

# Industrial Grade Neutral Pectinase E3100 w przemyśle papierniczym: neutralna pektynaza do obróbki mas włóknistych

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

**Industrial Grade Neutral Pectinase E3100 – Paper Industry Enzyme** to neutralna pektynaza przeznaczona do wspierania obróbki surowców roślinnych i mas włóknistych, w których frakcje pektynowe utrudniają rozwłóknianie, kondycjonowanie włókien lub dalszą obróbkę chemiczną. Enzym działa selektywnie na pektyny — składniki ścian komórkowych i blaszek środkowych roślin — dlatego może być użyteczny zwłaszcza przy surowcach agro, włóknach nieдрzewnych i mieszanych strumieniach lignocelulozowych. Produkt jest oferowany przez Enzymes.bio jako dostawcę w sprzedaży online w jednostkach 1 kg, z dokumentami CoA i SDS dostarczonymi wraz z zamówieniem .

## Czym jest neutralna pektynaza E3100 i dlaczego ma znaczenie w papiernictwie

Pektynazy to enzymy rozkładające pektyny, czyli złożone polisacharydy naturalnie obecne w tkankach roślinnych. W ścianach komórkowych pektyny współtworzą uwodnioną, żelową matrycę, która stabilizuje strukturę komórkową i wpływa na spójność materiału roślinnego. Z punktu widzenia papiernictwa ta sama właściwość może być problemem: frakcje pektynowe mogą utrudniać dostęp chemikaliów procesowych do włókien, zwiększać ilość rozpuszczonych i koloidalnych substancji organicznych oraz wpływać na reologię zawiesiny włóknistej.

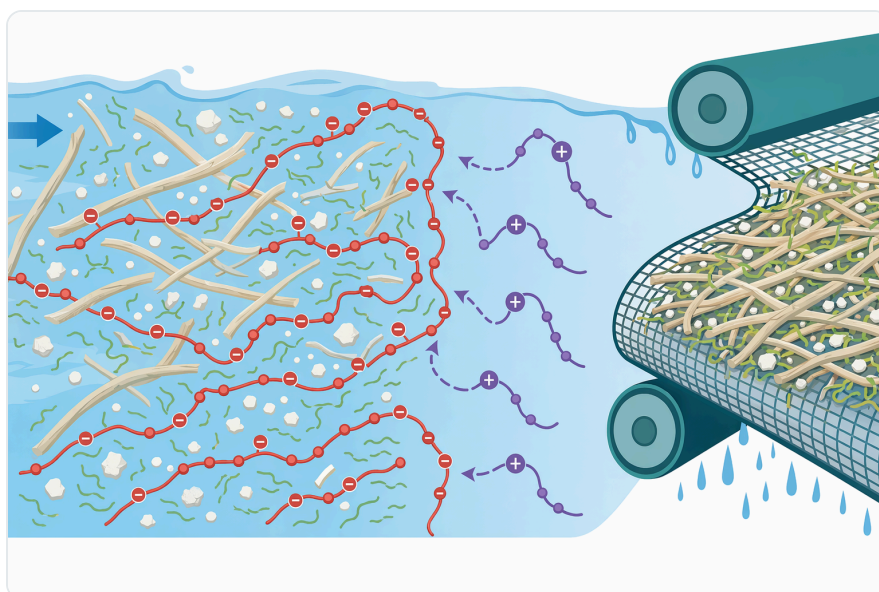
Określenie **neutralna pektynaza** oznacza enzym zaprojektowany do pracy w warunkach zbliżonych do obojętnego odczynu, a nie w silnie kwaśnym środowisku typowym dla wielu zastosowań owocowo-spożywczych. W papiernictwie jest to praktyczne, ponieważ przygotowanie masy, obróbka surowców roślinnych, etapy kondycjonowania i część operacji pomocniczych często nie przebiegają w warunkach skrajnie kwaśnych. Literatura dotycząca pektynaz pokazuje, że enzymy te mogą pochodzić z różnych mikroorganizmów i są rozwijane z myślą o zastosowaniach przemysłowych, w tym przy przetwarzaniu materiałów roślinnych <sup>[1]</sup>.

Industrial Grade Neutral Pectinase E3100 należy rozumieć jako **enzym pomocniczy do procesu**, a nie jako samodzielny zamiennik całej chemii papierniczej. Jego rola polega na ukierunkowanej degradacji frakcji pektynowych, co może poprawiać podatność materiału na dalsze operacje: rozwłóknianie, płukanie, bielenie, rafinację, przygotowanie mas nieдрzewnych lub enzymatyczne biopulping. Najsilniej uzasadnione zastosowania dotyczą takich surowców, w których pektyny są realnym składnikiem matrycy roślinnej, a nie jedynie śladowym zanieczyszczeniem.

## Mechanizm działania: co pektynaza zmienia w matrycy włóknistej

Pektyny można traktować jako część naturalnego „spoiwa” pomiędzy komórkami roślinnymi. W blaszce środkowej oraz pierwotnych ścianach komórkowych łączą się z innymi polisacharydami, jonami i składnikami lignocelulozowymi, tworząc strukturę utrudniającą mechaniczne rozdzielanie włókien. Pektynaza katalizuje cięcie wiązań w cząsteczkach pektynowych lub modyfikuje ich strukturę tak, aby stały się krótsze, mniej żelujące i łatwiejsze do usunięcia albo rozproszenia w układzie wodnym.

W praktyce papierniczej skutkiem nie jest „rozpuszczenie włókna”, lecz osłabienie wybranych połączeń w materiale roślinnym. Jeżeli surowiec zawiera znaczącą ilość pektyn, ich częściowa degradacja może ułatwiać odsłonięcie powierzchni włókien, zmniejszając lepkość frakcji koloidalnych i poprawiając jednorodność zawiesiny. Badania nad produkcją pektynaz przez różne mikroorganizmy, m.in. grzyby i bakterie, potwierdzają, że aktywność pektinolityczna jest dobrze rozpoznaną funkcją enzymatyczną, choć parametry działania zależą od konkretnego enzymu i jego pochodzenia [2].



**Figure 1.** 용해된 펙틴성 고분자는 양이온성 웨트엔드 첨가제가 섬유, 미세분, 충전제와 상호작용하기 전에 이를 소모할 수 있습니다.

Warto odróżnić pektynazę od enzymów celulolitycznych. Celulazy ingerują w celulozę, czyli główny składnik włókna papierniczego, dlatego ich zastosowanie wymaga szczególnej kontroli, aby nie pogorszyć długości lub wytrzymałości włókien. Pektynaza ma inny cel: frakcje pektynowe, czyli składniki poboczne wobec rdzenia celulozowego. To właśnie selektywność jest główną przewagą enzymatycznego podejścia — dobrze dobrany enzym działa na określoną część matrycy, zamiast nieselektywnie atakować wiele składników naraz.

## **Gdzie pektyny są najbardziej istotne: surowce agro, włókna niedrzewne i strumienie mieszane**

---

Znaczenie pektyn w procesie papierniczym zależy od rodzaju surowca. W klasycznych włóknach drzewnych udział frakcji pektynowych może być mniej dominujący niż w niektórych surowcach agro lub włóknach zielnych. Natomiast w materiałach takich jak resztki rolnicze, łodygi, włókna liściowe, odpady owocowo-warzywne, bagassa trzcinowa czy inne surowce niedrzewne udział składników niecelulozowych może być wyższy i bardziej zmienny. Przeglądy dotyczące pozostałości rolniczych w produkcji masy i papieru wskazują, że takie surowce są realnie analizowane jako alternatywa dla włókien drzewnych, ale wymagają dopasowanych strategii przygotowania i obróbki <sup>[3]</sup>.

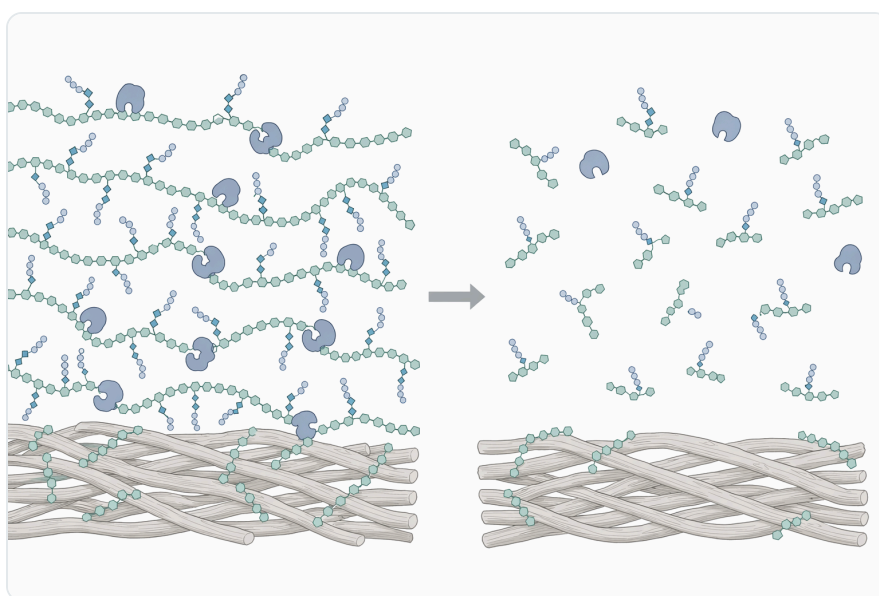
Dla papierni oznacza to, że neutralna pektynaza E3100 jest najbardziej logiczna tam, gdzie proces dotyczy materiałów roślinnych o bardziej złożonej kompozycji niż oczyszczona celuloza. Włókna niedrzewne często zawierają większą ilość hemiceluloz, pektyn, ekstraktów i drobnych frakcji organicznych, przez co zachowanie zawiesiny może być mniej przewidywalne. Opracowania dotyczące wykorzystania biomasy niedrzewnej w papiernictwie podkreślają potencjał takich surowców, ale również potrzebę odpowiedniego przetwarzania, aby uzyskać stabilne właściwości masy i produktu końcowego <sup>[4]</sup>.

Pektynaza nie rozwiązuje wszystkich problemów typowych dla surowców agro. Nie usuwa selektywnie ligniny tak jak procesy delignifikacji, nie zastępuje ksylanazy w modyfikacji hemiceluloz i nie kontroluje osadów żywicznych tak jak enzymy ukierunkowane na frakcje lipidowe. Jej wartość polega na pracy z konkretnym elementem matrycy roślinnej — pektynami — który w pewnych surowcach może być wystarczająco istotny, aby wpływać na przebieg całego procesu.

## Zastosowania neutralnej pektynazy E3100 w procesach papierniczych

### Wspomaganie biopulpingu i przygotowania mas z surowców roślinnych

Jednym z najważniejszych kierunków zastosowania pektynazy w papiernictwie jest enzymatyczne przygotowanie masy przed intensywniejszą obróbką mechaniczną lub chemiczną. W takim scenariuszu enzym nie ma „wyprodukować papieru”, lecz przygotować surowiec: rozluźnić matrycę, poprawić dostępność powierzchni włókien i zmniejszyć opór materiału wobec dalszych etapów. Badanie dotyczące papieru z bagassy trzcinowej opisywało strategię biopulpingu z użyciem surowych enzymów ksylanazy i pektynazy, wskazując na możliwość uzyskania bardziej przyjaznego środowiskowo papieru o lepszej jakości w takim układzie enzymatycznym [5].



**Figure 2.** 중성 펙티나아제는 전하를 띠는 긴 펙틴성 고분자를 더 짧은 조각으로 절단해 양이온 요구도에 미치는 영향을 낮춤으로써 펙틴 관련 간섭을 줄입니다.

W tym zastosowaniu kluczowe jest realistyczne rozumienie roli E3100. Sama pektynaza nie jest odpowiednikiem pełnego koktajlu enzymatycznego, jeśli proces wymaga jednoczesnej modyfikacji hemiceluloz, skrobi, białek lub frakcji tłuszczowych. Może jednak być istotnym składnikiem programu enzymatycznego, gdy ograniczeniem jest obecność pektyn i ich wpływ na spójność surowca. W praktyce papierniczej szczególnie interesujące są strumienie, które zachowują się „lepko”, trudno się płuczą, wykazują dużą zmienność lub wymagają intensywnej obróbki chemicznej, aby osiągnąć akceptowalną podatność na rozwłóknianie.

## Kondycjonowanie włókien i poprawa jednorodności zawiesiny

Drugim obszarem jest kondycjonowanie włókien przed dalszym formowaniem lub modyfikacją. Pektyny i ich pochodne mogą wpływać na lepkość fazy wodnej, interakcje drobnych cząstek oraz rozkład frakcji koloidalnych. Enzymatyczne skrócenie łańcuchów pektynowych może ograniczyć efekt żelowania i ułatwić bardziej równomierne rozproszenie materiału włóknistego.

Ten mechanizm jest szczególnie istotny przy surowcach roślinnych o wysokiej zawartości frakcji drobnych. Jeżeli zawiesina zawiera fragmenty ścian komórkowych, resztki tkanek miękkich i koloidalne polisacharydy, masa może zachowywać się inaczej niż typowa masa drzewna. Neutralna pektynaza może pomóc w przekształceniu części tych składników w mniejsze fragmenty, które łatwiej przechodzą do fazy wodnej i są mniej skłonne do tworzenia uporczywej matrycy żelowej.

## Wsparcie przygotowania nanocelulozy i zaawansowanych materiałów włóknistych

Pektynaza pojawia się również w kontekście bardziej zaawansowanych materiałów celulozowych. Badanie nad przygotowaniem nanocelulozy analizowało wpływ proporcji pektynazy do celulazy oraz czasu wstępnej obróbki w procesie wspomaganym ultradźwiękami i obróbką cieplno-enzymatyczną <sup>[6]</sup>. Dla papiernictwa i materiałów włóknistych jest to ważny sygnał: pektynaza nie musi być ograniczona wyłącznie do klasycznego rozwłókniania, ale może uczestniczyć w przygotowaniu celulozy o bardziej kontrolowanej morfologii.



**Figure 3.** 산성 지향, 중성 및 알칼리성 펙티나아제 개념은 주로 공정 pH 적합성과 펙틴 분해 활성이 유용한 펄프 또는 바이오매스 환경에서 차이가 있습니다.

Nie oznacza to jednak, że E3100 automatycznie nadaje się do każdej technologii nanocelulozy. Takie procesy są silnie zależne od surowca, sekwencji obróbki, energii mechanicznej, temperatury, czasu kontaktu i współdziałania z innymi enzymami. Wniosek praktyczny jest węższy, ale użyteczny: pektynaza może być częścią strategii przygotowania włókien, gdy celem jest selektywne osłabienie niecelulozowych składników matrycy przed dalszym rozdrobnieniem lub modyfikacją.

## Neutralna pektynaza na tle innych enzymów papierniczych

Pektynaza jest tylko jednym z narzędzi enzymatycznych dostępnych dla branży papierniczej. Jej wartość najlepiej widać, gdy porówna się ją z innymi enzymami używanymi do pracy z surowcami lignocelulozowymi. Każdy z nich ma inny substrat i inne ryzyko technologiczne.

Enzym	Główny cel w masie włóknistej	Typowy sens użycia w papiernictwie	Czego nie należy oczekiwać
<b>Neutralna pektynaza E3100</b>	Pektyny i frakcje pektynowe matrycy roślinnej	Rozluźnienie surowców roślinnych, wsparcie biopulpingu, kondycjonowanie mas agro i nieдрzewnych	Samodzielnego usuwania ligniny lub zastąpienia pełnego programu bielenia
Ksylanaza	Ksylany i część hemiceluloz	Wsparcie bielenia, poprawa dostępności ligniny, obróbka hemiceluloz	Bezpośredniego działania na pektyny jako główny substrat
Celulaza	Celuloza, powierzchnia włókien	Modyfikacja powierzchni, poprawa pewnych właściwości włókien, obróbka włókien wtórnych	Braku wpływu na rdzeń włókna przy nadmiernym lub źle kontrolowanym użyciu
Lipaza/esteraza	Tłuszcze, oleje, żywice, niektóre estry	Kontrola osadów, ograniczanie problemów pitch i stickies	Rozluźnienia ścian komórkowych przez degradację pektyn
Lakaza/peroksydaza	Związki fenolowe i ligninopochodne	Modyfikacja ligniny, strategie biobielenia lub obróbki barwnych zanieczyszczeń	Selektywnej degradacji pektynowej matrycy polisacharydowej

Takie porównanie pokazuje, dlaczego pektynaza powinna być dobierana do problemu, a nie stosowana jako ogólny „enzym do papieru”. Jeżeli ograniczeniem procesu są hemicelulozy, głównym enzymem może być ksylanaza. Jeżeli problem dotyczy żywic i substancji hydrofobowych, lepiej uzasadnione są enzymy lipolityczne. Jeżeli natomiast trudność wynika z pektynowej spójności surowca roślinnego, neutralna pektynaza jest bardziej trafnym narzędziem.

## Siła dowodów: co wynika z literatury, a czego nie wolno nadinterpretować

Najmocniejszy poziom dowodów dotyczy samej funkcji pektynaz: rozkładu pektyn i ich zastosowania w przetwarzaniu materiałów roślinnych. Prace nad produkcją pektynaz przez mikroorganizmy, takie jak *Aspergillus awamori*, pokazują, że enzymy pektinolityczne są przedmiotem optymalizacji przemysłowej, choć konkretna aktywność i zachowanie zależą od szczepu, medium oraz warunków procesu [7]. Z perspektywy użytkownika papierniczego ważne jest nie źródło produkcyjne jako takie, lecz potwierdzony mechanizm: enzymatyczna degradacja frakcji pektynowych.

Dowody bezpośrednio papiernicze są węższe, ale bardziej praktyczne. Najbardziej relewantne są prace, w których pektynaza była używana razem z innymi enzymami do biopulpingu lub poprawy jakości papieru z surowców roślinnych. W badaniu dotyczącym bagassy trzcinowej zastosowano strategię opartą na ksylanazie i pektynazie, co dobrze odpowiada rzeczywistości surowców agro: zwykle nie występuje tam jeden dominujący problem chemiczny, lecz układ hemiceluloz, pektyn, ligniny i ekstraktów [5].

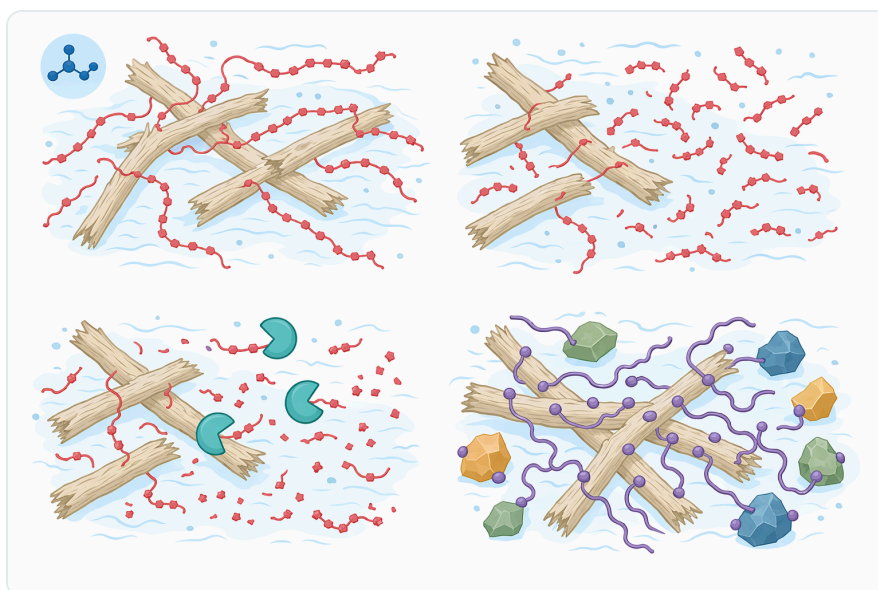


Figure 4. 발표된 과산화물 표백 열기계 펄프 연구에서는 펙티나아제 처리가 양이온 요구도를 낮추고 양이온성 고분자의 성능을 향상시키는 것과 관련이 있음을 보여줍니다.

Umiarkowany poziom dowodów dotyczy zastosowań pokrewnych, takich jak przygotowanie nanocelulozy. Badania nad relacją pektynazy i celulazy wskazują, że zmiana udziału enzymów oraz czasu obróbki wpływa na efekt końcowy, co potwierdza technologiczne znaczenie selektywnego, enzymatycznego przygotowania włókien [6]. Nie jest to jednak automatyczny dowód skuteczności dla każdej linii papierniczej ani dla każdego rodzaju masy.

Wniosek dla E3100 powinien być precyzyjny: neutralna pektynaza ma solidne uzasadnienie biochemiczne i sens technologiczny w surowcach zawierających pektyny, a literatura papiernicza wspiera jej użycie zwłaszcza jako części strategii enzymatycznej. Nie należy jednak przypisywać jej efektów, które w badaniach uzyskano dzięki mieszaninie kilku enzymów lub dzięki całemu układowi procesu.

## **Integracja z procesem papierniczym bez nadmiernego komplikowania technologii**

---

Wdrożenie pektynazy do procesu nie powinno polegać na przypadkowym dodaniu enzymu do dowolnego punktu linii. Enzym potrzebuje kontaktu z substratem, odpowiedniego wymieszania i warunków, w których zachowa aktywność przez czas wystarczający do przekształcenia frakcji pektynowych. Zbyt krótki kontakt, niewystarczające rozproszenie w masie lub obecność warunków dezaktywujących enzym może ograniczyć efekt nawet wtedy, gdy sam surowiec zawiera pektyny.

Najbardziej logiczne miejsca użycia to etapy, w których masa włóknista jest jeszcze podatna na modyfikację, a frakcje pektynowe są dostępne dla enzymu. Może to obejmować wstępne kondycjonowanie surowca roślinnego, przygotowanie mas agro, wybrane operacje przed obróbką chemiczną lub etap, w którym zakład chce poprawić jednorodność zawiesiny przed dalszą obróbką. W nowoczesnym papiernictwie coraz częściej stosuje się modelowanie danych procesowych i podejścia chemometryczne do lepszego rozumienia zmienności surowca i parametrów produkcji, co sprzyja racjonalnej ocenie takich dodatków enzymatycznych <sup>[8]</sup>.

Ważne jest również rozróżnienie między efektem lokalnym a efektem systemowym. Enzym może skutecznie rozłożyć pektyny, ale korzyść biznesowa pojawi się dopiero wtedy, gdy ten efekt przełoży się na mierzalną zmianę procesu: łatwiejszą obróbkę, stabilniejszą pracę układu wodnego, mniejsze obciążenie chemiczne, poprawę wybranych właściwości papieru lub bardziej przewidywalne zachowanie surowca. Dlatego E3100 należy traktować jako element kontroli procesu, a nie jako jednorazowy „dodatek naprawczy”.



**Figure 5.** E3100은 펙틴이 관련된 경우 펄프 처리, DCS 감소, 보류제 효율 지원, 미세분 및 충전제 보류, 탈수 지원, 박피 또는 칩 처리, 정련 보조 용도로 포지셔닝되어 있습니다.

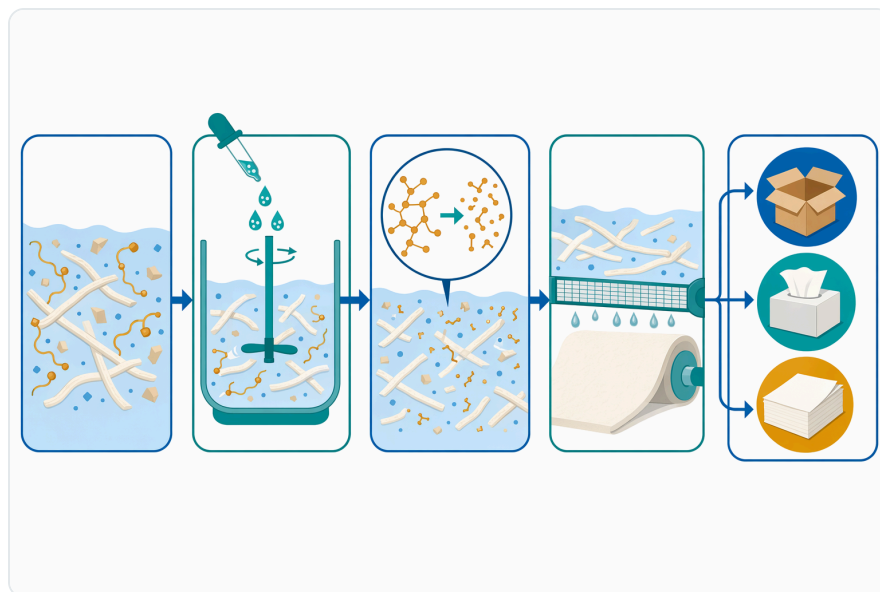
## Potencjalne korzyści procesowe i środowiskowe

Najbardziej bezpośrednią korzyścią neutralnej pektynazy jest **selektywność**. W przeciwieństwie do wielu reagentów chemicznych enzym działa na określoną klasę wiązań i substratów. W przypadku E3100 celem są frakcje pektynowe, co pozwala ingerować w matrycę roślinną bez zakładania intensywnego ataku na celulozowy szkielet włókna. Ta selektywność jest szczególnie istotna tam, gdzie zakład chce poprawić podatność surowca na obróbkę, ale nie chce nadmiernie osłabiać włókien.

Drugą potencjalną korzyścią jest możliwość łagodniejszego prowadzenia części operacji. Jeżeli enzymatyczne przygotowanie masy poprawia dostępność włókien lub ogranicza opór matrycy roślinnej, dalsza obróbka może wymagać mniej agresywnego podejścia chemicznego albo być łatwiejsza do stabilizacji. Przeglądy dotyczące zrównoważonych dodatków i strategii produkcji w papiernictwie wskazują, że branża aktywnie poszukuje rozwiązań ograniczających obciążenia środowiskowe i wspierających bardziej odpowiedzialne wykorzystanie surowców <sup>[9]</sup>.

Trzecim obszarem jest układ wodno-ściekowy. Papiernictwo generuje złożone strumienie ścieków zawierające zawiesiny, rozpuszczone substancje organiczne, związki barwne i pozostałości procesowe; przegląd dotyczący oczyszczania ścieków w tej branży podkreśla złożoność takich strumieni i potrzebę skutecznych technologii ograniczania obciążenia środowiskowego <sup>[10]</sup>. Pektynaza nie jest środkiem do oczyszczania ścieków, ale może pośrednio wpływać na charakter frakcji organicznych uwalnianych z surowca, dlatego jej użycie powinno być rozpatrywane w kontekście całego obiegu wody.

Czwarta korzyść dotyczy szerszego wykorzystania surowców alternatywnych. Resztki rolnicze i włókna nieдрzewne mogą zmniejszać presję na tradycyjne zasoby włókniste, ale ich przetwarzanie bywa trudniejsze ze względu na zmienność składu. Enzymatyczna obróbka frakcji pektynowych może być jednym z narzędzi zwiększających przewidywalność takich materiałów, zwłaszcza gdy surowiec nie jest jednorodny sezonowo lub zawiera znaczący udział tkanek miękkich.



**Figure 6.** 효과적인 사용을 위해서는 효소가 지원하려는 웨트엔드 화학 공정 전에, 펙틴을 포함한 수상과 충분한 체류 시간 동안 접촉할 수 있는 지점에 효소를 투입해야 합니다.

## Ograniczenia technologiczne i odpowiedzialne oczekiwania

Neutralna pektynaza E3100 nie powinna być traktowana jako uniwersalne rozwiązanie problemów z masą papierniczą. Jeżeli głównym ograniczeniem procesu jest lignina, skala zanieczyszczeń mineralnych, zbyt krótka długość włókien, nadmiar klejów z makulatury lub niekontrolowana chemia mokrej części maszyny, pektynaza może mieć ograniczony wpływ. Enzym działa tam, gdzie ma dostęp do właściwego substratu — pektyn — i gdzie rozkład tego substratu faktycznie zmienia zachowanie masy.

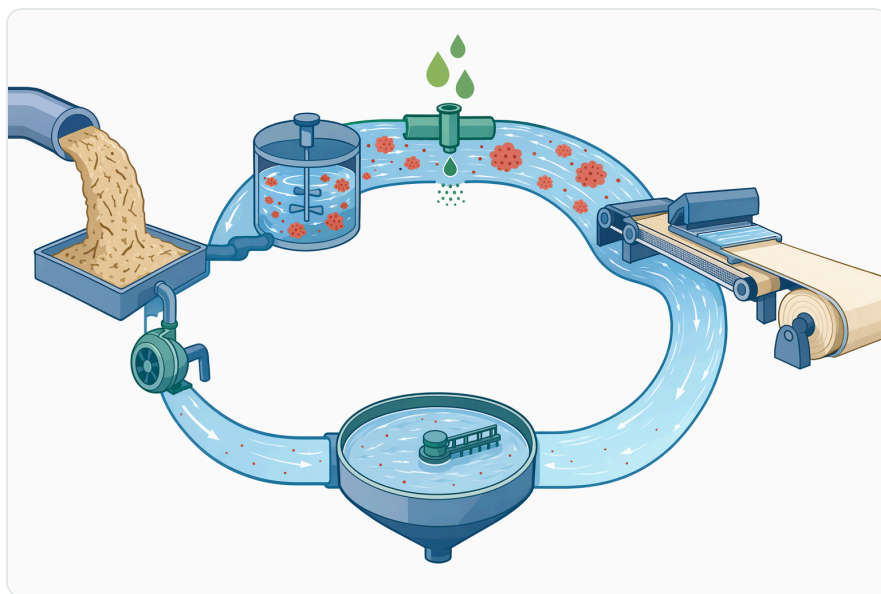
Drugim ograniczeniem jest zależność od warunków procesu. Enzymy są białkami, więc ich aktywność zależy od środowiska wodnego, temperatury, odczynu, obecności inhibitorów, czasu kontaktu i stopnia wymieszania. W literaturze dotyczącej pektynaz z różnych źródeł, w tym enzymów alkalicznych i odporniejszych temperaturowo, podkreśla się, że charakterystyka enzymu ma kluczowe znaczenie dla jego użyteczności przemysłowej <sup>[11]</sup>. Dla E3100 nie należy więc zakładać efektu bez powiązania z konkretnym surowcem i miejscem zastosowania w linii.

Trzecim ograniczeniem jest interpretacja wyników badań. Jeżeli publikacja opisuje koktajl enzymatyczny zawierający pektynazę i ksylanazę, nie wolno przypisać całej poprawy samej pektynazie. Ksylanaza może wpływać na hemicelulozy, pektynaza na pektyny, a zmiana właściwości papieru może wynikać z ich współdziałania oraz z warunków obróbki. W praktyce oznacza to, że neutralna pektynaza jest najbardziej przekonująca jako precyzyjny składnik strategii enzymatycznej, a nie jako izolowany środek o gwarantowanym efekcie w każdym układzie.

## Pozycjonowanie produktu E3100 w ofercie Enzymes.bio

Industrial Grade Neutral Pectinase E3100 – Paper Industry Enzyme jest oferowany jako przemysłowa neutralna pektynaza dla zastosowań papierniczych. Enzym jest przeznaczony do procesów, w których istotne jest oddziaływanie na pektyny obecne w surowcach roślinnych i masach włóknistych. Enzymes.bio występuje w tym kontekście jako dostawca produktu dostępnego online, a nie jako producent ani laboratorium badawcze .

Produkt jest sprzedawany w jednostkach 1 kg. CoA i SDS są dostarczane wraz z zamówieniem, co jest istotne dla użytkowników przemysłowych potrzebujących dokumentacji jakościowej i bezpieczeństwa do własnego obiegu wewnętrznego . W opisie technicznym nie należy mylić tej informacji z deklaracją określonych parametrów aplikacyjnych: rzeczywista skuteczność enzymu zależy od surowca, warunków procesu i celu technologicznego.



**Figure 7.** 펙틴 유래 DCS가 주요 간섭 요인일 때, 효소적 탈중합은 양이온 요구도 감소, 더 깨끗한 순환수, 그리고 더 예측 가능한 보류 및 탈수 반응을 지원할 수 있습니다.

Z perspektywy papierni najważniejsze pytanie nie brzmi „czy pektynaza jest enzymem papierniczym?“, lecz „czy w danym surowcu frakcje pektynowe są na tyle istotne, że ich rozkład poprawi proces?“. Jeżeli odpowiedź jest pozytywna, E3100 może być rozważany jako narzędzie do bardziej selektywnej obróbki mas roślinnych. Jeżeli problem leży gdzie indziej, bardziej odpowiednie mogą być inne enzymy lub zmiany w chemii mokrej części, rafinacji, płukaniu albo gospodarce wodnej.

## Podsumowanie techniczne

---

Industrial Grade Neutral Pectinase E3100 to neutralna pektynaza do zastosowań w przemyśle papierniczym, szczególnie tam, gdzie przetwarzane są surowce agro, włókna nieдрzewne lub masy zawierające znaczące frakcje pektynowe. Jej mechanizm opiera się na enzymatycznym rozkładzie pektyn, co może rozluźniać matrycę roślinną, poprawiać dostępność włókien i wspierać dalsze etapy przygotowania masy.

Najlepiej udokumentowane zastosowania pektynazy w papiernictwie dotyczą jej udziału w szerszych strategiach enzymatycznych, takich jak biopulping z użyciem pektynazy i ksylanazy w pracy z bagasą trzcinową <sup>[5]</sup>. Dodatkowe znaczenie mają badania nad przygotowaniem nanocelulozy, w których proporcje pektynazy i celulazy oraz czas obróbki wpływały na efekt końcowy <sup>[6]</sup>. Te dane wspierają użycie pektynazy jako narzędzia selektywnego, ale nie uzasadniają traktowania jej jako uniwersalnego zamiennika chemii papierniczej.

W praktyce E3100 jest najbardziej wartościowa jako element racjonalnie zaprojektowanego procesu: tam, gdzie pektyny są rzeczywistym ograniczeniem, a enzym ma zapewniony kontakt z masą w warunkach sprzyjających aktywności. Tak rozumiana neutralna pektynaza wpisuje się w kierunek bardziej selektywnej, łagodniejszej i lepiej kontrolowanej obróbki surowców włóknistych w nowoczesnym papiernictwie.

### Zamów Industrial Grade Neutral Pectinase E3100 – Paper Industry 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 Industrial Grade Neutral Pectinase E3100 – Paper Industry Enzyme →](#)

## Bibliografia

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

1. Singh, B., Soni, S., Mathur, P., & Garg, N. (2024). Microbial Multienzyme Viz., Pectinase, Cellulase and Amylase Production Using Fruit and Vegetable Waste as Substrate—A Review. *Applied microbiology*.
2. Ahmed, N. E., & Rahman, H. (2021). OPTIMIZING THE PRODUCTION OF PECTINASE OF ORANGE PEEL WASTE BY PENICILLIUM CHRYSOGENUM MF318506 USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY IN SUBMERGED FERMENTATION. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*.
3. Worku, L. A., Bachheti, A., Bachheti, R. K., Reis, C. E. R., & Chandel, A. (2023). Agricultural Residues as Raw Materials for Pulp and Paper Production: Overview and Applications on Membrane Fabrication. *Membranes*, 13.
4. Haile, A., Gebino, G., Tesfaye, T., Mengie, W., Ayele, M., Abuhay, A., & Yilie, D. (2021). Utilization of non-wood biomass for pulp manufacturing in paper industry: case of Ethiopia. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13, 7441 - 7459.
5. Sharma, D., Agrawal, S., Nagpal, R., Mishra, O., Bhardwaj, N., & Mahajan, R. (2023). Production of eco-friendly and better-quality sugarcane bagasse paper using crude xylanase and pectinase biopulping strategy. *3 Biotech*, 13, 1-9.
6. Wu, X., Yuan, X., Zhao, J., Ji, D., Guo, H., Yao, W., Li, X., ... et al. (2023). Study on the effects of different pectinase/cellulase ratios and pretreatment times on the preparation of nanocellulose by ultrasound-assisted bio-enzyme heat treatment. *RSC Advances*, 13, 5149 - 5157.
7. Dasari, P. (2020). Parametric optimizations for pectinase production by *Aspergillus awamori*.
8. Uddin, M. N., Rahman, M. M., Likhon, M., & Jahan, M. (2024). Unlocking potential: the role of chemometric modeling in pulp and paper manufacturing. *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, 40, 71 - 82.
9. Basu, S., Malik, S., Joshi, G., Gupta, P., & Rana, V. (2021). Utilization of bio-polymeric additives for a sustainable production strategy in pulp and paper manufacturing: A comprehensive review.
10. Hung, Y., Liauw, E., Paul, H. H., & Huhnke, C. R. (2024). Wastewater treatment in the pulp and paper industry: A review. *Global Journal of Engineering and Technology Advances*.
11. Yu, P., Zhang, Y., & Gu, D. (2017). Production optimization of a heat-tolerant alkaline pectinase from *Bacillus subtilis* ZGL14 and its purification and characterization. *Bioengineered*, 8, 613 - 623.

### 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

