

Pectate Lyase w bioscouringu, odgumowywaniu włókien i przetwarzaniu surowców roślinnych

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

Pectate Lyase, czyli pektat liaza, to enzym pektolityczny rozcinający głównie odestryfikowane fragmenty pektyn — zwłaszcza homogalakturonan i kwas poligalakturonowy — przez mechanizm β -eliminacji, a nie klasyczną hydrolizę. W praktyce technologicznej enzym pomaga usuwać lub modyfikować pektynowe składniki ścian komórkowych roślin, dlatego jest badany i stosowany m.in. w bioscouringu bawełny, odgumowywaniu ramii, klarowaniu soków oraz obróbce biomasy roślinnej ^[1]. Enzymes.bio dostarcza Pectate Lyase jako produkt enzymatyczny dostępny online w jednostkach 1 kg; firma działa jako dostawca, nie jako producent ani laboratorium.

Czym jest Pectate Lyase i dlaczego jest ważna w materiałach roślinnych

Pectate Lyase należy do enzymów pektolitycznych, czyli grupy biokatalizatorów rozkładających lub modyfikujących pektyny — złożone polisacharydy obecne w ścianach komórkowych roślin. Najważniejszym substratem dla pektat liazy są odestryfikowane odcinki homogalakturonanu, zbudowane z reszt kwasu D-galakturonowego połączonych wiązaniami α -1,4. To właśnie te fragmenty tworzą część „spoiwa” roślinnej matrycy: stabilizują strukturę tkanek, wpływają na lepkość soków i przecierów, a w włóknach naturalnych utrudniają zwilżanie i dostęp środków procesowych do celulozy ^[1].

W klasyfikacji funkcjonalnej Pectate Lyase jest liazą polisacharydową, a nie hydrolazą. Oznacza to, że enzym nie rozcina wiązania glikozydowego przez dodanie cząsteczki wody, lecz przez reakcję eliminacji, prowadzącą do powstania nienasyconych oligogalakturonianów. Ta różnica mechanistyczna ma znaczenie praktyczne: produktami reakcji są krótsze, bardziej mobilne fragmenty pektynowe, a sam proces może być używany tam, gdzie celem jest selektywne rozluźnienie lub usunięcie pektynowej bariery bez agresywnego naruszania celulozowego rdzenia materiału ^[2].

Pektyny są szczególnie istotne w przemyśle tekstylnym, spożywczym i biomasowym, ponieważ często decydują o właściwościach makroskopowych surowca. W bawełnie i innych włóknach roślinnych są częścią niecelulozowych zanieczyszczeń powierzchniowych. W owocach wpływają na twardość, mięknięcie, wydajność tłoczenia, lepkość i stabilność zawiesiny. W odpadach owocowo-warzywnych oraz biomasie mogą ograniczać dostęp enzymów celulolitycznych lub hemicelulolitycznych do głębszych warstw ściany komórkowej [1].

Mechanizm działania: β -eliminacja zamiast hydrolizy

Mechanizm Pectate Lyase polega na eliminacyjnym rozszczepieniu wiązania glikozydowego w łańcuchu poligalakturonianowym. W ujęciu praktycznym enzym „wycina” krótsze odcinki z odestryfikowanej pektyny, wytwarzając produkty zawierające nienasycone wiązanie na końcu nieredukującym. Jest to cecha odróżniająca pektat liazę od poligalakturonaz, które hydrolizują wiązania w pektynach, oraz od pectin lyases, które preferują bardziej zestryfikowane formy pektyny [1].

Wiele pectate lyases wykazuje zależność od jonów wapnia, co jest związane zarówno ze stabilizacją ujemnie naładowanego substratu, jak i z prawidłowym ułożeniem łańcucha galakturonowego w miejscu aktywnym enzymu. Badania strukturalne pektat liazy z alkalofilnego szczepu *Bacillus* sp. N16-5 pokazały charakterystyczny sposób wiązania substratu i dostarczyły wyjaśnienia, dlaczego określone reszty aminokwasowe oraz środowisko jonowe są ważne dla reakcji β -eliminacji [2].

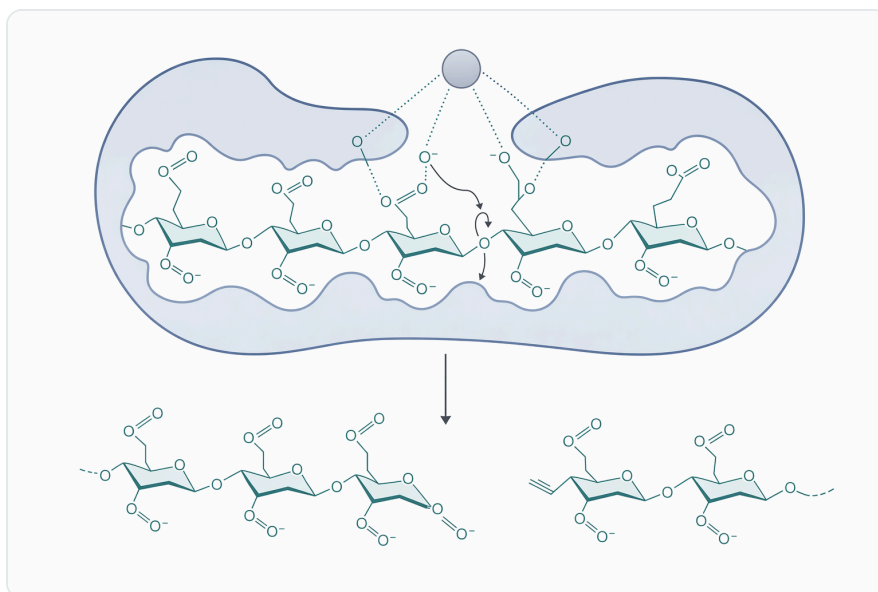


Figure 1. 펙테이트 라이아제는 칼슘 보조 베타 제거 반응을 통해 폴리갈락투론산을 절단하여 불포화 펙틴 올리고당을 생성합니다.

Z punktu widzenia procesu przemysłowego kluczowa jest selektywność. Pectate Lyase nie jest enzymem „rozpuszczającym” całą ścianę komórkową; działa przede wszystkim na odpowiednie fragmenty pektynowe. Dlatego skuteczność zależy od stopnia estryfikacji pektyn, dostępności substratu, pH, temperatury, składu matrycy roślinnej i obecności składników, które mogą stabilizować lub hamować reakcję. Ta zależność od matrycy tłumaczy, dlaczego enzym może być bardzo skuteczny w jednym typie surowca, a wymagać optymalizacji warunków w innym ^[3].

Pectate Lyase na tle innych enzymów pektolitycznych

W praktyce przemysłowej nazwy enzymów pektolitycznych bywają używane zamiennie, ale ich mechanizmy i preferencje substratowe nie są identyczne. Rozróżnienie jest ważne przy interpretacji wyników badań i przy projektowaniu procesu, ponieważ pektyna w surowcach roślinnych występuje jako złożona mieszanina regionów bardziej i mniej zestryfikowanych, połączonych z innymi składnikami ściany komórkowej.

Enzym pektolityczny	Główny typ substratu	Mechanizm reakcji	Typowy sens technologiczny
Pectate Lyase / pektat liaza	Głównie odestryfikowany homogalakturonan i kwas poligalakturonowy	β -eliminacja z powstawaniem nienasyconych oligogalakturonianów	Usuwanie pektyn z włókien, bioscouring, odgumowywanie, modyfikacja lepkości, ułatwienie dalszej obróbki biomasy ^[1]
Pectin Lyase	Bardziej zestryfikowane fragmenty pektyny	β -eliminacja bez wcześniejszej deestryfikacji	Przetwarzanie owoców i soków, gdy istotne są wysoko zestryfikowane pektyny ^[1]
Polygalacturonase	Łańcuchy kwasu poligalakturonowego	Hydroliza wiązań glikozydowych	Rozkład pektyn w żywności, maceracja, obniżanie lepkości, procesy fermentacyjne ^[3]
Pectin methylesterase	Zestryfikowane pektyny	Deestryfikacja grup metylowych	Przygotowanie substratu dla enzymów działających na formy odestryfikowane; zmiana żelowania i tekstury ^[1]

To zestawienie pokazuje, dlaczego Pectate Lyase jest szczególnie interesująca w procesach, w których celem jest usunięcie pektyn z materiału włóknistego lub rozluźnienie odestryfikowanych regionów ściany komórkowej. Nie zastępuje ona wszystkich enzymów pektolitycznych, ale może pełnić rolę

głównego narzędzia tam, gdzie dominują pektany lub gdzie wcześniejsze etapy procesu odstawiają odestryfikowane fragmenty pektyny [1].

Bioscouring bawełny: najbardziej rozpoznawalne zastosowanie technologiczne

Jednym z najlepiej opisanych zastosowań Pectate Lyase jest bioscouring bawełny, czyli enzymatyczne oczyszczanie włókien przed barwieniem i wykończaniem. Surowa bawełna zawiera nie tylko celulozę, lecz także woski, pektyny, białka, popioły i inne składniki powierzchniowe. Te niecelulozowe frakcje obniżają zwilżalność i utrudniają równomierny kontakt tkaniny z wodnymi kąpielami procesowymi [4].

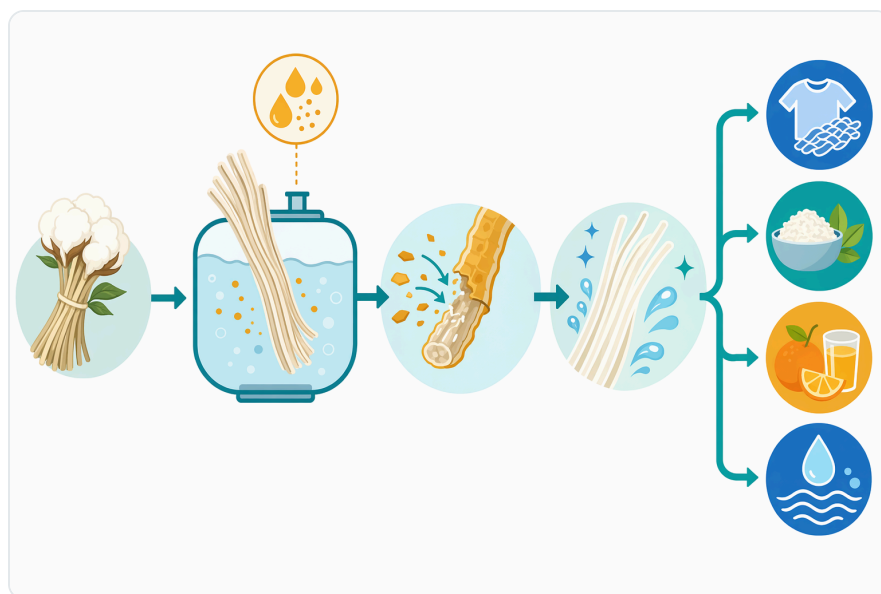


Figure 2. 산업용 펙테이트 라이아제는 온화한 알칼리 공정 조건에서 식물 재료의 펙틴성 물질을 제거합니다.

Tradycyjne alkaliczne oczyszczanie bawełny jest skuteczne, ale wymaga silnie zasadowych warunków i dużego ładunku chemicznego. Enzymatyczny bioscouring z udziałem pektat liazy działa inaczej: celuje w pektynowe elementy ściany pierwotnej i kutykuli, co ułatwia naruszenie struktury powierzchniowej oraz późniejsze usuwanie wosków i innych zanieczyszczeń. Badania nad alkaliczną pektate lyase produkowaną pozakomórkowo w *E. coli* BL21(DE3) wykazały zastosowanie tego typu enzymu w bioscouringu tkanin bawełnianych, wskazując na praktyczne zainteresowanie procesami łagodniejszymi niż klasyczna obróbka alkaliczna [4].

W bioscouringu szczególnie cenione są enzymy aktywne i stabilne w środowisku alkalicznym, ponieważ procesy tekstylne często prowadzi się w warunkach zasadowych. Prace nad pektate lyases pochodzącymi z alkalifilnych szczepów *Bacillus* koncentrują się właśnie na reaktywności i stabilności

zależnej od pH w środowiskach symulujących zastosowania przemysłowe. To podejście jest istotne, bo sam fakt aktywności enzymatycznej w roztworze modelowym nie gwarantuje jeszcze działania w złożonej kąpieli procesowej z tkaniną, elektrolitami i innymi dodatkami ^[5].

W literaturze pojawiają się również przykłady pectate lyases o profilu termo-alkalicznym, badanych pod kątem zrównoważonego bioscouringu tkanin. Enzym z *Caldicellulosiruptor bescii* opisano jako termo-alkaliczną pektat liazę, a praca łączyła analizę strukturalno-biochemiczną z zastosowaniem w oczyszczaniu materiałów włókienniczych. Dla przemysłu tekstylnego oznacza to, że rozwój enzymów nie dotyczy wyłącznie zwiększania aktywności, lecz także dopasowania biokatalizatora do rzeczywistych warunków procesu ^[6].

Odgumowywanie ramii i innych włókien roślinnych

Pectate Lyase jest istotna także w odgumowywaniu włókien roślinnych, zwłaszcza tam, gdzie pektyny i hemicelulozy wiążą włókna elementarne w większe pęczki. Ramia jest dobrym przykładem: jej włókna użytkowe są cenne, ale surowy materiał zawiera znaczący udział „gum” roślinnych, które trzeba usunąć, aby uzyskać włókno o pożądanej delikatności, rozdzieleniu i właściwościach przędnych ^[7].

W badaniach nad pectate lyase z *Paenibacillus tarimensis* oceniano charakterystykę, modyfikację i wstępne zastosowanie enzymu właśnie w odgumowywaniu ramii. Tego typu prace pokazują, że pektat liaza może działać jako selektywne narzędzie do naruszania pektynowych spoiw bez konieczności całkowitego polegania na agresywnej chemii alkalicznej. Jednocześnie wyniki takich badań należy interpretować przez pryzmat konkretnego surowca, bo skład gum roślinnych różni się między ramią, lnem, konopiami i innymi włóknami ^[7].

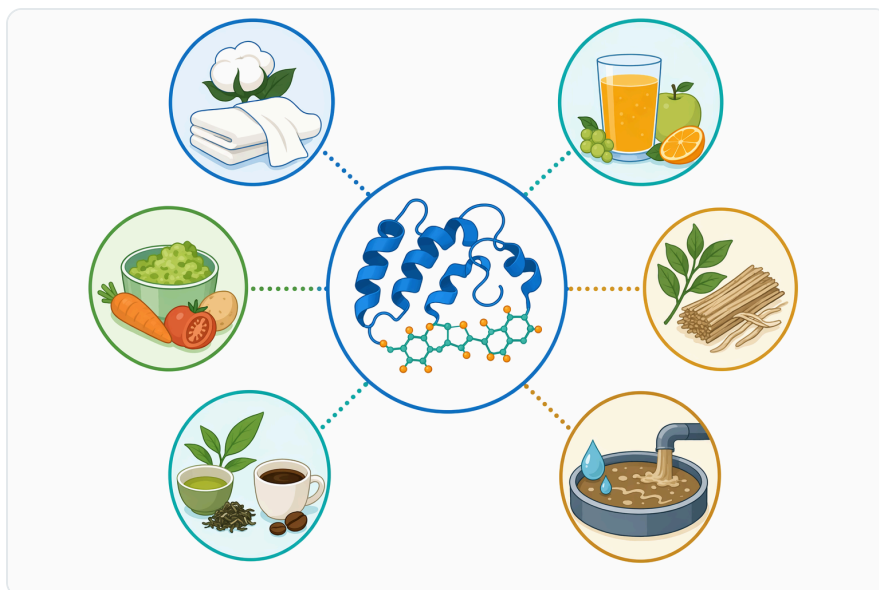


Figure 3. 펙테이트 라이아제는 섬유 바이오정련, 식품 가공, 식물 섬유 처리 및 펙틴이 풍부한 폐수 관리에 사용됩니다.

Istotnym kierunkiem rozwoju jest inżynieria strukturalna enzymów. W przypadku pectate lyase wykorzystywanej do odgumowywania ramii opisano podejście oparte na strukturze, ukierunkowane na poprawę aktywności specyficznej enzymu. Dla użytkownika przemysłowego najważniejszy wniosek nie polega na szczegółach konstrukcji białka, lecz na tym, że wydajność odgumowywania jest silnie powiązana z cechami molekularnymi enzymu: architekturą miejsca aktywnego, wiązaniem substratu i stabilnością w środowisku procesowym [8].

Klarowanie soków i modyfikacja lepkości w przetwórstwie owoców

W sokach, przecierach i zawiesinach owocowo-warzywnych pektyny zwiększają lepkość, utrudniają filtrację i stabilizują mętność. Dlatego enzymy pektolityczne od dawna są stosowane w przetwórstwie żywności, zwłaszcza tam, gdzie celem jest zwiększenie wydajności tłoczenia, poprawa klarowności lub ułatwienie separacji cząstek stałych. Pectate Lyase ma w tym obszarze szczególne znaczenie wtedy, gdy obecne są odestryfikowane odcinki pektyn lub gdy proces technologiczny sprzyja ich powstawaniu [1].

Najnowsze badania obejmują również enzymy aktywne w niższych temperaturach. Przykładem jest pectate lyase pochodząca z bakterii morskiej, opisana jako enzym aktywny w niskiej temperaturze i badany pod kątem klarowania soku pomarańczowego. Taki profil jest technologicznie interesujący, ponieważ przetwarzanie w łagodniejszych warunkach cieplnych może ograniczać niepożądane zmiany sensoryczne lub energetyczne obciążenie procesu, choć konkretna skuteczność zależy od składu soku i organizacji linii technologicznej [9].

W zastosowaniach sokowych ważne jest, aby nie traktować pectate lyase jako uniwersalnego zamiennika wszystkich preparatów pektynazowych. Jeśli pektyny w surowcu są wysoko zestryfikowane, większą rolę mogą odgrywać pectin lyases lub układy wieloenzymatyczne. Jeśli natomiast proces obejmuje odestryfikowanie pektyn lub surowiec naturalnie zawiera znaczący udział poligalakturonianów, Pectate Lyase może skutecznie obniżyć lepkość i poprawiać podatność zawiesiny na filtrację [3].

Biomasa roślinna, odpady agro-przemysłowe i procesy wieloenzymatyczne

Pectate Lyase jest również rozpatrywana w kontekście obróbki biomasy roślinnej i strumieni odpadowych bogatych w pektyny. Skórki owoców, odpady warzywne, pulpy i pozostałości po tłoczeniu mogą zawierać istotne ilości substancji pektynowych, które wpływają na lepkość, zatrzymywanie wody i dostępność innych polisacharydów. Rozkład tych frakcji może wspierać separację, fermentację, hydrolizę lub dalszą waloryzację surowca [1].



Figure 4. 기존의 알칼리 정련과 비교할 때, 펙테이트 라이아제를 이용한 바이오 정련은 섬유 품질을 보존하면서 화학 처리 강도를 낮출 수 있습니다.

W biomacie pectate lyase rzadko działa jako jedyny enzym wystarczający do pełnej dekonstrukcji materiału. Jej znaczenie polega raczej na usuwaniu jednej z barier strukturalnych, dzięki czemu celulazy, hemicelulazy lub inne enzymy mogą łatwiej docierać do swoich substratów. Strukturalne i biochemiczne badania enzymów termo-alkalicznych, takich jak pectate lyase z *Caldicellulosiruptor bescii*, wskazują, że odporność na trudniejsze warunki może być ważna w zintegrowanych procesach przetwarzania biomasy [6].

Odpady agro-przemysłowe mają jednak zmienny skład. Inaczej zachowuje się pulpa cytrusowa bogata w pektyny, inaczej odpady jabłkowe, a jeszcze inaczej mieszane strumienie warzywne z dużym udziałem skrobi, celulozy lub białek. Dlatego w tej grupie zastosowań Pectate Lyase należy rozumieć jako element narzędziowy: enzym ukierunkowany na pektyny, który może poprawić przebieg procesu, ale nie zastępuje pełnej charakterystyki surowca ani kontroli parametrów technologicznych [1].

Znaczenie źródła enzymu: bakterie, grzyby i enzymy alkaliczne

Pectate lyases występują u różnych mikroorganizmów, w tym bakterii i grzybów, a ich właściwości zależą od źródła biologicznego oraz rodziny strukturalnej. Enzymy bakteryjne, szczególnie z rodzajów takich jak *Bacillus*, *Paenibacillus* czy organizmy środowisk ekstremalnych, często są badane pod kątem zastosowań alkalicznych i tekstylnych. Enzymy grzybowe mogą wykazywać odmienne profile działania, co ma znaczenie w przetwórstwie owoców i procesach prowadzonych bliżej warunków kwaśnych lub obojętnych [1].

Przykładem enzymu grzybowego jest AnPL9 z *Aspergillus nidulans*, opisany w pracy poświęconej charakterystyce biochemicznej. Badania takich enzymów pomagają porównać różnice w zachowaniu pectate lyases należących do różnych rodzin i pochodzących z różnych organizmów. Z perspektywy przemysłowej pokazuje to, że nazwa „Pectate Lyase” obejmuje grupę enzymów o wspólnym typie reakcji, ale niekoniecznie identycznym profilem pH, temperatury, stabilności czy preferencji substratowych [3].

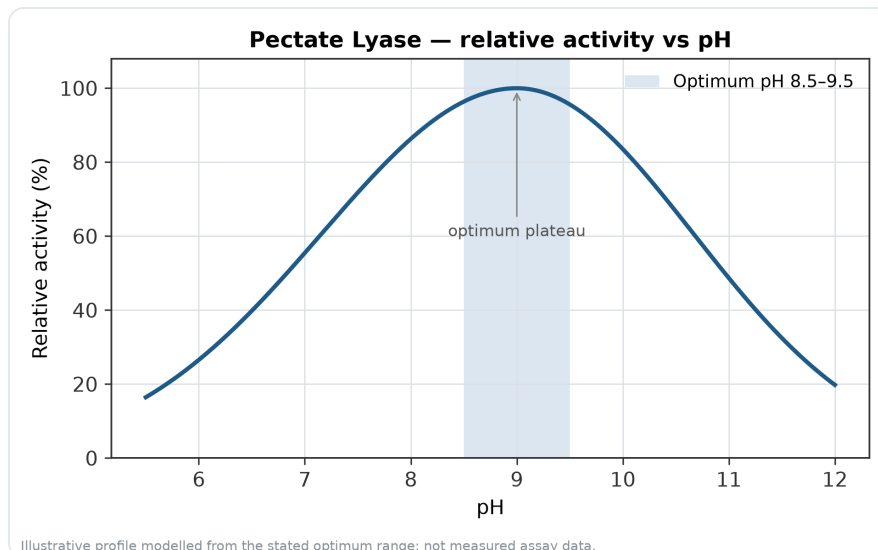


Figure 5. pH에 따른 펙테이트 라이아제의 상대 활성으로, pH 8.5~9.5에서 최적 활성 구간이 나타납니다.

Źródła ekstremalne są szczególnie interesujące, gdy proces wymaga odporności na podwyższoną temperaturę, alkaliczność lub inne czynniki stresowe. Pectate lyase wyizolowana z metagenomu himalajskiego gorącego źródła została opisana jako enzym silnie alkaliczny i badana w zastosowaniach bioscouringu. Takie prace podkreślają, że poszukiwanie enzymów w nietypowych środowiskach może dostarczać biokatalizatorów lepiej dopasowanych do warunków przemysłowych niż enzymy pochodzące z organizmów mezofilnych ^[10].

Stabilność, pH i temperatura: co naprawdę decyduje o skuteczności

W opisach pectate lyases często pojawiają się określenia „alkaliczna”, „alkali-stable”, „thermo-alkaline” lub „low-temperature-active”. Nie są to hasła marketingowe, lecz skróty opisujące zakres użyteczności enzymu w konkretnych warunkach. W tekstyliach szczególne znaczenie ma stabilność w środowisku zasadowym, natomiast w sokach i produktach wrażliwych na temperaturę atrakcyjne mogą być enzymy aktywne w łagodniejszych warunkach cieplnych ^[5].

Praca nad alkali-stable pectate lyase z *Bacillus subtilis* PB1 pokazuje, że stabilność w warunkach zasadowych jest osobnym parametrem technologicznym, nie tożsamym z samą zdolnością katalizy. Enzym może wykazywać aktywność w modelowym układzie, ale tracić ją podczas dłuższego kontaktu z kąpielą procesową, surfaktantami, solami lub zmiennym pH. Dlatego w zastosowaniach tekstylnych i odgumowywaniu włókien stabilność jest równie istotna jak szybkość rozkładu substratu ^[11].

Z kolei enzymy chłodnoaktywne są badane tam, gdzie ograniczenie temperatury procesu jest korzystne dla jakości produktu lub zużycia energii. Pectate lyase z bakterii morskiej testowana w klarowaniu soku pomarańczowego wpisuje się w ten trend, ponieważ niska temperatura aktywności może być cenna w przetwórstwie napojów. Nie oznacza to jednak, że taki enzym będzie automatycznie najlepszy do tekstyliów, gdzie wymagania pH i kompatybilność z kąpielą są inne ^[9].

Korzyści technologiczne bez nadmiernych uproszczeń

Najważniejszą korzyścią Pectate Lyase jest selektywne osłabienie lub usunięcie pektynowej frakcji materiału roślinnego. W bawełnie przekłada się to na lepszą zwilżalność i przygotowanie do dalszych etapów wodnych, takich jak barwienie. W ramii i podobnych włóknach może ułatwiać rozdział włókien. W sokach i przecierach może obniżać lepkość oraz poprawiać filtrację, jeśli struktura pektyn odpowiada preferencjom enzymu ^[4].

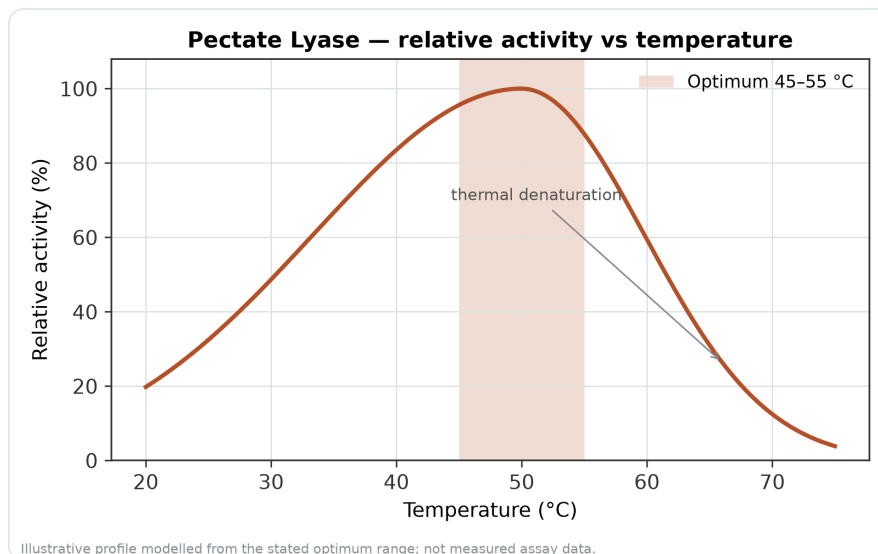


Figure 6. 온도에 따른 펙테이트 라이아제의 상대 활성으로, 45~55°C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도 이상에서는 열 변성으로 인한 전형적인 활성 감소가 나타납니다.

Drugą korzyścią jest możliwość łagodniejszego prowadzenia procesu w porównaniu z niektórymi wariantami obróbki chemicznej. Nie oznacza to, że enzym całkowicie eliminuje chemię procesową, lecz może zmniejszać zależność od agresywnych warunków, zwłaszcza tam, gdzie głównym celem jest usunięcie pektyn, a nie głęboka modyfikacja celulozy. Badania nad enzymami alkalicznymi i termoalkalicznymi pokazują, że ten kierunek jest szczególnie intensywnie rozwijany w kontekście bardziej zrównoważonego wykańczania tekstyliów [6].

Trzecią korzyścią jest kompatybilność z procesami wieloenzymatycznymi. Pectate Lyase może działać przed lub razem z innymi enzymami, zwiększając dostępność składników ściany komórkowej. W praktyce oznacza to, że enzym nie musi samodzielnie osiągać pełnego efektu technologicznego; jego rola może polegać na otwarciu struktury, obniżeniu lepkości albo usunięciu bariery utrudniającej działanie kolejnych biokatalizatorów [1].

Ograniczenia: kiedy Pectate Lyase może nie wystarczyć

Pectate Lyase nie jest uniwersalnym enzymem do wszystkich form pektyny. Jeżeli w surowcu dominują wysoko zestryfikowane pektyny, enzym może wymagać wsparcia innych pektolitycznych aktywności lub wcześniejszej modyfikacji substratu. To ograniczenie wynika bezpośrednio z mechanizmu działania i preferencji wobec odestryfikowanych fragmentów homogalakturonanu [3].

Drugie ograniczenie dotyczy dostępności substratu. W ścianie komórkowej pektyny są powiązane z celulozą, hemicelulozami, białkami ściennymi, jonami wapnia i innymi składnikami matrycy. Nawet jeśli dany materiał zawiera pektyny, enzym musi mieć do nich fizyczny dostęp. Rozdrobnienie, wcześniejsza

obróbka, stopień uwodnienia i skład kąpieli mogą więc decydować o efekcie bardziej niż sama obecność enzymu [2].

Trzecie ograniczenie to różnica między wynikami laboratoryjnymi a procesem przemysłowym. Publikacje opisują konkretne enzymy, konkretne substraty i określone warunki. Nie należy automatycznie zakładać, że enzym aktywny w klarowaniu soku pomarańczowego będzie optymalny do bioscouringu bawełny, ani że enzym zaprojektowany do odgumowywania ramii będzie najlepszy do każdego odpadu owocowego. Dopasowanie zastosowania do profilu enzymu jest kluczowe [9].

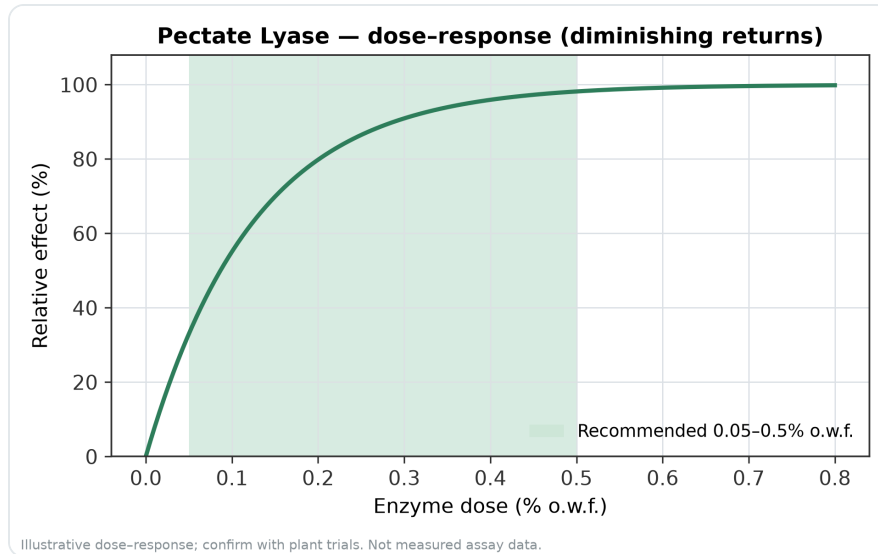


Figure 7. 권장 사용 범위(섬유 중량 대비 0.05~0.5%)에서 펙테이트 라이아제의 예시적 용량-반응 관계입니다.

Jak interpretować badania nad pectate lyases

Literatura dotycząca Pectate Lyase obejmuje trzy główne typy prac: charakterystyki biochemiczne, badania strukturalne oraz demonstracje aplikacyjne. Charakterystyki biochemiczne opisują, jak enzym zachowuje się wobec określonych substratów i w różnych warunkach. Badania strukturalne wyjaśniają, dlaczego enzym wiąże substrat w określony sposób i które elementy białka są istotne dla katalizy. Demonstracje aplikacyjne pokazują, jak enzym sprawdza się w modelu bardziej zbliżonym do rzeczywistego procesu [2].

Przykładowo praca nad pectate lyase z *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* BR1 analizowała właściwości biochemiczne i zachowanie termiczne enzymu w kontekście potencjału przemysłowego. Takie badania są ważne, bo łączą enzymologię z praktycznymi wymaganiami stabilności i przewidywalności działania, choć nadal dotyczą konkretnego enzymu i nie powinny być uogólniane na wszystkie pectate lyases [12].

Z kolei badania ekspresji i charakterystyki pectate lyase z *Phytophthora capsici* pokazują, że nawet w obrębie tej samej klasy enzymów sposób pozyskiwania i przygotowania białka może wpływać na jego ocenę. Dla zastosowań B2B najważniejszy wniosek jest prosty: nazwa enzymu mówi o mechanizmie i ogólnym typie substratu, ale o przydatności w danym procesie decyduje pełny profil funkcjonalny preparatu ^[13].

Dostępność przez Enzymes.bio i dokumentacja zamówienia

Enzymes.bio dostarcza Pectate Lyase jako produkt enzymatyczny dostępny do zakupu online w jednostkach 1 kg. Firma pełni rolę dostawcy, a nie producenta enzymu ani laboratorium prowadzącego badania aktywności. Dokumenty CoA oraz SDS są dostarczane wraz z zamówieniem, co pozwala użytkownikowi odnieść informacje produktowe do konkretnej partii zakupionego materiału .

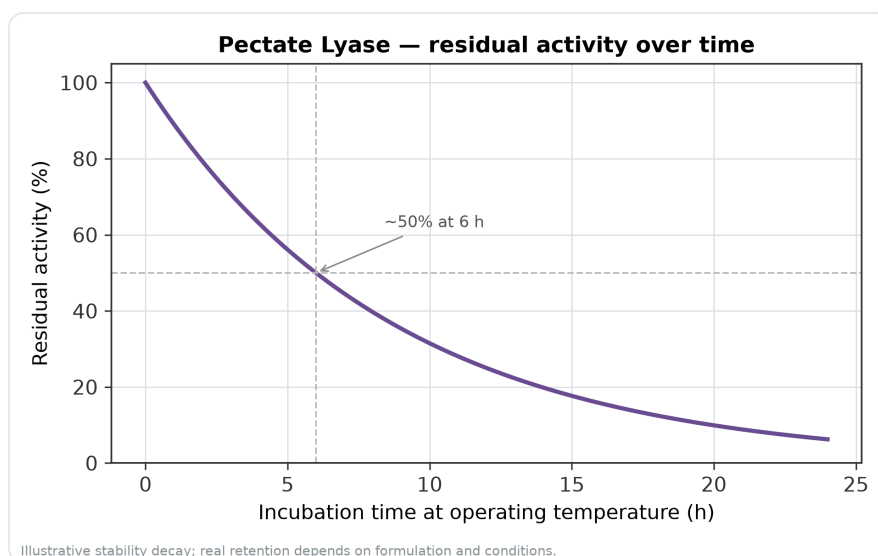


Figure 8. 작동 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소하는 펙테이트 라 이어제의 예시적 열 안정성 감쇠입니다.

Ten artykuł ma charakter techniczno-edukacyjny: wyjaśnia mechanizm działania Pectate Lyase, jej przemysłowe zastosowania i ograniczenia wynikające z biochemii pektyn. Nie zastępuje dokumentacji partii ani wewnętrznej walidacji procesu po stronie użytkownika. W zastosowaniach tekstylnych, spożywczych lub biomasowych najrozsądniej traktować Pectate Lyase jako precyzyjne narzędzie do modyfikacji odestryfikowanych pektyn, którego skuteczność zależy od matrycy i warunków procesu ^[1].

Najważniejsze wnioski dla zastosowań B2B

Pectate Lyase jest enzymem pektolitycznym o dobrze opisanym mechanizmie β -eliminacji. Jej podstawowa rola technologiczna polega na rozcinaniu odestryfikowanych fragmentów pektyn, co może ułatwiać usuwanie pektynowego spoiwa z włókien, obniżanie lepkości zawiesin roślinnych, klarowanie

wybranych soków i zwiększanie dostępności biomasy dla kolejnych etapów obróbki ^[1].

Najmocniej ugruntowanym kierunkiem zastosowań jest obróbka włókien: bioscouring bawełny oraz odgumowywanie ramii i podobnych surowców. Badania nad enzymami alkalicznymi, termoalkalicznymi i stabilnymi w warunkach zasadowych pokazują, że Pectate Lyase jest rozwijana z myślą o realnych wymaganiach przemysłu tekstylnego, a nie wyłącznie o modelowych reakcjach laboratoryjnych ^[10].

W przetwórstwie owoców, napojów i odpadów roślinnych Pectate Lyase może wspierać klarowanie, obniżenie lepkości i rozluźnienie struktury surowca, ale jej przydatność zależy od stopnia estryfikacji pektyn i dostępności substratu. Dlatego enzym najlepiej rozumieć nie jako uniwersalną „pektynazę do wszystkiego”, lecz jako wyspecjalizowaną pektat liazę ukierunkowaną na konkretne, odestryfikowane elementy matrycy roślinnej ^[9].

Zamów Pectate Lyase 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 Pectate Lyase →](#)

Bibliografia

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

1. Wu, P., Yang, S., Zhan, Z., & Zhang, G. (2020). Origins and features of pectate lyases and their applications in industry. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104, 7247 - 7260.
2. Zheng, Y., Huang, C., Liu, W., Ko, T., Xue, Y., Zhou, C., Guo, R., ... et al. (2012). Crystal structure and substrate-binding mode of a novel pectate lyase from alkaliphilic Bacillus sp. N16-5. *Biochemical and Biophysical Research Communications - BBRC*, 420 2, 269-74 .
3. Suzuki, H., Morishima, T., Handa, A., Tsukagoshi, H., Kato, M., & Shimizu, M. (2022). Biochemical Characterization of a Pectate Lyase AnPL9 from Aspergillus nidulans. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 194, 5627 - 5643.
4. Zhen, J., Tan, M., Xiao-Fu, Shu, W., Zhao, X., Yang, S., Xu, J., ... et al. (2020). High-level extracellular production of an alkaline pectate lyase in E. coli BL21 (DE3) and its application in bioscouring of cotton fabric. *3 Biotech*, 10.
5. Agash, S. G. S., & Rajasekaran, R. (2024). Selection of alkaliphilic Bacillus pectate lyases based on reactivity and pH-dependent stability in simulated environment for industrial applications. *Carbohydrate Research*, 549, 109372 .

6. Chen, J., Zhang, Y., Zhao, M., Zan, X., Pan, X., Zhang, C., Chen, Z., ... et al. (2025). Unraveling Structural and Biochemical Insights into a Novel Thermo-Alkaline Pectate Lyase from Caldicellulosiruptor bescii for Sustainable Fabric Bioscouring. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.
7. Chen, Y., Huo, Y., Tang, S., Lin, Y., Zhang, X., & Zheng, S. (2025). Characterization, Modification, and Preliminary Application of a Novel Pectate Lyase from Paenibacillus tarimensis in Ramie Degumming. *Biotechnology Journal*, 20.
8. Zhou, Z., Liu, Y., Chang, Z., Wang, H., Leier, A., Marquez-Lago, T., Ma, Y., ... et al. (2017). Structure-based engineering of a pectate lyase with improved specific activity for ramie degumming. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 101, 2919-2929.
9. Bai, Y., Wang, J., Yan, Y., Zhan, Y., Zhou, Z., & Lin, M. (2025). A Low-Temperature-Active Pectate Lyase from a Marine Bacterium for Orange Juice Clarification. *Microorganisms*, 13.
10. Sharma, N., Sahoo, D., Rai, A., & Singh, S. P. (2022). A highly alkaline pectate lyase from the Himalayan hot spring metagenome and its bioscouring applications. *Process Biochemistry*.
11. Zhou, M., Wu, J., Wang, T., Gao, L., Yin, H., & Lü, X. (2017). The purification and characterization of a novel alkali-stable pectate lyase produced by Bacillus subtilis PB1. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 33.
12. Maisuria, V., & Nerurkar, A. (2012). Biochemical properties and thermal behavior of pectate lyase produced by Pectobacterium carotovorum subsp. carotovorum BR1 with industrial potentials. *Biochemical Engineering Journal*, 63, 22-30.
13. Wang, H., Fu, L., & Zhang, X. (2011). Comparison of expression, purification and characterization of a new pectate lyase from Phytophthora capsici using two different methods. *BMC Biotechnology*, 11, 32 - 32.

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.