

# Food Grade Protease do enzymatycznego odwłosiania skór — mechanizm, zastosowanie i ograniczenie chemikaliów w garbarstwie

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

**Food Grade Protease For Enzymatic Dehairing** to proteaza stosowana jako biokatalizator wspomagający enzymatyczne odwłosianie skór, czyli selektywne osłabianie struktur białkowych utrzymujących włos, naskórek i składniki niekolagenowe. W praktyce garbarskiej jej główna wartość polega na możliwości ograniczenia intensywności klasycznych etapów wapniowo-siarczkowych, przy jednoczesnym zachowaniu kontroli nad włóknistą strukturą skóry. Badania nad enzymatycznym odwłosianiem wskazują, że skuteczność zależy nie tylko od samej proteazy, lecz także od specyficzności enzymu, przenikania w skórę, pH, temperatury, mieszania i czasu kontaktu <sup>[1]</sup>.

## Czym jest Food Grade Protease For Enzymatic Dehairing?

Food Grade Protease For Enzymatic Dehairing to enzym proteolityczny przeznaczony do zastosowań procesowych, w których potrzebna jest kontrolowana hydroliza białek. W kontekście skór surowych proteaza nie ma „rozpuścić” całego materiału, lecz osłabić wybrane struktury białkowe i proteoglikanowe związane z włosem, naskórkiem oraz substancjami międzywłóknistymi, tak aby usuwanie włosa przebiegało łagodniej niż w silnie chemicznych procesach odwłosiania <sup>[2]</sup>.

Określenie „food grade protease” odnosi się do profilu produktu enzymatycznego i jego zastosowania jako kontrolowanego biokatalizatora; nie oznacza natomiast, że proces garbarski jest procesem spożywczym. Proteazy o profilu „food-grade” są szeroko opisywane w literaturze przemysłowej jako enzymy wykorzystywane w wielu sektorach, ponieważ rozcinają wiązania peptydowe w białkach i pozwalają prowadzić reakcje w warunkach łagodniejszych niż wiele reakcji chemicznych <sup>[3]</sup>.

Enzymes.bio występuje w tym modelu jako dostawca produktu sprzedawanego online, a nie jako producent enzymu ani laboratorium badawcze. Produkt jest dostępny bezpośrednio w jednostkach 1 kg, a dokumenty CoA i SDS są dostarczane wraz z zamówieniem; parametry konkretnej partii należy interpretować na podstawie dokumentów dołączonych do zakupionego produktu.

## Dlaczego enzymatyczne odwłosianie jest istotne w garbarstwie?

Klasyczne odwłosianie skór opiera się zwykle na środowisku silnie zasadowym i reagentach siarczkowych. Taki proces jest skuteczny, ponieważ siarczki osłabiają strukturę keratyny włosa, a wapno wpływa na pęcznienie i otwarcie skóry, ale jednocześnie generuje problematyczne ścieki, charakterystyczny zapach i trudniejsze do zagospodarowania odpady białkowe [1].

Enzymatyczne odwłosianie rozwinięto jako jedną z odpowiedzi na potrzebę czystszych technologii garbarskich. Proteazy mogą wspierać usuwanie włosa przez działanie na białka niekolagenowe, elementy naskórka, struktury okołomieszkowe i składniki macierzy, zamiast polegać wyłącznie na agresywnej degradacji chemicznej [2].

Dla zakładu garbarskiego oznacza to potencjalnie mniejsze oparcie procesu na siarczkach, większą możliwość odzysku włosa jako oddzielnej frakcji oraz lepszą kontrolę nad tym, które składniki skóry są modyfikowane. Nie jest to jednak proces automatyczny: proteaza musi dotrzeć do właściwych warstw skóry i działać wystarczająco selektywnie, aby nie pogorszyć jakości lica ani nie spowodować nadmiernej proteolizy kolagenu [1].



**Figure 1.** 식품 등급은 효소 제제와 관련 문서의 기준을 설명하는 것이며, 효소 탈모는 여전히 가죽 제조 전처리 공정에서 사용되는 산업적 응용이다.

# Mechanizm działania proteazy w odwłosianiu skór

---

## Hydroliza białek zamiast mechanicznego „wrywania” włosa

Proteazy katalizują rozkład wiązań peptydowych, czyli rozcinają łańcuchy białkowe na krótsze fragmenty. W odwłosianiu oznacza to osłabienie białek i struktur towarzyszących, które utrzymują włos w mieszku, wiążą naskórek ze skórą właściwą lub ograniczają otwarcie przestrzeni między włóknami [4].

Najważniejsze jest to, że skóra nie jest jednorodną płytą kolagenową. Zawiera włókna kolagenowe, białka niekolagenowe, proteoglikany, glikozoaminoglikany, naskórek, włosy, cebulki włosowe, tłuszcze i inne składniki naturalne. Proteaza do enzymatycznego odwłosiania musi więc działać w układzie wielofazowym, w którym pożądane jest osłabienie struktur niekolagenowych, a nie destrukcja całego kolagenowego rusztowania skóry [2].

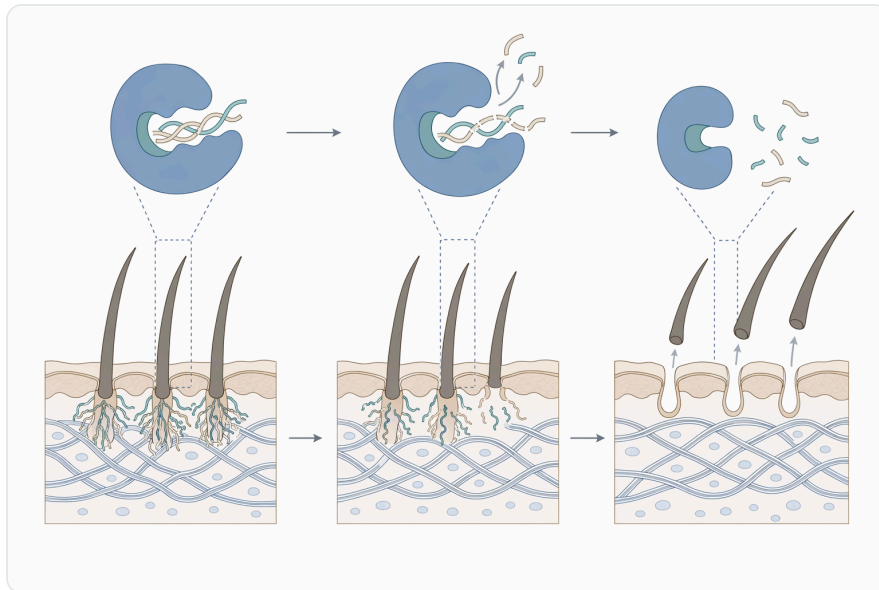
W praktyce technicznej oznacza to, że proteaza ma wspierać „rozluźnienie” połączeń wokół włosa oraz częściowe usunięcie materiału naskórkowego i niekolagenowego. Jeżeli proces jest dobrze kontrolowany, włos może zostać oddzielony przy mniejszym uszkodzeniu i z większą szansą na odzysk jako frakcja uboczna, co odróżnia takie podejście od procesów typu hair-burn, w których włos jest silniej niszczone chemicznie [5].

## Rola proteoglikanów i białek niekolagenowych

Jednym z kluczowych aspektów enzymatycznego odwłosiania jest wpływ proteazy na składniki niekolagenowe. Badania mechanistyczne nad skórą wskazują, że proteazy mogą usuwać lub modyfikować elementy macierzy okołowłóknistej, co ułatwia otwieranie struktury skóry i oddzielanie włosa bez konieczności tak intensywnej chemicznej degradacji keratyny [2].

Proteoglikany i białka niekolagenowe pełnią funkcję „organizatorów” przestrzeni między włóknami. Jeżeli zostaną częściowo zdegradowane, wiązki włókien kolagenowych mogą się bardziej otworzyć, a dostęp reagentów procesowych do wnętrza skóry staje się łatwiejszy. To wyjaśnia, dlaczego proteaza w odwłosianiu działa nie tylko na sam włos, lecz także na otaczające go struktury skóry [1].

Ten mechanizm ma jednak granice. Zbyt agresywna lub zbyt długo prowadzona proteoliza może przejść od korzystnego usuwania składników niekolagenowych do niepożądanego osłabienia struktury skóry. Dlatego w zastosowaniach przemysłowych enzym należy traktować jako narzędzie procesowe wymagające kontroli, a nie jako prosty zamiennik chemikaliów działający niezależnie od warunków [1].



**Figure 2.** 효소 탈모는 모발을 고정하는 모낭 주변 및 비콜라겐성 단백질 구조를 표적으로 하며, 동시에 콜라겐 네트워크를 보존하는 것을 목표로 한다.

## Proteaza, keratynaza i specyficznosc enzymatyczna

W literaturze dotyczacej odwlosiania czesto pojawiaja sie zarowno proteazy alkaliczne, jak i keratynazy. Keratynaza jest enzymem proteolitycznym o zdolnosci rozkladu keratyny, czyli bialka szczegolnie odpornego ze wzgledu na mostki disiarczkowe i zwarta strukture wlokien wlosa. Badania nad keratynazami z rodzaju *Bacillus* pokazuja ich przydatnosc w odwlosianiu skor kozich, co potwierdza znaczenie specyficznosci enzymu wobec struktur wlosa [6].

Nie kazda proteaza dziala tak samo. Proteaza o wysokiej aktywnosci wobec latwo dostepnych bialek moze szybko modyfikowac powierzchnie skory, ale niekoniecznie skutecznie oslabi glabiej polozone struktury mieszka wlosowego. Z kolei enzymy o profilu keratynolitycznym moga lepiej oddzialywac na elementy wlosa, jednak nadal musza byc prowadzone w warunkach chroniacych strukture skory [7].

Z tego powodu przeglad mechanistyczne podkreslaja, ze skutecznosc enzymatycznego odwlosiania zalezy od dopasowania specyficznosci enzymu do celu procesu: usuniecia wlosa, ograniczenia uszkodzen lica, otwarcia skory i zachowania wlasciwosci kolagenu. Sama informacja, ze enzym jest „proteaza”, nie wystarcza do przewidzenia efektu technologicznego bez uwzglednienia warunkow aplikacji [1].

## Proteazy alkaliczne w procesach skórzanych

W garbarstwie szczególne znaczenie mają proteazy aktywne w środowisku zasadowym, ponieważ wiele operacji przygotowawczych skóry przebiega przy podwyższonym pH. Proteazy alkaliczne są szeroko opisywane jako enzymy przemysłowe stosowane w detergentach, przetwórstwie białek, gospodarce odpadami i procesach skórzanych, gdzie ich przewagą jest zdolność działania w warunkach typowych dla etapów mokrych [4].

W odwłosianiu skór liczy się nie tylko aktywność w kąpeli, ale też stabilność funkcjonalna w obecności składników skóry, tłuszczu, soli, pozostałości po konserwacji oraz innych dodatków procesowych. Enzym, który w prostym układzie laboratoryjnym szybko rozkłada białko modelowe, może w skórze działać inaczej, ponieważ musi dyfundować przez zwartą, nierówną i częściowo hydrofobową strukturę [1].

W badaniach nad enzymatycznym odwłosianiem skór bydłych wykorzystuje się m.in. termostabilne alkaliczne proteazy serynowe, co pokazuje, że ta grupa enzymów pozostaje jednym z głównych kierunków rozwoju technologii ograniczających klasyczne obciążenie chemiczne procesu [8].



**Figure 3.** 석회-황화물 탈모는 주로 케라틴을 공격해 털을 분해할 수 있는 반면, 효소 보조 탈모는 털을 고정하는 주변 환경을 약화시키는 데 초점을 둔다.

## Porównanie: odwłosianie wapniowo-siarczkowe, enzymatyczne i układy wspomagane

Kryterium technologiczne	Klasyczne odwłosianie wapniowo-siarczkowe	Odwłosianie enzymatyczne z użyciem proteazy	Układy wspomagane oksydacyjno-enzymatycznie
Główny mechanizm	Chemiczne osłabienie i degradacja struktur włosa, silne środowisko zasadowe	Hydroliza wybranych białek, struktur okołowłosowych i składników niekolagenowych	Połączenie działania enzymu z reakcjami pomocniczymi ułatwiającymi oddzielenie włosa
Wpływ na włos	Często silna degradacja włosa, trudniejszy odzysk czystej frakcji	Możliwość łagodniejszego oddzielenia włosa i łatwiejszego odzysku	Zależny od układu; celem jest zwiększenie efektywności przy ograniczeniu obciążenia
Ryzyko procesowe	Obciążenie ścieków siarczkami, zapach, silna alkaliczność	Zbyt wolne lub nierównomierne działanie enzymu, ryzyko powierzchniowej proteolizy	Konieczność kontroli zgodności enzymu i czynnika wspomagającego
Potencjalna zaleta	Wysoka skuteczność i znana praktyka przemysłowa	Większa selektywność i zgodność z czystszyimi technologiami	Możliwość poprawy szybkości i kompletności odwłosiania
Podstawa literaturowa	Punkt odniesienia w przeglądach procesów odwłosiania	Szeroko badane proteazy i keratynazy do skór bydłych, kozich i owczych	Opisywane jako kierunek poprawy zrównoważenia procesu

Układy enzymatyczne nie powinny być przedstawiane jako uniwersalne zastępstwo każdej receptury wapniowo-siarczkowej. Literatura pokazuje raczej, że proteazy są narzędziem do projektowania łagodniejszych i bardziej selektywnych procesów, których ostateczna skuteczność zależy od całej technologii garbarskiej <sup>[1]</sup>.

W ostatnich latach badano również rozwiązania oksydacyjno-enzymatyczne, które mają wspierać skuteczność odwłosiania i jednocześnie przesunąć proces w stronę większej trwałości środowiskowej. Takie podejścia wskazują, że przyszłość odwłosiania może polegać nie na pojedynczym „cudownym” dodatku, lecz na integracji enzymów z lepiej kontrolowanymi układami pomocniczymi <sup>[9]</sup>.

## Dowody z badań nad różnymi rodzajami skór

---

### Skóry bydlęce

Skóry bydlęce są jednym z najważniejszych surowców garbarskich, dlatego badania nad enzymatycznym odwłosianiem często koncentrują się na cowhide. Praca dotycząca termostabilnej alkalicznej proteazy serynowej 50a opisuje jej zastosowanie w ekologicznym enzymatycznym odwłosianiu skóry bydlęcej, co potwierdza praktyczne zainteresowanie proteazami jako narzędziami dla cięższych i grubszych surowców skórzanych [8].

W przypadku skór bydlęcych szczególnie ważne jest przenikanie enzymu przez grubszy materiał. Jeżeli proteaza działa głównie przy powierzchni, może dawać szybki efekt wizualny bez równomiernego osłabienia struktur głębszych. To właśnie dlatego mechanistyczne przeglądy odwłosiania podkreślają znaczenie specyficzności, dyfuzji i kontroli procesu, a nie tylko doboru „mocniejszego” enzymu [1].

### Skóry kozie

Skóry kozie są często wykorzystywane w badaniach nad keratynazami i proteazami z rodzaju *Bacillus*. Opisano m.in. wysoką ekspresję keratynazy przez *Bacillus subtilis* SCK6 i jej zastosowanie w enzymatycznym odwłosianiu skór kozich, co pokazuje, że enzymy ukierunkowane na keratynę mogą być użyteczne tam, gdzie celem jest skuteczne oddzielenie włosa [6].

Inne badania dotyczące metaloproteazy ekspresjonowanej przez *Bacillus subtilis* SCK6 również wskazują na potencjał enzymatycznego odwłosiania skór kozich. Różnica między keratynazą, metaloproteazą i klasyczną proteazą serynową ma znaczenie technologiczne, ponieważ odmienne klasy enzymów mogą inaczej reagować na pH, skład kąpieli i obecność jonów metali [10].



**Figure 4.** 발표된 탈모 연구에는 염소 가죽, 양가죽, 소가죽이 포함되어 있으며, 이는 다양한 가죽 원료에서 프로테아제 시스템이 연구되어 왔음을 보여준다.

Opisano także wykorzystanie keratynazy z nowo izolowanego szczepu *Bacillus* sp. MD24 do odwłosiania skóry koziej. Takie prace potwierdzają, że surowce kozie są dobrym modelem do oceny enzymów oddziałujących na włos, mieszek włosowy i powierzchniowe warstwy skóry [7].

### Skóry owcze i odzysk frakcji ubocznych

W przypadku skór owczych szczególnie interesujące jest połączenie odwłosiania z odzyskiem wartościowych frakcji, ponieważ runo i tłuszcze mogą stanowić dodatkowy strumień materiałowy. Badanie dotyczące enzymatycznego odwłosiania skóry owczej opisywało odzysk i charakterystykę istotnych handlowo hydrolizatów wełny oraz tłuszczów, co dobrze pokazuje potencjał procesów enzymatycznych w gospodarce obiegu zamkniętego [5].

To nie oznacza, że każdy proces enzymatyczny automatycznie generuje gotowy produkt uboczny o wartości rynkowej. O wartości odzyskanej frakcji decydują czystość, sposób separacji, dalsze oczyszczanie i lokalne możliwości wykorzystania. Mimo to enzymatyczne odwłosianie daje technologicznie inną sytuację niż proces silnie niszczący włos w kąpeli siarczkowej [5].

### Kluczowe parametry procesu — bez sprowadzania enzymu do „dawki”

W zastosowaniach garbarskich proteaza jest tylko jednym elementem układu. Na efekt odwłosiania wpływają rodzaj skóry, stan konserwacji, grubość, zawartość tłuszczu, wcześniejsze moczenie, pH kąpeli, temperatura, czas kontaktu, intensywność ruchu mechanicznego i zgodność z innymi składnikami receptury [1].

Najczęstszy błąd w myśleniu o enzymatycznym odwłosianiu polega na traktowaniu proteazy wyłącznie jako dodatku, którego „więcej” oznacza „lepiej”. W rzeczywistości nadmierna proteoliza może prowadzić do osłabienia struktury, uszkodzenia lica, nierównomiernego odwłosienia albo niekorzystnego wpływu na kolejne etapy garbarskie [2].

Równie ważne jest przenikanie enzymu. Skóra jest materiałem włóknistym i dyfuzyjnie trudnym, dlatego enzym musi dotrzeć do struktur okołowłosowych, a nie działać tylko w warstwie powierzchniowej. Przeglądy mechanistyczne wskazują, że właśnie rozmieszczenie enzymu w materiale i jego specyficzność wobec substratów decydują o różnicy między skutecznym odwłosianiem a powierzchniowym nadtrawieniem [1].

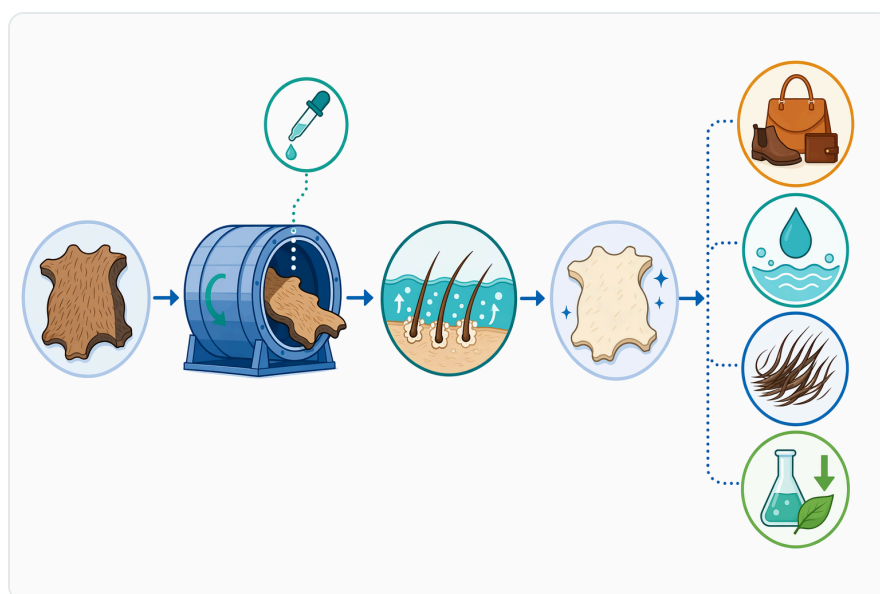


Figure 5. 효소 탈모 과정에서는 접근 가능한 단백질이 가수분해되고, 털의 고정력이 감소하며, 기계적 작용으로 털이 제거되고, 원피가 더 깨끗해진다.

## Korzyści technologiczne dla zakładów B2B

### Ograniczenie zależności od siarczków

Najczęściej wskazywaną korzyścią enzymatycznego odwłosiania jest możliwość ograniczenia intensywności procesów opartych na siarczkach. Proteaza nie zastępuje automatycznie całej technologii, ale może stać się częścią receptury projektowanej pod mniejsze obciążenie ścieków i łagodniejsze warunki prowadzenia procesu [1].

W praktyce taki kierunek jest zgodny z szerszym trendem wykorzystania enzymów w przemyśle jako biokatalizatorów umożliwiających bardziej selektywne reakcje. Przeglądy technologii enzymatycznych w przemyśle podkreślają, że enzymy są cenne tam, gdzie pozwalają ograniczać temperaturę,

agresywność chemiczną lub ilość produktów ubocznych [11].

### Lepsza selektywność wobec składników niekolagenowych

Proteazy w odwłosianiu są interesujące, ponieważ mogą oddziaływać na białka niekolagenowe i struktury okołowłosowe, a nie wyłącznie niszczyć włos. Taka selektywność jest szczególnie ważna w skórnictwie, gdzie kolagen stanowi zasadniczy materiał przyszłej skóry wyprawionej i powinien zostać zachowany w możliwie kontrolowanym stanie [2].

Z perspektywy jakości gotowego półproduktu oznacza to potencjał do lepszego zachowania struktury włókien, pod warunkiem że proces nie zostanie przeprowadzony zbyt agresywnie. Proteaza może więc pomóc w otwarciu skóry, ale wymaga kontroli tak samo jak klasyczne środki chemiczne [1].

### Możliwość odzysku włosa, wełny i tłuszczów

Procesy enzymatyczne mogą sprzyjać oddzieleniu włosa lub wełny w formie mniej zdegradowanej niż w procesach silnie siarczkowych. Badania nad skórą owczą pokazują, że po enzymatycznym odwłosianiu można analizować odzyskane hydrolizaty wełny i tłuszcze jako frakcje potencjalnie użyteczne przemysłowo [5].

Dla zakładu garbarskiego wartość tej korzyści zależy od organizacji separacji odpadów i lokalnego modelu ich zagospodarowania. Enzym nie tworzy samodzielnie gospodarki obiegu zamkniętego, ale może ułatwiać prowadzenie procesu w sposób, który pozostawia więcej materiału do odzysku [5].



Figure 6. 효소 보조 모발 보존 탈모는 황화물 사용이 많은 공정에 비해 털의 분해를 줄이고 오염이 적은 전처리 공정을 지원할 수 있다.

## Ograniczenia i ryzyka technologiczne

---

Najważniejsze ograniczenie proteaz w odwłosianiu wynika z ich natury: są skutecznymi enzymami rozkładającymi białka. To zaleta, gdy działają na struktury utrzymujące włos, ale ryzyko, gdy działają zbyt długo, zbyt powierzchniowo lub w warunkach sprzyjających niekontrolowanej proteolizie <sup>[4]</sup>.

Ryzyko nie polega wyłącznie na „za dużej aktywności”. Problemem może być także niedostateczne przenikanie enzymu, zbyt mała zgodność z pH kąpieli, niewłaściwe mieszanie lub obecność składników hamujących działanie enzymu. Wtedy proces może dawać odwłosienie niepełne albo nierównomierne, mimo że sama proteaza jest aktywna <sup>[1]</sup>.

Odpowiedzialne stosowanie Food Grade Protease For Enzymatic Dehairing wymaga więc traktowania jej jako składnika receptury technologicznej, a nie gotowego procesu. Zakład powinien oceniać efekt w odniesieniu do własnego surowca, urządzeń, sekwencji operacji i wymagań jakościowych skóry po kolejnych etapach garbarskich <sup>[2]</sup>.

## Jak interpretować „food grade” w zastosowaniu garbarskim?

---

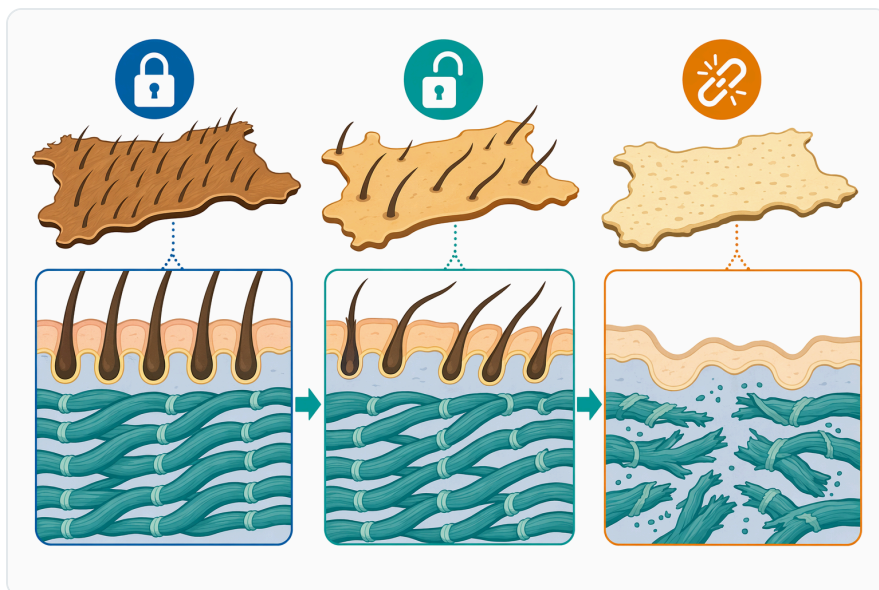
W nazwie produktu „Food Grade Protease” może sugerować enzym o profilu znanym z zastosowań spożywczych lub ogólnoprzemysłowych, ale w odwłosianiu jest on używany jako biokatalizator techniczny. Proteazy food-grade są dobrze opisane jako grupa enzymów produkowanych przez mikroorganizmy dopuszczalne lub akceptowane w kontekstach przemysłowych, natomiast konkretne zastosowanie zawsze zależy od procesu końcowego <sup>[3]</sup>.

W garbarstwie znaczenie praktyczne ma nie nazwa kategorii, lecz działanie proteolityczne wobec białek skóry i włosa. Proteaza musi być kompatybilna z mokrym etapem przygotowawczym, a jej użycie powinno być oceniane przez pryzmat skuteczności odwłosienia, zachowania lica, wpływu na strukturę włókien i dalszych etapów wyprawy <sup>[1]</sup>.

## Miejsce produktu Enzymes.bio w procesie

---

Food Grade Protease For Enzymatic Dehairing sprzedawana przez Enzymes.bio jest produktem enzymatycznym dostępnym online w jednostkach 1 kg. Enzymes.bio nie jest producentem enzymu ani laboratorium badawczym; pełni rolę dostawcy produktu, a dokumentacja CoA i SDS jest dostarczana wraz z zamówieniem.



**Figure 7.** 기술적 목표는 과도한 콜라겐 분해 없이 털을 제거하고 기질을 깨끗하게 만드는 제어된 단백질 분해이다.

Dla użytkownika technicznego najważniejsze jest rozróżnienie między ogólną wiedzą naukową o proteazach a danymi dotyczącymi konkretnej partii produktu. Literatura potwierdza, że proteazy, keratynazy, proteazy serynowe i metaloproteazy mogą wspierać enzymatyczne odwłosianie różnych skór, ale efekt w zakładzie zależy od całości warunków procesu [6].

Warto też pamiętać, że enzymatyczne odwłosianie jest elementem szerszej sekwencji operacji garbarskich. Efekt proteazy będzie widoczny nie tylko na etapie usuwania włosa, ale również w późniejszym otwarciu struktury, podatności na kolejne kąpiele i jakości powierzchni skóry [2].

## Podsumowanie techniczne

Food Grade Protease For Enzymatic Dehairing to proteaza do zastosowań procesowych w enzymatycznym odwłosianiu skór. Jej działanie polega na hydrolizie wybranych białek i struktur niekolagenowych związanych z włosem, naskórkiem i macierzą skóry, co może ułatwić łagodniejsze usuwanie włosa niż w klasycznych układach silnie wapniowo-siarczkowych [1].

Najmocniejsze podstawy naukowe dla takiego zastosowania pochodzą z badań nad mechanizmem enzymatycznego odwłosiania, specyficznością proteaz oraz doświadczeń z proteazami i keratynazami stosowanymi na skórkach bydłych, kozich i owczych. Literatura pokazuje zarówno potencjał ograniczenia agresywnych chemikaliów, jak i potrzebę ścisłej kontroli warunków procesu [8].

Dla odbiorcy B2B kluczowe jest realistyczne podejście: proteaza może wspierać czystsze, bardziej selektywne odwołanie, ale nie jest samodzielnym zamiennikiem całej technologii garbarskiej. Najlepsze wyniki uzyskuje się wtedy, gdy enzym jest traktowany jako część kontrolowanej receptury, z uwzględnieniem rodzaju skóry, przenikania enzymu, parametrów kąpieli i wymagań jakościowych gotowego materiału <sup>[2]</sup>.

## Zamów Food Grade Protease For Enzymatic Dehairing 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 Protease For Enzymatic Dehairing →](#)

## Bibliografia

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

1. Sujitha, P., Kavitha, S., Shakilanishi, S., Babu, N. K. C., & Shanthi, C. (2018). Enzymatic dehairing: A comprehensive review on the mechanistic aspects with emphasis on enzyme specificity. *International Journal of Biological Macromolecules*, 118 Pt A, 168-179 .
2. Sivasubramanian, S., Manohar, B. M., & Puvanakrishnan, R. (2008). Mechanism of enzymatic dehairing of skins using a bacterial alkaline protease. *Chemosphere*, 70 6, 1025-34 .
3. Sumantha, A., Larroche, C., & Pandey, A. (2006). Microbiology and Industrial Biotechnology of Food-Grade Proteases: A Perspective. *Food Technology and Biotechnology*, 44, 211-220.
4. Naveed, M., Nadeem, F., Mehmood, T., Bilal, M., Anwar, Z., & Amjad, F. (2020). Protease—A Versatile and Ecofriendly Biocatalyst with Multi-Industrial Applications: An Updated Review. *Catalysis Letters*, 1-17.
5. Chebon, S., Wanyonyi, W. C., Onyari, J., Maru, S. M., & Mulaa, F. (2023). Enzymatic dehairing of sheep skin: Recovery and characterization of commercially important wool hydrolysate and fats. *European journal of sustainable development research*.
6. Tian, J., Xu, Z., Long, X., Tian, Y., & Shi, B. (2019). High-expression keratinase by *Bacillus subtilis* SCK6 for enzymatic dehairing of goatskins. *International Journal of Biological Macromolecules*, 135, 119-126 .
7. Suharti, S., Riesmi, M. T., Hidayati, A. S., Faridatuz, U., Zuhriyah, Wonorahardjo, S., & Susanti, E. D. (2018). Enzymatic Dehairing of Goat Skin Using Keratinase from *Bacillus* sp . MD 24 , A Newly Isolated Soil Bacterium.
8. Ng, T. C., Radhi, A., Rahim, A. A., Wee, S., & Ibrahim, N. A. (2024). Eco-friendly Enzymatic Dehairing of Cowhide Using Thermostable Alkaline Serine Protease 50a. *BIO Web of Conferences*.

9. Kanagaraj, J., Panda, R., Prasanna, R., & Tamilselvi, A. (2023). An efficient dehairing system supported by oxidative-enzymatic auxiliary towards sustainability. *Environmental science and pollution research international*, 30, 43817-43832.
10. Tian, J., Long, X., Tian, Y., & Shi, B. (2019). Eco-friendly enzymatic dehairing of goatskins utilizing a metalloprotease high-effectively expressed by Bacillus subtilis SCK6. *Journal of Cleaner Production*.
11. Siddikey, F., Jahan, M. I., Hormoni, Hasan, M., Nishi, N. J., Hasan, S., Rahman, N., ... et al. (2025). Enzyme Technology in the Food Industry: Molecular Mechanisms, Applications, and Sustainable Innovations. *Food Science & Nutrition*, 13.

## 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.