

Lipaza alkaliczna w przetwarzaniu masy celulozowej i papieru: kontrola pitch i wsparcie deinkingu

Zespół badawczy Enzymes.bio · Wellington, Nowa Zelandia · June 20, 2026

Lipaza alkaliczna w papiernictwie jest enzymem stosowanym głównie do selektywnego rozkładu składników lipidowych, zwłaszcza triglicerydów, które mogą tworzyć osady typu pitch w masie celulozowej i układach wodnych maszyny papierniczej. Jej największa wartość techniczna pojawia się tam, gdzie problemy osadowe lub zanieczyszczenia makulaturowe mają realny komponent tłuszczowy, olejowy albo estrowy, a proces przebiega w środowisku neutralnym lub zasadowym. Nie jest to uniwersalny środek na wszystkie osady: lipaza działa przede wszystkim na wiązania estrowe lipidów, dlatego jej skuteczność wobec steroli, terpenów, klejów syntetycznych lub osadów mineralnych jest ograniczona ^[1].

Czym jest Alkaline Lipase Paper And Pulp Processing?

Alkaline Lipase Paper And Pulp Processing to preparat enzymatyczny przeznaczony do zastosowań w przetwarzaniu masy celulozowej, papieru oraz włókien wtórnych, w których istotnym źródłem problemów są frakcje lipidowe: tłuszcze, oleje, triglicerydy, woski, część składników żywic drzewnych oraz hydrofobowe składniki farb drukarskich. W literaturze papierniczej lipazy są opisywane przede wszystkim w kontekście enzymatycznej kontroli pitch, czyli naturalnych, lepkich osadów pochodzących z ekstraktów drzewnych, szczególnie w masach mechanicznych i termomechanicznych ^[2].

Określenie **alkaline** wskazuje na przydatność enzymu w środowisku neutralnym do zasadowego, typowym dla wielu współczesnych operacji przygotowania masy, recyklingu makulatury, odbarwiania oraz obiegów wody białej. W praktyce papierniczej przejście od kwaśnych do neutralnych i zasadowych systemów produkcji zwiększyło znaczenie kontroli substancji rozpuszczonych i koloidalnych, ponieważ zamknięte obiegi wodne sprzyjają ich kumulacji i wzajemnym oddziaływaniom ^[3].

Enzymes.bio występuje w tym kontekście jako **dostawca** produktu, a nie producent ani laboratorium badawcze. Produkt jest sprzedawany bezpośrednio online w jednostkach 1 kg, a dokumenty CoA i SDS są dostarczane wraz z zamówieniem.

Dlaczego frakcje lipidowe są problemem w papiernictwie?

W masie celulozowej i obiegach wodnych zakładu papierniczego obecne są zarówno substancje pochodzące z drewna, jak i zanieczyszczenia wniesione z makulaturą. Naturalne ekstrakty drewna obejmują m.in. triglicerydy, kwasy tłuszczowe, kwasy żywiczne, sterole, estry steroli i woski; w zależności od gatunku drewna, sposobu sezonowania, rodzaju pulpowania i chemii procesu mogą one pozostawać w masie, przechodzić do wody białej albo tworzyć osady na elementach instalacji [1].

Osady typu pitch są szczególnie kłopotliwe, ponieważ mają charakter hydrofobowy i lepki. Mogą przyczepiać się do sit, filców, walców, przewodów, zbiorników, pomp i powierzchni kontaktujących się z masą. W konsekwencji zakład może obserwować plamy na papierze, zrywanie wstęgi, większą zmienność jakości, częstsze postoje czyszczące oraz większe zużycie środków pomocniczych do dyspersji lub utrwalania zanieczyszczeń [2].

Podobny, choć nie identyczny, problem dotyczy włókien wtórnych. W recyklingu papieru do układu trafiają farby, kleje, powłoki, lateksy, środki hydrofobowe, woski i dodatki z poprzedniego cyklu życia papieru. W literaturze dotyczącej przetwarzania włókien wtórnych enzymy są analizowane jako narzędzia wspierające odbarwianie, poprawę odwadniania, modyfikację włókien i ograniczanie wybranych zanieczyszczeń organicznych [4].



Figure 1. 알칼리성 리파아제는 피치가 발생하기 쉬운 버진 펄프, 재생섬유 탈묵, 백수 오염물 관리, 그리고 특정 펄프 청정도 개선 공정에 가장 관련이 깊다.

Ważne jest rozróżnienie między **pitch** i **stickies**. Pitch to najczęściej naturalne ekstrakty drewna i produkty ich przemian, natomiast stickies są zwykle związane z makulaturą i obejmują zanieczyszczenia klejowe, polimerowe, lateksowe lub powłokowe. Lipaza może pomóc tylko wtedy, gdy dany problem

obejmuje wiązania estrowe podatne na hydrolizę; nie będzie pełnym rozwiązaniem dla złożonych, syntetycznych polimerów samoprzylepnych ani nieorganicznych depozytów [4].

Mechanizm działania lipazy alkalicznej w masie papierniczej

Lipaza katalizuje hydrolizę wiązań estrowych w lipidach. Najbardziej klasycznym substratem są triglicerydy, które enzymatycznie ulegają rozkładowi do glicerolu oraz kwasów tłuszczowych. W kontekście papiernictwa ma to znaczenie praktyczne, ponieważ triglicerydy należą do frakcji silnie hydrofobowych i mogą tworzyć lepkie osady, natomiast produkty ich hydrolizy zwykle łatwiej ulegają dyspersji, neutralizacji, usunięciu lub dalszej kontroli chemicznej [5].

W środowisku zasadowym część kwasów tłuszczowych występuje w formie zjonizowanej, co może zmieniać ich zachowanie koloidalne i skłonność do agregacji. Nie oznacza to jednak, że każdy produkt hydrolizy staje się automatycznie nieszkodliwy. W obecności jonów wapnia, wysokiej zawartości soli lub innych kationowych dodatków kwasy tłuszczowe mogą uczestniczyć w nowych interakcjach, dlatego lipaza powinna być traktowana jako element kontroli depozytów, a nie jako niezależne rozwiązanie całej chemii mokrego końca maszyny papierniczej [3].

Selektywność jest jednocześnie największą zaletą i głównym ograniczeniem lipazy. Enzym może skutecznie zmniejszać ilość triglicerydów, ale nie hydrolizuje związków, które nie zawierają odpowiednich wiązań estrowych lub są fizycznie niedostępne w danej matrycy. Przeglądy dotyczące kontroli pitch podkreślają, że lipazy są szczególnie użyteczne wobec pitch pochodzącego z triglicerydów, natomiast znacznie mniej przydatne, gdy problem jest zdominowany przez sterole, terpeny lub inne frakcje niesaponifikowalne [1].

W deinkingu, czyli odbarwianiu papieru zadrukowanego, mechanizm działania lipazy jest bardziej pośredni. Farby drukarskie i zabrudzenia powierzchniowe zawierają mieszaninę pigmentów, spoiw, olejów, żywic, dodatków i produktów starzenia. Jeżeli część tej mieszaniny ma charakter lipidowy lub estrowy, hydroliza może osłabiać oddziaływania hydrofobowe między zanieczyszczeniem a włóknem, ułatwiając późniejsze usunięcie cząstek farby podczas flotacji, mycia lub separacji [4].

Najważniejsze zastosowanie: enzymatyczna kontrola pitch

Najmocniej udokumentowanym obszarem zastosowania lipaz w przemyśle celulozowo-papierniczym jest **kontrola pitch** w masach, w których istotnym składnikiem osadów są triglicerydy. Już klasyczne prace nad enzymatyczną kontrolą pitch opisywały użycie lipazy do ograniczania problemów osadowych w procesie papierniczym, a późniejsze przeglądy wskazywały to zastosowanie jako jeden z najbardziej praktycznych przykładów biotechnologii w papiernictwie [5].

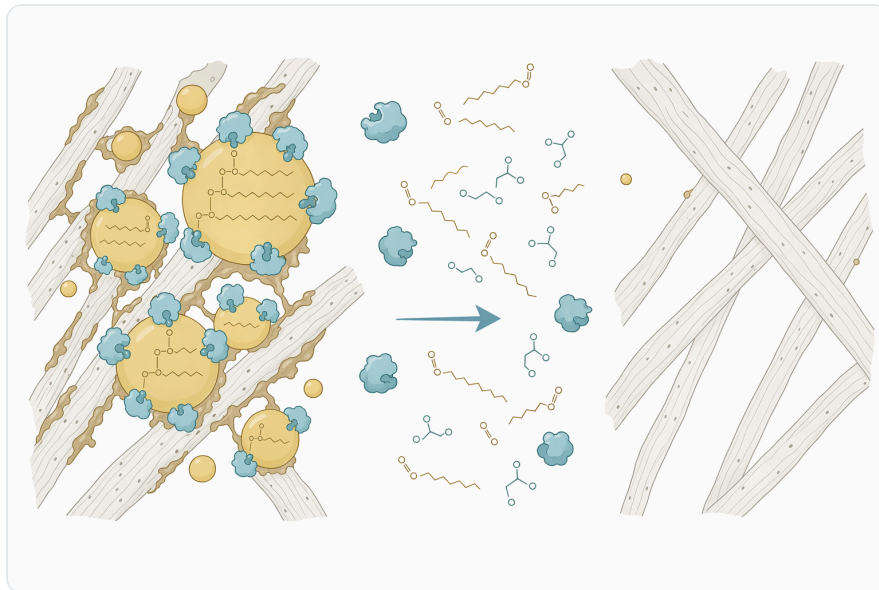


Figure 2. 리파아제는 트리글리세라이드와 지방산 에스터의 에스터 결합을 가수분해하여, 알칼리 조건에서 소수성 중성 지질을 더 작고 분산되기 쉬운 생성물로 전환한다.

W masach mechanicznych i termomechanicznych problem pitch bywa szczególnie widoczny, ponieważ znaczna część ekstraktów drzewnych pozostaje w układzie zamiast zostać usunięta w intensywnych etapach chemicznych. Blanco i współautorzy opisali kontrolę pitch w termomechanicznym przygotowaniu masy oraz papiernictwie jako obszar, w którym enzymatyczne podejścia mogą ograniczać powstawanie depozytów poprzez przekształcanie wybranych składników żywic [2].

Praktyczna logika jest następująca: jeśli analiza problemu wskazuje, że lepkie depozyty są w dużej mierze związane z triglicerydami, lipaza ma jasny cel reakcji. Enzym nie musi rozkładać celulozy, hemiceluloz ani ligniny; jego funkcją jest ukierunkowana modyfikacja tłuszczowej części układu. Dzięki temu może być stosowany obok innych strategii, takich jak dyspersanty, talk, środki utrwalające, kontrola pH, kontrola kationowości i zarządzanie wodą białą [3].

Warto jednak unikać uproszczenia, że „pitch = lipaza”. Pitch jest kategorią procesową, a nie jednorodną substancją chemiczną. W zależności od drewna i warunków produkcji może zawierać triglicerydy, kwasy tłuszczowe, żywice, sterole, woski i związki utlenione. Lipaza będzie najbardziej uzasadniona wtedy, gdy udział podatnych estrów lipidowych jest wystarczająco wysoki, aby hydroliza przełożyła się na realną zmianę zachowania osadów [1].

Wsparcie recyklingu włókien i odbarwiania papieru zadrukowanego

Drugim obszarem zainteresowania jest recykling papieru, zwłaszcza odbarwianie makulatury. Przetwarzanie włókien wtórnych wiąże się z narastającymi problemami zanieczyszczeń organicznych, spadku jakości włókna, obecności farb, klejów i substancji pomocniczych. Bajpai wskazuje, że enzymy mogą pomagać w rozwiązywaniu części problemów recyklingu, ale ich skuteczność zależy od rodzaju masy wtórnej, etapu procesu i właściwego dopasowania enzymu do zanieczyszczenia ^[4].

W klasycznym deinkingu znaczenie mają zarówno chemiczne oddziaływania na farbę, jak i mechaniczne oderwanie cząstek od włókna oraz ich późniejsze usunięcie. Enzymy nie zastępują automatycznie flotacji lub mycia, lecz mogą poprawiać warunki odrywania i separacji cząstek. W przypadku lipazy dotyczy to głównie układów, w których farby lub zabrudzenia zawierają frakcje olejowe, tłuszczowe, estrowe albo hydrofobowe dodatki podatne na enzymatyczną modyfikację ^[6].

Zastosowanie lipaz w deinkingu należy oceniać ostrożniej niż kontrolę pitch z triglicerydów. W recyklingu papieru skład zanieczyszczeń jest bardziej zmienny: inna będzie odpowiedź papierów gazetowych, inna papierów biurowych, opakowaniowych, powlekanych lub mieszanych strumieni makulatury. Z tego powodu literatura opisuje enzymy jako narzędzia wspierające proces, a nie jako pojedyncze rozwiązanie dla każdego rodzaju farby drukarskiej i każdego systemu odzysku włókien ^[4].

Lipaza alkaliczna może być szczególnie interesująca w procesach, które już pracują w warunkach sprzyjających odrywaniu hydrofobowych zabrudzeń, ale wymagają ograniczenia lepkiej frakcji tłuszczowej lub poprawy rozdziału zanieczyszczeń od włókien. Jeżeli natomiast dominują cząstki mineralne, sadza, polimery akrylowe, kleje termoplastyczne albo silnie usieciowane powłoki, sam enzym lipolityczny będzie miał ograniczony zakres działania ^[4].



Figure 3. 피치 관리는 리파아제가 분산된 지질 방울이 공장 설비 표면에 혼합 침전물로 뭉치기 전에 접촉할 때 가장 효과적이다.

Substancje rozpuszczone i koloidalne w wodzie białej

Zamknięcie obiegów wodnych w piernictwie zmniejsza zużycie świeżej wody, ale jednocześnie zwiększa stężenie substancji rozpuszczonych i koloidalnych. W literaturze anglojęzycznej często określa się je jako **DCS** — dissolved and colloidal substances. Obejmują one m.in. ekstrakty drzewne, drobne frakcje włókien, produkty degradacji chemicznej, dodatki procesowe oraz zanieczyszczenia z makulatury [3].

DCS mogą zakłócać retencję, odwadnianie, działanie dodatków kationowych, pianę, stabilność wody białej i czystość elementów maszyny. Lipaza nie jest enzymem „do całego DCS”, ale może oddziaływać na tę część układu, która zawiera estry lipidowe. W tym sensie enzym lipolityczny należy rozumieć jako narzędzie selektywnej redukcji konkretnej przyczyny problemu, a nie ogólny środek klarujący obieg wodny [3].

Nowsze badania nad immobilizowaną termofilną esterazą w surowej wodzie białej pokazują, że enzymatyczna hydroliza wiązań estrowych pozostaje aktualnym kierunkiem kontroli substancji rozpuszczonych i koloidalnych w piernictwie. Esterazy i lipazy nie są identyczne, ale obie należą do enzymów działających na wiązania estrowe, dlatego prace tego typu wzmacniają szersze uzasadnienie dla biokatalitycznej modyfikacji frakcji organicznych w obiegach pierniczych [7].

Porównanie zastosowań lipazy alkalicznej w papiernictwie

Obszar procesu	Typowy problem	Frakcja, na którą może działać lipaza	Siła uzasadnienia technicznego	Główne ograniczenie
Masa mechaniczna i termomechaniczna	Pitch, zabrudzenia elementów instalacji, plamy	Triglicerydy i część estrów lipidowych	Wysoka, gdy pitch ma wyraźny komponent triglicerydowy	Słabsze działanie wobec steroli, terpenów i frakcji niesaponifikowalnych
Przerób surowców żywicznych	Lepkie osady z ekstraktów drewna	Lipidy estrowe pochodzące z drewna	Wysoka do umiarkowanej, zależnie od składu ekstraktów	Zmienność między gatunkami drewna i warunkami sezonowania
Recykling papieru zadrukowanego	Trudne odbarwienie, hydrofobowe zabrudzenia	Oleje, tłuszcze, estry w farbach i spoiwach	Umiarkowana; silnie zależna od rodzaju makulatury	Farby i stickies często zawierają składniki niepodatne na lipazę
Woda biała i obiegi zamknięte	DCS, koloidy, destabilizacja chemii mokrego końca	Część związków estrowych i lipidowych	Umiarkowana jako element programu kontroli	DCS to mieszanina wielu substancji, nie tylko lipidów
Osady mineralne lub nieorganiczne	Kamień, wypełniacze, sole	Brak bezpośredniego celu reakcji	Niska	Lipaza nie rozpuszcza osadów mineralnych

Jak lipaza alkaliczna wpisuje się w szerszą rodzinę enzymów papierniczych?

Enzymy w papiernictwie obejmują wiele klas, a każda z nich ma inny cel. Cellulazy mogą modyfikować powierzchnię włókien, wspierać odwadnianie lub deinking, ale ich użycie wymaga kontroli, aby nie pogorszyć własności wytrzymałościowych papieru. Ksylanazy są szeroko opisywane w kontekście wspomaganie wybielania mas chemicznych, natomiast lakazy dotyczą przede wszystkim utleniania związków fenolowych i modyfikacji ligniny [8].

Na tym tle lipaza ma bardzo konkretną rolę: nie jest enzymem do „włókna” w sensie modyfikacji celulozy, lecz enzymem do **frakcji tłuszczowej**. To odróżnia ją od cellulaz i hemicelulaz, które oddziałują bezpośrednio lub pośrednio na polisacharydową strukturę ściany komórkowej włókien. Z

punktu widzenia zakładu papierniczego oznacza to, że lipaza powinna być dobierana do problemów depozytowych i lipidowych, a nie do poprawy wszystkich parametrów masy [6].

W praktyce różne enzymy mogą być rozważane w tym samym zakładzie, ale nie powinny być traktowane zamiennie. Jeżeli celem jest ograniczenie triglicerydowego pitch, sens ma enzym lipolityczny. Jeżeli problem dotyczy włókien wtórnych i uwalniania cząstek farby z powierzchni włókna, często analizuje się również cellulazy lub hemicelulazy. Jeżeli chodzi o barwne związki ligninowe, bardziej odpowiednie mogą być enzymy oksydacyjne [8].

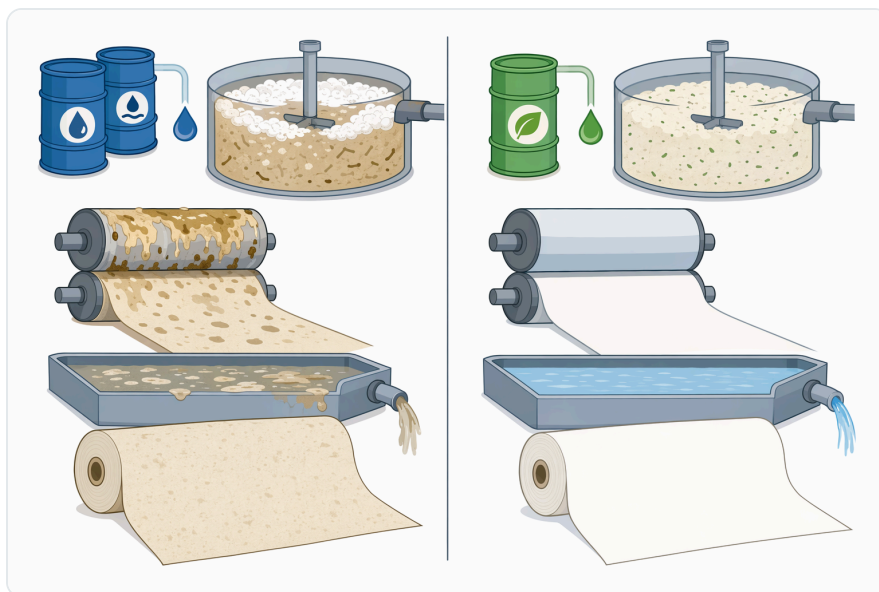


Figure 4. 제지용 효소는 각각 다른 기질을 표적으로 하며, 리파아제는 셀룰로오스, 자일란, 리그닌 또는 무기 스케일이 아니라 지질 에스터에 작용한다.

Warunki procesowe: co decyduje o skuteczności?

Skuteczność lipazy alkalicznej zależy przede wszystkim od trzech grup czynników: dostępności substratu lipidowego, zgodności z warunkami procesu oraz integracji z istniejącą chemią mokrego końca. Jeżeli triglicerydy lub inne estry lipidowe są zamknięte w dużych aglomeratach, związane z cząstkami mineralnymi albo szybko utrwalane przez dodatki kationowe, kontakt enzymu z substratem może być ograniczony [3].

Drugim czynnikiem jest środowisko reakcji. Lipaza alkaliczna jest przeznaczona do pracy w zakresie neutralnym lub zasadowym, ale realna aktywność enzymatyczna zawsze zależy od temperatury, czasu kontaktu, obecności surfaktantów, środków utleniających, kationów, biocydów i innych dodatków procesowych. Literatura dotycząca enzymów w papiernictwie regularnie podkreśla, że kompatybilność enzymu z warunkami przemysłowymi jest jednym z warunków powodzenia wdrożenia [6].

Trzecim elementem jest miejsce wprowadzenia enzymu. Z technicznego punktu widzenia lipaza ma największy sens tam, gdzie istnieje czas kontaktu z lipidami przed etapem, w którym osady zdążą się utrwalić na powierzchniach maszyny lub przejść do trudno usuwalnej formy. W recyklingu może to oznaczać przygotowanie masy przed separacją zanieczyszczeń, a w kontroli pitch — etap, w którym ekstrakty drzewne są jeszcze dostępne dla reakcji enzymatycznej [2].

Nie należy natomiast oczekiwać, że dodanie lipazy w dowolnym miejscu instalacji da taki sam efekt. Enzym jest katalizatorem reakcji chemicznej, a nie środkiem czyszczącym działającym natychmiast na już utrwalone depozyty. Jeżeli osady są stare, silnie utlenione, zmieszane z wypełniaczami lub związane z polimerami, hydroliza samej frakcji lipidowej może nie wystarczyć do ich pełnego usunięcia [1].

Korzyści procesowe: realistyczne oczekiwania

Najbardziej bezpośrednią korzyścią z zastosowania lipazy alkalicznej jest potencjalne ograniczenie ilości triglicerydów i związanej z nimi skłonności do tworzenia pitch. W dobrze dobranym zastosowaniu może to wspierać czystszy układ masowy, mniejszą liczbę zaburzeń wynikających z depozytów oraz bardziej stabilną pracę elementów kontaktujących się z masą [5].

Drugą korzyścią jest selektywność. W przeciwieństwie do nioselektywnych strategii chemicznych lipaza działa na określony typ wiązania chemicznego. Dzięki temu może być używana jako uzupełnienie systemów kontroli depozytów, a nie wyłącznie jako kolejny ogólny dodatek obciążający wodę białą. Takie podejście jest zgodne z kierunkiem ograniczania problemów substancji rozpuszczonych i koloidalnych w bardziej zamkniętych obiegach papierniczych [3].

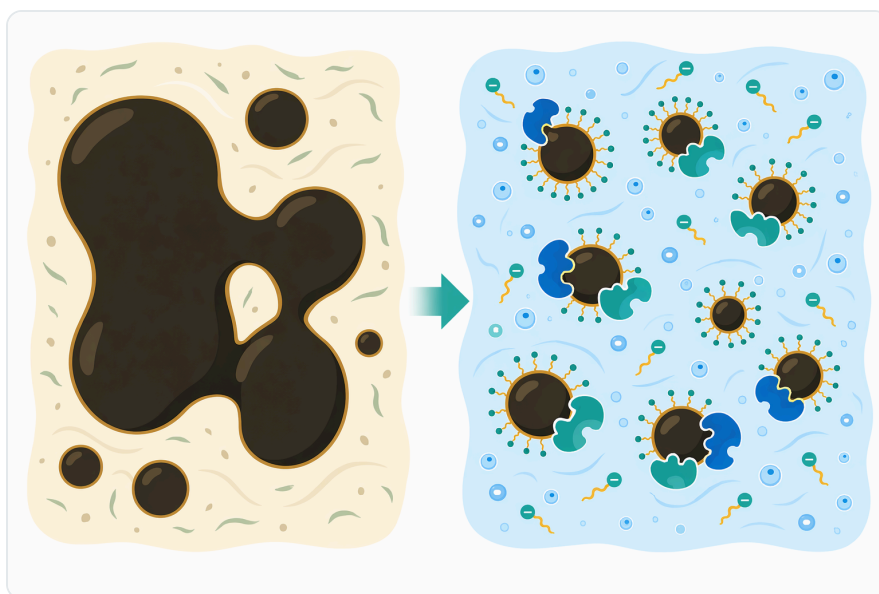


Figure 5. 알칼리 조건에서는 지방산 가수분해 생성물이 원래의 중성 트리글리세라이드가 풍부한 방울보다 더 이온화되고 분산되기 쉬워질 수 있다.

Trzeci obszar korzyści dotyczy recyklingu włókien. Enzymy są od lat analizowane jako sposób poprawy wybranych etapów przetwarzania makulatury, zwłaszcza tam, gdzie klasyczne rozwiązania chemiczne zwiększają obciążenie ścieków lub pogarszają stabilność procesu. Lipaza może wnieść wartość szczególnie wtedy, gdy zanieczyszczenia makulaturowe zawierają komponent olejowy lub tłuszczowy [4].

Korzyści te należy jednak opisywać bez przesady. Lipaza nie zastępuje całego programu kontroli pitch, nie usuwa wszystkich stickies, nie wybiela masy sama z siebie i nie rozkłada celulozy w celu poprawy własności papieru. Jej wartość jest największa jako wyspecjalizowane narzędzie do lipidów, włączone w szerszy system kontroli chemii procesu [6].

Ograniczenia i sytuacje, w których lipaza nie jest właściwym rozwiązaniem

Pierwszym ograniczeniem jest skład osadu. Jeżeli dominują sterole, terpeny, kwasy żywiczone, utlenione produkty ekstraktów drzewnych lub mieszaniny polimerowe bez podatnych wiązań estrowych, lipaza może dać niewielki efekt. Przeglądy dotyczące biologicznej kontroli pitch wyraźnie wskazują, że lipazy są najbardziej przydatne wobec triglicerydów, a znacznie mniej wobec innych frakcji ekstraktów [1].

Drugim ograniczeniem są zanieczyszczenia syntetyczne z makulatury. Kleje samoprzylepne, lateksy, powłoki i tworzywa używane w papierach opakowaniowych lub etykietowych mogą tworzyć stickies o składzie złożonym i zmiennym. Jeżeli ich lepkość wynika z właściwości polimeru, a nie z obecności podatnych estrów lipidowych, lipaza będzie miała ograniczoną możliwość ingerencji [4].

Trzecim ograniczeniem jest niedopasowanie do warunków procesu. Enzymy są wrażliwe na środowisko, a ich skuteczność zależy od tego, czy zachowują aktywność w obecności konkretnej chemii układu. Silne utleniacze, niektóre biocydy, skrajne warunki procesowe lub brak wystarczającego czasu kontaktu mogą zmniejszyć efekt enzymatyczny, nawet jeśli substrat lipidowy jest obecny [6].

Czwartym ograniczeniem jest interpretacja wyników. Zmniejszenie zawartości triglicerydów nie zawsze automatycznie oznacza proporcjonalny spadek wszystkich objawów depozytowych, ponieważ osady powstają w wyniku równowagi między hydrofobowością, ładunkiem koloidalnym, temperaturą, jonami metali, dodatkami retencyjnymi i przepływem masy. Dlatego lipaza powinna być rozpatrywana w kontekście całego układu mokrego, a nie pojedynczego parametru [3].

Lipaza alkaliczna a zrównoważenie procesu papierniczego

Biotechnologia w przemyśle celulozowo-papierniczym jest rozwijana nie tylko ze względu na wydajność, ale również ze względu na presję ograniczania zużycia chemikaliów, poprawy pracy obiegów zamkniętych i lepszego wykorzystania surowców wtórnych. Bajpai opisuje enzymy jako istotny element nowoczesnego przetwarzania masy i papieru, obejmujący m.in. pulpowanie, wybielanie, deinking, kontrolę pitch i modyfikację włókien [6].

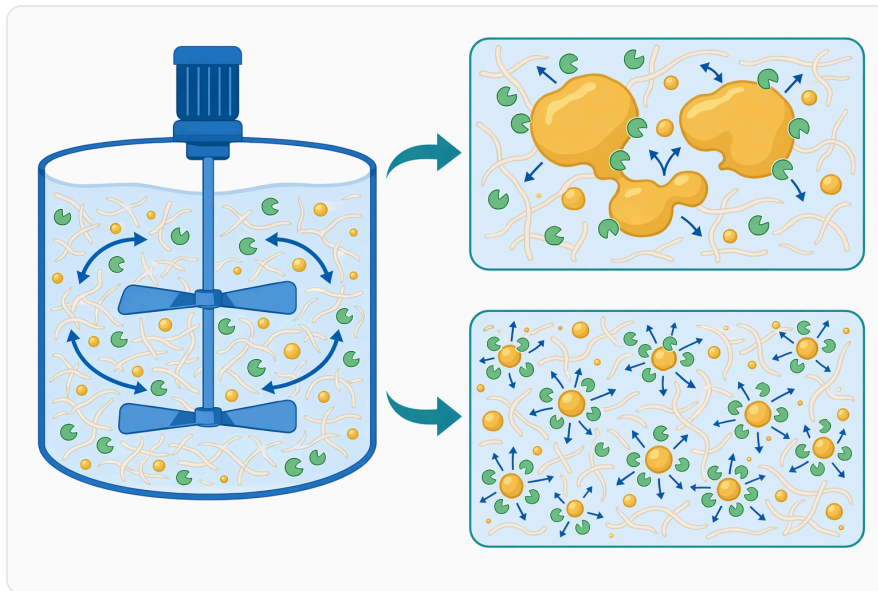


Figure 6. 리파아제의 성능은 물-지질 계면에서의 접촉에 좌우되므로, 혼합과 방울 분산은 접근 가능한 기질 표면적을 증가시킨다.

Lipaza alkaliczna wpisuje się w ten trend jako enzym o wąskim, ale praktycznym profilu działania. Zamiast atakować strukturę włókna, modyfikuje wybrane zanieczyszczenia hydrofobowe, które utrudniają stabilną produkcję i recykling. To podejście jest szczególnie ważne w zakładach pracujących z mieszanymi strumieniami surowców, gdzie skład masy zmienia się szybciej niż w klasycznych procesach opartych wyłącznie na surowcu pierwotnym [4].

Z perspektywy środowiskowej największe znaczenie ma nie sama obecność enzymu, lecz to, czy jego użycie pozwala ograniczyć problemy wymagające intensywnych interwencji chemicznych, mycia instalacji lub odrzutu wadliwej produkcji. Literatura dotycząca DCS pokazuje, że kontrola zanieczyszczeń koloidalnych jest jednym z kluczowych warunków stabilnej pracy bardziej zamkniętych układów wodnych [3].

Gdzie Alkaline Lipase Paper And Pulp Processing ma największy sens?

Najbardziej uzasadnione zastosowania obejmują procesy, w których problem osadowy jest powiązany z triglicerydami lub innymi estrami lipidowymi. Dotyczy to zwłaszcza mas mechanicznych i termomechanicznych z udziałem surowców żywicznych, gdzie naturalne ekstrakty drewna mogą przechodzić do masy i wody białej, a następnie tworzyć lepkie depozyty [2].

Drugim racjonalnym obszarem są wybrane procesy recyklingu papieru zadrukowanego, szczególnie gdy zanieczyszczenia obejmują olejowe lub tłuszczowe składniki farb, spoiw albo zabrudzeń powierzchniowych. W takich przypadkach lipaza może wspierać odrywanie i separację hydrofobowej frakcji, choć efekt będzie zależny od rodzaju makulatury i układu deinkingu [4].

Trzecim obszarem są układy, w których zamknięcie obiegów wodnych zwiększa znaczenie substancji rozpuszczonych i koloidalnych. Lipaza nie rozwiąże całego problemu DCS, ale może zmniejszać udział podatnych lipidów estrowych w złożonej mieszaninie zanieczyszczeń, wspierając szerszy program kontroli mokrego końca [7].

Najmniej uzasadnione jest oczekiwanie, że lipaza samodzielnie rozwiąże problemy powodowane przez kamień, wypełniacze mineralne, krzemiany, sole wapnia, kleje termotopliwe, polimery syntetyczne, ligninę lub skrobię. W takich przypadkach cel chemiczny enzymu nie odpowiada dominującej przyczynie problemu, dlatego potrzebne są inne strategie procesowe lub inne klasy enzymów [8].

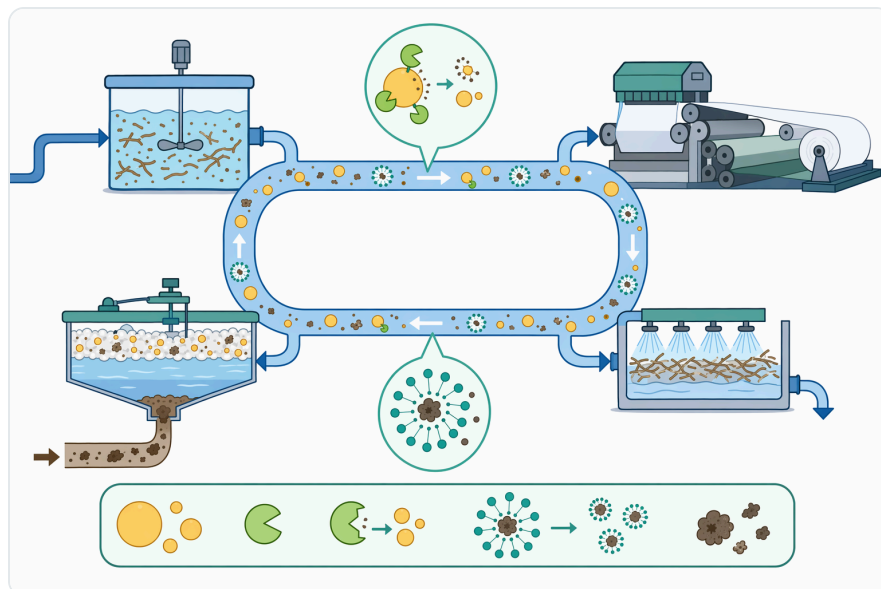


Figure 7. 리파아제는 지질의 화학적 성질을 변화시키며, 계면활성제, 백수 조건, 세척, 부상분리는 변형된 오염물이 어디로 이동할지를 결정한다.

Informacje o produkcji i dokumentacji

Enzymes.bio dostarcza **Alkaline Lipase Paper And Pulp Processing** jako produkt dostępny bezpośrednio online w jednostkach 1 kg. Firma pełni rolę dostawcy, nie producenta ani laboratorium badawczego, dlatego opis produktu należy rozumieć jako informację techniczną o zastosowaniu enzymu, a nie jako raport z własnych badań produkcyjnych.

Dokumenty CoA i SDS są dostarczane wraz z zamówieniem. W zastosowaniach przemysłowych informacje z dokumentacji należy zestawiać z rzeczywistymi warunkami procesu, ponieważ skuteczność enzymów papierniczych zależy od składu masy, chemii układu, obecności zanieczyszczeń i parametrów pracy instalacji ^[6].

Podsumowanie techniczne

Lipaza alkaliczna w przetwarzaniu masy celulozowej i papieru jest najbardziej uzasadniona jako narzędzie do kontroli frakcji lipidowych, szczególnie triglicerydów odpowiedzialnych za pitch w masach zawierających ekstrakty drzewne. Jej mechanizm polega na hydrolizie wiązań estrowych, co może zmniejszać hydrofobowość i lepkość wybranych składników osadowych oraz ułatwiać ich dalszą kontrolę w procesie ^[5].

W recyklingu papieru i deinkingu lipaza może wspierać usuwanie zanieczyszczeń wtedy, gdy farby, spoiwa lub zabrudzenia zawierają komponent olejowy, tłuszczowy albo estrowy. Dowody dla tego zastosowania są bardziej zależne od konkretnego układu niż w przypadku klasycznej kontroli pitch, ponieważ strumienie makulatury i skład farb są silnie zmienne ^[4].

Najważniejsze ograniczenie polega na tym, że lipaza nie działa na wszystkie składniki pitch, stickies ani DCS. Nie jest enzymem do steroli, terpenów, osadów mineralnych ani złożonych polimerów syntetycznych. Dlatego najlepsze rezultaty można oczekiwać wtedy, gdy problem procesowy rzeczywiście ma istotny komponent lipidowy, a lipaza jest włączona w szerszą strategię kontroli osadów, wody białej i jakości masy ^[1].

Zamów Alkaline Lipase Paper And Pulp Processing 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 Alkaline Lipase Paper And Pulp Processing →](#)

Bibliografia

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

1. Gutiérrez, A., Río, J., & Martínez, A. T. (2011). Fungi and Their Enzymes for Pitch Control in the Pulp and Paper Industry.
2. Blanco, Á., Negro, C., Borch, K., Minning, S., Hannuksela, T., & Holmbom, B. (2005). Pitch Control in Thermomechanical Pulping and Papermaking by Enzymatic Treatments. *Appita Journal*, 58, 358-361.
3. Miao, Q., Huang, L., & Chen, L. (2012). Advances in the Control of Dissolved and Colloidal Substances Present in Papermaking Processes: A Brief Review. *Bioresources*, 8, 1431-1455.
4. Bajpai, P. (2010). Solving the problems of recycled fiber processing with enzymes. *BioResources*.
5. Fujita, Y., Awaji, H., Matsukura, M., & Hata, K. (1991). Enzymatic pitch control in papermaking process. *Japan Tappi Journal*, 45, 905-921.
6. Bajpai, P. (2018). Biotechnology for Pulp and Paper Processing. *Biotechnology for Pulp and Paper Processing*.
7. Xie, Q., & Zhang, Z. (2024). Efficient control of dissolved and colloidal substances in raw papermaking whitewater by immobilized thermophilic esterase from a metagenomic library. *Cellulose*, 31, 4053 - 4062.
8. Imran, M., Bano, S., Nazir, S., Javid, A., Asad, M., & Yaseen, A. (2019). Cellulases Production and Application of Cellulases and Accessory Enzymes in Pulp and Paper Industry: A Review.

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

