

Food Grade β -Glucanase for Plant Extraction — enzym do wspomagania ekstrakcji roślinnej

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

Food Grade β -Glucanase for Plant Extraction to enzym procesowy stosowany do częściowej hydrolizy β -glukanów i rozluźniania polisacharydowej matrycy surowców roślinnych. W praktyce może ułatwiać dostęp rozpuszczalnika do wnętrza cząstek roślinnych, wspierać uwalnianie związków docelowych oraz poprawiać przetwarzalność ekstraktów, zwłaszcza gdy ograniczeniem są rozpuszczalne lub strukturalne β -glukany.

Enzym należy traktować jako narzędzie technologiczne, a nie jako samodzielną metodę ekstrakcji ani składnik aktywny gotowego produktu. Enzymes.bio dostarcza ten produkt jako dostawca online, w jednostkach 1 kg; świadectwo analizy i karta charakterystyki są dostarczane wraz z zamówieniem.

Czym jest β -glukanaza w kontekście ekstrakcji roślinnej?

β -Glukanazy to grupa hydrolaz glikozydowych, które rozcinają określone wiązania β -glikozydowe w β -glukanach — polisacharydach zbudowanych z reszt glukozy. Z technologicznego punktu widzenia istotne jest to, że β -glukany mogą występować zarówno jako elementy strukturalne ścian komórkowych, jak i frakcje rozpuszczalne wpływające na lepkość, filtrację oraz przenikanie rozpuszczalnika w materiale roślinnym. Badania nad β -1,3-1,4-glukanazami pokazują, że enzymy te mogą być projektowane i ekspresjonowane z myślą o zastosowaniach spożywczych, w których liczy się selektywna hydroliza mieszanych β -glukanów oraz stabilność procesu ^[1].

W ekstrakcji roślinnej β -glukanaza działa przede wszystkim na barierę fizykochemiczną, jaką jest ściana komórkowa. Ściana ta nie jest jednorodną „skorupą”, lecz siecią celulozy, hemiceluloz, pektyn, białek ściennych, ligniny oraz różnych glukanów; jej skład zależy od gatunku rośliny, części surowca, dojrzałości i wcześniejszego przetwarzania. Prace dotyczące enzymatycznej hydrolizy ścian roślinnych podkreślają, że supramolekularna organizacja celulozy i powiązanych polisacharydów silnie wpływa na dostępność substratów dla enzymów oraz na przebieg dekonstruowania biomasy ^[2].

Określenie „Food Grade” wskazuje na przeznaczenie produktu do zastosowań, w których ważna jest zgodność z wymaganiami procesu spożywczego lub składników przeznaczonych do żywności. Nie oznacza jednak automatycznie, że enzym pozostaje składnikiem aktywnym produktu końcowego ani że można przypisywać mu działanie zdrowotne w gotowej formulacji. Literatura dotycząca systemów ekspresji enzymów w mikroorganizmach o statusie food-grade pokazuje, że bezpieczeństwo i odpowiedniość zastosowania enzymu zależą od całego kontekstu technologicznego, w tym źródła, oczyszczania, zastosowania i kontroli procesu [3].

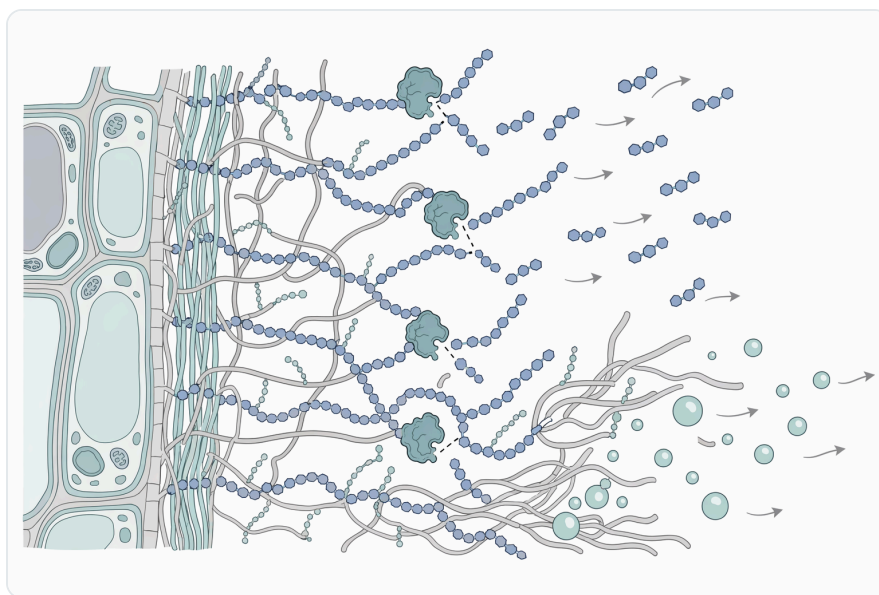


Figure 1. β -글루카나아제는 긴 β -글루칸 사슬에서 분해되기 쉬운 β -글리코시드 결합을 가수분해하여, 네트워크 형성성이 낮아진 더 짧은 조각을 생성한다.

Dlaczego ściana komórkowa ogranicza wydajność ekstrakcji?

W typowym surowcu roślinnym związki docelowe — polifenole, flawonoidy, barwniki, aromaty, frakcje polisacharydowe lub inne metabolity — są rozmieszczone wewnątrz komórek, związane z matrycą ścienną albo uwięzione w strukturach utrudniających dyfuzję. Sama ekstrakcja rozpuszczalnikiem wymaga kontaktu fazy ciekłej z tymi związkami, dlatego ograniczeniem często nie jest wyłącznie rozpuszczalność substancji, lecz również dostęp rozpuszczalnika do wnętrza materiału. Badania nad dekonstruowaniem biomasy wskazują, że właściwości ściany komórkowej istotnie determinują skuteczność późniejszej obróbki enzymatycznej i termochemicznej [4].

W praktyce technologicznej problemy ujawniają się jako wolniejsza ekstrakcja, niższy odzysk frakcji docelowej, większa zmienność partii, wysoka lepkość, trudniejsza filtracja lub obecność drobnych koloidów utrudniających klarowanie. Surowce bogate w rozpuszczalne β -glukany mogą tworzyć układy

o podwyższonej lepkości, co pogarsza mieszanie, transport masy i separację. Z kolei surowce włókniste lub zdrewniałe mogą wymagać nie tylko β -glukanazy, ale również szerszej strategii dezintegracji ściany, ponieważ lignina i struktury celulozowe ograniczają dostęp enzymów i rozpuszczalnika [5].

β -Glukanaza nie „rozpuszcza rośliny” w sposób nieselektywny. Jej znaczenie polega raczej na punktowej modyfikacji podatnych frakcji glukanowych, co może rozluźniać sieć polisacharydową, zmniejszać opór dyfuzyjny i ułatwiać przejście substancji do fazy ekstrakcyjnej. Takie podejście jest zgodne z szerszą logiką enzymatycznej dekompozycji ścian komórkowych, w której kilka klas enzymów działa na różne elementy tej samej matrycy [6].

Mechanizm działania: co β -glukanaza robi z matrycą roślinną?

Hydroliza wiązań w β -glukanach

Podstawowy mechanizm β -glukanazy polega na hydrolizie wiązań glikozydowych w łańcuchach β -glukanów. W zależności od typu enzymu i substratu może chodzić o wiązania β -1,3, β -1,4 albo mieszane układy β -1,3/ β -1,4. Dla ekstrakcji roślinnej szczególnie ważne są enzymy działające na glukany obecne w ścianie lub w frakcjach rozpuszczalnych, ponieważ skracanie łańcuchów polisacharydowych może zmieniać lepkość, podatność na filtrację i dostępność uwieczonych związków. Charakterystyka β -1,4-glukanazy z *Bacillus licheniformis* pokazuje, że enzymy tego typu są badane właśnie ze względu na zdolność rozkładu wiązań w glukanowych substratach polisacharydowych [7].

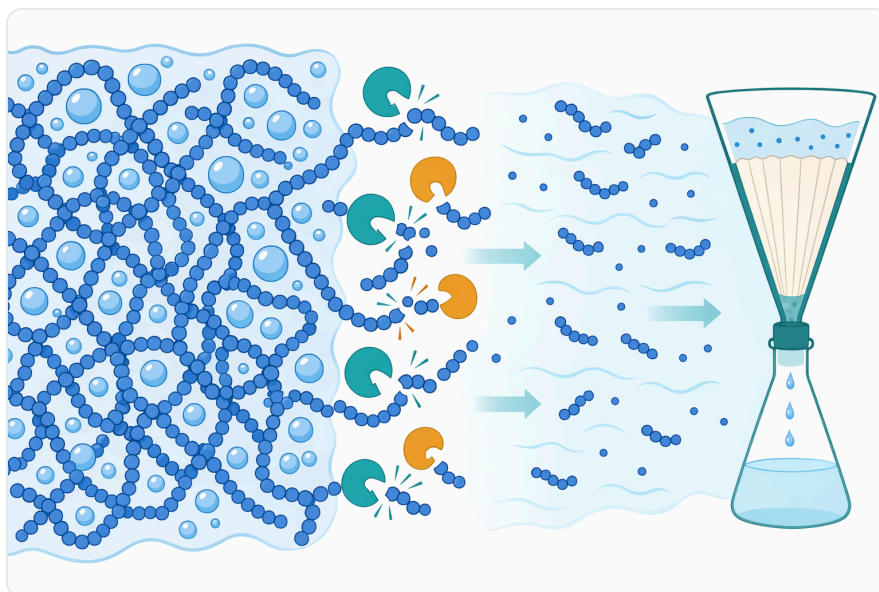


Figure 2. 수화된 긴 β -글루칸 사슬은 서로 얽히고 물을 결합할 수 있는 반면, 효소적 탈중합은 높은 점도를 유발하는 물리적 요인을 줄인다.

W ujęciu procesowym można wyobrazić sobie β -glukanazę jako selektywny element „otwierający” część matrycy. Po rozdrobnieniu i uwodnieniu surowca enzym ma kontakt z powierzchnią cząstek, szczelinami i obszarami, do których dociera medium. Tam, gdzie dostępne są odpowiednie β -glukany, następuje częściowa hydroliza, a długie łańcuchy mogą przechodzić w krótsze oligosacharydy lub fragmenty o innych właściwościach fizycznych. W praktyce efekt końcowy zależy jednak od tego, czy β -glukany są rzeczywiście istotną barierą w danym surowcu.

Rozluźnienie struktury ściany i poprawa transportu masy

Ekstrakcja jest procesem transportu masy: związki docelowe muszą przejść z matrycy stałej do cieczy. Im bardziej zwarta, usieciowana lub lepka jest matryca, tym wolniejszy i mniej kompletny może być ten proces. Enzymatyczna modyfikacja ściany komórkowej może zwiększać dostępność mikroporów, ograniczać efekt uwięzienia składników i poprawiać penetrację rozpuszczalnika. Badania obrazujące hydrolizę ścian roślinnych pokazują, że zmiany morfologiczne i czasowe w materiale są powiązane z dynamiką uwalniania produktów hydrolizy ^[8].

Warto podkreślić, że β -glukanaza zwykle nie działa w izolacji od innych składników ściany. Celuloza, hemicelulozy, pektyny, lignina i białka ścienne tworzą układ wzajemnie powiązany, dlatego usunięcie lub skrócenie jednego typu polisacharydu może ułatwić dostęp do innych struktur, ale nie zawsze wystarczy do pełnego otwarcia surowca. W przypadku materiałów lignocelulozowych ograniczeniem może być adsorpcja enzymów na ligninie albo niska dostępność celulozy, co pokazuje, że dobór enzymu musi odpowiadać dominującej barierze w danej matrycy ^[5].

Wpływ na lepkość i operacje separacyjne

W surowcach zawierających istotne ilości rozpuszczalnych β -glukanów enzymatyczne skracanie łańcuchów może wpływać na reologię ekstraktu. Zmniejszenie lepkości ułatwia mieszanie, pompowanie, odwirowanie, filtrację i klarowanie, a w procesach napojowych może poprawiać stabilność operacyjną. Nie należy jednak zakładać identycznego efektu dla każdego surowca: jeżeli lepkość pochodzi głównie od pektyn, gum, skrobi lub białek, sama β -glukanaza może dać ograniczony rezultat.

Ten aspekt jest szczególnie ważny w zakładach, które pracują z różnymi botanicznymi surowcami sezonowymi. Dwie partie tego samego zioła, owocu lub ziarna mogą mieć różną zawartość włókna, rozpuszczalnych polisacharydów i związków fenolowych. Dlatego β -glukanaza jest najlepiej rozumiana jako narzędzie kontroli jednej z barier technologicznych, a nie uniwersalny wzmacniacz wydajności ekstrakcji.

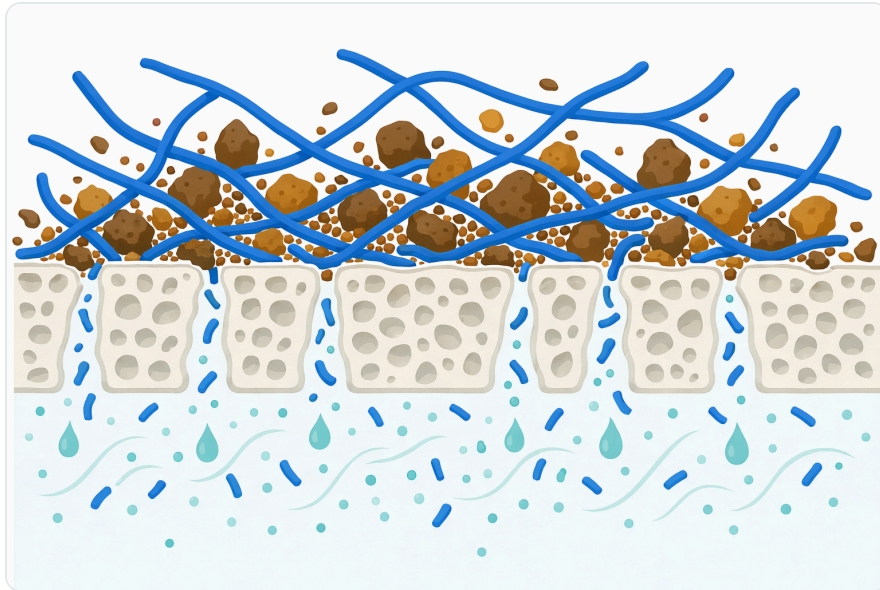


Figure 3. 더 짧은 β -글루칸 조각은 여과 중 끈적한 네트워크를 형성해 기공을 막을 가능성이 낮다.

Gdzie β -glukanaza ma największy sens technologiczny?

Najbardziej uzasadnione zastosowania β -glukanazy dotyczą surowców, w których frakcje glukanowe wpływają na dostępność składników lub właściwości procesowe. Może to obejmować zboża, trawy, niektóre zioła, materiały liściaste, odpady owocowe, wytloki, łuski, części włókniste oraz ekstrakcje prowadzone w środowisku wodnym lub wodno-alkoholowym. W badaniu nad rooibosem zastosowanie obróbki enzymatycznej poprawiało ekstrakcję fitochemikaliów, co dobrze ilustruje zasadę, że kontrolowana degradacja komponentów ściany może zwiększać odzysk składników roślinnych [9].

β -Glukanaza bywa szczególnie użyteczna jako etap przygotowawczy przed właściwą ekstrakcją. Surowiec jest wtedy rozdrobniony, uwodniony i poddany kontrolowanej obróbce enzymatycznej, a dopiero później następuje ekstrakcja docelowa. Alternatywnie enzym może pracować równolegle z ekstrakcją, jeśli warunki procesu są z nim kompatybilne. W obu wariantach celem nie jest całkowita hydroliza biomasy, lecz uzyskanie takiego stopnia modyfikacji, który poprawia uwalnianie składników przy zachowaniu jakości frakcji docelowej.

W przetwórstwie owoców i produktów winiarskich podobna logika jest znana z zastosowań enzymów degradujących ścianę komórkową. Praca dotycząca wytlóków Chardonnay wykazała, że szczepy drożdży wyrażające poligalakturonazę i glukanazę mogą przyczynić się do rozluźniania ścian komórkowych w matrycy winogronowej, co jest istotne dla wykorzystania pozostałości roślinnych i uwalniania ich składników [10].

Porównanie β -glukanazy z innymi sposobami przygotowania surowca

β -Glukanaza jest jednym z wielu narzędzi stosowanych w ekstrakcji wspomaganiej. Jej przewaga polega na selektywności wobec określonych glukanów, natomiast ograniczeniem jest zależność efektu od składu ściany komórkowej. W praktyce wybór enzymu lub kombinacji enzymów powinien wynikać z dominującej bariery: β -glukany, pektyny, celuloza, hemicelulozy, lignina albo struktura mechaniczna surowca.

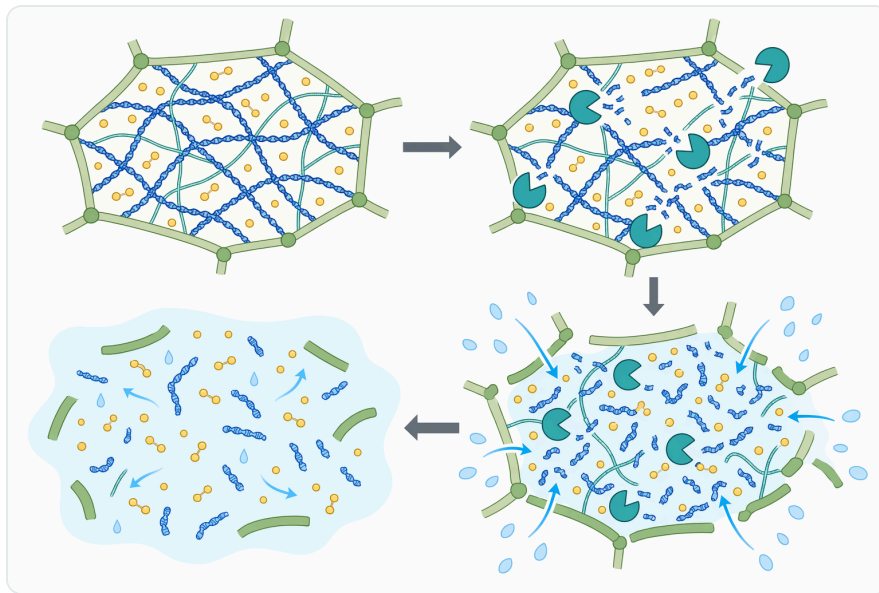


Figure 4. 글루칸이 풍부한 세포벽 구조의 가수분해는 매트릭스를 느슨하게 하고 용해성 추출 성분의 확산 경로를 짧게 할 수 있다.

Podejście procesowe	Główna bariera, którą adresuje	Typowy efekt technologiczny	Ograniczenia interpretacyjne
β -Glukanaza	β -glukany strukturalne lub rozpuszczalne	Rozluźnienie części matrycy, możliwe obniżenie lepkości, lepsza penetracja rozpuszczalnika	Najlepsza, gdy β -glukany są istotnym ograniczeniem procesu
Pektynazy	Pektyny w blaszkach środkowych i tkankach owocowych	Lepsze tłoczenie, klarowanie, uwalnianie soku lub ekstraktu	Mniejsza skuteczność, gdy problemem są głównie glukany lub lignina
Celulazy / endoglukanazy	Celuloza i podatne regiony glukanowe	Głębsza dezintegracja włókien, wzrost dostępności ściany	Dostępność celulozy zależy od krystaliczności i osłony ligninowej

Podejście procesowe	Główna bariera, którą adresuje	Typowy efekt technologiczny	Ograniczenia interpretacyjne
Hemicelulazy	Ksylany, mannany i inne hemicelulozy	Otwarcie sieci hemicelulozowej, wsparcie uwalniania frakcji związanych	Wymaga dopasowania do składu hemiceluloz w surowcu
Obróbka mechaniczna	Wielkość cząstek i powierzchnia kontaktu	Szybsze uwodnienie i większa powierzchnia ekstrakcji	Nadmierne rozdrobnienie może utrudniać filtrację
Obróbka cieplna	Denaturacja białek, pęcznienie, dyfuzja	Przyspieszenie ekstrakcji i inaktywacja mikroflory	Może degradować wrażliwe związki aromatyczne lub fenolowe

Zestawienie pokazuje, że β -glukanaza ma największą wartość wtedy, gdy jest użyta celowo, a nie „na wszelki wypadek”. W biomateriałach lignocelulozowych skuteczność hydrolizy zależy między innymi od dostępności włókien, stopnia uporządkowania celulozy i interakcji enzymów z ligniną, dlatego czasem lepszy efekt daje połączenie kilku mechanizmów niż pojedynczy enzym ^[2].

Coraz częściej opisuje się też strategię synergiczną, w których enzymy ścienne są wspierane przez białka lub enzymy zwiększające dostępność substratu. Przykładem są badania nad ekspansyną kukurydzianą, która synergistycznie wspierała enzymatyczną hydrolizę kolb kukurydzy, pokazując, że sama dostępność powierzchni i rozluźnienie struktury mogą być równie ważne jak aktywność hydrolityczna ^[11].

Zastosowania w ekstraktach roślinnych, napojach i składnikach funkcjonalnych

W ekstraktach botanicznych dla żywności, napojów i suplementów β -glukanaza może wspierać odzysk składników z surowców, które są trudne do pełnego wyekstrahowania metodą wyłącznie rozpuszczalnikową. Dotyczy to zwłaszcza materiałów o wysokiej zawartości ścian komórkowych: liści, łodyg, części włóknistych, skórki owoców, wyłoków oraz surowców suszonych, w których struktura komórkowa uległa utrwaleniu. W przypadku rooibosu wykazano, że leczenie enzymatyczne może poprawiać ekstrakcję fitochemikaliów, co potwierdza praktyczne znaczenie enzymów w pozyskiwaniu związków roślinnych ^[9].

W napojach roślinnych i ekstraktach wodnych β -glukanaza może być rozważana tam, gdzie problemem jest lepkość lub powolne klarowanie. Rozkład części glukanów może ułatwić filtrację i zmniejszyć obciążenie kolejnych etapów separacji. Nie należy jednak mylić tego z pełnym klarowaniem napoju: zmętnienie może pochodzić z białek, pektyn, skrobi, tłuszczów lub drobnych cząstek, więc mechanizm β -glukanazy obejmuje tylko część potencjalnych przyczyn.



Figure 5. 가장 적합한 적용 대상은 접근 가능한 β -글루칸이 점도나 분리 저항에 기여하는 곡물, 효모, 진균, 발효 관련 원료 흐름 및 일부 식물성 원료 흐름이다.

W surowcach owocowych i wyłokach enzym może pełnić rolę uzupełniającą wobec enzymów pektynolitycznych. Wyłoki winogronowe, jabłkowe lub jagodowe zawierają związki fenolowe, barwniki i frakcje związane ze ścianą komórkową, ale jednocześnie są matrycą złożoną, w której pektyny, hemicelulozy i glukany współtworzą barierę ekstrakcyjną. Wyniki badań nad wyłokami Chardonnay podkreślają, że enzymatyczne „rozplatanie” ścian komórkowych może być użyteczne w odzysku wartości z pozostałości roślinnych ^[10].

W ekstraktach ziołowych i korzeniowych znaczenie β -glukanazy zależy od budowy tkanki. Liście mogą wymagać innej kombinacji działań niż korzenie lub kłącza, a surowce zdrewniałe mogą być ograniczane przez ligninę i niską porowatość. Badania nad enzymatyczną degradacją ścian roślinnych pokazują, że proces nie jest liniowy: dostępność substratu, zmiany morfologiczne i skład ściany wpływają na szybkość i końcowy zakres hydrolizy ^[8].

Jak włącza się β -glukanazę do procesu ekstrakcji?

Najczęstszy schemat obejmuje przygotowanie surowca, jego uwodnienie, kontakt z enzymem, właściwą ekstrakcję i separację faz. Rozdrobnienie zwiększa powierzchnię kontaktu, ale zbyt drobna frakcja może tworzyć osady trudne do filtracji. Uwodnienie umożliwia pęcznienie ściany komórkowej i dyfuzję enzymu do dostępnych obszarów matrycy. W badaniach nad biomasą wielokrotnie podkreślano, że właściwości fizyczne ściany i dostępność substratów są kluczowe dla przebiegu enzymatycznego rozkładu ^[4].

Wariant wstępnej obróbki enzymatycznej jest użyteczny, gdy celem jest przygotowanie materiału do późniejszej ekstrakcji alkoholowej, wodno-alkoholowej lub wodnej. Enzym działa najpierw w środowisku sprzyjającym hydrolizie glukanów, a następnie proces przechodzi do fazy ekstrakcyjnej. Taki układ może ograniczać konflikt między wymaganiami enzymu a wymaganiami rozpuszczalnika, zwłaszcza gdy docelowa ekstrakcja wykorzystuje warunki mniej korzystne dla aktywności enzymatycznej.

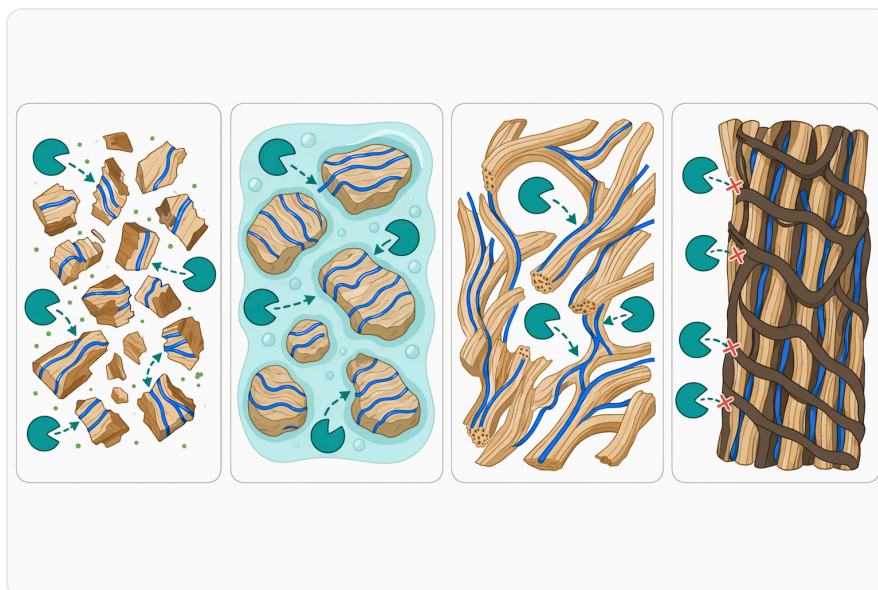


Figure 6. β -글루카나아제는 분쇄, 수화, 열처리 또는 적합한 전처리를 통해 글루칸 기질이 노출될 때 가장 잘 작용한다.

Wariant jednoczesnej ekstrakcji i hydrolizy może być korzystny, gdy medium procesowe jest kompatybilne z enzymem i nie dezaktywuje go zbyt szybko. Wtedy uwalnianie składników i modyfikacja ściany zachodzą równolegle. Trzeba jednak uwzględnić, że niektóre rozpuszczalniki, skrajne pH, wysoka temperatura, duże stężenia soli lub obecność inhibitorów roślinnych mogą ograniczać aktywność enzymatyczną. Z tego powodu efekt powinien być oceniany w odniesieniu do konkretnej matrycy i konkretnego celu ekstrakcji.

Po etapie enzymatycznym proces zwykle obejmuje oddzielenie frakcji stałej, filtrację, klarowanie, koncentrację lub dalsze oczyszczanie. Jeżeli β -glukanaza obniży lepkość albo rozluźni cząstki ściany, może ułatwić te operacje, ale czasem nadmierna dezintegracja zwiększa ilość drobnych cząstek i pogarsza filtrację. To pokazuje, że „więcej hydrolizy” nie zawsze oznacza „lepszy proces”; ważny jest kontrolowany stopień modyfikacji.

Czynniki wpływające na skuteczność w konkretnej matrycy

Pierwszym czynnikiem jest skład surowca. Surowce zbożowe, trawy i niektóre materiały liściaste mogą zawierać frakcje glukanowe bardziej podatne na β -glukanazę, natomiast surowce owocowe mogą wymagać silniejszego udziału enzymów pektynowych. Materiały zdrewniałe i bogate w ligninę często stanowią osobną kategorię, ponieważ lignina ogranicza dostęp do polisacharydów i może wpływać na niespecyficzne wiązanie enzymów [5].

Drugim czynnikiem jest architektura ściany. Nawet jeśli surowiec zawiera β -glukany, enzym musi mieć do nich dostęp. Krystaliczność celulozy, stopień wysuszenia, usieciowanie hemiceluloz, obecność związków fenolowych i wcześniejsza obróbka cieplna mogą zmieniać podatność materiału na hydrolizę. Prace nad strukturą celulozy pokazują, że supramolekularne uporządkowanie włókien jest jednym z głównych powodów różnic w podatności na enzymatyczne rozkładanie ścian [2].



Figure 7. 추출용 효소마다 표적으로 하는 매트릭스 고분자가 다르므로, 공정을 제한하는 요인이 펙틴, 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 단백질 또는 전분이 아니라 β -글루칸일 때 β -글루카나아제가 가장 적합하다.

Trzecim czynnikiem jest cel ekstrakcji. Jeśli celem jest odzysk związków fenolowych, pożądane może być rozluźnienie ściany bez nadmiernego uwalniania niepożądanych koloidów. Jeśli celem jest ekstrakt polisacharydowy, zbyt intensywna hydroliza może zmienić profil mas cząsteczkowych frakcji. Jeżeli najważniejsza jest klarowność, enzymatyczna redukcja lepkości może być korzystna, ale musi być zrównoważona z ryzykiem uwolnienia drobnych cząstek.

Czwartym czynnikiem jest możliwość synergii z innymi enzymami. Glukanazy, celulazy, hemicelulazy, pektynazy i esterazy mogą działać komplementarnie, bo usuwają różne „węzły” w sieci ściennej. Badania nad glukuronoyloesterazami pokazują, że enzymy rozrywające powiązania między ligniną i polisacharydami mogą poprawiać hydrolizę celulozy i wspierać ekstrakcję ligniny, co dobrze ilustruje znaczenie enzymów pomocniczych w złożonych matrycach ^[12].

Korzyści biznesowe bez nadmiernych obietnic

Dla producentów ekstraktów roślinnych najważniejszą potencjalną korzyścią jest większa kontrola nad dostępnością składników w surowcu. Jeżeli β -glukanaza zmniejsza barierę ściany komórkowej, proces może wymagać łagodniejszych warunków mechanicznych lub termicznych, a ekstrakcja może przebiegać bardziej równomiernie. Enzymy są ogólnie postrzegane jako narzędzia sprzyjające bardziej selektywnemu i zasobooszczędnemu przetwarzaniu, co wpisuje się w szerszą perspektywę ograniczania zużycia energii i surowców w bioprocessach ^[13].

Drugą korzyścią może być lepsza obsługa procesowa ekstraktów o wysokiej lepkości. W praktyce lepkość przekłada się na czas mieszania, obciążenie pomp, wydajność filtrów, straty na osadach i stabilność kolejnych etapów. Jeśli źródłem lepkości są β -glukany, enzymatyczna hydroliza może być bardziej selektywna niż intensywne ogrzewanie lub mechaniczne rozbijanie matrycy. Jeżeli jednak lepkość pochodzi od innych polimerów, konieczna może być inna strategia.

Trzecim obszarem jest waloryzacja pozostałości roślinnych. Wytloki, łuski, otręby i frakcje uboczne mogą zawierać cenne związki, ale ich odzysk bywa ograniczony przez twardą matrycę. Enzymatyczne rozluźnienie ścian może poprawić wykorzystanie takich strumieni, choć efekt zależy od ich składu i wcześniejszej obróbki. Prace nad wytlokami winogronowymi pokazują, że enzymatyczne modyfikowanie ścian komórkowych jest realnym kierunkiem zwiększania wartości pozostałości po przetwórstwie roślinnym ^[10].

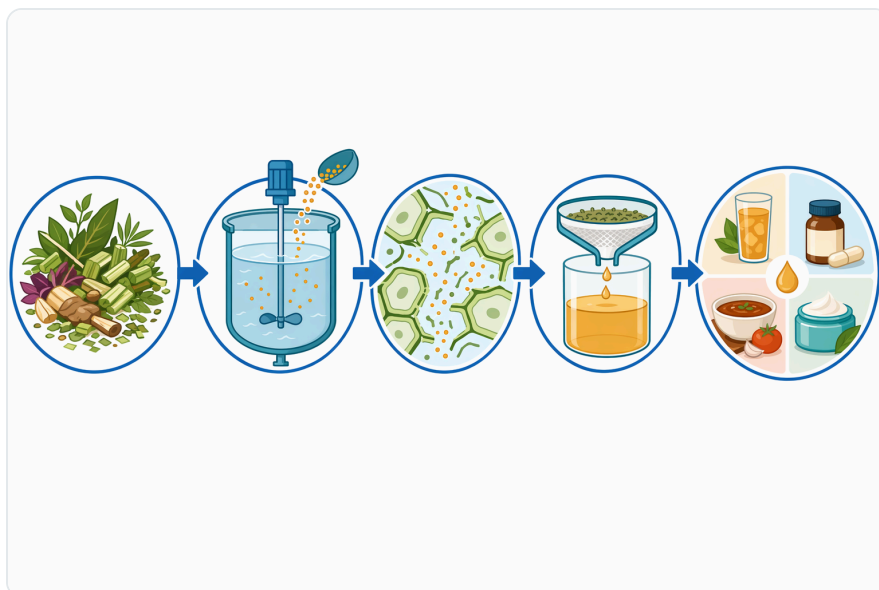


Figure 8. 일반적인 효소 보조 추출 공정에서는 정화 및 후속 마무리 공정 전에 수성 마쇄, 침지, 슬러리 유지 또는 추출 단계에서 β -글루카나아제를 첨가한다.

Najważniejsze ograniczenie brzmi: β -glukanaza nie gwarantuje automatycznie wyższej zawartości każdego związku aktywnego. Jej wpływ jest pośredni — poprawia dostępność matrycy, ale nie zmienia chemicznej stabilności wszystkich metabolitów ani nie zastępuje właściwego doboru rozpuszczalnika, czasu, temperatury i separacji. Dlatego rzetelne wdrożenie powinno opierać się na zrozumieniu składu surowca oraz celu produktu końcowego.

Charakter food grade, dokumentacja i odpowiedzialne zastosowanie

W zastosowaniach spożywczych enzym jest narzędziem procesu. Może pomagać w przetwarzaniu surowca, ale jego obecność, pozostałość lub dezaktywacja w produkcie końcowym zależy od konkretnej technologii i wymagań regulacyjnych dla danego rynku. Badania nad ekspresją β -glukanaz w mikroorganizmach związanych z żywnością, takich jak *Lactococcus lactis*, pokazują, że dobór systemów food-grade jest istotnym zagadnieniem w rozwoju enzymów przeznaczonych do kontaktu z żywnością ^[14].

Z punktu widzenia użytkownika B2B ważne jest także rozróżnienie między zastosowaniem procesowym a deklaracjami produktowymi. Enzym może wspierać ekstrakcję składników roślinnych, ale nie uprawnia sam w sobie do twierdzeń zdrowotnych, funkcjonalnych ani terapeutycznych dotyczących końcowego ekstraktu. Takie twierdzenia zależą od składu, dawki, stabilności, przeznaczenia, regulacji i danych dotyczących gotowego produktu.

Enzymes.bio dostarcza Food Grade β -Glucanase for Plant Extraction jako dostawca online, a nie jako producent ani laboratorium badawcze. Produkt jest dostępny w jednostkach 1 kg, a CoA i SDS są dostarczane wraz z zamówieniem. Taki model jest wygodny dla profesjonalnych użytkowników, którzy potrzebują surowca enzymatycznego do własnych procesów, przy czym interpretacja parametrów technologicznych i zgodność końcowego zastosowania pozostają po stronie użytkownika procesu.

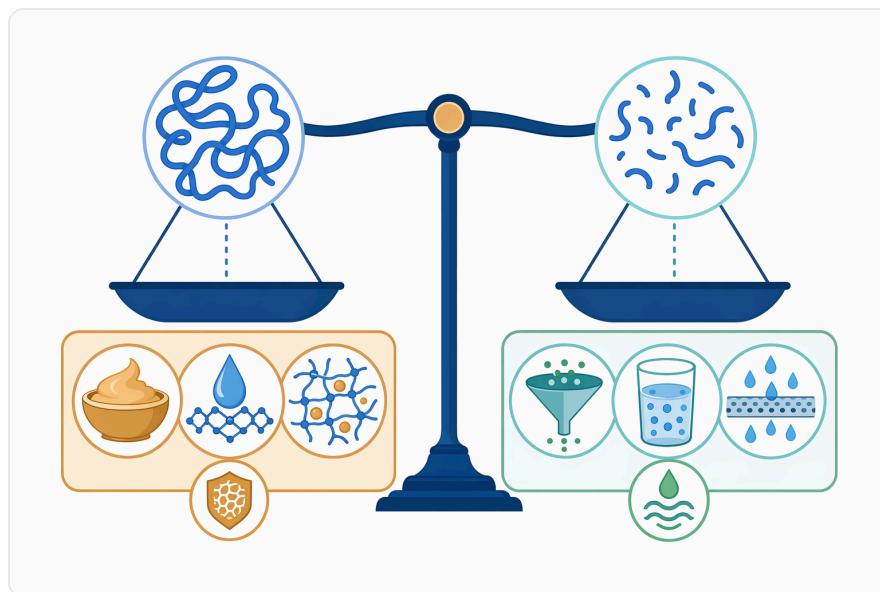


Figure 9. β -글루카나아제는 분자량을 낮춰 공정성을 개선할 수 있지만, 그 결과 생성된 β -글루칸 분획은 기능적 특성이 달라질 수 있다.

Podsumowanie techniczne

Food Grade β -Glucanase for Plant Extraction jest najbardziej przydatna tam, gdzie barierą ekstrakcji są β -glukany lub powiązane struktury polisacharydowe ściany komórkowej. Enzym może częściowo hydrolizować glukany, rozluźniać matrycę, wspierać transport masy, obniżyć lepkość wybranych układów i ułatwiać separację, ale jego skuteczność zależy od składu surowca i celu ekstrakcji.

Najlepsze rezultaty są zwykle osiągnięte wtedy, gdy β -glukanaza jest traktowana jako element całej strategii: razem z rozdrobnieniem, uwodnieniem, doбором rozpuszczalnika, kontrolą warunków procesu i właściwą separacją. Literatura dotycząca hydrolizy ścian roślinnych konsekwentnie pokazuje, że dekonstruowanie biomasy zależy od dostępności substratów, architektury ściany i synergii między różnymi mechanizmami enzymatycznymi [4].

Dla klientów B2B oznacza to praktyczne, ale realistyczne zastosowanie: β -glukanaza może zwiększyć podatność surowca na ekstrakcję, szczególnie w produktach roślinnych, napojowych, nutraceutycznych i kosmetycznych, w których polisacharydowa matryca ogranicza odzysk składników. Nie jest jednak

uniwersalnym rozwiązaniem dla każdej rośliny ani substytutem walidacji procesu; jej wartość wynika z dobrze dobranego miejsca w technologii ekstrakcji.

Zamów Food Grade B-Glucanase For Plant Extraction 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 Food Grade B-Glucanase For Plant Extraction →](#)

Bibliografia

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

1. Guo, Q., Zhang, W., Liu-Ma, Qi-Chen, Ji-Chen, Hong-Zhang, Ruan, H., ... et al. (2010). A food-grade industrial arming yeast expressing β -1,3-1,4-glucanase with enhanced thermal stability. *Journal of Zhejiang University SCIENCE B*, 11, 41-51.
2. Thygesen, L. G., Hidayat, B., Johansen, K., & Felby, C. (2011). Role of supramolecular cellulose structures in enzymatic hydrolysis of plant cell walls. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 38, 975-983.
3. Böhmer, N. (2014). Food-grade Lactobacilli expression systems for recombinant enzymes.
4. Kothari, N., Bhagia, S., Pu, Y., Yoo, C., Li, M., Venketachalam, S., Pattathil, S., ... et al. (2020). The effect of switchgrass plant cell wall properties on its deconstruction by thermochemical pretreatments coupled with fungal enzymatic hydrolysis or Clostridium thermocellum consolidated bioprocessing. *Green Chemistry*, 22, 7924-7945.
5. Wu, W., Li, P., Huang, L., Wei, Y., Li, J., Zhang, L., & Jin, Y. (2023). The Role of Lignin Structure on Cellulase Adsorption and Enzymatic Hydrolysis. *Biomass*.
6. Jaroszuk-Ścisieł, J., & Kurek, E. (2012). Hydrolysis of fungal and plant cell walls by enzymatic complexes from cultures of Fusarium isolates with different aggressiveness to rye (Secale cereale). *Archives of Microbiology*, 194, 653 - 665.
7. Song, H. J., Kim, H., Hwang, J., & Kim, H. (2010). Characterization of Bacillus licheniformis B1 β -1,4-Glucanase Overproduced in Escherichia coli.
8. Khani, S. H., Amer, K. O., Ghalemaleki, F. S., Corré, M., Remy, N., Habrant, A., Lebas, B., ... et al. (2025). Plant Cell Wall Enzymatic Hydrolysis: Predicting Yield Dynamics from Autofluorescence and Morphological Temporal Changes. *bioRxiv*.
9. Coetzee, G., Joubert, E., Zyl, W. H., & Viljoen-Bloom, M. (2014). Improved extraction of phytochemicals from rooibos with enzyme treatment. *Food and Bioproducts Processing*, 92, 393-401.

10. Zietsman, A., Moore, J. P., Fangel, J., Willats, W., & Vivier, M. (2022). Commercial Yeast Strains Expressing Polygalacturonase and Glucanase Unravel the Cell Walls of Chardonnay Grape Pomace. *Biology*, 11.
11. Lou, L., Jiang, H., Xie, J., & Ge, L. (2024). Corn-derived Expansin synergistically promotes enzymatic hydrolysis of corn cob. *International Journal of Biological Macromolecules*, 136038 .
12. Martins, P., Bourmaud, C. L., Luterbacher, J., & Agger, J. (2025). Glucuronoyl esterases improve cellulose hydrolysis by lignocellulose degrading enzymes and enhance lignin extraction. *International Journal of Biological Macromolecules*, 144218 .
13. Nunes, C. S. (2018). General perspectives of enzymes, environment preservation, and scarce natural resources—conclusions.
14. Tak, J. Y., Jang, W., Lee, J. M., Suraiya, S., & Kong, I. (2019). Expression in *Lactococcus lactis* of a β -1,3-1,4-glucanase gene from *Bacillus* sp. SJ-10 isolated from fermented fish. *Protein Expression and Purification*, 162, 18-23 .

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.