

Food Grade Protease For Enzymatic Dehairing | 皮革脱毛用食品グレード・プロテアーゼの作用機序と用途

Enzymes.bio リサーチチーム · ニュージーランド · ウェリントン · June 18, 2026

Food Grade Protease For Enzymatic Dehairingは、皮革の脱毛工程で毛根・毛包周辺のタンパク質を加水分解し、毛を皮から外れやすくするために用いられるプロテアーゼ製品です。酵素脱毛は、従来の石灰・硫化物系脱毛を単純に置き換える万能手段ではありませんが、適切な工程条件では硫化物負荷、臭気、排水処理負担の低減に寄与し得る技術として研究されています^[1]。Enzymes.bioは本製品の供給業者であり、製造業者・研究機関ではありません。本製品は1kg単位でオンライン購入でき、CoAおよびSDSは注文時に併せて提供されます。

酵素脱毛向け食品グレード・プロテアーゼとは何か

Food Grade Protease For Enzymatic Dehairingは、皮革加工の脱毛段階で使用されるタンパク質分解酵素です。プロテアーゼは、タンパク質を構成するペプチド結合を加水分解する酵素群であり、皮革分野では毛根、表皮、毛包周辺、細胞外マトリックスに存在するタンパク質性の接着構造を弱める目的で用いられます。酵素脱毛のレビューでは、脱毛の成否は「毛そのものを溶かす」ことよりも、毛包周辺の構造タンパク質をどの程度選択的に分解できるかに依存すると整理されています^[1]。

本製品名に含まれる「Food Grade」は、食品用途にも関連する品質区分として用いられる表現ですが、本ページで扱う主用途は食品製造ではなく皮革脱毛です。食品酵素として評価されるプロテアーゼには、トリプシンやキモトリプシンなどの消化系プロテアーゼを含む例があり、安全性評価では酵素の由来、用途、製造条件、残留や暴露の考え方が検討されています^[2]。ただし、皮革脱毛では、食品加工時のタンパク質改質とは異なり、原皮組織内の毛包周辺タンパク質を標的にするため、工程上のpH、温度、処理時間、機械的作用が結果を大きく左右します。

Enzymes.bioは、Food Grade Protease For Enzymatic Dehairingをオンラインで供給する立場であり、引用研究の実施主体ではありません。ここで説明する作用機序や用途は、査読済み文献で報告されたプロテアーゼという酵素クラスの知見に基づくものです。個別研究に登場する微生物株、酵

素分子、処理条件、皮種はそれぞれ異なるため、文献結果をそのまま本製品のすべての使用条件へ一般化することはできません。

従来の脱毛工程が抱える負荷と、酵素補助の位置づけ

皮革製造における脱毛工程は、原皮から毛を除去するだけでなく、その後の石灰漬け、脱灰、ベーキング、なめし、染色、仕上げに影響する基礎工程です。従来の石灰・硫化物系脱毛は高い脱毛力を持つ一方、硫化物を含む排水、臭気、作業環境への刺激、スラッジ発生、化学的酸素要求量や生物化学的酸素要求量に関わる負荷が課題となります。酵素脱毛研究が継続している背景には、皮革産業で発生する環境負荷を工程内部から低減したいという実務的要請があります^[3]。

酵素補助型の脱毛では、毛を強い化学反応で分解し尽くすのではなく、毛を保持している周辺組織を酵素的に緩め、後続の機械的処理で毛を除去しやすくします。アルカリ性プロテアーゼを用いた研究では、従来化学薬品の代替または削減につながる可能性が示されており、特に硫化物使用量の低減と排水性状の改善が注目されています^[4]。この考え方は、完全な「無薬品化」ではなく、既存工程の中で反応の担い手を一部酵素へ置き換えるアプローチとして理解する方が正確です。



Figure 1. 식품 등급은 효소 제제와 문서화 기준을 설명하는 것이며, 효소 탈모는 여전히 산업용 가죽 제조의 빙하우스 공정에 적용되는 기술이다.

実務上の意義は、単に環境訴求だけではありません。脱毛条件が過度に強いと、毛だけでなく真皮コラーゲンの表面構造や銀面にも影響し、最終皮革の強度、風合い、均一性に影響する可能性があります。酵素脱毛は、標的部点を毛包周辺に寄せることで、毛の除去性と皮革品質の両立を狙う技術です。レビュー文献でも、酵素の種類と基質特異性が、脱毛効率と皮へのダメージのバランスを決める中核要素として扱われています^[1]。

プロテアーゼが毛を外れやすくする機序

毛包周辺のタンパク質を分解して接着を弱める

動物皮膚では、毛は単純に表面に乗っているのではなく、毛包内で周辺組織と結び付いています。脱毛に関係する領域には、表皮性タンパク質、毛根周辺のケラチン関連構造、基底膜成分、非コラーゲン性タンパク質、エラスチン様成分、細胞外マトリックスが存在します。プロテアーゼはこれらのタンパク質性構造の一部を加水分解し、毛根と皮の間の保持力を低下させます。酵素脱毛の機序を扱った研究では、細菌性アルカリプロテアーゼが毛包周辺の構造を崩し、毛の除去を促すことが組織観察と工程評価から示されています^[4]。

重要なのは、脱毛に必要な分解と、皮革品質を損なう過剰分解を区別することです。真皮の主要構造であるコラーゲン繊維束まで過度に分解すると、皮の強度低下、銀面荒れ、緩み、歩留まり低下につながり得ます。そのため、皮革用途のプロテアーゼでは、毛包周辺や表皮側のタンパク質へ十分作用しつつ、真皮コラーゲンへの過剰作用を避ける工程設計が重要になります。酵素の基質特異性、処理環境、皮への浸透性が、この選択性を左右します^[1]。

アルカリ性プロテアーゼが皮革工程で注目される理由

皮革の脱毛・石灰漬け工程はアルカリ側で行われることが多いため、アルカリ条件で機能するプロテアーゼが研究対象になりやすい領域です。Bacillus属は、産業用アルカリ性セリンプロテアーゼの代表的な供給源として長く研究されており、洗浄、皮革、食品関連処理など複数の用途で注目されています^[5]。アルカリ側で安定して作用する酵素であれば、既存の皮革工程との接続性が高く、処理槽内でタンパク質分解を進めやすくなります。

ただし、アルカリ性であればどのプロテアーゼでも脱毛に適するわけではありません。脱毛に適した酵素には、毛包周辺タンパク質への作用、皮への浸透、工程成分に対する耐性、処理後の皮革物性への影響など、複数の条件が関係します。好塩環境や厳しい条件から分離されたプロテアーゼに関する研究では、pH、温度、塩、界面活性成分などに対する耐性が産業応用上の特徴として評価されています^[6]。皮革工程でも、酵素が処理中に失活しにくいことは、脱毛の再現性を支える要素になります。

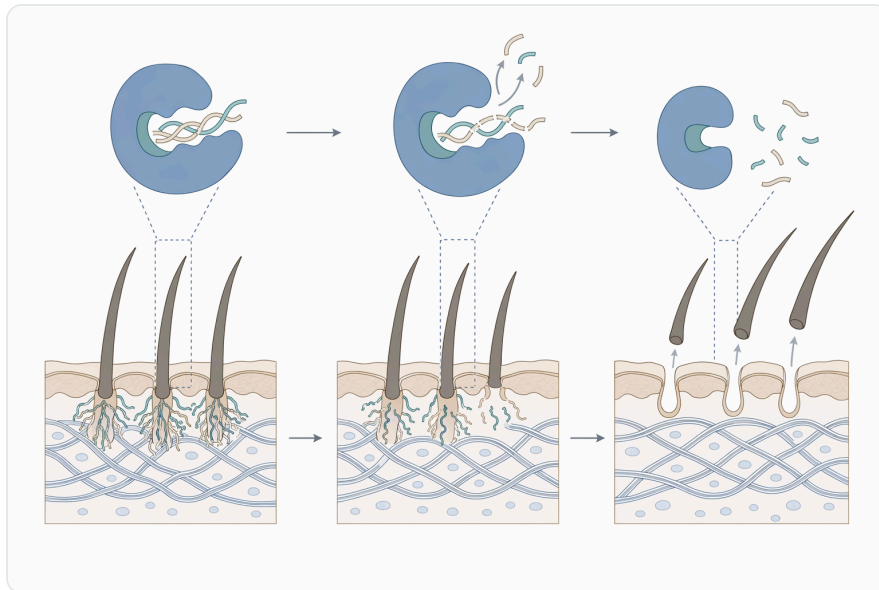


Figure 2. 효소 탈모는 모발을 고정하는 모낭 관련 단백질과 비콜라겐성 단백질 구조를 표적으로 하면서, 콜라겐 네트워크를 보존하는 것을 목표로 한다.

ケラチン分解性とコラーゲン保護のバランス

毛はケラチンを多く含み、ケラチンはジスルフィド結合などにより一般的なタンパク質より分解されにくい構造を持ちます。そのため、脱毛用プロテアーゼでは、毛そのものを完全に分解する能力よりも、毛包周辺の接着タンパク質を切断して毛を抜けやすくする能力が重要です。一方、ケラチン分解性プロテアーゼも皮革処理で注目されており、*Pseudomonas aeruginosa*由来のケラチン分解性プロテアーゼを皮革処理へ応用する研究では、毛や皮のタンパク質構造を標的とする酵素利用の可能性が報告されています^[7]。

このバランスが崩れると、脱毛不足または皮の損傷が起こります。作用が弱すぎれば毛根が残り、後工程で銀面不良やムラの原因になります。作用が強すぎれば、皮の粒面、繊維束、強度に影響します。したがって、酵素脱毛の本質は「強いタンパク質分解」ではなく、「目的部位に十分で、真皮には過剰でないタンパク質分解」を工程内で実現することにあります。

査読研究から見た酵素脱毛の根拠

機序研究：細菌性アルカリプロテアーゼによる脱毛

細菌性アルカリプロテアーゼを用いた酵素脱毛の機序研究では、酵素処理により毛包周辺のタンパク質が分解され、毛の離脱が促進されることが示されています。研究では、従来の化学脱毛と比較しながら、毛根、毛包、表皮側構造、コラーゲン繊維の状態が観察され、酵素が皮全体を無差別に破壊するのではなく、脱毛に関わる部位へ作用する可能性が検討されました^[4]。このような組織学的観察は、酵素脱毛を単なる経験的処理ではなく、分子レベルのタンパク質加水分解に基づく工程として理解する基盤になります。

この研究から読み取れる実務的な要点は、脱毛効率だけでなく、処理後の皮構造を評価する必要があるという点です。毛が抜けても銀面が荒れたり、繊維束が損傷したりすれば、皮革製品としての価値は下がります。反対に、毛包周辺の不要構造が除去され、コラーゲン繊維が適切に開繊すれば、後続のなめしや染色が均一になりやすくなります。酵素脱毛は、この品質面の制御を狙える点で、単なる化学薬品削減策以上の意味を持ちます。

代替化学処理としての研究：Thermoactinomyces由来プロテアーゼ

Thermoactinomyces sp. RM4由来のアルカリプロテアーゼに関する研究では、従来化学薬品に代わる脱毛手段としての可能性が検討されています。アルカリ性プロテアーゼが皮革工程で有用とされる理由は、工程pHとの親和性に加え、毛包周辺のタンパク質分解を通じて化学処理の負担を軽減できる点にあります^[3]。このような研究は、酵素脱毛が単なる実験室内の概念ではなく、皮革産業の工程改善候補として扱われていることを示します。

ただし、論文で用いられた酵素と市販製品は同一ではありません。微生物種、発酵条件、精製度、配合、安定化成分、適用皮種が異なれば、処理挙動も変わります。したがって、文献は「プロテアーゼという酵素クラスが脱毛に有効な作用原理を持つ」ことを示す根拠であり、個別の工程で同じ処理結果を保証するものではありません。この点を区別することで、技術文書としての信頼性が高まります。

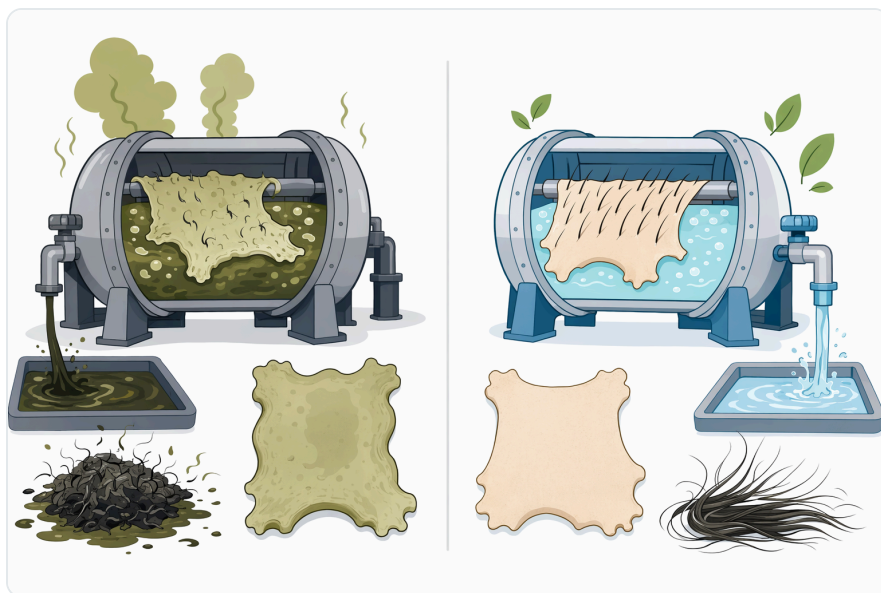


Figure 3. 석회-황화물 탈모는 주로 케라틴을 공격해 모발을 분해할 수 있는 반면, 효소 보조 탈모는 모발을 고정하는 주변 환경을 약화시키는 데 중점을 둔다.

リポソーム化プロテアーゼなど新しい送達技術

近年の研究では、プロテアーゼをリポソームに封入して脱毛へ用いるアプローチも報告されています。プロテアーゼ封入リポソームの研究では、酵素を皮内部へより制御された形で届け、脱毛と柔軟な皮革形成の両立を狙う「グリーン」な方法として検討されています^[8]。これは、酵素そのものの活性だけでなく、皮中でどこに、どの程度、どの時間作用させるかが重要であることを示す好例です。

Enzymes.bioが供給するFood Grade Protease For Enzymatic Dehairingは、このような研究開発用送達システムそのものを意味するものではありません。しかし、リポソーム研究は、酵素脱毛の課題が「酵素を入れるかどうか」だけでなく、「酵素反応をどのように制御するか」に移っていることを示しています。これは、通常酵素補助脱毛を検討する際にも、接触、拡散、処理時間、機械的作用を軽視できない理由になります。

従来脱毛と酵素補助脱毛の比較

観点	石灰・硫化物中心の従来脱毛	プロテアーゼを用いる酵素補助脱毛
主な作用	強い化学反応により毛・表皮構造を破壊し、毛を除去する	毛根・毛包周辺のタンパク質接着を加水分解し、毛を外れやすくする
化学薬品負荷	硫化物、石灰などの負荷が大きくなりやすい	工程設計により硫化物使用量の低減を狙える
排水への影響	硫化物、臭気、有機負荷、スラッジが課題になりやすい	毛を溶解し尽くさず回収しやすい設計では排水負荷低減が期待される
皮革品質への影響	条件が強いと銀面や繊維構造に影響する可能性	適切な条件では毛包周辺へ作用を寄せ、真皮損傷を抑える設計が可能
工程制御の要点	薬品濃度、pH、温度、処理時間、攪拌	酵素の基質特異性、pH、温度、接触、浸透、処理時間、機械的作用
技術的位置づけ	確立された標準工程	既存工程を補助・改善する環境配慮型の選択肢

酵素補助脱毛の価値は、従来工程を否定することではなく、毛包周辺のタンパク質分解という別の反応経路を工程内に導入できる点にあります。アルカリ性プロテアーゼを皮革処理へ応用する研究では、脱毛効率、皮の状態、排水負荷を同時に見る必要があるとされ、単純な「抜けやすさ」だけでは技術評価が完結しません^[1]。このため、酵素脱毛は、環境対策、品質安定化、工程負荷低減を組み合わせて考える領域です。

皮革工程で期待される実務的メリット

硫化物使用量の削減可能性

酵素脱毛で最も注目される利点は、硫化物依存を下げられる可能性です。硫化物は脱毛力に優れる一方、排水処理、臭気、作業安全性の面で管理負担が大きい成分です。アルカリプロテアーゼを従来化学薬品の代替候補として評価した研究では、酵素処理によって脱毛に必要なタンパク質分解を担わせ、より環境負荷の低い工程へ近づける可能性が報告されています^[3]。

ただし、酵素を加えれば直ちに硫化物が不要になるわけではありません。原皮の保存状態、塩蔵の程度、皮の厚み、毛の密度、処理槽の機械作用、併用する石灰や界面活性成分によって、酵素が毛包周辺に到達する速度と作用範囲は変わります。したがって、酵素脱毛は「削減余地をつくる技術」として位置づけるのが現実的です。



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

毛の回収性と排水負荷への影響

従来の強い化学脱毛では、毛が細かく分解・溶解し、排水中の有機負荷や固形分に影響することがあります。酵素補助脱毛では、毛包周辺の保持力を弱めて毛を除去するため、工程設計によっては毛をよりまとまった形で回収しやすくなる可能性があります。皮革産業由来のプロテアーゼ産生菌を扱った研究でも、皮革・洗剤産業におけるタンパク質分解菌の利用可能性が、廃棄物処理や産業工程の文脈で検討されています^[9]。

排水負荷の低減は、単に環境表示の問題ではなく、実務コストに直結します。硫化物管理、臭気対策、スラッジ処理、排水処理設備の負荷、地域規制への対応は、皮革工場の運転費に影響します。酵素補助脱毛がこれらをどの程度低減できるかは工程ごとに異なりますが、少なくとも「化学的に毛を分解し尽くす工程」から「酵素的に毛を外し、回収しやすくする工程」へ発想を変える余地を与えます。

皮の柔軟性と繊維開織への寄与

プロテアーゼは脱毛だけでなく、ベーチング工程とも関連します。ベーチングでは、不要な非コラーゲンタンパク質を分解し、皮を柔軟にして、後続のなめしや染色に適した状態へ整えます。プロテアーゼ全般の産業応用を扱った文献では、皮革、洗剤、食品、医療関連など、タンパク質分解が必要な多様な分野でプロテアーゼが利用されることが整理されています^[10]。

脱毛工程で酵素が過不足なく働くと、毛包周辺の除去に加えて、繊維束の過度な緊張が緩み、後続工程で薬剤が浸透しやすくなる可能性があります。細菌性アルカリプロテアーゼの機序研究では、酵素処理後の皮組織において毛包周辺の除去とコラーゲン繊維の状態が評価されており、脱毛と繊維構造の変化が一体の問題であることが示されています^[4]。

どのような皮革用途に向くか

Food Grade Protease For Enzymatic Dehairingは、牛皮、羊皮、山羊皮など、タンパク質性の毛包構造を持つ原皮の脱毛工程で検討されるタイプの製品です。文献では、Bacillus属、Thermoactinomyces属、Pseudomonas属など、さまざまな微生物由来プロテアーゼが皮革処理へ応用されてきました。Bacillus licheniformis由来アルカリプロテアーゼに関する研究では、産業応用の一つとして皮革分野が挙げられ、アルカリ条件で働くプロテアーゼの実用性が論じられています^[11]。

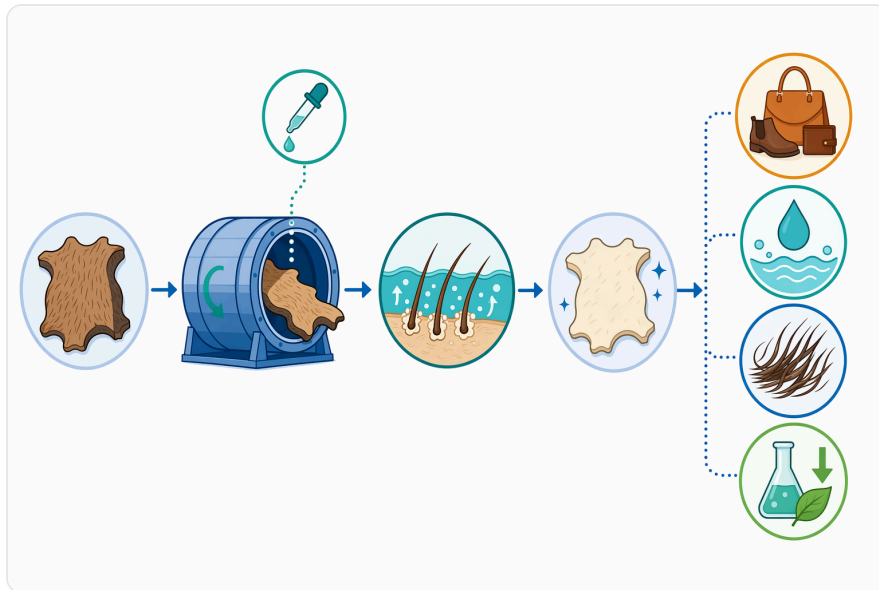


Figure 5. 효소 탈모 과정에서는 접근 가능한 단백질이 가수분해되고, 고정 강도가 감소하며, 기계적 작용으로 모발이 제거되고, 피혁 원료가 더 깨끗해진다.

用途としては、第一に脱毛工程での毛離れ改善があります。第二に、脱毛後の皮の状態を整える補助的なタンパク質分解があります。第三に、硫化物や強い化学薬品への依存を下げる環境配慮型工程への移行支援があります。いずれも、酵素単体で完結するものではなく、原皮の前処理、処理液の条件、ドラムやパドルでの機械的作用、後続工程との統合が必要です。

皮革以外の用途と混同しないことも重要です。食品グレード・プロテアーゼは、食品タンパク質の加水分解、風味形成、植物性タンパク質の改質などにも用いられる酵素クラスですが、脱毛用途では標的基質、品質評価、工程目的が異なります。食品酵素の安全性評価に関する文献は、食品用途でのプロテアーゼの扱いを理解する上では参考になりますが、皮革脱毛性能を直接示すものではありません^[12]。

使用条件を考える際の技術的視点

pHと温度は酵素活性と皮の保護を同時に左右する

プロテアーゼはタンパク質であるため、pHや温度が適正範囲から外れると、活性低下や構造変性が起こります。皮革脱毛でアルカリ性プロテアーゼが重視されるのは、石灰漬けなどの既存工程がアルカリ側にあるためです。好塩性環境由来のアルカリプロテアーゼに関する研究では、産業用途を想定して、アルカリ条件や塩環境での酵素特性が評価されています^[13]。

一方、皮そのものもpHや温度の影響を受けます。高すぎる温度や過度なアルカリ条件では、酵素反応だけでなく皮組織の膨潤、繊維構造、銀面状態も変化します。したがって、酵素脱毛の条件は、酵素を最も強く働かせる条件だけで決めるのではなく、皮革品質を守る条件との妥協点として設計

されます。

接触と浸透が脱毛の均一性を決める

脱毛において、酵素が処理液中に存在するだけでは不十分です。酵素が毛包周辺へ到達し、そこに一定時間留まり、標的タンパク質を加水分解する必要があります。皮が厚い場合、塩蔵状態が強い場合、脂肪や汚れが多い場合、酵素の浸透や接触が不均一になり、脱毛ムラが起こる可能性があります。リポソーム化プロテアーゼ研究が示すように、酵素の送達と分布は脱毛効率と肌の柔軟性に関わる重要因子です^[8]。

機械的作用も無視できません。ドラム回転、攪拌、揉み、液比、皮の重なり方は、酵素の接触と毛の離脱に影響します。酵素反応で毛包周辺が緩んでも、物理的な動きが不足すれば毛が残ることがあります。反対に、機械作用が過度であれば銀面への影響が大きくなります。酵素脱毛は、化学反応と機械作用を組み合わせた工程です。



Figure 6. 효소 보조 모발 보존 탈모는 황화물 집약적 처리와 비교해 모발의 분해를 줄이고 오염이 적은 빔하우스 공정을 지원할 수 있다.

過剰分解を避けることが品質管理の核心

プロテアーゼは有用である一方、過剰に作用すれば皮革品質を損なう可能性があります。特に真皮コラーゲンへの作用が進みすぎると、強度低下、緩み、表面欠陥、後工程での不均一性につながります。酵素脱毛のレビューでは、酵素の特異性と処理条件が、毛包除去とコラーゲン保護の境界を決める重要因子として論じられています^[1]。

このため、酵素脱毛では「多く入れればよい」「長く処理すればよい」という考え方は適切ではありません。反応が進むほど脱毛は容易になりますが、同時に皮への影響も蓄積します。狙うべきは、毛が機械的に除去できる程度まで毛包周辺の結合を弱め、真皮の主要構造には過剰な損傷を与えない反応点です。

食品グレードという表現を皮革用途でどう理解するか

「食品グレード」という表現は、酵素の由来、取り扱い、品質管理に関する製品区分として理解されます。ただし、皮革脱毛用途においては、最終製品が食品になるわけではなく、食品用途での法規適合性や使用基準がそのまま皮革工程の性能を意味するわけでもありません。食品酵素評価では、プロテアーゼの由来、製造、用途、摂取暴露、安全性が検討されますが、皮革工程では脱毛効果、皮の構造、排水負荷、後工程適性が主要な評価軸になります^[2]。

したがって、Food Grade Protease For Enzymatic Dehairingは、「食品グレードのプロテアーゼとして供給される製品を、皮革脱毛という工業用途で使用する」ものと表現するのが正確です。この区別は重要です。食品グレードであることは、皮革脱毛での選択性、浸透性、工程適合性を自動的に保証するものではありません。一方で、食品用途にも関連するプロテアーゼ供給形態は、取り扱い文書や品質情報が整備されやすいという実務上の利点を持ちます。

Enzymes.bioにおける供給形態

Enzymes.bioは、Food Grade Protease For Enzymatic Dehairingの供給業者です。製造業者、試験機関、研究実施主体として本ページを提示してはおりません。本製品は1kg単位でオンラインから直接購入でき、注文時にCoAとSDSが併せて提供されます。これにより、購入後の社内保管、取り扱い、安全確認、受入記録に必要な基本文書を同時に受け取ることができます。

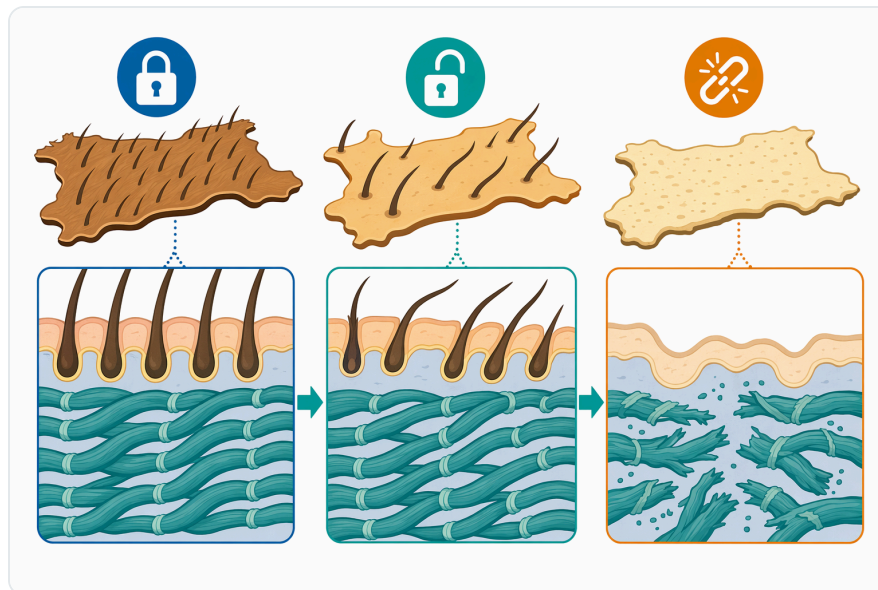


Figure 7. 기술적 목표는 과도한 콜라겐 분해 없이 모발을 제거하고 기질을 깨끗하게 하는 제어된 단백질 분해이다.

本ページの目的は、購入前に酵素脱毛の科学的背景、作用機序、皮革工程での位置づけを理解しやすくすることです。ここで引用した研究は、プロテアーゼという酵素クラスが皮革脱毛に利用可能であることを示す根拠ですが、個別の皮種や工場条件で同一結果を保証するものではありません。酵素脱毛は、原皮、工程、設備、後続処理と結び付いた技術であり、製品は其中でタンパク質分解反応を担う材料として位置づけられます。

まとめ：酵素脱毛におけるFood Grade Proteaseの実務的価値

Food Grade Protease For Enzymatic Dehairingは、毛根・毛包周辺のタンパク質を加水分解し、毛を皮から外れやすくするためのプロテアーゼ製品です。従来の石灰・硫化物中心の脱毛工程に対し、酵素補助脱毛は、硫化物使用量の削減、臭気や排水負荷の低減、毛回収性の改善、皮革品質の安定化を狙う技術として研究されています^[4]。

査読研究では、細菌性アルカリプロテアーゼ、Bacillus属由来プロテアーゼ、Thermoactinomyces由来プロテアーゼ、ケラチン分解性プロテアーゼ、リポソーム化プロテアーゼなど、多様なプロテアーゼが皮革処理に検討されています。これらの研究は、酵素脱毛の本質が「毛を強制的に溶かす」ことではなく、「毛包周辺のタンパク質接着を制御して弱める」ことにあると示しています^[1]。

Enzymes.bioは本製品を1kg単位でオンライン供給し、CoAとSDSは注文時に併せて提供されます。皮革工程で化学薬品負荷を下げ、より制御された脱毛を検討する事業者にとって、Food Grade Protease For Enzymatic Dehairingは、酵素脱毛という環境配慮型工程を実務的に扱うためのアクセスしやすいプロテアーゼ供給形態です。

Food Grade Protease For Enzymatic Dehairingをオンライン注文

1 kg単位で販売、在庫あり・即出荷可能です。オンラインストアで直接ご注文・決済いただければ、当社でご注文を処理します。すべてのご注文に試験成績書（CoA）と安全データシート（SDS）が付属します。

[Food Grade Protease For Enzymatic Dehairingを購入 →](#)

参考文献

初出引用順に番号を付けています。各出典はオープンアクセスで、公開時にアクセス可能であることを確認済みです。本文中の引用番号からこちらにリンクしています。

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. Silano, V., Baviera, J. M. B., Bolognesi, C., Cocconcelli, P., Crebelli, R., Gott, D., Grob, K., ... et al. (2021). Safety evaluation of a food enzyme containing trypsin, chymotrypsin, elastase and carboxypeptidase from porcine pancreas. *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 19.
3. Verma, A., Pal, H. S., Singh, R., & Agarwal, S. (2011). Potential of alkaline protease isolated from Thermoactinomyces sp. RM4 as an alternative to conventional chemicals in leather industry dehairing process. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 4, 173-178.
4. Sivasubramanian, S., Manohar, B. M., & Puvanakrishnan, R. (2008). Mechanism of enzymatic dehairing of skins using a bacterial alkaline protease. *Chemosphere*, 70 6, 1025-34 .
5. Bhunia, B., Basak, B., & Dey, A. (2012). A review on production of serine alkaline protease by Bacillus spp. *Journal of Biochemical Technology*, 3, 448-457.
6. Uttatree, S., & Charoenpanich, J. (2018). Purification and characterization of a harsh conditions-resistant protease from a new strain of Staphylococcus saprophyticus. *Agriculture and Natural Resources*, 52, 16-23.
7. Moonnee, Y. A., Foysal, M. J., Hashem, A., & Miah, M. F. (2021). Keratinolytic protease from Pseudomonas aeruginosa for leather skin processing. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 19.
8. Arunachalam, B., Dhathathreyan, A., & Palanisamy, T. (2025). Protease encapsulated liposomes for twin benefits: a green approach to unhairing and soft leather production. *Journal of liposome research*, 35, 370 - 381.
9. Desalegn, T., Bacha, K., Tafesse, M., & Masi, C. (2021). The effectiveness of Proteolytic bacteria in the leather and detergent industry isolated waste from the Modjo tannery. *Mag`allat` Al-Kuwayt li-l` ulüm.*

10. Madhavi, J., Srilakshmi, J., Rao, M. V., Satya, K., & Rao, K. (2014). PROTEASES - A SINGLE GROUP OF ENZYME BRIDGING INDUSTRIAL AND THERAPEUTIC DEMANDS.
11. Kiruthiga, R., & Dhinek, A. (2017). Production Partial Purification and Industrial Applications of Alkaline Protease Produced by Bacillus Licheniformis.
12. Silano, V., Baviera, J. M. B., Bolognesi, C., Cocconcelli, P., Crebelli, R., Gott, D., Grob, K., ... et al. (2021). Safety evaluation of a food enzyme containing trypsin and chymotrypsin from porcine pancreas. *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 19.
13. Rejisha, R. P., & Murugan, M. (2025). Enzymatic Characterization of Alkaline Protease from a Novel Microorganism Isolated from a Halophilic Environment. *Current protein and peptide science.*


Enzymes.bioへお問い合わせ


ご注文に関するご質問は、当社チームが喜んでサポートします。

メール wholesale@enzymes.bio

電話（米国） **+1 (507) 428-6057**

[お問い合わせ →](#)

 **400+** B2B顧客

 **60+** 大学研究パートナー

 **54** 世界各国に供給

© 2026 Enzymes.bio · 産業用 · 食品加工用酵素の供給 · 人の摂取用または小売販売用ではありません。