

Beta-Glucosidase w hydrolizie glikozydów i biokonwersji biomasy roślinnej

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

Beta-Glucosidase, czyli β -glukozydaza, to enzym rozcinający wiązania β -glukozydowe w cellobiozie, krótkich oligosacharydach oraz wielu glikozydach roślinnych. W zastosowaniach przemysłowych jest szczególnie ważna jako końcowy element układów celulazowych, ponieważ przekształca cellobiozę do glukozy i może wspierać pełniejszą sacharyfikację biomasy. Ten sam mechanizm pozwala uwalniać aglikony — na przykład związki aromatyczne lub funkcjonalne — z ich form glikozydowych.

Enzymes.bio udostępnia Beta-Glucosidase jako dostawca online, w jednostkach 1 kg. Enzymes.bio nie jest producentem ani laboratorium badawczym; CoA oraz SDS są dostarczane wraz z zamówieniem.

Czym jest Beta-Glucosidase i dlaczego jest istotna w procesach B2B?

Beta-Glucosidase należy do hydrolaz glikozydowych, czyli enzymów katalizujących rozpad wiązań glikozydowych z udziałem wody. Jej praktyczna specjalizacja polega na hydrolizie wiązań β -glukozydowych: enzym rozpoznaje fragment cząsteczki zawierający resztę β -D-glukozy i rozdziela ją od drugiego cukru albo od części niecukrowej, nazywanej aglikonem. W literaturze mechanizm działania β -glukozydaz był analizowany zarówno kinetycznie, jak i strukturalnie, co potwierdza, że nie są to „ogólne” środki degradujące cukry, lecz wyspecjalizowane biokatalizatory o określonej architekturze centrum aktywnego ^[1].

Najbardziej rozpoznawalny kontekst przemysłowy to rozkład celulozy i biomasy lignocelulozowej. Celuloza jest polimerem glukozy połączonej wiązaniami β -1,4; w praktycznej hydrolizie nie wystarcza jeden enzym, lecz układ enzymów, w którym endoglukanazy, egzoglukanazy i β -glukozydazy pełnią odmienne role. Beta-Glucosidase działa na końcu tego łańcucha: przekształca cellobiozę i krótkie cello-oligosacharydy w glukozę, domykając etap sacharyfikacji ^[2].

Znaczenie β -glukozydazy nie ogranicza się jednak do celulozy. W wielu surowcach roślinnych związki zapachowe, fenolowe, obronne lub bioaktywne występują jako glikozydy, czyli cząsteczki połączone z cukrem. Dopiero hydroliza wiązania glikozydowego może uwolnić aglikon, zmieniając właściwości

sensoryczne, reaktywność, rozpuszczalność lub przydatność danego składnika w dalszej technologii. Z tego powodu β -glukozydaza jest rozpatrywana w przetwarzaniu surowców roślinnych, biokonwersji składników funkcjonalnych, technologii żywności, napojów i biokatalizie specjalistycznej [3].

Mechanizm działania: hydroliza wiązania β -glukozydowego

W ujęciu procesowym reakcję można opisać prosto: substrat zawierający β -glukozyd wiąże się w centrum aktywnym enzymu, następuje aktywacja wiązania glikozydowego, woda uczestniczy w jego rozcięciu, a produktami są glukoza oraz drugi fragment cząsteczki. Jeżeli substratem jest cellobioza, produktem końcowym są dwie cząsteczki glukozy; jeżeli substratem jest glikozyd roślinny, powstaje glukoza i aglikon. Badania klasycznych β -glukozydaz z różnych źródeł wykazały, że szybkość i przebieg reakcji zależą od dopasowania substratu do miejsca wiążącego, a nie wyłącznie od obecności samego wiązania cukrowego [4].

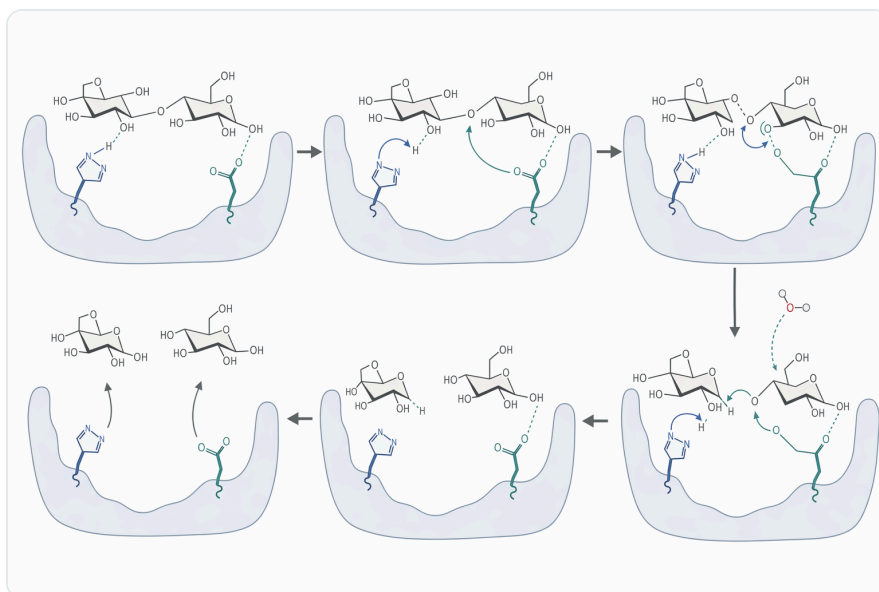


Figure 1. 베타-글루코시다아제는 말단 베타-글루코시드 결합을 가수분해하여 포도당을 방출하고, 바이오매스 당화 과정에서 셀로비오스에 의한 저해를 제거합니다.

Wiele β -glukozydaz należy do enzymów zachowujących konfigurację anomeryczną produktu, co zwykle wiąże się z dwuetapowym mechanizmem katalizy. W takim układzie jedna grupa katalityczna działa jako nukleofil, tworząc przejściowy kompleks glikozylo-enzymatyczny, a druga pełni funkcję kwasowo-zasadową, ułatwiając odejście aglikonu i późniejszą hydrolizę pośredniego kompleksu. Badania nad β -glukozydazą rodziny GH3, obejmujące mutagenezę określonej reszty asparaginianowej, wskazały, że pojedyncze aminokwasy w centrum aktywnym mogą decydować o efektywności katalizy [5].

Istotnym dowodem mechanistycznym jest także zdolność niektórych β -glukozydaz do transglikozylacji. W warunkach sprzyjających przeniesieniu reszty glukozylowej na akceptor inny niż woda enzym może nie tylko hydrolizować, ale również tworzyć nowe wiązania glikozydowe. Badania mammalian cytosolic beta-glucosidase wykorzystywały transglikozylację jako sondę mechanizmu, co wzmacnia interpretację zakładającą istnienie glikozyłowego pośredniego etapu reakcji [6].

Stereochemia reakcji również nie jest przypadkowa. Wczesne prace nad hydratacją D-glukalu katalizowaną przez α - i β -glukozydazy pokazały, że enzymy tego typu mogą rozróżniać konfigurację przestrzenną substratu i prowadzić reakcje w sposób stereospecyficzny. Dla przemysłu oznacza to przewagę nad nioselektywną chemią: dobrze dobrana β -glukozydaza może modyfikować określony typ wiązania przy ograniczeniu niepożądanych reakcji ubocznych [7].

Beta glucosidase structure: co mówi budowa enzymu o jego funkcji?

Fraza „beta glucosidase structure” jest ważna nie tylko z punktu widzenia badań podstawowych, ale też praktyki technologicznej. Struktura β -glukozydazy określa kształt kieszeni wiążącej, położenie reszt katalitycznych, dostępność kanału wejściowego dla substratu oraz stabilność całej cząsteczki w warunkach procesu. Struktura apo jednej z β -glukozydaz została opisana jako odrębny obiekt badawczy, co pokazuje, że sama nieobsadzona substratem konformacja enzymu jest istotna dla zrozumienia jego potencjalnej aktywności [8].

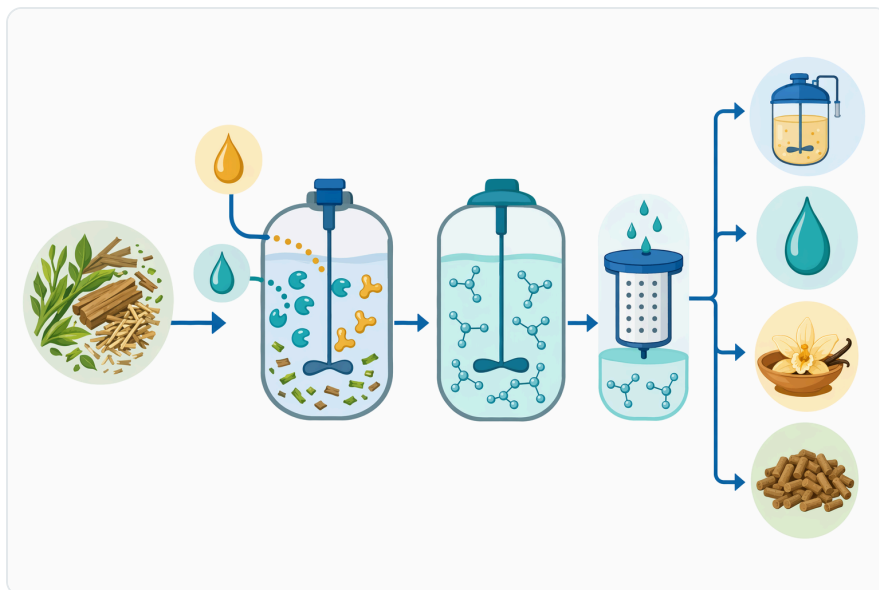


Figure 2. 산업적 활용에서 베타-글루코시다아제는 효소적 가수분해 과정에 흔히 첨가되어 셀로비오스와 배당체를 발효 가능한 포도당 및 활성 아글리콘으로 전환합니다.

W praktyce różne β -glukozydazy mogą mieć zbliżoną funkcję ogólną, ale odmienne zachowanie procesowe. Enzymy należące do różnych rodzin hydrolaz glikozydowych różnią się organizacją domen, geometrią centrum aktywnego i tolerancją na produkty reakcji. To tłumaczy, dlaczego jedna β -glukozydaza może być skuteczna w hydrolizie cellobiozy w mieszaninie celulazowej, a inna lepiej sprawdza się w przekształcaniu glikozydów roślinnych lub w reakcjach prowadzonych w obecności podwyższonego stężenia glukozy [9].

Na konformację enzymu wpływa również otoczenie reakcyjne. Badanie nad wpływem naładowanych peptydów na β -glukozydazę wykazało, że cząstki o określonym ładunku mogą zmieniać aktywność i konformację enzymu, co analizowano z użyciem dynamiki molekularnej. Z punktu widzenia technologii oznacza to, że białka, peptydy, sole i inne składniki matrycy nie są obojętne: mogą stabilizować enzym, zaburzać strukturę lub zmieniać dostępność centrum aktywnego [10].

Rola w hydrolizie celulozy i biokonwersji biomasy

W procesach wykorzystujących biomasę lignocelulozową β -glukozydaza pełni funkcję, której często nie widać na początku reakcji, ale która decyduje o końcowym uzysku glukozy. Endoglukanazy przecinają łańcuchy celulozy w miejscach wewnętrznych, egzoglukanazy odszczepiają krótsze fragmenty, a β -glukozydaza przetwarza cellobiozę i krótkie oligosacharydy do glukozy. Jeżeli ostatni etap jest zbyt wolny, cellobioza może się kumulować i ograniczać efektywność całego układu celulazowego [2].

Dla producentów bioetanolu, biochemikaliów i składników fermentacyjnych kluczowe jest to, że glukoza jest bezpośrednio wykorzystywalnym cukrem fermentowalnym. Beta-Glucosidase nie zastępuje całego kompleksu cellulaz, ale może poprawiać domknięcie procesu sacharyfikacji tam, gdzie substrat rzeczywiście dostarcza cellobiozy i cello-oligosacharydów. Dlatego w praktyce enzym ten należy rozpatrywać jako element zestawu biokatalitycznego, a nie samodzielne narzędzie do pełnego rozkładu surowej celulozy [3].

Istotna jest także termostabilność, ponieważ procesy przemysłowe często korzystają z podwyższonej temperatury w celu poprawy rozpuszczalności substratów, ograniczenia lepkości lub zmniejszenia ryzyka mikrobiologicznego. Termostabilna β -glukozydaza z *Thermoascus aurantiacus* była przedmiotem oczyszczania i charakterystyki biochemicznej, a takie badania pokazują, że źródło enzymu może silnie wpływać na jego przydatność w warunkach przemysłowych [2].



Figure 3. 베타-글루코시다아제는 바이오매스 전환, 식품 및 음료의 향미 방출, 쓴맛 제거, 사료 가공, 기능성 배당체 전환에 사용됩니다.

Uwalnianie aglikonów z glikozydów roślinnych

Drugim dużym obszarem zastosowań jest hydroliza glikozydów roślinnych. W roślinach glikozydacja często pełni funkcję „magazynowania” aktywnych aglikonów w formie bardziej polarnej, mniej lotnej lub mniej reaktywnej. Beta-Glucosidase może odwracać ten stan, uwalniając część niecukrową. W praktyce interesujące są między innymi prekursorzy aromatów, glikozydy fenolowe i inne pochodne, których właściwości po hydrolizie różnią się od formy związanej z glukozą ^[3].

W technologii żywności i napojów taka reakcja może wspierać rozwój profilu sensorycznego, ale tylko wtedy, gdy matryca rzeczywiście zawiera właściwe prekursorzy. Enzym nie „tworzy” aromatu z niczego; on uwalnia związki, które były wcześniej związane glikozydowo. Dlatego efekt zależy od odmiany surowca, stopnia dojrzałości, wcześniejszej obróbki, pH, temperatury, czasu kontaktu oraz obecności inhibitorów lub konkurencyjnych substratów ^[4].

W obszarze składników funkcjonalnych β -glukozydaza może zmieniać profil chemiczny ekstraktów roślinnych. Aglikony często różnią się od glikozydów rozpuszczalnością, reaktywnością, stabilnością i interakcją z innymi komponentami mieszaniny. Nie oznacza to automatycznie poprawy wartości biologicznej każdego produktu; oznacza natomiast możliwość celowanej biotransformacji, gdy znany jest substrat i oczekiwany produkt reakcji ^[11].

Porównanie głównych zastosowań Beta-Glucosidase

Obszar zastosowania	Główny substrat	Bezpośredni efekt enzymu	Potencjalna wartość technologiczna	Najważniejsze ograniczenie
Biokonwersja biomasy lignocelulozowej	Cellobioza i krótkie cello-oligosacharydy	Hydroliza do glukozy	Domknięcie sacharyfikacji i wsparcie produkcji cukrów fermentowalnych	Wymaga współdziałania z innymi cellulazami [2]
Przetwarzanie surowców roślinnych	Glikozydy roślinne	Uwolnienie glukozy i aglikonu	Modyfikacja profilu sensorycznego lub funkcjonalnego	Efekt zależy od obecności właściwych prekursorów [3]
Biokataliza specjalistyczna	Wybrane glikozydy lub akceptory cukrowe	Hydroliza albo, w określonych warunkach, transglikozylacja	Selektywna modyfikacja cząsteczek	Wymaga kontroli warunków reakcji i substratów [6]
Procesy z wysokim stężeniem glukozy	Cellobioza w mieszaninie bogatej w glukozę	Kontynuacja hydrolizy mimo obecności produktu	Lepsza przydatność w późnych etapach sacharyfikacji	Tolerancja na glukozę jest cechą konkretnego enzymu [9]
Enzymy immobilizowane i nanostruktury	Substraty zależne od nośnika i matrycy	Hydroliza z możliwością odzysku biokatalizatora	Stabilność operacyjna i ponowne użycie w wybranych układach	Nie każda forma handlowa jest immobilizowana [12]

Czynniki procesowe wpływające na aktywność i stabilność

Beta-Glucosidase jest białkiem, dlatego jej aktywność wynika z zachowania prawidłowej struktury przestrzennej. Zbyt niekorzystne pH, temperatura, siła jonowa lub obecność rozpuszczalników może zmienić konformację enzymu i ograniczyć dostępność centrum aktywnego. Z badań nad wpływem jonów metali i roztworów organicznych na aktywność oraz stabilność β -glukozydazy w formie nanokwiatów wynika, że skład środowiska może wyraźnie modyfikować zachowanie enzymu [12].

W procesach sacharyfikacji szczególne znaczenie ma glukozę, ponieważ jest produktem reakcji. Część β -glukozydaz ulega hamowaniu przez produkt, co może spowalniać reakcję w miarę narastania stężenia glukozy. Z tego powodu enzymy określane jako tolerujące glukozę są przedmiotem dużego

zainteresowania; przykład GH3 β -glukozydazy Bgl1973 z *Leifsonia* sp. opisano właśnie w kontekście tolerancji na glukozę i charakterystyki biochemicznej [9].



Figure 4. 산 가수분해와 비교해 베타-글루코시다아제를 이용한 공정은 더 온화한 조건에서 이루어지며, 셀로비오스를 전환해 포도당 수율을 향상시킵니다.

Nie wolno jednak przenosić cech jednego enzymu na całą kategorię „ β -glukozydaza”. Enzym z grzyba termofilnego, enzym bakteryjny, enzym owadzi i enzym ssaczy mogą mieć tę samą ogólną funkcję, ale różnić się optimum działania, profilem substratowym oraz odpornością na składniki matrycy. Charakterystyka wielofunkcyjnej β -glukozydazy z *Musca domestica* pokazuje, że źródło biologiczne może być związane z nietypowym zakresem aktywności i właściwościami [11].

W praktyce przemysłowej istotne są także fizyczne cechy surowca. Rozdrobnienie biomasy, dostępność powierzchni, obecność ligniny, rozpuszczalność glikozydów, zawartość cukrów prostych i obecność związków fenolowych mogą ograniczać szybkość reakcji nawet wtedy, gdy sam enzym pozostaje aktywny. Dlatego ocena β -glukozydazy powinna dotyczyć całego procesu: substratu, wody, czasu kontaktu, innych enzymów i składników pomocniczych [10].

Beta-Glucosidase a inne enzymy glikozydowe

Beta-Glucosidase bywa mylona z α -glukozydazą, ale są to enzymy rozpoznające inne typy konfiguracji wiązania glikozydowego. β -glukozydaza działa na wiązania β -glikozydowe, natomiast α -glukozydaza na odpowiednie wiązania α -glikozydowe. Różnica stereochemiczna jest mała w zapisie chemicznym, ale zasadnicza dla enzymu, ponieważ centrum aktywne rozpoznaje przestrzenny układ grup wokół atomu anomerycznego [7].

W mieszaninach celulazowych β -glukozydaza współpracuje z enzymami, które atakują większe fragmenty celulozy. Endoglukanazy i egzoglukanazy zwiększają pulę krótszych produktów, ale bez skutecznej hydrolizy cellobiozy końcowa produkcja glukozy może być niewystarczająca. To współdziałanie jest jednym z powodów, dla których β -glukozydaza ma tak duże znaczenie w projektowaniu enzymatycznych procesów przetwarzania biomasy [2].

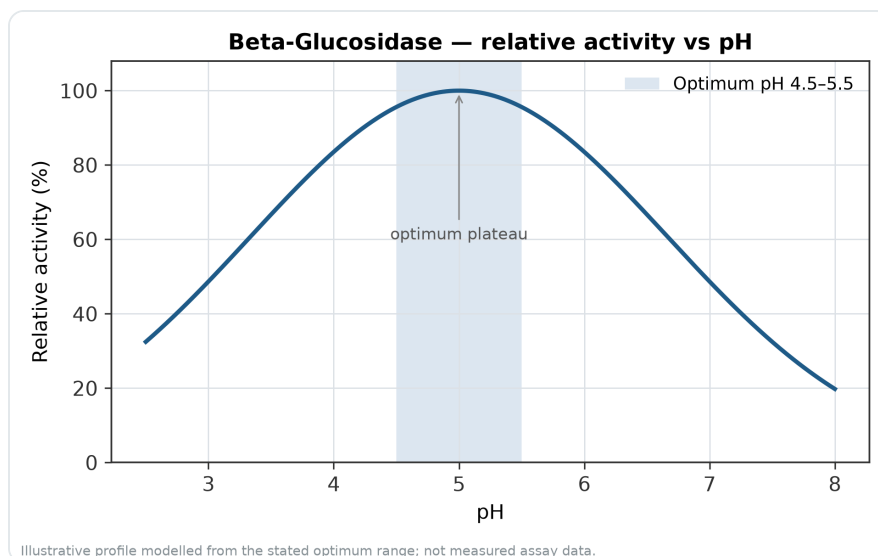


Figure 5. pH에 따른 베타-글루코시다아제의 상대 활성으로, pH 4.5-5.5에서 최적 활성 구간이 나타납니다.

W biokatalizie specjalistycznej istotna jest natomiast selektywność wobec aglikonu. Dwie β -glukozydazy mogą podobnie rozpoznawać fragment glukozy, ale różnie tolerować część niecukrową substratu. Ta różnica wpływa na skuteczność hydrolizy glikozydów roślinnych, aromatycznych i syntetycznych oraz na możliwość prowadzenia reakcji transglikozylacji [6].

Immobilizacja i stabilizowane formy enzymu

Immobilizacja enzymów polega na związaniu biokatalizatora z nośnikiem albo uformowaniu struktury, która ułatwia jego odzysk lub poprawia stabilność operacyjną. W przypadku β -glukozydazy badano między innymi struktury określane jako nanoflowers, analizując wpływ jonów metali i roztworów organicznych na aktywność oraz stabilność. Takie prace pokazują kierunek rozwoju technologii enzymatycznych: większa trwałość i możliwość wielokrotnego użycia mogą być atrakcyjne w procesach ciągłych lub półciągłych [12].

Nie oznacza to jednak, że każda dostępna handlowo Beta-Glucosidase jest formą immobilizowaną. W dokumentacji technologicznej należy rozróżniać właściwości samego enzymu od właściwości specjalnej formulacji badawczej. Dla użytkownika B2B praktyczne znaczenie ma to, czy proces wymaga enzymu

rozpuszczalnego, czy nośnikowego, oraz czy celem jest jednorazowa hydroliza wsadowa, czy powtarzalna biokataliza [12].

Realistyczne korzyści technologiczne

Pierwszą korzyścią jest selektywność. Beta-Glucosidase działa na określony typ wiązania, co pozwala prowadzić modyfikacje w warunkach łagodniejszych niż wiele metod chemicznych. W surowcach roślinnych może to ograniczać degradację wrażliwych składników, o ile proces jest prowadzony w zakresie zgodnym ze stabilnością enzymu i matrycy [4].

Drugą korzyścią jest poprawa domknięcia hydrolizy celulozowej. W układach, gdzie inne enzymy wytwarzają cellobiozę, β -glukozydaza przekształca ją do glukozy, czyli produktu bardziej użytecznego w fermentacji. W ten sposób enzym może zwiększać praktyczną wartość koktajlu celulozowego, chociaż nie zastępuje etapów wstępnej obróbki biomasy ani innych komponentów enzymatycznych [2].

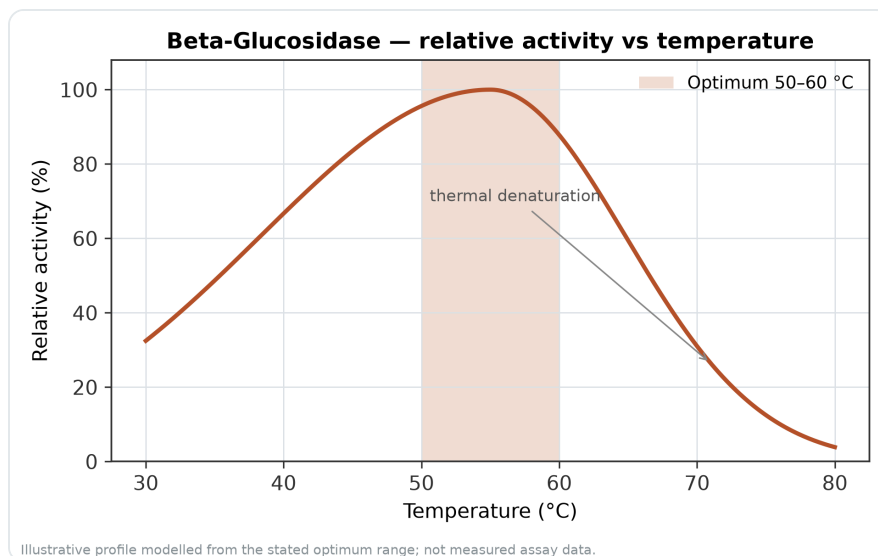


Figure 6. 온도에 따른 베타-글루코시다아제의 상대 활성으로, 50-60°C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도 이상에서는 열 변성에 따른 전형적인 활성 감소가 나타납니다.

Trzecią korzyścią jest możliwość ukierunkowanego uwalniania aglikonów. W branżach pracujących na ekstraktach, sokach, fermentatach i innych matrycach roślinnych enzym może pomóc odsłonić potencjał związków, które w surowcu występują w formie związanej z glukozą. Zastosowanie ma sens szczególnie wtedy, gdy znany jest profil glikozydów i oczekiwany efekt chemiczny lub sensoryczny [3].

Czwartą korzyścią jest elastyczność biokatalityczna. W zależności od warunków niektóre β -glukozydazy mogą uczestniczyć nie tylko w hydrolizie, ale także w reakcjach transferu reszty glukozylowej. Dla zaawansowanych zastosowań oznacza to możliwość projektowania procesów syntezy lub modyfikacji

glikozydów, choć takie procesy wymagają znacznie bardziej precyzyjnej kontroli niż standardowa hydroliza [6].

Ograniczenia: kiedy Beta-Glucosidase nie rozwiąże problemu?

Beta-Glucosidase nie jest uniwersalnym enzymem do wszystkich polisacharydów. Jeżeli problemem technologicznym jest rozkład skrobi, hemiceluloz, pektyn, białek albo tłuszczów, sama β -glukozydaza nie będzie właściwym narzędziem. Jej podstawowa funkcja dotyczy wiązań β -glikozydowych, więc warunkiem skuteczności jest obecność odpowiedniego substratu [7].

Drugim ograniczeniem jest dostępność substratu. Nawet jeżeli surowiec zawiera glikozydy, enzym musi mieć do nich fizyczny dostęp. W lignocelulozie barierą może być struktura ściany komórkowej i obecność ligniny; w ekstraktach roślinnych — rozpuszczalność glikozydów lub interakcje z fenolami i białkami. Dlatego efekt procesowy może być słabszy niż wynikałoby z samego modelowego substratu laboratoryjnego [10].

Trzecim ograniczeniem jest hamowanie przez produkty lub składniki matrycy. Glukoza może zmniejszać aktywność części β -glukozydaz, a jony, rozpuszczalniki organiczne i związki naładowane mogą wpływać na stabilność struktury enzymu. Enzymy tolerujące glukozę istnieją, ale tolerancja jest cechą konkretnego białka, a nie gwarantowaną właściwością całej kategorii [9].

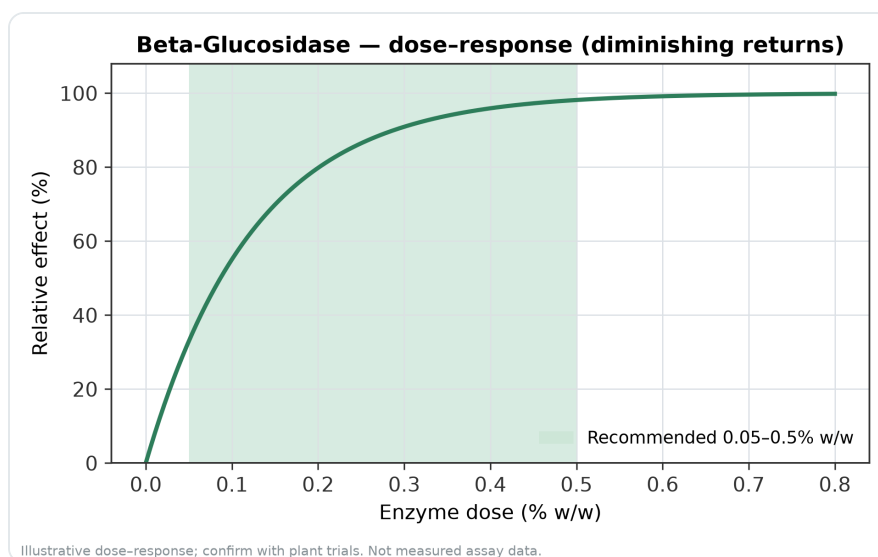


Figure 7. 권장 사용 범위(0.05–0.5% w/w)에서 베타-글루코시다아제의 예시적 용량-반응 관계를 보여줍니다.

Czwartym ograniczeniem jest ryzyko nadmiernego uogólnienia wyników badań. Praca opisująca enzym z jednego mikroorganizmu, owada lub grzyba nie dowodzi automatycznie, że każdy preparat β -glukozydazy zachowa się identycznie. Różnice w strukturze, rodzinie hydrolaz glikozydowych i

środowisku reakcji mogą prowadzić do odmiennych rezultatów w realnym procesie [11].

Znaczenie dla użytkowników przemysłowych

Dla firm pracujących z biomasą Beta-Glucosidase jest narzędziem do zwiększania efektywności ostatniego etapu hydrolizy celulozowej. Jej wartość jest najwyższa wtedy, gdy w procesie powstaje cellobioza i krótkie cello-oligosacharydy, a celem jest przekształcenie ich w glukozę. W takim układzie β -glukozydaza pełni rolę wyspecjalizowanego uzupełnienia, które może poprawić funkcjonalność całego systemu enzymatycznego [2].

Dla producentów żywności, napojów i ekstraktów roślinnych enzym jest interesujący jako środek do biotransformacji glikozydów. Może wspierać uwalnianie aglikonów, ale wynik zależy od chemii surowca. Najlepsze efekty są spodziewane tam, gdzie glikozydowy prekursor jest znany, dostępny i podatny na działanie β -glukozydazy [3].

Dla biotechnologii specjalistycznej ważna jest możliwość wykorzystania selektywności enzymu w syntezie lub modyfikacji cząsteczek. Transglikozylacja pokazuje, że β -glukozydaza może w określonych warunkach zachowywać się nie tylko jak enzym rozkładający, ale również jak narzędzie przenoszenia reszt cukrowych. Jest to obszar bardziej zaawansowany technologicznie i wymaga ścisłej kontroli składu układu reakcyjnego [6].

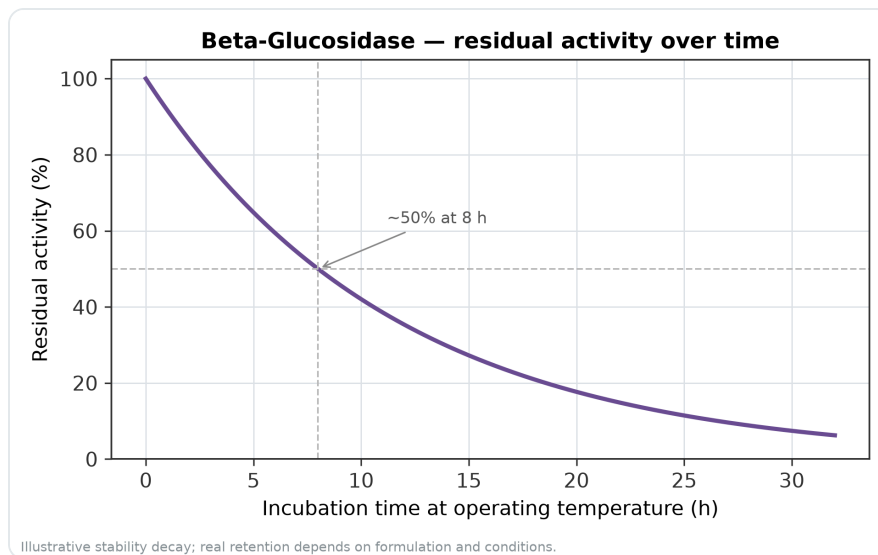


Figure 8. 베타-글루코시다아제의 예시적 열 안정성 감소 곡선 — 작동 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소합니다.

Informacja o dostępności przez Enzymes.bio

Beta-Glucosidase oferowana przez Enzymes.bio jest dostępna online w jednostkach 1 kg. Enzymes.bio działa jako dostawca, a nie producent ani laboratorium badawcze. Zamówienie jest realizowane po płatności online, a CoA oraz SDS są dostarczane wraz z zamówieniem.

Ten artykuł ma charakter techniczno-edukacyjny i pomaga ocenić, w jakich typach procesów β -glukozydaza może być użyteczna. Nie zastępuje dokumentów dostarczanych z produktem ani wewnętrznej oceny technologicznej konkretnej matrycy, ponieważ aktywność enzymu zależy od substratu, warunków reakcji i składu całego procesu.

Wniosek: Beta-Glucosidase jako precyzyjny enzym do glikozydów

Beta-Glucosidase jest dobrze uzasadnionym technologicznie enzymem wszędzie tam, gdzie celem jest selektywne rozcinanie wiązań β -glukozydowych. W biokonwersji biomasy wspiera przekształcanie cellobiozy do glukozy, a w surowcach roślinnych może uwalniać aglikony z glikozydów. Jej skuteczność wynika z precyzyjnej struktury centrum aktywnego, ale ta sama precyzja oznacza, że enzym działa najlepiej w procesach zaprojektowanych pod konkretny substrat i warunki [5].

Najbardziej realistyczne podejście B2B traktuje β -glukozydazę nie jako uniwersalny dodatek, lecz jako wyspecjalizowany element technologii enzymatycznej. Przy właściwie dobranej matrycy może zwiększać uzysk glukozy, wspierać uwalnianie wartościowych aglikonów i umożliwiać selektywne biotransformacje. Przy niewłaściwym substracie, niekorzystnym pH, obecności inhibitorów lub ograniczonej dostępności wiązań β -glukozydowych jej efekt będzie ograniczony, nawet jeśli sam mechanizm enzymu jest dobrze poznany [9].

Zamów Beta-Glucosidase 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 Beta-Glucosidase →](#)

Bibliografia

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

1. Umezurike, G. M. (1975). Kinetic analysis of the mechanism of action of beta-glucosidase from Botryodiplodia theobromae Pat.. *Biochimica et Biophysica Acta*, 397 1, 164-78 .
2. Parry, N., Beever, D. E., Owen, E., Vandenberghe, I., Beeumen, J. V., & Bhat, M. K. (2001). Biochemical characterization and mechanism of action of a thermostable beta-glucosidase purified from Thermoascus aurantiacus. *Biochemical Journal*, 353 Pt 1, 117-127 .
3. Molina, G., Lima, E. A., Borin, G., Barcelos, M. C. S., & Pastore, G. (2018). Beta-Glucosidase From Penicillium.
4. Mega, T., & Matsushima, Y. (1983). Energy of binding of Aspergillus oryzae beta-glucosidase with the substrate, and the mechanism of its enzymic action. *Journal of Biochemistry (Tokyo)*, 94 5, 1637-47 .
5. Yaw-Kuen, L., Chir, J., & Chen, F. (2001). Catalytic mechanism of a family 3 beta-glucosidase and mutagenesis study on residue Asp-247. *Biochemical Journal*, 355 Pt 3, 835-40 .
6. Gopalan, V., Jagt, D. J. V., Libell, D. P., & Glew, R. (1992). Transglucosylation as a probe of the mechanism of action of mammalian cytosolic beta-glucosidase. *Journal of Biological Chemistry*, 267 14, 9629-38 .
7. Hehre, E., Genghof, D. S., Sternlicht, H., & Brewer, C. (1977). Scope and mechanism of carbohydrase action: stereospecific hydration of D-glucal catalyzed by α - and β -glucosidase. *Biochemistry*, 16, 1780-1787.
8. Liu, X., Cao, L., Zeng, J., Liu, Y., & Xie, W. (2019). Apo structure of a beta-glucosidase 1317. *International Journal of Biological Macromolecules*, 136, 1052-1059.
9. He, Y., Wang, C., Jiao, R., Ni, Q., Wang, Y., Gao, Q., Zhang, Y., ... et al. (2022). Biochemical characterization of a novel glucose-tolerant GH3 β -glucosidase (BgI1973) from Leifsonia sp. ZF2019. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 106, 5063 - 5079.
10. Yang, Q., Yang, X., Wang, L., Ji, J., Jiang, X., Dong, L., Liu, C., ... et al. (2025). The Impact of Charged Particles on Beta-Glucosidase and Its Molecular Dynamics Mechanism: A Deep Insight into the Effects of Charged Peptides on Enzyme Activity and Conformation. *Journal of Biotechnology*.
11. Zhang, S., Huang, J., Hu, R., Guo, G., Shang, X., & Jian-Wu (2017). Characterization of a new multifunctional beta-glucosidase from Musca domestica. *Biotechnology Letters*, 39, 1219 - 1227.
12. Altinkaynak, C., Samsa, C. G., Ekremoğlu, M., Turk, M., Ozturkler, M., Özdemir, N., & Atakisi, O. (2024). Influence of Metal Ions and Organic Solutions on Activity and Stability of Beta-Glucosidase Nanoflowers. *ChemistrySelect*.

Skontaktuj się z Enzymes.bio


Masz pytania dotyczące zamówienia? Nasz zespół chętnie pomoże.

E-MAIL 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.