

Cutinase Hydrolase Enzyme for Pulp and Paper Industry：古紙スティッキー制御・脂肪性付着物低減に用いるクチナーゼ加水分解酵素

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

Cutinase Hydrolase Enzyme for Pulp and Paper Industry は、古紙再生・脱墨・抄紙工程で問題になるエステル性、脂肪性、ポリエステル様の粘着性汚染物を加水分解し、スティッキー堆積や付着トラブルの低減を支援する酵素です。製紙分野では、酵素を用いた脱墨や古紙処理が研究されており、リパーゼ・クチナーゼ融合酵素による廃紙脱墨の報告もあります^[1]。ただし、クチナーゼはすべての粘着物を分解する万能剤ではなく、主にエステル結合を含む脂肪性・樹脂性成分の性状を変える工程補助剤として理解するのが適切です^[2]。

クチナーゼ加水分解酵素を製紙工程で使う意味

クチナーゼは、植物表面のクチンのようなポリエステル性構造を分解する加水分解酵素として知られています。製紙用途で重要なのは、クチナーゼが「繊維そのものを主対象にする酵素」ではなく、脂肪酸エステル、ワックス様成分、樹脂性付着物、ポリエステル様の疎水性表面など、エステル結合を含む汚染物に作用しうる点です。古紙原料には、ラベル粘着剤、ホットメルト、塗工バインダー、印刷インキ由来樹脂、ワックス、脂肪酸誘導体などが混入し、これらが再凝集するとスティッキー、ピッチ、フェルト汚れ、ワイヤー汚れ、紙面欠点の原因になります^[3]。

Cutinase Hydrolase Enzyme for Pulp and Paper Industry は、Enzymes.bio がパルプ・製紙用途向けに供給する産業用酵素です。Enzymes.bio は製造業者または研究機関ではなく、オンラインで産業用酵素を供給するサプライヤーです。本製品は 1 kg 単位でオンラインから直接購入でき、注文時には CoA と SDS が併せて提供されます。

この酵素の位置づけは、紙パルプ工程の「粘着物を完全に消す処理」ではなく、「エステル性・脂肪性汚染物の化学的性状を変え、既存の洗浄、スクリーン、脱墨、分散、抄紙機洗浄の負荷を下げる補助処理」です。実際、古紙や廃紙に対する酵素処理では、セルラーゼ、ヘミセルラーゼ、リパーゼ、アミラーゼ、ペクチナーゼなど複数の酵素が、インキ剥離、繊維表面改質、汚染物分散、濾水性改善など異なる目的で使い分けられてきました^[4]。

製紙工程で問題になるスティッキーと脂肪性付着物

古紙原料に由来する粘着性汚染物

古紙再生では、原料中の粘着剤や樹脂性物質がパルプ化中に微粒子化し、工程水中で安定に分散する場合があります。一方で、温度、pH、せん断、カルシウムイオン、薬品添加、微細繊維量の変動によって、これらの微粒子が再凝集すると、スクリーン、クリーナー、ワイヤー、フェルト、プレス、ドライヤー表面に付着します。酵素的脱墨研究では、古紙中のインキ、バインダー、繊維表面成分の相互作用を変えることで、脱墨効率や紙品質に影響を与えられることが示されています^[3]。

スティッキーには、マクロスティッキーとマイクロスティッキーの両方があります。マクロスティッキーはスクリーンや目視検査で捉えやすい比較的大きな粘着粒子で、マイクロスティッキーは工程水中に分散し、条件変化で析出・凝集しやすい微小な疎水性粒子です。クチナーゼの役割は、これらのうちエステル結合を持つ脂肪性・樹脂性・ポリエステル様成分を加水分解し、粘着性、疎水性、粒子同士の凝集性を低下させる方向に働くことです^[1]。

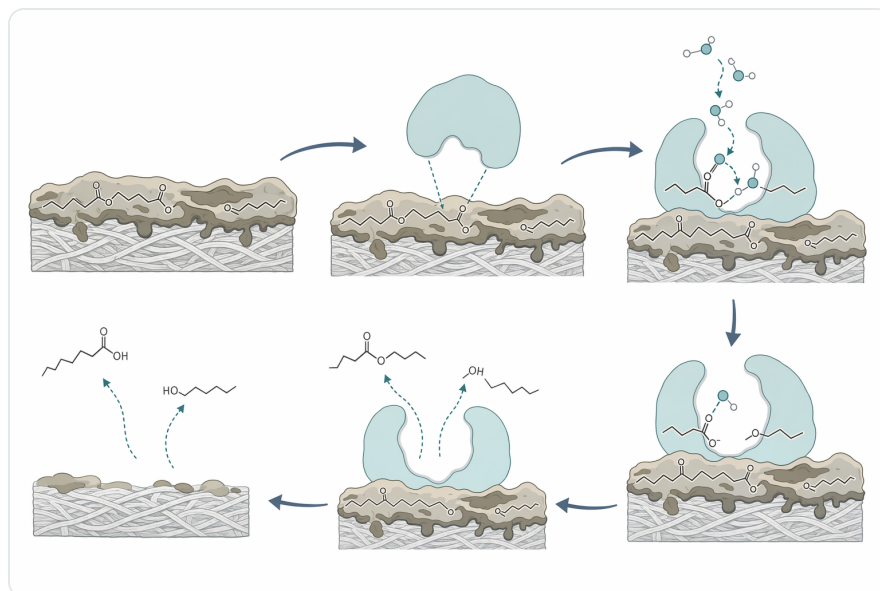


Figure 1. 큐티나아제는 물을 이용해 접근 가능한 에스터 결합을 가수분해하여, 소수성의 에스터가 풍부한 잔류물을 더 극성인 산 및 알코올 함유 조각으로 전환한다.

抄紙機ランナビリティへの影響

スティッキーやピッチが抄紙機に蓄積すると、紙切れ、穴、斑点、汚れ欠点、フェルト目詰まり、ワイヤー汚れ、ロール汚染、清掃停止が起こります。特に再生紙、包装紙、板紙、脱墨パルプを用いる工程では、原料ロットによって汚染物負荷が変動するため、機械の走行性と紙品質を同時に安

定させることが難しくなります。廃紙脱墨に関する研究では、酵素処理がインキ除去や紙の物性に影響することが報告されており、古紙処理における酵素利用は単なる実験的概念ではなく、工程改善の一つの方向性として扱われています^[2]。

クチナーゼによる処理で期待されるのは、付着物の生成源を化学的に弱めることです。たとえば、脂肪酸エステルやワックス様エステルが加水分解されると、疎水性の塊として再付着しにくくなり、後段の洗浄、分散、フローテーション、スクリーンで扱いやすい状態に変わる可能性があります。これは、強い薬品で一括して汚染物を分散する考え方とは異なり、特定の結合に作用して粘着性を下げる酵素的アプローチです^[1]。

作用機序：クチナーゼが何を変えるのか

エステル結合の加水分解

クチナーゼの中心的な反応は、エステル結合の加水分解です。水分子を用いてエステル結合を切断し、より小さな酸性成分とアルコール性成分に分けることで、基質の表面性状、分子量、疎水性、粘着性を変化させます。リパーゼ - クチナーゼ融合酵素を用いた廃紙脱墨研究は、脂質様・エステル様成分に働く酵素機能が古紙処理に関係していることを示す直接的な根拠の一つです^[1]。

製紙工程での実用的な意味は、汚染物を「見えなくする」ことではなく、「付着しにくい、凝集しにくい、除去工程で扱いやすい状態に変える」ことです。スティッキーは複合混合物であり、アクリル系粘着剤、EVA、SBR、天然樹脂、脂肪酸塩、ワックス、インキバインダーなどが混ざるため、クチナーゼの作用対象はそのうちエステル性または脂肪性の部分に限られます。したがって、効果の中心は、粘着物全体の完全分解ではなく、粘着性発現に関わる成分の部分加水分解です^[2]。



Figure 2. 큐티나아제는 피치, 왁스, 스티키, 코팅물 또는 식물 표면 잔류물에 접근 가능한 가수분해성 에스터 결합이 포함되어 있을 때 가장 관련성이 높다.

疎水性表面の改質

クチナーゼは、天然クチンだけでなく、ポリエステル様の人工材料表面に作用する酵素群としても注目されています。PET の酵素分解では、ポリエステル鎖への酵素アクセス、表面結合、加水分解、生成物放出が重要であり、クチナーゼ様酵素や PET 加水分解酵素の工業利用に向けた研究が進められています^[5]。この知見は、製紙スティッキーをそのまま PET と同一視するものではありませんが、疎水性ポリエステル表面を酵素が改質するという機序理解には役立ちます。

古紙由来の粘着物には、紙繊維、微細繊維、無機填料、インキ顔料、バインダー、樹脂粒子が複合化したものが多く、酵素が接触できる表面だけが反応対象になります。クチナーゼ処理によって表面のエステル結合が切断されると、粒子表面の親水性が変わり、繊維や金属表面への付着力が弱まる可能性があります。これは、抄紙機のワイヤーやフェルトの汚れを間接的に減らす考え方と整合します^[1]。

繊維改質酵素との違い

セルラーゼやヘミセルラーゼは、繊維表面の微細構造、フィブリル化、濾水性、リファイニング応答に影響する酵素です。紙パルプ分野では、アルカリ性セルラーゼが古紙リサイクル、脱墨、濾水性改善、繊維処理に関係する酵素としてレビューされています^[6]。一方、クチナーゼはセルロース主鎖の分解ではなく、エステル性の脂肪性・樹脂性汚染物に主眼を置く点が異なります。

この違いは、工程目的の設定に重要です。排水性や繊維表面改質を狙う場合はセルラーゼやヘミセルラーゼが中心になり、インキ剥離や紙力への影響も考慮されます。脂肪性付着物や粘着性堆積物が主問題である場合は、クチナーゼ、リパーゼ、エステラーゼ系の処理がより目的に合います。複数酵素を併用する場合でも、各酵素が何を基質としているかを区別しなければ、紙力低下、過剰な微細化、期待外れの汚れ対策につながる可能性があります^[7]。

製紙用途での酵素タイプ比較

酵素タイプ	主な作用対象	製紙工程での主な狙い	クチナーゼとの違い
クチナーゼ	クチン様ポリエステル、脂肪酸エステル、ワックス様成分、エステル性樹脂	スティッキー、脂肪性付着物、疎水性堆積物の性状変更	繊維よりもエステル性汚染物を重視する ^[1]
リパーゼ	油脂、脂肪酸エステル、トリグリセリド様成分	ピッチ、油脂汚れ、粘着性汚染物の低減	油脂基質への作用が中心で、クチナーゼとは重なるが同一ではない ^[1]
セルラーゼ	セルロース繊維表面、微細繊維	濾水性、脱墨、繊維表面改質、リファイニング補助	繊維改質が主で、使い方を誤ると紙力や微細化に影響する ^[6]
ヘミセルラーゼ／キシラナーゼ	ヘミセルロース、キシラン	漂白補助、繊維表面改質、糖鎖除去	樹脂性スティッキーよりも細胞壁多糖への作用が中心 ^[8]
ペクチナーゼ	ペクチン質、アニオン性コロイド成分	濾水性、コロイド制御、二次繊維処理	脂肪性エステル汚染物よりもペクチン質に作用する ^[4]
アミラーゼ	デンプン、表面サイズ剤、コーティング由来デンプン	デンプン分解、粘度調整、脱サイズ	粘着剤中の脂肪性成分ではなくデンプン系材料が対象 ^[9]

この比較から分かるように、クチナーゼは製紙酵素の中でも「樹脂・脂肪・エステル性汚染物」に寄った役割を持ちます。古紙原料の問題が、繊維の濾水性なのか、脱墨なのか、ピッチなのか、スティッキーなのかによって、適切な酵素タイプは変わります。クチナーゼは、特に再生パルプ中の疎水性付着物、ラベル・接着剤由来のエステル性成分、ワックス様汚染物が操業障害に関与している場合に検討される酵素です^[2]。

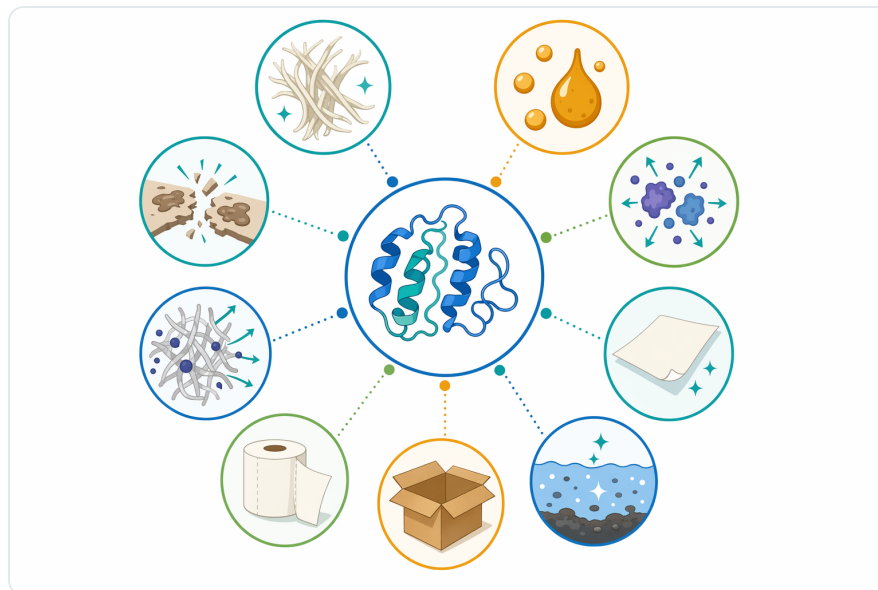


Figure 3. 펄프 및 제지 분야의 주요 적용 영역은 피치와 왁스 관리, 재활용 섬유의 스티키 문제 완화, 비목재 섬유 처리, 정련 공정의 청결도 지원, 그리고 물 또는 슬러지 컨디셔닝이다.

根拠の強い部分と慎重に扱うべき部分

強い根拠：酵素脱墨・古紙処理は研究されている

古紙処理における酵素利用は、セルラーゼ、ヘミセルラーゼ、リパーゼ、アミラーゼ、ペクチナーゼなど多様な酵素で研究されてきました。オフィス古紙の酵素脱墨、混合オフィス古紙のバイオ脱墨、産業廃棄繊維由来包装紙の脱墨など、紙パルプ分野で酵素がインキ剥離や紙品質に影響することは複数の研究で扱われています^[4]。

リパーゼ・クチナーゼ融合酵素を用いた廃紙脱墨の研究は、クチナーゼ機能が紙リサイクルと無関係ではないことを示す重要な文献です。この研究は、脂質様成分やエステル性成分を対象とする酵素設計が、廃紙脱墨効率に関係していることを示しています。ただし、これは特定の設計酵素に関する研究であり、すべての商用クチナーゼが同じ条件で同じ結果を出すことを意味するものではありません^[1]。

中程度の根拠：ポリエステル表面改質からの示唆

PET などのポリエステル分解研究では、クチナーゼ様酵素が疎水性ポリエステル表面へ結合し、エステル結合を加水分解する機構が工業応用の観点から検討されています。これは、製紙工程の粘着物対策と同じ評価系ではありませんが、「エステル性ポリマー表面を酵素が改質できる」という機構面の理解を補強します^[5]。

製紙スティッキーには、PETのように規則的なポリエステルだけでなく、架橋ポリマー、アクリル系粘着剤、ゴム系樹脂、天然樹脂、無機填料、インキ顔料が混在します。そのため、ポリエステル分解の知見をそのまま古紙工程に外挿することはできません。クチナーゼで期待できるのは、あくまでエステル性・脂肪性成分の部分的な加水分解と、それに伴う付着性・凝集性の変化です^[2]。

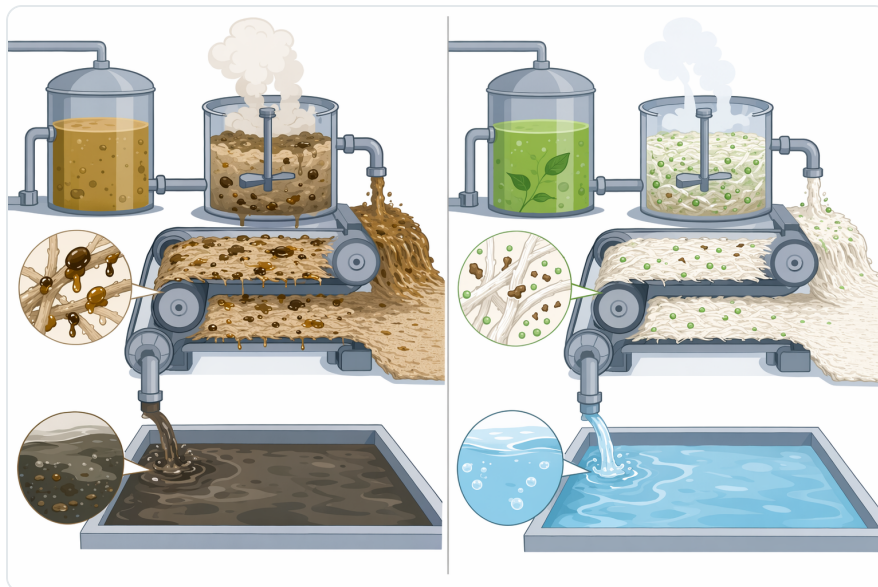


Figure 4. 큐티나아제는 폭넓은 섬유, 리그닌 또는 다당류 변형이 아니라 표적 에스터 가수분해를 실용적 역할로 한다는 점에서 자일라나아제, 셀룰라아제, 라카아제, 펙티나아제, 리파아제와 다르다.

限定的な部分：すべてのスティッキーを分解するわけではない

スティッキーの中には、エステル結合をほとんど持たない材料や、酵素がアクセスしにくい高分子凝集体もあります。無機填料、インキ顔料、酸化した樹脂、強く架橋した粘着剤、熱で変性したホットメルトなどは、クチナーゼだけで十分に分解されない場合があります。したがって、クチナーゼ処理はスクリーン、クリーナー、フローテーション、洗浄、分散、定着、工程水管理を置き換えるものではなく、それらを補助する選択的な化学変換と考えるべきです^[3]。

この現実的な見方は、酵素処理の価値を下げるものではありません。むしろ、対象を「エステル性・脂肪性汚染物」に絞ることで、工程設計上の判断が明確になります。クチナーゼを使う理由は、強い薬品を追加する前に、粘着物の表面化学を穏やかに変え、堆積しにくい状態へ誘導できる可能性がある点にあります^[1]。

想定される使用場面

古紙再生パルプ

古紙再生パルプでは、原料由来の粘着剤、ラベル、包装材、印刷インキ、塗工剤が工程に入ります。クチナーゼは、これらのうち脂肪性・エステル性の部分に作用し、スティッキーの粘着力や疎水性を低下させる目的で使われます。酵素脱墨の研究では、酵素処理がインキ除去や紙の光学特性、強度特性に影響しうることが示されており、古紙処理における酵素利用は再生パルプ品質の安定化と関連します^[3]。

古紙工程では、クチナーゼ単独で完結させるよりも、パルピング、スクリーン、洗浄、フローテーション、分散、薬品処理のどこで粘着物が悪化しているかを見極め、接触しやすい水系工程に組み込む考え方が現実的です。酵素は水の存在下で作用するため、パルプスラリー中で対象汚染物と十分に接触できる位置に置かれる必要があります^[2]。

脱墨工程

脱墨では、インキ粒子を繊維表面から剥がし、適切な粒径と表面性状でフローテーションまたは洗浄に移すことが重要です。セルラーゼやヘミセルラーゼは繊維表面側に作用し、リパーゼやクチナーゼはインキバインダー、油脂、樹脂、エステル性成分側に作用する可能性があります。混合オフィス古紙を用いたバイオ脱墨研究では、複数酵素の組み合わせが脱墨効率や紙特性に関係することが扱われています^[4]。

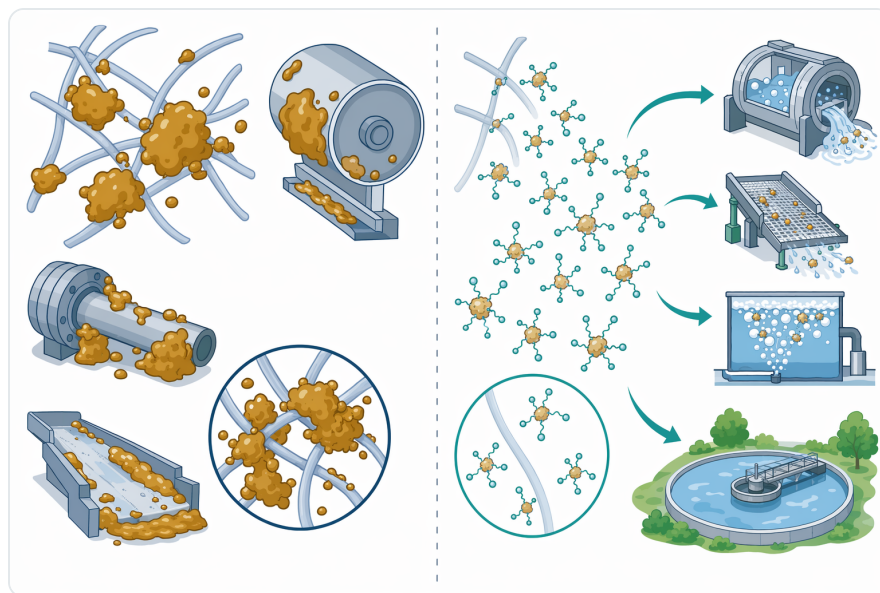


Figure 5. 성공적인 처리는 침전물 전체를 반드시 용해시키기보다는 응집력, 점착성, 섬유 부착성을 낮춰 오염물의 거동을 변화시킨다.

クチナーゼを脱墨に関連づける場合、主な狙いはインキ顔料そのものを分解することではありません。インキや粘着物を繊維に保持している樹脂性・脂肪性成分の結合環境を変え、剥離、分散、浮上、洗浄を助けることです。リパーゼ・クチナーゼ融合酵素の研究は、このような脂質様・エステル様成分への酵素作用が廃紙脱墨に応用されうることを示しています^[1]。

抄紙機の汚れ対策

抄紙機では、わずかな粘着性汚染物でも、循環水で濃縮されるとワイヤー、フェルト、ロール、ドライヤー表面に堆積します。付着が進むと、紙面欠点、紙切れ、洗浄停止、フェルト寿命低下、操業速度低下につながります。クチナーゼ処理は、こうした堆積物の発生源であるエステル性・脂肪性成分の粘着性を下げること、ランナビリティ改善を支援します^[2]。

ただし、抄紙機表面にすでに固着した厚い堆積物を、酵素だけで短時間に除去する処理と考えるのは適切ではありません。クチナーゼの主な価値は、工程中の汚染物が付着・凝集する前、または再付着しやすくなる前に性状を変える点にあります。したがって、予防的なスティッキー制御や工程安定化の一部として位置づける方が、実務上の期待値に合います^[3]。

工程条件に関する考え方

クチナーゼはタンパク質酵素であるため、作用には水、適切な接触、過度でない温度、極端でない pH、阻害しにくい薬品環境が必要です。製紙工程にはアルカリ性条件、漂白薬品、界面活性剤、分散剤、定着剤、金属イオン、微細繊維、填料が存在するため、酵素はそれらと同じ水系環境で対象物に接触します。アルカリ性セルラーゼの製紙リサイクル利用に関するレビューでも、酵素の適用性は工程条件と密接に関係することが示されています^[6]。

温度や pH は、酵素の種類、配合、工程位置によって適した範囲が異なります。ここで特定の数値条件を一般化すると、実際の製品や工程に合わない可能性があります。重要なのは、クチナーゼを強酸、強アルカリ、強酸化剤、過度な熱、酵素を失活させる処理と同時に過酷な条件へ置かないことです。酵素脱墨研究でも、酵素の種類と処理条件の組み合わせが結果に影響することが報告されています^[4]。

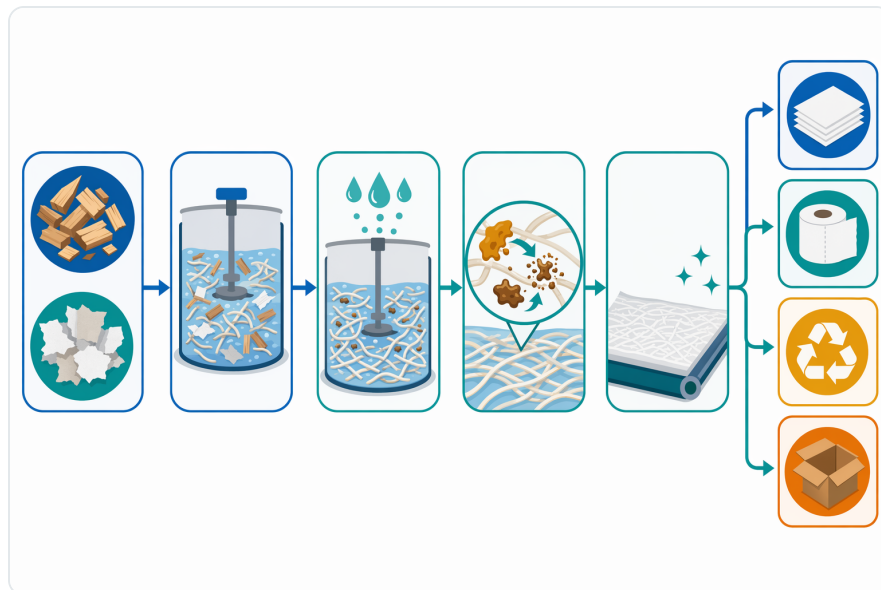


Figure 6. 큐티나아제는 재활용 섬유 준비, 펄프 슬러리 전처리, 손지 처리, 비목재 섬유 처리, 선택적인 물 또는 슬러리 컨디셔닝 단계처럼 습윤하고 접근 가능한 공정 구역에 가장 적합하다.

期待できる効果

Cutinase Hydrolase Enzyme for Pulp and Paper Industry に期待される主な効果は、脂肪性付着物の分散性改善、スティッキー堆積の低減、ワイヤー・フェルト汚れの軽減、紙面欠点の減少、古紙再生工程の安定化です。特に、ラベル粘着剤、ワックス、エステル性樹脂、油脂様成分が問題となる工程では、クチナーゼの加水分解作用が汚染物の粘着性を弱める方向に働く可能性があります [1]。

また、酵素処理は一般に、強い薬品処理を単純に増やす方法とは異なり、対象結合に選択的に作用します。これにより、既存の古紙処理、脱墨、洗浄、抄紙機管理を補助しながら、工程負荷の分散を図ることができます。廃紙や古紙を対象にした酵素脱墨研究では、酵素処理が紙の白色度、インキ除去、強度、排水性など複数の品質指標に影響することが検討されています [7]。

実務上の限界

クチナーゼの限界は、基質選択性そのものにあります。エステル結合を持たない粘着剤、強く架橋した高分子、無機填料、カーボンブラックや顔料、酸化樹脂、熱履歴で変質したホットメルトなどは、クチナーゼの主反応対象ではありません。そのため、工程内の粘着物がどの化学成分から成るかによって、効果の大きさは変わります [2]。

また、酵素が対象物に接触できなければ、反応は進みません。大きな粘着塊の内部、填料や繊維に埋もれた樹脂、表面が不活性化した汚染物では、酵素が作用できる部分が限られます。クチナーゼ処理は、機械的分散、洗浄、スクリーン、フローテーション、工程水管理と相補的に働くものであり、これらの物理的・化学的工工程を不要にするものではありません^[3]。

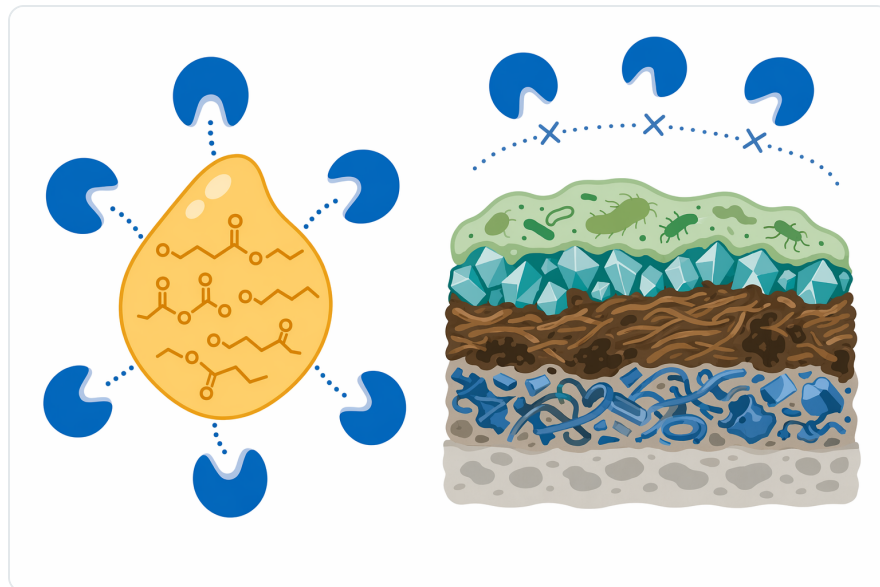


Figure 7. 성능은 신선하거나 분산된 에스터가 풍부한 잔류물에서 가장 현실적으로 나타나며, 경화된 혼합 침전물과 비에스터 물질에는 다른 제어 방법이 필요하다.

Enzymes.bio からの供給形態と文書提供

Enzymes.bio は、Cutinase Hydrolase Enzyme for Pulp and Paper Industry をパルプ・製紙用途向けの産業用酵素としてオンライン供給しています。製品は 1 kg 単位でオンラインから直接購入でき、注文に関連して CoA と SDS が提供されます。Enzymes.bio は製造業者や研究機関ではなく、産業用酵素を必要数量で購入できるサプライヤーとして位置づけられます。

取り扱いでは、酵素がタンパク質であることを前提に、粉じんやエアロゾルの吸入、皮膚・眼への接触、不要な飛散を避ける管理が必要です。具体的な保管、取り扱い、廃棄、安全対策は、注文時に提供される SDS に従うのが基本です。製紙工程での使用にあたっては、酵素を食品、飼料、医薬、人体摂取用途に転用する前提ではなく、産業工程用の処理助剤として扱うべきです。

まとめ：クチナーゼは「エステル性スティッキーを弱める」ための工程補助酵素

Cutinase Hydrolase Enzyme for Pulp and Paper Industry は、古紙再生、脱墨、抄紙工程で問題となる脂肪性付着物、エステル性樹脂、ワックス様汚染物、ポリエステル様粘着成分に作用し、スティッキー堆積を抑える方向で使われるクチナーゼ加水分解酵素です。リパーゼ・クチナーゼ融合酵素による廃紙脱墨研究や、古紙に対する酵素脱墨研究は、紙パルプ工程でエステル性・脂質様成分を対象にする酵素アプローチの妥当性を示しています^[1]。

最も現実的な理解は、本製品を「すべての粘着物を分解する万能処理」ではなく、「エステル結合を含む脂肪性・樹脂性汚染物の表面化学を変え、洗浄、スクリーン、脱墨、抄紙機管理を補助する酵素」と位置づけることです。スティッキーの化学組成と工程条件に合致した場合、クチナーゼ処理は堆積物低減、紙面欠点抑制、フェルト・ワイヤー汚れ低減、再生パルプ品質の安定化に寄与する可能性があります^[2]。

Cutinase Hydrolase Enzyme For Pulp And Paper Industry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。

[Cutinase Hydrolase Enzyme For Pulp And Paper Industry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. Liu, M., Yang, S., Long, L., Cao, Y., & Ding, S. (2017). Engineering a Chimeric Lipase-cutinase (Lip-Cut) for Efficient Enzymatic Deinking of Waste Paper. *Bioresources*, 13, 981-996.
2. Sežun, M., Karlovits, I., & Kavčič, U. (2022). Chemical and Enzymatic Deinking Efficiency of Agro And Industrial Waste Fiber-Based Paper Packaging. *The Journal of the Science of Food and Agriculture*.
3. Tsatsis, D. E., Papachristos, D., Valta, K., Vlyssides, A., & Economides, D. (2017). Enzymatic deinking for recycling of office waste paper. *Journal of environmental chemical engineering*, 5, 1744-1753.

4. Hasanin, M., Hashem, A., El - Sayed, E. S. A., & El-saied, H. (2020). Green ecofriendly bio-deinking of mixed office waste paper using various enzymes from Rhizopus microsporus AH3: efficiency and characteristics. *Cellulose*, 27, 4443 - 4453.
5. Oda, K., & Wlodawer, A. (2024). Development of Enzyme-Based Approaches for Recycling PET on an Industrial Scale. *Biochemistry*.
6. Yakubu, A., & Vyas, A. (2023). INDUSTRIAL APPLICATION OF ALKALINE CELLULASE ENZYMES IN PULP AND PAPER RECYCLING: A REVIEW. *Cellulose Chemistry and Technology*.
7. Dixit, M., & Shukla, P. (2022). Multi-efficient endoglucanase from Aspergillus niger MPS25 and its potential applications in saccharification of wheat straw and waste paper deinking. *Chemosphere*, 137298 .
8. Sutaoney, P., Rai, S., Sinha, S., Choudhary, R., Gupta, A., Singh, S. K., & Banerjee, P. (2024). Current perspective in research and industrial applications of microbial cellulases. *International Journal of Biological Macromolecules*, 130639 .
9. Pasin, T., Betini, J. A., Lucas, R. C., & Polizeli, M. (2023). Biochemical characterization of an acid - thermostable glucoamylase from Aspergillus japonicus with potential application in the paper bio - deinking. *Biotechnology progress (Print)*, 40.

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。