

Katalaza w płynie do usuwania resztkowego nadtlenu wodoru w przemyśle tekstylnym

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

Katalaza w płynie do zastosowań tekstylnych służy do rozkładu pozostałości nadtlenu wodoru po bieleniu, najczęściej przed barwieniem. Enzym katalizuje reakcję $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$, dzięki czemu resztkowy utleniacz nie musi być wyłącznie wypłukiwany ani neutralizowany reduktorami chemicznymi. W praktyce jest to etap pomocniczy „peroxide removal”, poprawiający kontrolę procesu, ale nie zastępujący bielenia, barwienia ani oczyszczania ścieków.

Dlaczego resztkowy nadtlenek wodoru jest problemem po bieleniu tekstyliów

Nadtlenek wodoru jest cenionym utleniaczem w przygotowaniu wyrobów celulozowych, zwłaszcza bawełny, ponieważ umożliwia uzyskanie jaśniejszego, bardziej jednorodnego podłoża przed barwieniem lub wykończeniem. Problem pojawia się po zakończeniu bielenia: część H_2O_2 może pozostać w kąpielach, w strukturze włókna, w martwych strefach aparatu lub w wodzie płuczącej. W technologii barwienia taka pozostałość nie jest obojętna — nadal jest utleniaczem i może reagować z barwnikami, środkami pomocniczymi lub składnikami kąpielach barwiarskiej.

W badaniach nad ściekami tekstylnymi resztkowy nadtlenek wodoru jest traktowany jako parametr wymagający monitorowania, ponieważ może utrzymywać się po procesach utleniających i wpływać na ocenę dalszego oczyszczania. Przykładem jest praca dotycząca procesu foto-Fentona dla ścieków tekstylnych, w której kontrola pozostałości H_2O_2 była elementem oceny degradacji i modelowania procesu ^[1]. To pokazuje, że nadtlenek wodoru nie jest tylko „środkiem bielącym użytym w poprzednim etapie”, lecz aktywnym składnikiem procesowym, którego obecność po bieleniu trzeba uwzględnić.

W barwieniu reaktywnym włókien celulozowych stabilność warunków jest szczególnie ważna: barwnik musi dyfundować do włókna i reagować z grupami hydroksylowymi celulozy w kontrolowanym środowisku. Jeżeli przed tym etapem pozostaje utleniacz, ryzyko odchyłek odcienia, nierównomierności

i niższej powtarzalności partii rośnie. Katalaza jest stosowana właśnie po to, aby usunąć ten jeden konkretny czynnik zakłócający — pozostały nadtlenek wodoru — zanim proces przejdzie do barwienia lub wykończenia.

Czym jest katalaza i jaki jest jej mechanizm działania

Katalaza jest enzymem oksydoredukcyjnym, którego naturalną funkcją jest ochrona układów biologicznych przed nadmiarem nadtlenku wodoru. H_2O_2 powstaje w wielu reakcjach tlenowych i w nadmiarze może powodować stres oksydacyjny; dlatego organizmy wykorzystują enzymy antyoksydacyjne, w tym katalazę, do szybkiego obniżania jego stężenia [2]. W przemyśle tekstylnym wykorzystuje się dokładnie tę samą właściwość, ale w innym kontekście: zamiast ochrony komórki chodzi o przygotowanie kąpieli lub materiału do następnego etapu technologicznego.

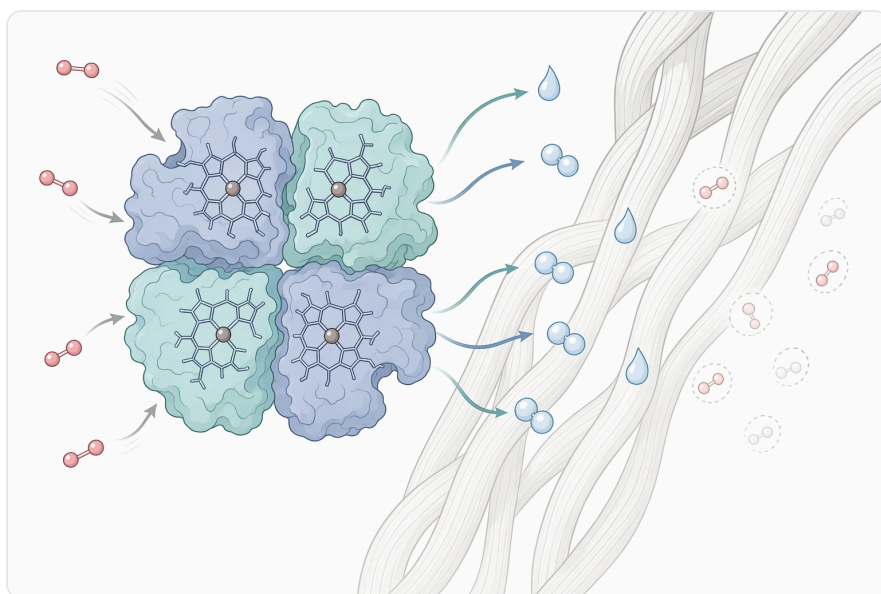


Figure 1. 카탈라아제는 표백된 섬유에 남아 있는 과산화수소를 물과 산소로 분해합니다.

Reakcja katalizowana przez katalazę jest prosta stechiometrycznie:



Oznacza to, że z dwóch cząsteczek nadtlenku wodoru powstają dwie cząsteczki wody i jedna cząsteczka tlenu. W ujęciu masowym 68 g czystego H_2O_2 odpowiada teoretycznie 36 g wody i 32 g tlenu. Ta proporcja pomaga zrozumieć obserwacje procesowe: przy wyższej pozostałości nadtlenku wodoru po dodaniu katalazy może być widoczne wydzielanie gazu, pienienie lub wzrost napowietrzenia kąpieli, ponieważ tlen jest rzeczywistym produktem reakcji.

Mechanizm praktyczny różni się od działania chemicznych reduktorów. Katalaza nie „wiąże” nadtlenu wodoru w trwały kompleks i nie działa przez wprowadzenie dużej ilości produktu ubocznego; przyspiesza reakcję dysproporcjonowania H_2O_2 do dwóch prostych produktów. To istotne w tekstyliach, ponieważ kąpiel po bieleniu jest już chemicznie obciążona alkali, stabilizatorami, środkami zwilżającymi i produktami reakcji z włóknem. Im mniej dodatkowej chemii wprowadzanej tylko po to, aby usunąć pozostały utleniacz, tym łatwiej kontrolować przejście do barwienia.

Główne zastosowanie: etap „peroxide removal” między bieleniem a barwieniem

Najbardziej typowy punkt użycia katalazy w płynie to etap po bieleniu nadtlenu, a przed barwieniem. W praktyce proces może wyglądać następująco: bielenie zostaje zakończone, warunki kąpeli są doprowadzane do zakresu odpowiedniego dla dalszej obróbki enzymatycznej, katalaza ma kontakt z materiałem i kąpielą, a po rozkładzie pozostałości H_2O_2 linia przechodzi do barwienia lub kolejnego płukania. Szczegóły zależą od włókna, aparatu, receptury i organizacji zakładu, ale cel pozostaje ten sam: obniżyć pozostałość utleniacza przed procesem wrażliwym na jego obecność.

W szerszym kontekście katalaza wpisuje się w rozwój enzymatycznych technologii tekstylnych. Enzymy są opisywane jako narzędzia do selektywnej modyfikacji lub kontroli procesów barwienia, przygotowania i wykończenia, ponieważ działają na określone substraty i mogą ograniczać potrzebę bardziej agresywnych operacji chemicznych [3]. Katalaza jest jednym z najbardziej jednoznacznych przykładów takiej selektywności: jej substratem procesowym jest nadtlenek wodoru, a nie barwnik, celuloza czy środek wykończeniowy.



Figure 2. 섬유 가공에서는 과산화물 표백 후 염색이나 후가공 전에 잔류 산화제를 제거하기 위해 액상 카탈라아제를 첨가합니다.

W odróżnieniu od enzymów stosowanych do biopolerowania, stone-washingu lub modyfikacji powierzchni włókna, katalaza nie ma za zadanie zmieniać chwytu, wyglądu ani struktury tkaniny. Jej wartość polega na usunięciu czynnika resztkowego po poprzednim etapie. Dlatego w dokumentacji procesowej często powinna być traktowana jako pomocniczy etap przygotowawczy, a nie jako etap wykończenia nadający nową funkcję użytkową.

Co katalaza poprawia w procesie tekstylnym

Stabilniejsze warunki przed barwieniem

Najważniejszą korzyścią jest ograniczenie zmienności wynikającej z obecności resztkowego utleniacza. Jeżeli jedna partia po bieleniu zawiera więcej H_2O_2 niż inna, ten sam przepis barwienia może dać inny rezultat. Enzymatyczny rozkład pozostałości pomaga ujednoczyć warunki wejściowe do barwienia, co jest szczególnie ważne przy produkcji powtarzalnych odcieni, partii kontraktowych i materiałów, które później mają być łączone w gotowym wyrobie.

Nadtlenek wodoru jest reaktywną cząsteczką utleniającą, a jego oddziaływanie z układami biologicznymi i materiałowymi jest dobrze udokumentowane. Badania na bawełnie w kontekście stresu solnego pokazują, że H_2O_2 bierze udział w modulacji enzymów antyoksydacyjnych rośliny, co potwierdza jego rolę jako aktywnego czynnika redoks, a nie biernego składnika środowiska ^[4]. W tekstyliach ten sam charakter redoks jest powodem, dla którego jego pozostałość po bieleniu musi być kontrolowana.

Mniejsze uzależnienie od intensywnego płukania

Bez katalazy usunięcie nadtlenu wodoru bywa realizowane przez kolejne płukania, rozcieńczanie kąpieli lub zastosowanie neutralizatorów chemicznych. Płukanie usuwa część H_2O_2 , ale nie zmienia mechanizmu — opiera się głównie na rozcieńczeniu i wymianie wody. Katalaza wprowadza inny kierunek: rozkłada nadtlenek wodoru w miejscu jego występowania, co może skrócić drogę do warunków akceptowalnych dla dalszej obróbki.



Figure 3. 섬유용 카탈라아제는 주로 잔류 과산화물이 염색, 날염 또는 후가공 품질에 영향을 줄 수 있는 공정에서 사용됩니다.

Nie oznacza to automatycznie, że każdy proces po dodaniu katalazy będzie wymagał mniej wody w identycznej skali. Rzeczywisty efekt zależy od receptury bielenia, aparatu, ilości pozostałego nadtlenu, wymagań jakościowych i kontroli procesu. Z technologicznego punktu widzenia różnica jest jednak zasadnicza: zamiast tylko usuwać H_2O_2 przez przepływ wody, enzym powoduje jego przekształcenie w wodę i tlen.

Ograniczenie produktów ubocznych typowych dla reduktorów

Chemiczne neutralizatory nadtlenu wodoru mogą być skuteczne, ale wprowadzają własne produkty reakcji i wpływają na skład kąpieli. W przypadku katalazy produktami reakcji są woda i tlen, co ogranicza ryzyko dodawania kolejnych soli lub związków redukujących tylko po to, aby zakończyć etap bielenia. To jest szczególnie istotne, gdy kolejne operacje — barwienie, płukanie, utrwalaanie lub wykończenie — są wrażliwe na przewodność, pH i pozostałości środków pomocniczych.

Współczesne kierunki rozwoju barwienia i wykończenia tekstyliów podkreślają potrzebę ograniczania obciążenia chemicznego, zużycia wody i energii, choć efekty zależą od całego układu procesowego, a nie od pojedynczego dodatku [5]. Katalaza pasuje do tego kierunku jako narzędzie punktowe: rozwiązuje problem pozostałego H_2O_2 bez zastępowania całego procesu przygotowania włókna.

Porównanie: katalaza, płukanie i chemiczna neutralizacja nadtlenu wodoru

Podjęcie po bieleniu	Główny mechanizm	Typowy efekt procesowy	Mocne strony	Ograniczenia
Katalaza w płynie	Enzymatyczny rozkład H_2O_2 do H_2O i O_2	Usunięcie resztkowego utleniacza przed barwieniem	Selektywność wobec nadtlenu wodoru; brak typowych soli poreakcyjnych reduktorów; możliwość pracy jako etap „peroxide removal”	Wrażliwość enzymu na niekorzystne warunki; wymaga kontaktu z kąpielą i materiałem
Dodatkowe płukanie	Rozcieńczenie i fizyczne usunięcie pozostałości	Obniżenie stężenia przez wymianę wody	Proste technologicznie; dobrze znane operatorom	Może zwiększać zużycie wody, czas cyklu i objętość ścieków
Reduktor chemiczny	Reakcja redoks z nadtlaniem wodoru	Szybka neutralizacja utleniacza	Skuteczność w wielu układach; łatwe dozowanie	Wprowadza dodatkowe składniki i produkty reakcji do kąpeli
Brak etapu usuwania H_2O_2	Pozostawienie pozostałości po bieleniu	Ryzyko zakłócenia barwienia	Najkrótszy wariant operacyjny	Zwiększone ryzyko odchylenia koloru i problemów jakościowych

Ta tabela nie oznacza, że katalaza zawsze zastępuje wszystkie płukania lub wszystkie neutralizatory. W dobrze zaprojektowanym procesie może być elementem skracającym lub stabilizującym przejście między bieleniem a barwieniem. W słabo kontrolowanym procesie samo dodanie enzymu nie naprawi problemów wynikających z nadmiernej ilości pozostałego H_2O_2 , nieodpowiedniego pH, niewystarczającego mieszania lub zbyt dużej zmienności wsadu.

Znaczenie kontroli warunków procesu

Katalaza jest białkiem enzymatycznym, dlatego jej skuteczność zależy od środowiska. W praktyce znaczenie mają przede wszystkim: temperatura kąpeli, pH, czas kontaktu, dostęp enzymu do pozostałego nadtlenu wodoru, wymieszanie oraz obecność substancji, które mogą dezaktywować białko lub utrudniać reakcję. Nie jest to cecha wyjątkowa dla katalazy — wszystkie enzymy przemysłowe mają zakres warunków, w których działają najlepiej, oraz warunki, w których tracą aktywność.



Figure 4. 반복 수세나 화학적 환원과 비교해, 카탈라아제는 더 온화한 조건에서 더 적은 물과 짧은 처리 시간으로 과산화물을 제거합니다.

W literaturze dotyczącej zastosowań nadtlenu wodoru w różnych branżach powtarza się ten sam motyw: H_2O_2 jest użyteczny, ale wymaga kontroli resztkowej obecności i interakcji z dalszym procesem. Badania nad wpływem nadtlenu wodoru na oznaczanie biochemicznego zapotrzebowania tlenu w ściekach pokazują, że jego obecność może zaburzać interpretację parametrów oczyszczania, co podkreśla znaczenie usuwania lub uwzględniania pozostałości przed kolejnymi etapami [6]. W tekstyliach analogiczna logika dotyczy nie tylko ścieków, lecz także barwienia.

W procesie tekstylnym praktycznym wskaźnikiem jest nie samo „dodanie katalazy”, ale potwierdzenie, że resztkowy nadtlenek wodoru nie stanowi już czynnika zakłócającego dla następnego etapu. Oznacza to, że enzym powinien mieć wystarczający kontakt z kąpielą i materiałem. Jeżeli tkanina jest gęsto upakowana, mieszanie jest słabe, a pozostałość H_2O_2 nierównomierna, reakcja może zachodzić nierówno mimo prawidłowego doboru enzymu.

Katalaza a jakość barwienia reaktywnego bawełny

Bawełna po bieleniu nadtlenkowym jest jednym z najważniejszych obszarów zastosowania katalazy w przemyśle tekstylnym. Barwniki reaktywne wymagają kontrolowanych warunków reakcji z celulozą; jednocześnie proces jest wrażliwy na zmiany składu kąpeli i stanu przygotowania włókna. Pozostały nadtlenek wodoru może obniżyć przewidywalność tego etapu, ponieważ działa jako utleniacz w systemie, który powinien być już przygotowany do reakcji barwnik-włókno.

Katalaza nie poprawia jakości barwienia przez bezpośrednie oddziaływanie na barwnik. Jej wpływ jest pośredni i procesowy: usuwa resztkowy składnik, który może przeszkadzać. Dlatego najlepiej rozumieć ją jako element kontroli wejścia do barwienia. Jeżeli bielenie, płukanie i enzymatyczne usuwanie nadtlenu wodoru są powtarzalne, barwienie rozpoczyna się z bardziej przewidywalnego punktu.

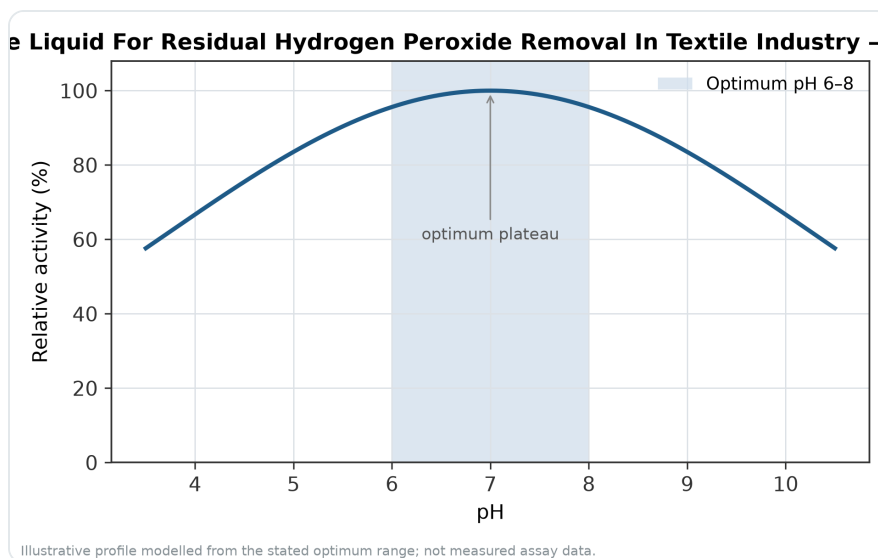


Figure 5. pH에 따른 섬유 산업용 잔류 과산화수소 제거 액상 카탈라아제 효소의 상대 활성으로, pH 6-8에서 최적 활성 구간이 나타납니다.

W przeglądach dotyczących bardziej zrównoważonych technologii barwienia i wykończenia tekstyliów podkreśla się, że poprawa środowiskowa i jakościowa zwykle wynika z kombinacji rozwiązań: doboru barwników, zmniejszenia zużycia mediów, kontroli kąpieli, wykorzystania enzymów i optymalizacji całego łańcucha procesu [7]. Katalaza jest jednym z takich elementów, ale jej rola pozostaje bardzo konkretna: rozkład H_2O_2 .

Zastosowanie w obiegu wody i ściekach procesowych

Katalaza może być rozważana również tam, gdzie pozostały nadtlenek wodoru trafia do strumieni wody procesowej lub ścieków po bieleniu. Nie oznacza to, że enzym oczyszcza ścieki tekstylne w pełnym znaczeniu. Ścieki mogą zawierać barwniki, sole, alkalia, środki powierzchniowo czynne, środki kompleksujące i zanieczyszczenia organiczne z włókien. Katalaza odnosi się tylko do jednego składnika: H_2O_2 .

W procesach utleniających stosowanych do degradacji zanieczyszczeń tekstylnych resztkowy nadtlenek wodoru może być zarówno reagentem, jak i pozostałością wymagającą kontroli. Wspomniane badania procesu foto-Fentona dla ścieków tekstylnych pokazują, że monitorowanie pozostałego H_2O_2 jest

istotne przy ocenie skuteczności degradacji i przewidywaniu przebiegu procesu [1]. W praktyce przemysłowej enzymatyczne obniżenie pozostałości może więc wspierać dalsze operacje, ale nie zastępuje systemu oczyszczania ścieków.

Ważne jest także oddzielenie dwóch celów: przygotowania materiału do barwienia oraz przygotowania ścieków do dalszego oczyszczania. W pierwszym przypadku katalaza działa na kąpiel lub materiał przed kolejnym etapem produkcji. W drugim — może ograniczyć obecność utleniacza w strumieniu odpadowym. Oba zastosowania korzystają z tej samej reakcji enzymatycznej, ale mają inne kryteria powodzenia.

Ograniczenia: czego katalaza nie robi

Katalaza nie jest środkiem wybielającym. Nie zastąpi nadtlenku wodoru w procesie rozjaśniania włókna, ponieważ działa po zakończeniu bielenia, rozkładając pozostały H_2O_2 . Nie jest też barwnikiem, utrwalaczem, środkiem wyrównującym ani środkiem do usuwania wszystkich zanieczyszczeń organicznych.

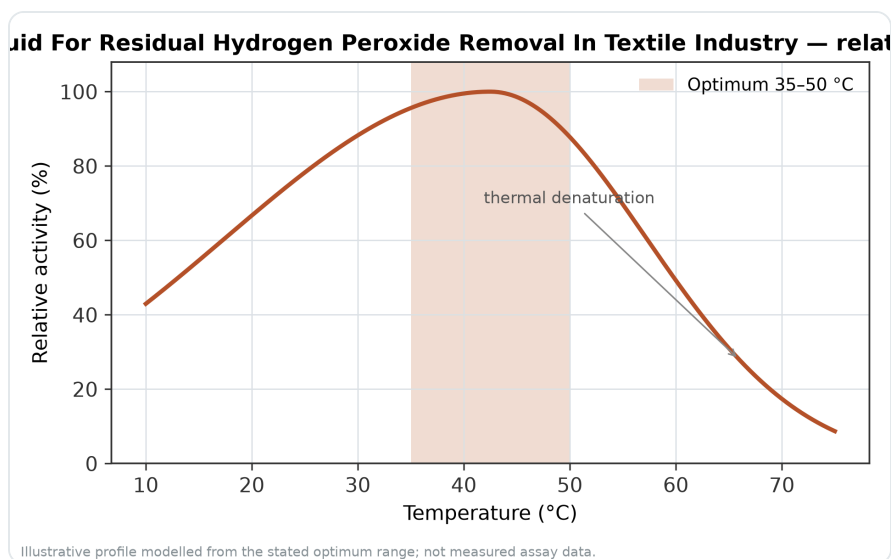


Figure 6. 온도에 따른 섬유 산업용 잔류 과산화수소 제거 액상 카탈라아제 효소의 상대 활성으로, 35–50°C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도 이상에서는 열변성에 따른 전형적인 활성 저하가 나타납니다.

Katalaza nie usuwa automatycznie barwników ze ścieków. Jeżeli celem jest dekoloryzacja, rozkład związków aromatycznych lub obniżenie ładunku organicznego, potrzebne są inne technologie — biologiczne, fizykochemiczne, membranowe, adsorpcyjne lub zaawansowane procesy utleniania. Katalaza może jedynie usunąć resztkowy nadtlenek wodoru, który mógłby przeszkadzać w dalszej obróbce albo w pomiarach i interpretacji parametrów oczyszczania.

Katalaza nie naprawi także problemów wynikających z niewłaściwego prowadzenia bielenia. Jeśli materiał jest nierównomiernie przygotowany, pH po bieleniu jest niezgodne z następnym etapem, temperatura jest nieodpowiednia albo tkanina nie ma równomiernego kontaktu z kąpielą, enzymatyczny rozkład H_2O_2 rozwiąże tylko część problemu. W procesie produkcyjnym katalaza powinna być traktowana jako narzędzie kontroli konkretnej pozostałości, a nie jako uniwersalny korektor receptury.

Znaczenie dla zrównoważonego przetwórstwa tekstyliów

Przemysł tekstylny jest pod presją ograniczania zużycia wody, energii i substancji pomocniczych, a jednocześnie musi utrzymywać powtarzalność koloru i parametrów użytkowych. Enzymy są często wskazywane jako jeden z kierunków łagodniejszego przetwórstwa, ponieważ mogą działać selektywnie i wprowadzać mniej agresywne etapy pomocnicze. Katalaza jest tu dobrym przykładem: nie jest „zielonym hasłem”, lecz konkretną reakcją, w której utleniacz zostaje przekształcony w wodę i tlen.

Nowoczesne wykończenia tekstylne — od powłok funkcjonalnych po rozwiązania antybakteryjne i ochronne — coraz częściej wymagają dobrze przygotowanej, przewidywalnej powierzchni materiału. Przeglądy dotyczące wykończeń nieorganicznych i funkcjonalnych pokazują, że kontrola powierzchni tkaniny oraz chemii procesu ma znaczenie dla późniejszych właściwości, takich jak odporność na zużycie, ochrona UV lub aktywność przeciwdrobnoustrojowa [8]. Pozostałości utleniaczy po wcześniejszych etapach mogą być jednym z czynników, które utrudniają stabilne prowadzenie takich procesów.

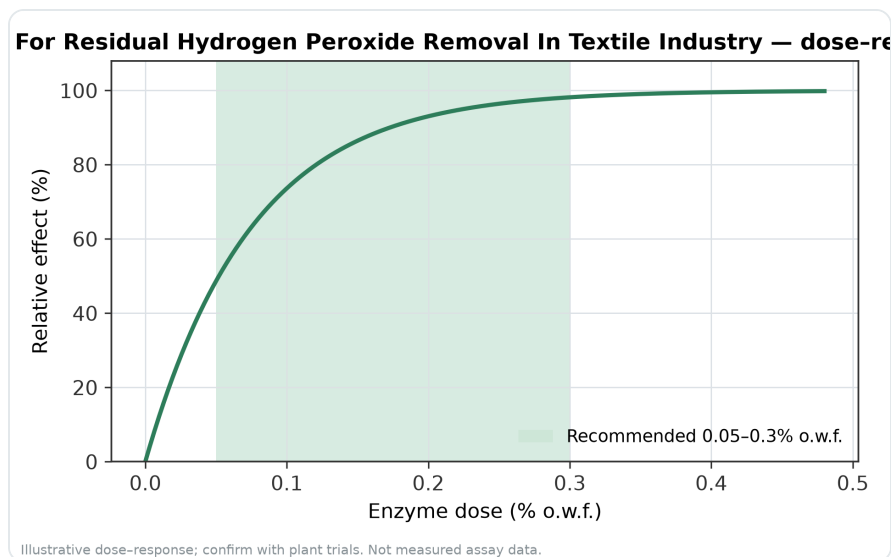


Figure 7. 권장 사용 범위(섬유 중량 대비 0.05-0.3%)에서 섬유 산업용 잔류 과산화수소 제거 액상 카탈라아제 효소의 용량-반응 예시입니다.

Jednocześnie nie należy przedstawiać katalazy jako samodzielnej technologii zrównoważenia całej produkcji. Jej wpływ środowiskowy zależy od tego, czy rzeczywiście ogranicza płukanie, reduktory chemiczne, czas cyklu lub problemy jakościowe w danym zakładzie. Najbardziej rzetelne ujęcie brzmi: katalaza może wspierać bardziej kontrolowane i potencjalnie mniej obciążające przetwórstwo, ponieważ usuwa pozostały H_2O_2 w reakcji o prostych produktach.

Forma płynna w zastosowaniu przemysłowym

Płynna forma katalazy jest praktyczna w tekstyliach, ponieważ łatwo miesza się z kąpielą i może być dozowana do układu wodnego po bieleniu. W porównaniu z formami stałymi nie wymaga wcześniejszego rozpuszczania przez użytkownika, co upraszcza kontakt enzymu z kąpielą procesową. Dla zakładu znaczenie ma równomierne rozprowadzenie preparatu w całej objętości, ponieważ substrat — pozostały nadtlenek wodoru — może znajdować się zarówno w cieczy, jak i w materiale.

Forma płynna nie zmienia jednak podstawowej zależności: enzym musi pracować w warunkach, które nie powodują jego szybkiej dezaktywacji. Jeżeli kąpiel po bieleniu jest zbyt gorąca, zbyt agresywna chemicznie lub zawiera składniki niekorzystne dla białka enzymatycznego, skuteczność może spaść. W praktyce dlatego etap katalazy zwykle nie jest traktowany jako „dodatek bezwarunkowy”, ale jako operacja wykonywana po doprowadzeniu procesu do warunków zgodnych z zastosowaniem enzymatycznym.

Produkt dostępny przez Enzymes.bio

Catalase Enzyme Liquid For Residual Hydrogen Peroxide Removal In Textile Industry jest oferowany przez Enzymes.bio jako produkt dostępny online dla zastosowań związanych z katalazą i usuwaniem nadtlenku wodoru. Enzymes.bio pełni rolę dostawcy internetowego; nie należy interpretować tej informacji jako deklaracji, że firma jest producentem enzymu lub laboratorium badawczym.

Produkt jest sprzedawany bezpośrednio online w jednostkach 1 kg. Dokumenty towarzyszące, takie jak CoA i SDS, są dostarczane wraz z zamówieniem. Z punktu widzenia użytkownika technicznego najważniejsze jest właściwe przypisanie funkcji produktu: jest to płynna katalaza do rozkładu resztkowego H_2O_2 , szczególnie użyteczna między bieleniem nadtlenkowym a etapami wrażliwymi na pozostałości utleniacza.

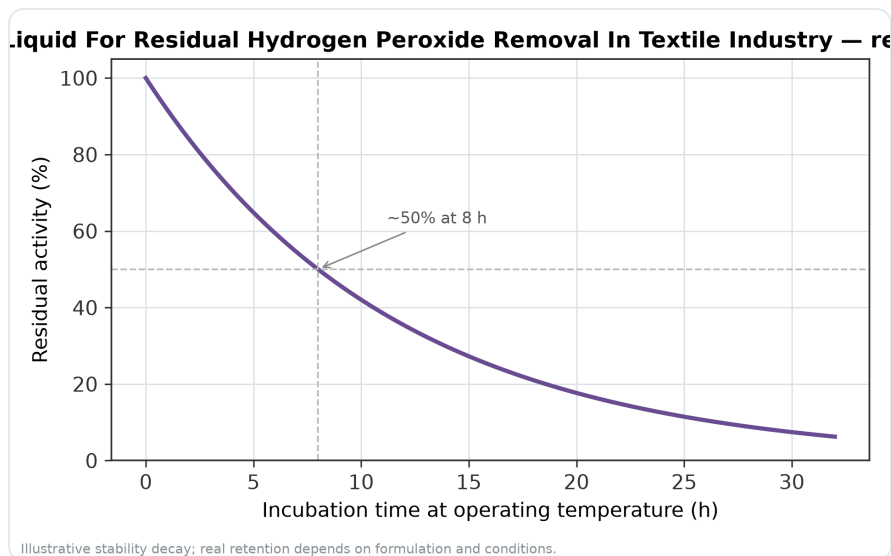


Figure 8. 섬유 산업용 잔류 과산화수소 제거 액상 카탈라아제 효소의 열 안정성 감소 예시 — 작동 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소합니다.

Podsumowanie techniczne

Katalaza w płynie do przemysłu tekstylnego jest wyspecjalizowanym enzymem pomocniczym do etapu usuwania resztkowego nadtlenu wodoru. Jej mechanizm jest dobrze określony: $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$. Dzięki temu po bieleniu można ograniczyć obecność aktywnego utleniacza, który mógłby zakłócać barwienie, wpływać na powtarzalność odcieni lub utrudniać kontrolę dalszych operacji.

Najbardziej uzasadnione zastosowania obejmują przygotowanie bawełny i innych materiałów po bieleniu nadtlenu, zwłaszcza przed barwieniem reaktywnym, oraz punktową neutralizację H_2O_2 w wybranych strumieniach procesowych. Katalaza może ograniczać zależność od samego płukania lub od neutralizatorów chemicznych, ale jej skuteczność zależy od kontaktu z pozostałym nadtlenu, warunków kąpieli i organizacji procesu.

Realistycznie należy traktować ją jako precyzyjne narzędzie procesowe, nie jako uniwersalne rozwiązanie wszystkich problemów barwienia lub ścieków. Jej wartość w przemyśle tekstylnym wynika z prostego, selektywnego i dobrze rozumianego mechanizmu rozkładu nadtlenu wodoru — dokładnie tego składnika, którego pozostałość po bieleniu najczęściej trzeba usunąć przed bezpiecznym przejściem do kolejnego etapu.

Zamów Catalase Enzyme Liquid For Residual Hydrogen Peroxide Removal In Textile Industry 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 Catalase Enzyme Liquid For Residual Hydrogen Peroxide Removal In Textile Industry →](#)

Bibliografia

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

1. Santana, R. R., Napoleão, D., Santos Júnior, S. G., Gomes, R. K. M., Moraes, N. F. S., Zaidan, L. E. M. C., Elihimas, D. R., ... et al. (2021). Photo-Fenton process under sunlight irradiation for textile wastewater degradation: monitoring of residual hydrogen peroxide by spectrophotometric method and modeling artificial neural network models to predict treatment. *Chemické zvesti*, 1-12.
2. [Pmc6885225](#). *PubMed Central*.
3. Prajapati, C. D., Smith, E., Kane, F., & Shen, J. (2022). New Approaches for Textile Colouration and Surface Pattern Using Enzyme-based Biotechnology. *Journal of Textile Design Research and Practice*, 11, 213 - 236.
4. Wang, Y., Li, X., Jin-Li, Bao, Q., Zhang, F., Tulaxi, G., & Zhi-Wang (2016). Salt-induced hydrogen peroxide is involved in modulation of antioxidant enzymes in cotton. *Crop Journal*, 4, 490-498.
5. Ma, J. (2025). Research on the Application of Ecological Dyeing and Finishing Technology in the Textile Industry Driven by Government Policies: A Comparative Study of Policy Effects between China and Europe. *Textile & Leather Review*.
6. Bezsényi, A., Sági, G., Makó, M., Wojnárovits, L., & Takács, E. (2021). The effect of hydrogen peroxide on the biochemical oxygen demand (BOD) values measured during ionizing radiation treatment of wastewater. *Radiation Physics and Chemistry*, 189, 109773.
7. Pizzicato, B., Pacifico, S., Cayuela, D., Mijas, G., & Riba-Moliner, M. (2023). Advancements in Sustainable Natural Dyes for Textile Applications: A Review. *Molecules*, 28.
8. Sfameni, S., Hadhri, M., Rando, G., Drommi, D., Rosace, G., Trovato, V., & Plutino, M. (2023). Inorganic Finishing for Textile Fabrics: Recent Advances in Wear-Resistant, UV Protection and Antimicrobial Treatments. *Inorganics*.

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.