G. (2023). Investigation of physical, nutritional and sensory properties of wheat bread treated with purified thermostable cellulase and alpha amylase. *Cogent Food & Agriculture*, 9.
11. McCleary, B., Gibson, T. S., & Mugford, D. (1997). Measurement of total starch in cereal products by amyloglucosidase-alpha-amylase method: collaborative study. *Journal of AOAC International*, 80, 571-579.
12. R, H., & Narula, A. (2022). Kinetics of immobilized alpha amylase impregnated with silver nanoparticles in Egg Shell Membrane for enhanced starch hydrolysis. *Egyptian Journal of Chemistry*.
13. Amfep Safe Handling Guide 2023.Pdf. *Amfep*.

## Skontaktuj się z Enzymes.bio

Masz pytania dotyczące zamówienia? Nasz zespół chętnie pomoże.

E-MAIL [wholesale@enzymes.bio](mailto:wholesale@enzymes.bio)

TELEFON (USA) **+1 (507) 428-6057**

[Skontaktuj się z nami →](#)



**400+** klientów B2B



**60+** partnerów badawczych z uczelni



**54** obsługiwanych na całym świecie

© 2026 Enzymes.bio · Dostawy enzymów przemysłowych i do przetwórstwa żywności · Nie do spożycia przez ludzi ani sprzedaży detalicznej.