

# Food-Grade Catalase do rozkładu nadtlenu wodoru w przetwórstwie żywności i strumieniach procesowych

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

**Food-Grade Catalase For Hydrogen Peroxide Decomposition** to katalaza przeznaczona do procesowego usuwania nadtlenu wodoru: enzym katalizuje reakcję  $2 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ , przekształcając reaktywny utleniacz w wodę i tlen. W praktyce jest to narzędzie do kontrolowanego zakończenia działania  $\text{H}_2\text{O}_2$  po etapie higienizacji, obróbki oksydacyjnej, wybielania lub reakcji enzymatycznej, w której  $\text{H}_2\text{O}_2$  powstaje jako produkt uboczny. Enzymes.bio dostarcza ten enzym klientom B2B jako produkt dostępny online w jednostkach 1 kg; dokumenty CoA i SDS są dostarczane wraz z zamówieniem.

## Czym jest katalaza spożywcza i dlaczego rozkład $\text{H}_2\text{O}_2$ jest ważny

Katalaza jest enzymem antyoksydacyjnym wyspecjalizowanym w rozkładzie nadtlenu wodoru. W ujęciu technologicznym jej znaczenie wynika z prostego, ale bardzo użytecznego mechanizmu: usuwa  $\text{H}_2\text{O}_2$  bez konieczności wprowadzania silnych reduktorów chemicznych, a produktami końcowymi są woda i tlen. Przeglądy dotyczące immobilizacji katalazy opisują ją właśnie jako enzym stosowany do katalitycznego rozkładu  $\text{H}_2\text{O}_2$  w zastosowaniach przemysłowych, środowiskowych i biotechnologicznych <sup>[1]</sup>.

Określenie **food-grade** należy rozumieć jako przeznaczenie do zastosowań w procesach związanych z żywnością, a nie jako zachętę do bezpośredniej konsumpcji enzymu. W praktyce katalaza spożywcza pełni rolę środka pomocniczego procesu: jest dodawana wtedy, gdy nadtlenek wodoru był potrzebny na wcześniejszym etapie, lecz jego pozostałości nie powinny przechodzić do kolejnych operacji technologicznych. Strona produktu Enzymes.bio przedstawia katalazę w kontekście rozkładu nadtlenu wodoru i zastosowań procesowych, a firma działa jako dostawca, nie jako producent ani laboratorium badawcze .

Nadtlenek wodoru jest ceniony jako utleniacz, ponieważ może uczestniczyć w higienizacji, wybielaniu, utlenianiu składników lub reakcjach enzymatycznych. Ten sam potencjał utleniający staje się jednak problemem, gdy  $\text{H}_2\text{O}_2$  pozostaje w surowcu, kąpeli procesowej, wodzie technologicznej, półprodukcie

lub strumieniu ściekowym. Może wtedy wpływać na wrażliwe składniki, hamować mikroorganizmy użyteczne w fermentacji, zakłócać pracę innych enzymów albo utrudniać dalsze etapy obróbki.

## Mechanizm działania: enzymatyczne „wyłączenie” nadtlenku wodoru

Podstawową reakcję katalazy można zapisać następująco:

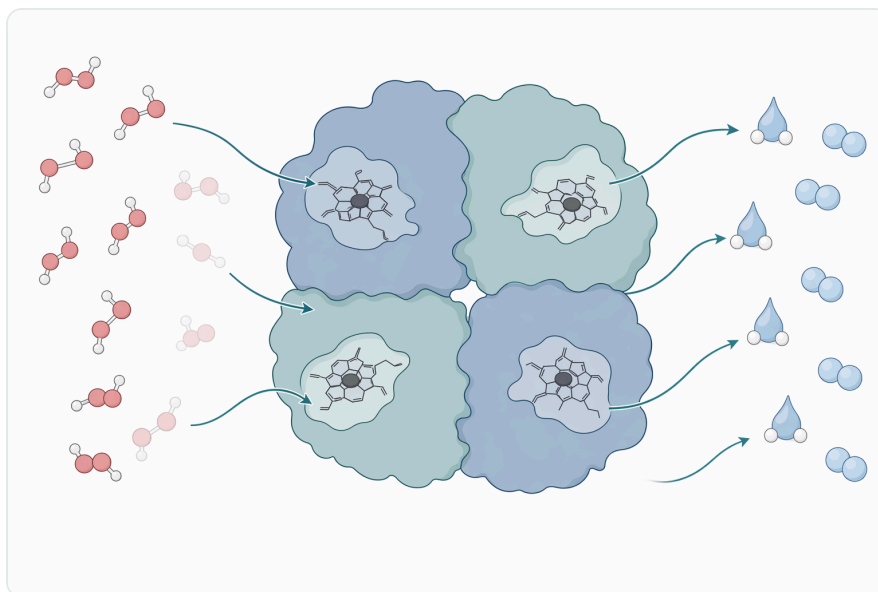


Figure 1. 카탈라아제는 과산화수소를 물과 산소 기체로 직접 분해합니다.



Oznacza to, że dwie cząsteczki nadtlenku wodoru są przekształcane w dwie cząsteczki wody i jedną cząsteczkę tlenu. W praktyce procesowej uwalnianie tlenu może być widoczne jako pęcherzyki gazu, szczególnie przy większym stężeniu pozostałości  $\text{H}_2\text{O}_2$  lub intensywnym mieszaniu. Badania kinetyczne nad enzymatycznym rozkładem  $\text{H}_2\text{O}_2$  pokazują, że reakcja ta zależy od warunków procesu oraz od stopniowej dezaktywacji enzymu w czasie, dlatego skuteczność należy rozpatrywać w realnej matrycy, a nie wyłącznie jako reakcję modelową [2].

Biochemicznie katalaza działa jako wysoko wyspecjalizowany katalizator: przyspiesza rozpad  $\text{H}_2\text{O}_2$ , obniżając barierę energetyczną reakcji. To odróżnia ją od biernego oczekiwania na samorzutny rozkład nadtlenku wodoru, który może być zbyt wolny lub niestabilny dla linii produkcyjnej. Zastosowania katalazy w formach wolnych i immobilizowanych są szeroko omawiane właśnie dlatego, że enzym pozwala prowadzić rozkład  $\text{H}_2\text{O}_2$  w łagodnych warunkach wodnych i w sposób bardziej kontrolowany niż spontaniczna degradacja [1].

Warto podkreślić granice działania. Katalaza nie jest uniwersalnym środkiem utrwalającym, dezynfekującym ani neutralizatorem wszystkich utleniaczy. Jej podstawowym substratem jest nadtlenek wodoru; jeśli problem technologiczny dotyczy innych związków utleniających, metali, pestycydów, toksyn, biofilmu lub obciążenia mikrobiologicznego, sama katalaza nie rozwiązuje go automatycznie. W tym sensie jest precyzyjnym narzędziem do kontroli  $H_2O_2$ , a nie zamiennikiem walidowanego programu higieny lub kontroli jakości.

## Gdzie w procesach pojawia się $H_2O_2$ i kiedy katalaza jest użyteczna

$H_2O_2$  może być wprowadzany celowo jako środek utleniający albo powstawać w reakcji biokatalitycznej. Przykładem drugiego scenariusza jest oksydaza glukozowa: enzym ten utlenia glukozę z udziałem tlenu, a nadtlenek wodoru powstaje jako jeden z produktów reakcji. Przegląd dotyczący oksydazy glukozowej opisuje jej zastosowania przemysłowe i biotechnologiczne oraz zwraca uwagę na znaczenie  $H_2O_2$  w układach, w których enzym ten pracuje jako biokatalizator <sup>[3]</sup>.

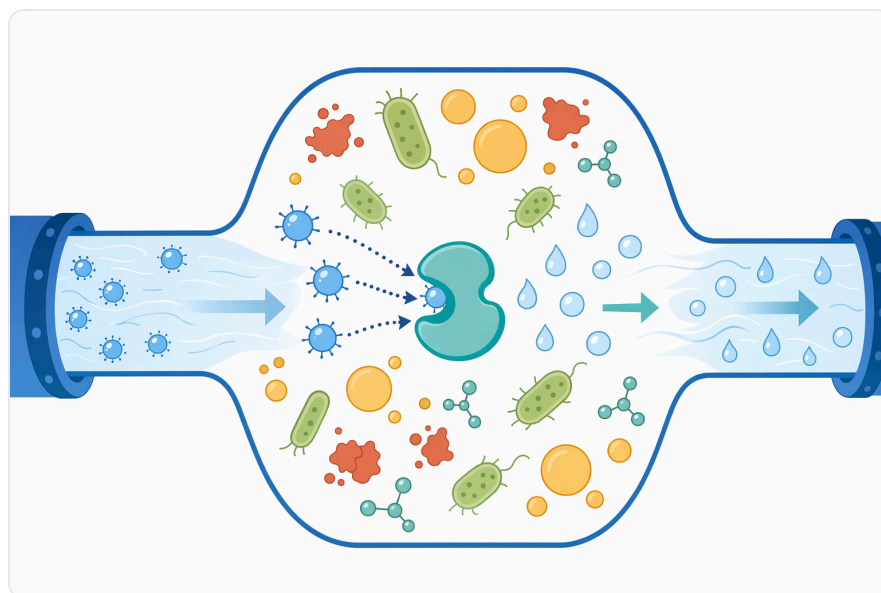


Figure 2. 잔류 과산화수소는 민감한 성분을 계속 산화시키고, 이후의 생물학적 공정이나 품질에 민감한 공정을 방해할 수 있습니다.

W procesach spożywczych i napojowych pozostałości  $H_2O_2$  są istotne szczególnie wtedy, gdy kolejne etapy obejmują fermentację, działanie innych enzymów, kontakt z wrażliwymi aromatami, barwnikami lub składnikami odżywczymi. Nadtlenek wodoru może utleniać związki odpowiedzialne za smak i barwę, a także niekorzystnie wpływać na mikroflorę technologiczną. Z punktu widzenia zakładu kluczowe jest więc nie tylko użycie  $H_2O_2$ , lecz także przewidywalne zakończenie jego działania.

Znaczenie katalazy nie ogranicza się do żywności. Ta sama reakcja jest wykorzystywana w tekstyliach, oczyszczaniu strumieni wodnych, biotechnologii i badaniach aktywności mikrobiologicznej. Badania nad ciągłym usuwaniem  $H_2O_2$  przy użyciu immobilizowanej katalazy pokazują, że enzym może być wykorzystywany w układach przepływowych do obniżania zawartości nadtlenu w wodzie przeznaczonej do ponownego użycia [4].

## Typowe zastosowania procesowe katalazy do rozkładu nadtlenu wodoru

Obszar procesu	Rola $H_2O_2$ przed użyciem katalazy	Rola katalazy	Uwagi techniczne
Przetwórstwo żywności i napojów	Utleniacz lub pozostałość po etapie higienizacji albo obróbki	Rozkład resztkowego $H_2O_2$ do wody i tlenu	Katalaza jest środkiem pomocniczym procesu; nie zastępuje programu higieny ani kontroli mikrobiologicznej
Układy z oksydazą glukozową	$H_2O_2$ powstaje jako produkt uboczny utleniania glukozy	Ograniczenie akumulacji $H_2O_2$ i stabilizacja środowiska reakcji	Istotne w układach wieloenzymatycznych, w których nadtlenek wodoru może wpływać na inne składniki [3]
Wybielanie bawełny i tekstyliów	$H_2O_2$ usuwa barwne zanieczyszczenia i przygotowuje włókno	Usunięcie pozostałości $H_2O_2$ przed barwieniem	Badania opisują użycie katalazy do usuwania resztkowego $H_2O_2$ po wybielaniu bawełny [5]
Strumienie wodne i ścieki procesowe	$H_2O_2$ pozostaje po myciu, dezynfekcji lub obróbce oksydacyjnej	Obniżenie ładunku utleniającego przed kolejnym etapem	Układy ciągłe z immobilizowaną katalazą badano pod kątem ponownego użycia wody [4]
Biofilm i aktywność mikrobiologiczna	$H_2O_2$ jest substratem reakcji generującej tlen	Pomiar lub interpretacja uwalniania tlenu jako sygnału aktywności	W badaniach biofilmu wykorzystywano enzymatyczne uwalnianie tlenu z $H_2O_2$ do oceny aktywności [6]

## Zastosowanie w przetwórstwie żywności: funkcja pomocnicza, nie „magiczny konserwant”

W kontekście żywności katalaza jest najbardziej logiczna tam, gdzie  $H_2O_2$  ma jasno określoną rolę technologiczną, a po jej zakończeniu powinien zostać usunięty. Dotyczy to zwłaszcza wodnych matryc procesowych, przygotowania surowców, kontaktu z powierzchniami technologicznymi lub etapów, w

których nadtlenek wodoru pojawia się jako produkt uboczny innej reakcji enzymatycznej. Produkt oferowany przez Enzymes.bio jest prezentowany jako katalaza do rozkładu nadtlenu wodoru, a nie jako składnik żywieniowy produktu końcowego .

Krytyczne jest rozróżnienie między usunięciem  $H_2O_2$  a zapewnieniem bezpieczeństwa mikrobiologicznego. Katalaza może zakończyć działanie nadtlenu wodoru, ale nie oznacza to automatycznie, że surowiec, opakowanie lub linia są wolne od ryzyka mikrobiologicznego. Jeżeli  $H_2O_2$  był elementem strategii higienizacji, to katalaza należy do etapu „po” — pomaga ograniczyć pozostałości utleniacza, ale nie zastępuje walidacji całego procesu.

W praktyce zakład powinien traktować katalazę jako element architektury technologicznej. Najpierw  $H_2O_2$  pełni swoją funkcję, następnie katalaza redukuje jego obecność, a dopiero potem proces przechodzi do kolejnych etapów: fermentacji, pakowania, działania innych enzymów, barwienia, filtracji lub oczyszczania. Taka sekwencja jest szczególnie istotna, gdy następny etap obejmuje składniki wrażliwe na utlenianie.

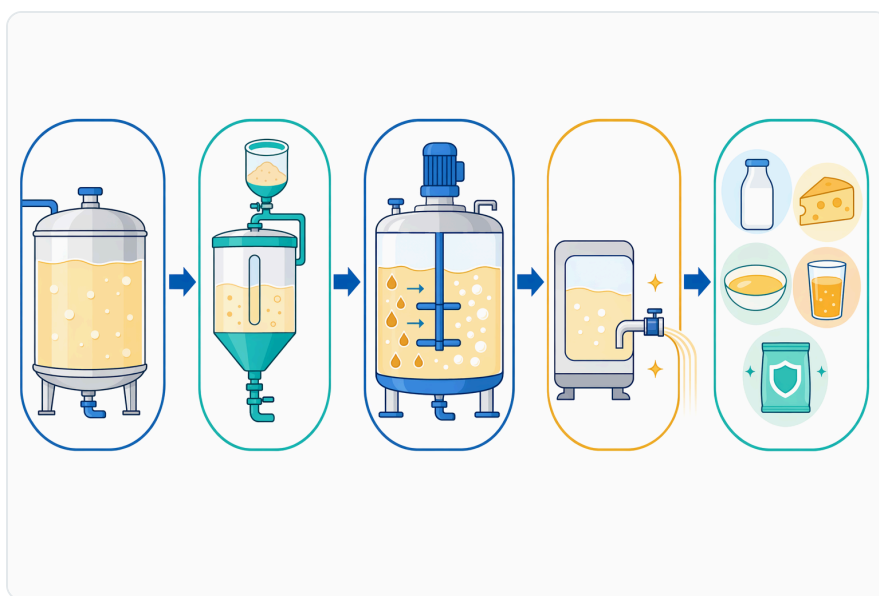


Figure 3. 카탈라아제 처리는 과산화물 처리 후, 발효·혼합·가열·포장 또는 기타 과산화물에 민감한 작업 전에 사용됩니다.

## Katalaza w układach z oksydazą glukozową

Oksydaza glukozowa jest jednym z najlepiej znanych przykładów enzymu, którego działanie może wymagać kontroli  $H_2O_2$ . W obecności tlenu katalizuje utlenianie glukozy, a nadtlenek wodoru powstaje jako produkt uboczny. W układach spożywczych, biotechnologicznych i analitycznych jest to zaleta lub problem — zależnie od tego, czy  $H_2O_2$  ma pełnić funkcję przeciwdrobnoustrojową, sygnałową, czy też powinien być usunięty, aby nie hamował dalszych reakcji <sup>[3]</sup>.

Dodanie katalazy do takiego układu może ograniczać akumulację  $H_2O_2$ . Ma to znaczenie, ponieważ nadtlenek wodoru może dezaktywować lub obciążać inne białka enzymatyczne, a w skrajnych przypadkach wpływać na stabilność procesu. Badania nad inaktywacją peroksydazy chrzanowej przez  $H_2O_2$  pokazują, że nadtlenek wodoru nie jest obojętnym tłem reakcji enzymatycznej, lecz może modyfikować aktywność białek w zależności od warunków i czasu ekspozycji [7].

Z punktu widzenia projektowania procesu katalaza może więc działać jako „bezpiecznik” w systemach wieloenzymatycznych. Nie zmienia ona pierwotnej funkcji oksydazy glukozowej, ale kontroluje jeden z jej reaktywnych produktów. To podejście jest szczególnie przydatne tam, gdzie wymagana jest powtarzalność procesu, ograniczenie stresu oksydacyjnego i ochrona kolejnych etapów technologicznych.

## Zastosowania poza żywnością: tekstylia, woda procesowa i ścieki

Najbardziej praktycznym przykładem pozaspożywczym jest przemysł tekstylny. Po wybielaniu bawełny nadtlenkiem wodoru pozostały  $H_2O_2$  może zakłócać barwienie, ponieważ reaguje z barwnikami lub zmienia warunki kąpieli. Badania nad usuwaniem resztkowego  $H_2O_2$  po wybielaniu bawełny wskazują, że katalaza może zastąpić lub ograniczyć tradycyjne etapy neutralizacji chemicznej, prowadząc do rozkładu nadtlenu wodoru przed dalszym barwieniem [5].

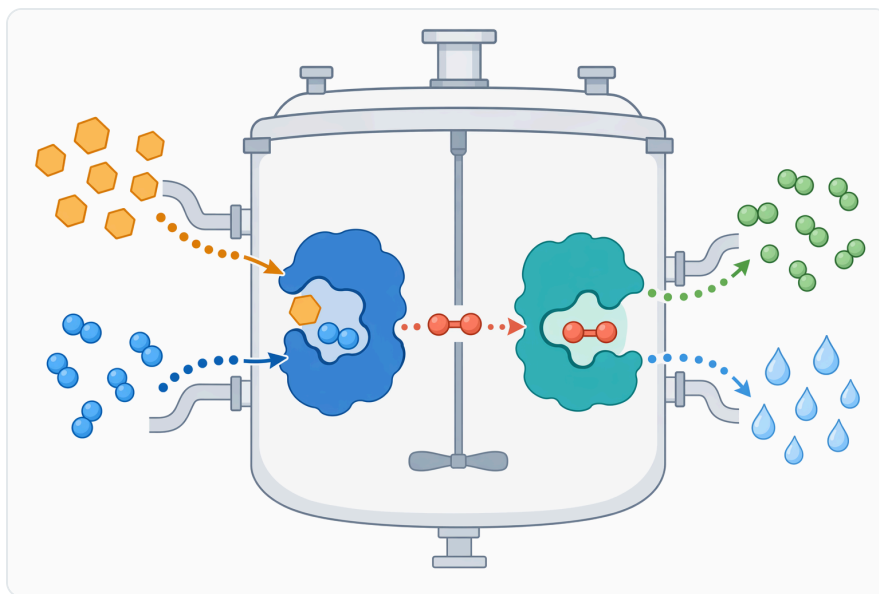


Figure 4. 글루코스 산화효소 시스템에서 카탈라아제는 포도당 산화 중 생성된 과산화수소를 분해합니다.

Podobne znaczenie ma katalaza w strumieniach wodnych. Jeśli  $H_2O_2$  pozostaje po myciu, dezynfekcji lub obróbce oksydacyjnej, może wpływać na dalsze oczyszczanie biologiczne albo na możliwość ponownego użycia wody. W badaniach nad immobilizowaną katalazą wykazano przydatność układów

ciągłych do usuwania  $H_2O_2$  z wody przeznaczonej do ponownego wykorzystania, co potwierdza procesową wartość enzymu poza samą matrycą żywnościową [4].

W nowszych pracach analizuje się również immobilizację katalazy na różnych nośnikach, aby poprawić jej stabilność, odzysk i możliwość pracy w reaktorach przepływowych. Przykładem są badania nad katalazą immobilizowaną na chitozanie aktywowanym aldehydem glutarowym i jej użyciem do usuwania  $H_2O_2$  z modelowych ścieków [8]. Dla użytkownika procesowego ważny jest wniosek ogólny: stabilność enzymu i sposób kontaktu z matrycą mogą być równie istotne jak sama reakcja chemiczna.

## Wolna katalaza, immobilizowana katalaza i katalizatory nieenzymatyczne

---

Katalaza dostępna jako enzym procesowy jest zwykle stosowana w formie, która umożliwia szybki kontakt z wodną matrycą zawierającą  $H_2O_2$ . W literaturze duże zainteresowanie budzi jednak także katalaza immobilizowana, ponieważ unieruchomienie enzymu może ułatwiać jego separację, wielokrotne użycie lub pracę w reaktorach ciągłych. Przegląd z 2024 roku podsumowuje immobilizację katalazy jako obszar rozwijany właśnie w celu poprawy stabilności, kontroli procesu i praktycznej użyteczności enzymu [1].

Obok enzymów naturalnych badane są także „nanozymy” i katalizatory nieenzymatyczne naśladujące aktywność katalazy. Materiały takie jak nanostruktury węglowe, metale lub kompozyty mogą rozkładać  $H_2O_2$ , ale ich profil zastosowań, bezpieczeństwo, regulacje i zachowanie w żywności różnią się od klasycznych enzymów. Przeglądy dotyczące nanozymów węglowych opisują ich zdolności enzymopodobne, w tym reakcje związane z  $H_2O_2$ , lecz są to technologie odrębne od food-grade catalase jako środka enzymatycznego [9].

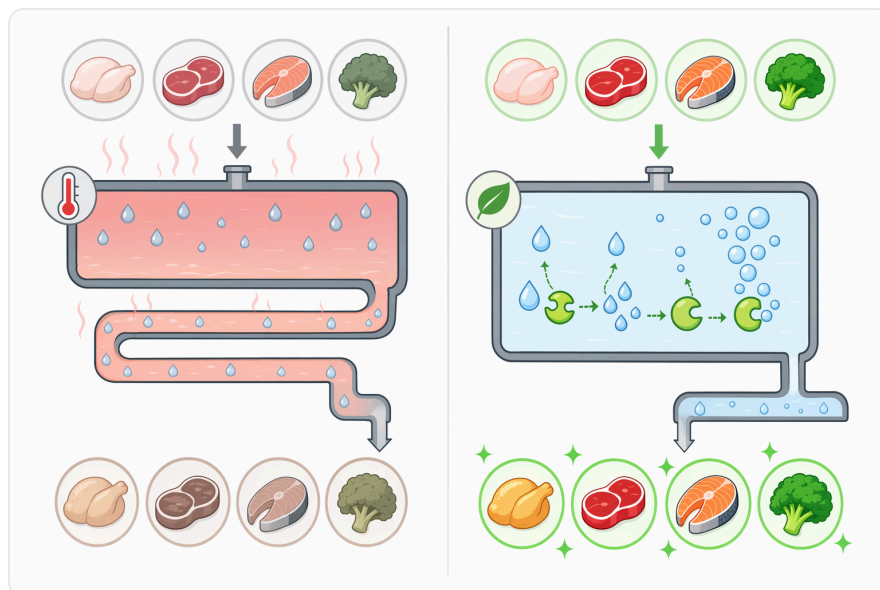


Figure 5. 카탈라아제는 별도의 수소 공여체 없이 과산화물을 물과 산소로 효율적으로 전환한다는 점에서 희석, 화학적 환원, 자연 분해와 다릅니다.

Rozwiązanie	Jak usuwa H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Główna zaleta	Główne ograniczenie
Wolna katalaza	Enzymatyczny rozkład H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> do H <sub>2</sub> O i O <sub>2</sub>	Szybki kontakt z matrycą i prosta integracja po etapie użycia H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Enzym pozostaje białkiem wrażliwym na warunki procesu
Immobilizowana katalaza	Ta sama reakcja, ale enzym jest związany z nośnikiem	Łatwiejsza separacja i potencjał pracy ciągłej	Wymaga odpowiedniej konfiguracji reaktora i kontaktu z substratem [10]
Samorzutny rozkład H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Rozpad zależny od warunków środowiska	Brak dodatku enzymu	Wolniejszy i mniej przewidywalny w procesie przemysłowym
Redukcja chemiczna	Reakcja z odczynnikami redukującym	Może być skuteczna technologicznie	Może wprowadzać dodatkowe produkty reakcji do systemu
Katalizatory enzymopodobne	Powierzchniowa lub redoksowa aktywacja H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Duża stabilność niektórych materiałów	Inny profil regulacyjny i bezpieczeństwa niż enzymy spożywcze [11]

## Czynniki procesowe wpływające na skuteczność katalazy

Skuteczność katalazy zależy od kilku czynników typowych dla enzymów: temperatury, pH, czasu kontaktu, intensywności mieszania, stężenia H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, składu matrycy i obecności substancji, które mogą dezaktywować białko. Nie należy zakładać, że ten sam czas reakcji będzie działał identycznie w wodzie,

mleku, soku, kąpeli tekstylnej i ścieku procesowym. Badania kinetyczne rozkładu  $H_2O_2$  i dezaktywacji katalazy podkreślają, że oba zjawiska — reakcja substratu i utrata aktywności enzymu — zachodzą równolegle i powinny być uwzględniane w projektowaniu procesu [2].

Temperatura zwykle przyspiesza reakcje enzymatyczne tylko do pewnego punktu; po jego przekroczeniu rośnie ryzyko denaturacji białka. Podobnie pH wpływa na strukturę centrum aktywnego i ładunek powierzchniowy enzymu. W literaturze rozwija się inżynierię białek katalazy, aby zwiększać termostabilność i aktywność w zastosowaniach przemysłowych, co pokazuje, że odporność na warunki procesu jest jednym z kluczowych parametrów praktycznych [12].

Stężenie  $H_2O_2$  również ma znaczenie. Nadtlenek wodoru jest substratem katalazy, ale przy wysokiej ekspozycji może jednocześnie przyczyniać się do dezaktywacji białek enzymatycznych. Dlatego w procesach przemysłowych ważne jest dodawanie katalazy w punkcie, w którym  $H_2O_2$  spełnił już swoją funkcję, lecz warunki nadal pozwalają enzymowi działać skutecznie. Nie jest to wyłącznie kwestia „dodania enzymu”, ale właściwego umiejscowienia etapu w całej sekwencji technologicznej.

Mieszanie i geometria układu wpływają na kontakt enzymu z  $H_2O_2$  oraz na usuwanie powstającego tlenu. W małych zbiornikach uwalnianie tlenu może być nieistotne, ale w większych systemach procesowych piana, napowietrzenie lub lokalne strefy wysokiego stężenia  $H_2O_2$  mogą wpływać na przebieg reakcji. W reaktorach przepływowych z immobilizowaną katalazą badano rozwiązania poprawiające rozkład  $H_2O_2$  poprzez kontrolę kontaktu substratu z enzymem [10].

## Bezpieczeństwo technologiczne i dokumentacja użytkownika

---

Katalaza w zastosowaniach food-grade powinna być traktowana jako środek pomocniczy procesu, zgodnie z przeznaczeniem i wewnętrznymi procedurami zakładu. Nie jest produktem do bezpośredniego spożycia ani składnikiem mającym podnosić wartość odżywczą żywności. Jej rola polega na reakcji z  $H_2O_2$  w kontrolowanym miejscu procesu, a następnie na umożliwieniu przejścia do kolejnego etapu bez niepożądanego obecności nadtlenu wodoru.



Figure 6. 카탈라아제의 성능은 온도, pH, 혼합, 과산화물 노출, 저해제 등 효소에 적합한 조건에 따라 달라집니다.

Enzymes.bio działa w tym łańcuchu jako dostawca online enzymów dla użytkowników przemysłowych i technicznych. Produkt jest sprzedawany bezpośrednio online w jednostkach 1 kg, a dokumenty CoA i SDS są dostarczane wraz z zamówieniem. Informacje firmowe Enzymes.bio opisują działalność jako dostarczanie enzymów dla zastosowań procesowych i przemysłowych; nie należy interpretować tego jako deklaracji, że firma jest producentem lub laboratorium badawczym .

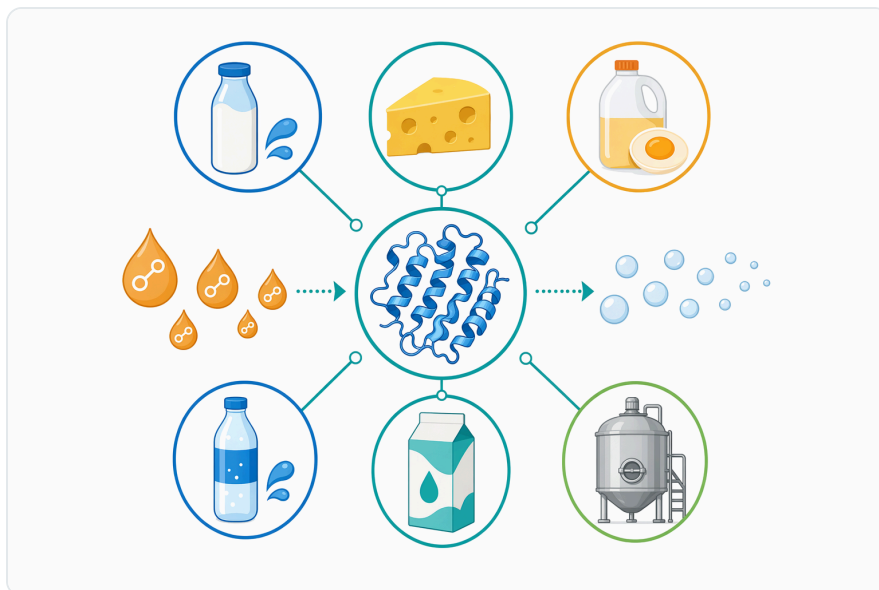
Z perspektywy użytkownika procesu dokumentacja taka jak CoA i SDS wspiera identyfikowalność partii oraz bezpieczne obchodzenie się z produktem enzymatycznym. Nie zastępuje jednak walidacji procesu w konkretnej linii produkcyjnej. Zakład nadal odpowiada za potwierdzenie, że etap z katalazą usuwa  $H_2O_2$  do poziomu zgodnego z wymaganiami jego produktu, procesu i lokalnych przepisów.

## Ograniczenia: kiedy sama katalaza nie wystarczy

Najważniejsze ograniczenie jest funkcjonalne: katalaza rozkłada  $H_2O_2$ , ale nie usuwa automatycznie skutków wcześniejszego utleniania. Jeśli nadtlenek wodoru zdążył już zmienić barwę, aromat, strukturę białek lub aktywność mikroorganizmów, późniejsze dodanie katalazy nie cofnie tych zmian. Enzym zatrzymuje dalsze działanie  $H_2O_2$ , lecz nie odwraca historii procesu.

Drugie ograniczenie dotyczy matrycy. Tłuszcze, białka, polifenole, sole, środki powierzchniowo czynne lub pozostałości innych chemikaliów mogą wpływać na dostępność  $H_2O_2$  i stabilność enzymu. W praktyce dlatego katalaza działa przewidywalniej w dobrze zdefiniowanych wodnych etapach procesu

niż w złożonych, niejednorodnych mieszaninach. Badania nad katalazą immobilizowaną i jej zastosowaniem w ściekach modelowych pokazują, że dobór formy enzymu oraz środowiska reakcji ma duże znaczenie dla skuteczności usuwania  $H_2O_2$  [8].



**Figure 7.** 카탈라아제를 이용한 과산화물 제거 화학은 식품, 유제품, 원료, 섬유, 펄프 및 제지, 폐수, 공정수 분야에 적용됩니다.

Trzecie ograniczenie wiąże się z tlenem powstającym w reakcji. W wielu procesach jest on neutralnym produktem ubocznym, ale w niektórych napojach, fermentacjach lub układach wrażliwych na napowietrzenie może wymagać uwzględnienia. Katalaza nie „usuwa” tlenu; przeciwnie, generuje go z  $H_2O_2$ . To korzystne, gdy celem jest szybka neutralizacja nadtlenu wodoru, lecz wymaga kontroli tam, gdzie tlen rozpuszczony ma znaczenie jakościowe.

## Podsumowanie techniczne

Food-Grade Catalase For Hydrogen Peroxide Decomposition jest enzymem procesowym do selektywnego rozkładu nadtlenu wodoru do wody i tlenu. Jej największa wartość pojawia się po etapach, w których  $H_2O_2$  był używany jako utleniacz albo powstał jako produkt uboczny, lecz nie powinien pozostawać w matrycy przed fermentacją, pakowaniem, barwieniem, dalszą biokatalizą lub oczyszczaniem strumienia wodnego. Mechanizm działania katalazy jest dobrze opisany w literaturze dotyczącej enzymatycznego usuwania  $H_2O_2$  i zastosowań katalazy w formie wolnej oraz immobilizowanej [1].

Dla użytkownika przemysłowego kluczowe jest realistyczne rozumienie enzymu: katalaza nie zastępuje higienizacji, nie jest uniwersalnym konserwantem i nie neutralizuje wszystkich utleniaczy. Jest natomiast precyzyjnym narzędziem do zakończenia działania  $H_2O_2$  w łagodnych warunkach, bez wprowadzania

dotatkowego silnego reduktora chemicznego. Enzymes.bio dostarcza katalazę jako produkt B2B dostępny online w jednostkach 1 kg, z dokumentami CoA i SDS dostarczonymi wraz z zamówieniem.

## Zamów Food-Grade Catalase For Hydrogen Peroxide Decomposition online

Sprzedawany w jednostkach 1 kg, dostępny z magazynu i gotowy do wysyłki. Zamów bezpośrednio w naszym sklepie — zapłać online, a my przetworzymy Twoje zamówienie. Do każdego zamówienia dołączamy Certyfikat Analizy i Kartę Charakterystyki.

[Kup Food-Grade Catalase For Hydrogen Peroxide Decomposition →](#)

## Bibliografia

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

1. Abdalbagemohammedabdalsadeg, S., Xiao, B., Ma, X., Li, Y., Wei, J., Moosavi-Movahedi, A., Yousefi, R., ... et al. (2024). Catalase immobilization: Current knowledge, key insights, applications, and future prospects - A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 133941 .
2. Miłek, J. (2018). ESTIMATION OF THE KINETIC PARAMETERS FOR H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ENZYMATIC DECOMPOSITION AND FOR CATALASE DEACTIVATION. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*.
3. Bauer, J. A., Zámocká, M., Majtán, J., & Bauerová-Hlinková, V. (2022). Glucose Oxidase, an Enzyme “Ferrari”: Its Structure, Function, Production and Properties in the Light of Various Industrial and Biotechnological Applications. *Biomolecules*, 12.
4. Yoon, D., Won, K., Kim, Y. H., Song, B., Kim, S. J., Moon, S., & Kim, B. S. (2007). Continuous removal of hydrogen peroxide with immobilised catalase for wastewater reuse. *Water Science and Technology*, 55 1-2, 27-33 .
5. Fenta, W. A., Haile, A., & Nalankilli, G. (2017). Removal of Residual Hydrogen Peroxide in Cotton Bleaching using Catalase Enzyme. *International journal of industrial engineering*.
6. Qi, W., Skov, P. V., Jesus Gregersen, K. J., & Pedersen, L. (2023). A novel method to estimate biofilm activity based on enzymatic oxygen release from hydrogen peroxide decomposition. *Biofilm*, 5, 100121 .
7. Morales-Urrea, D. A., López-Córdoba, A., & Contreras, E. (2023). Inactivation kinetics of horseradish peroxidase (HRP) by hydrogen peroxide. *Scientific Reports*, 13.
8. Tabaru, I. N., & Türkhan, A. (2024). Immobilisation of catalase purified from mushroom (Hydnum repandum) onto glutaraldehyde-activated chitosan and characterisation: Its application for the removal of hydrogen peroxide from artificial wastewater. *Green Processing and Synthesis*, 13.
9. Lopez-Cantu, D. O., González-González, R. B., Melchor-Martínez, E. M., Martínez, S. A. H., Araújo, R., Parra-Arroyo, L., Sosa-Hernández, J. E., ... et al. (2021). Enzyme-mimicking capacities of carbon-dots nanozymes: Properties, catalytic

mechanism, and applications - A review. *International Journal of Biological Macromolecules*.

10. Li, Y., Zhang, Y., Zhang, W., Wu, H., & Zhang, S. (2024). Enhanced Hydrogen Peroxide Decomposition in a Continuous-Flow Reactor over Immobilized Catalase with PAES-C. *Polymers*, 16.
11. Zhu, D., He, P., Kong, H., Yang, G., Luan, X., & Wei, G. (2022). Biomimetic graphene-supported ultrafine platinum nanowires for colorimetric and electrochemical detection of hydrogen peroxide. *Journal of materials chemistry. B*.
12. Xu, S., Ya-Chen, Xiang-Meng, Pan, R., Yan, A., Zhi-Li, & Zong-Li (2025). Computational-assisted protein engineering to develop thermostable and highly active catalase for industrial and biocatalytic applications. *Bioresource Technology*, 133081 .

## 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

© 2026 Enzymes.bio · Dostawy enzymów przemysłowych i do przetwórstwa żywności · Nie do spożycia przez ludzi ani sprzedaży detalicznej.