

Alkaline Lipase Paper And Pulp Processing : 紙パルプ工程のピッチ・スティッキー対策向けアルカリ性リパーゼ

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

Alkaline Lipase Paper And Pulp Processing は、紙パルプ工程で問題となる脂質性ピッチ、エステル性スティッキー、ワックス状汚染物の低減を目的とするアルカリ性リパーゼです。リパーゼはトリグリセリド、ワックスエステル、脂肪酸エステルなどのエステル結合を加水分解し、粘着性・疎水性の強い汚染物を、分散・洗浄・後段処理しやすい形へ変換します。Enzymes.bioは本品を供給するオンライン販売業者であり、紙パルプ用途の酵素製品群の一部として1kg単位で直接購入できます。

紙パルプ工程におけるアルカリ性リパーゼの位置づけ

紙パルプ産業で使われる酵素は、セルロース繊維そのものを無差別に分解する薬剤ではなく、工程上の特定の障害物質に対して選択的に作用する生体触媒です。リパーゼの場合、主な対象は脂質性抽出成分、トリグリセリド、脂肪酸エステル、ワックスエステル、ステロールエステル、一部のエステル系接着剤や粘着剤成分です。紙パルプ工場由来の活性汚泥からプロテアーゼ、リパーゼ、アミラーゼを抽出・最適化した研究が報告されていることから、紙パルプ環境そのものが脂質・タンパク質・デンプン系汚染物を含む複合的な酵素対象であることが分かります^[1]。

本品が想定する中心用途は、ピッチコントロール、古紙リサイクル工程のスティッキー対策、脱墨支援、白水系・パルプスラリー中の脂質性汚染物低減です。紙パルプ分野では、リパーゼのほか、セルラーゼ、ヘミセルラーゼ、キシラナーゼ、ペクチナーゼ、クチナーゼ、漂白支援酵素などが目的別に使い分けられますが、リパーゼはその中でも「疎水性で粘着しやすいエステル性成分」に焦点を当てる酵素です。

アルカリ性リパーゼがこの分野で扱いやすい理由は、古紙パルピング、脱墨、洗浄、漂白前後、白水循環など、紙パルプ工程の多くが中性からアルカリ側で運転されるためです。アルカリ条件で作用するリパーゼは、脂質性汚染物を加水分解し、生成した脂肪酸をアルカリ環境下でより分散しやすい状態へ移行させるため、ピッチやスティッキーの粘着性低減に合理的です。アルカリ性リパーゼについては、真菌由来、細菌由来、好塩性・耐冷性・耐熱性微生物由来など、多様な供給源からの性質評価が報告されています^[2]。

紙パルプ工程で問題になるピッチとスティッキー

ピッチは、木材や機械パルプ、化学パルプ、古紙原料に含まれる疎水性抽出成分が工程中で凝集・付着したものです。代表的な成分には、脂肪酸、樹脂酸、トリグリセリド、ワックス、ステロール、ステロールエステルなどが含まれます。これらは原料中の割合としては少量でも、ワイヤー、フェルト、スクリーン、配管、ロール、乾燥部に付着すると、斑点、穴、汚れ、断紙、洗浄停止、歩留まり低下などの原因になります。紙パルプ産業向け酵素利用の解説でも、リパーゼはピッチ中の脂質成分を分解し、機械付着や操業障害を抑える用途で説明されています^[3]。

スティッキーは、古紙リサイクルで特に重要な粘着性汚染物です。感圧ラベル、ホットメルト接着剤、包装材、塗工紙、粘着テープ、封筒窓材、インキ、ワックス、ラテックス、サイズ剤などが古紙中に混入し、パルピングとスクリーン処理を経て微細化します。微細化したスティッキーは、一時的に分散していても、白水循環、せん断、温度変化、電解質、保持助剤、填料、疎水性粒子との相互作用によって再凝集し、抄紙機上で堆積物になることがあります。リパーゼは、このうちエステル結合を含む接着剤成分や脂質性汚染物を対象にできるため、スティッキー全体ではなく「リパーゼ基質になり得る画分」を低減する工程補助剤として位置づけるのが正確です^[4]。



Figure 1. 알칼리성 리파아제는 피치 발생 가능성이 높은 버진 펄프, 재생 섬유의 탈묵, 백수 오염물 관리, 그리고 일부 펄프 청정도 개선에 특히 관련이 있습니다.

脱墨工程でも、脂質性・疎水性成分は無視できません。印刷インキには油性成分、樹脂、顔料、分散剤、バインダーが含まれ、古紙繊維表面に強く付着したインキ粒子を剥離・分散させ、浮選または洗浄で除去しなければなりません。リパーゼはセルラーゼやヘミセルラーゼのように繊維表面の

微細構造へ直接作用する酵素とは異なり、インキ周辺の脂質性バインダーや油性成分の分散性改善に寄与する可能性があります。紙パルプ用途の酵素利用では、脱墨、漂白支援、ピッチ制御などが複数の酵素群で検討されてきました^[5]。

作用機序：リパーゼが粘着性汚染物を「扱いやすく」する理由

リパーゼの基本反応は、エステル結合の加水分解です。トリグリセリドであれば、脂肪酸とグリセロール骨格の間のエステル結合が切断され、遊離脂肪酸、モノグリセリド、ジグリセリド、グリセロールへと変化します。ワックスエステルやステロールエステルでは、脂肪酸とアルコールまたはステロールの結合が切断されます。この反応によって、もとの大きく疎水性の強い分子は、より小さく、界面で移動しやすく、アルカリ条件下で分散しやすい成分へ変わります。アルカリ性リパーゼの性質評価では、アルカリ側での反応性に加え、界面活性剤や洗剤成分との相互作用が研究対象になっています^[2]。

紙パルプ工程で重要なのは、リパーゼが単に汚れを「溶かす」のではなく、分子構造を変える点です。粘着性ピッチやスティッキーは、疎水性相互作用、軟化、凝集、表面付着によって堆積物になります。リパーゼがエステル性脂質を切断すると、粒子表面の疎水性バランスが変化し、粒子同士の凝集力や機械表面への付着力が低下しやすくなります。アルカリ条件では、生成した脂肪酸がイオン化しやすくなるため、疎水性の塊として残るよりも白水中に分散し、洗浄・浮選・排水処理へ移行しやすい状態になります。洗剤安定性を示すアルカリ性リパーゼの研究は、このような界面・分散系での工業利用可能性を考えるうえで参考になります^[6]。

ただし、リパーゼが作用するには、酵素、基質、水、界面が同時に存在する必要があります。ピッチやスティッキーが大きな塊として繊維束やスクリーン粕に閉じ込められている場合、酵素が十分に接触できないことがあります。一方、パルピング後の分散状態、脱墨前後のスラリー、白水循環中の微細な脂質粒子では、リパーゼが界面に吸着して反応しやすくなります。耐熱性、アルカリ安定性、界面活性剤適合性、有機溶媒耐性を備えたリパーゼが廃水中の脂質処理に有効であると報告されていることは、複雑な水系マトリックスでリパーゼが機能し得ることを示しています^[7]。

アルカリ性であることの工程上の意味

紙パルプ工程では、pH、温度、塩類、界面活性剤、酸化剤、キレート剤、保持助剤、填料、金属イオン、溶存・コロイド状物質が酵素挙動に影響します。アルカリ性リパーゼは、アルカリ側でも立体構造を保ち、脂質界面に吸着して触媒反応を維持することが求められます。古紙脱墨やピッチコントロールでは、界面活性剤や分散剤と共存する場面が多く、洗剤・界面活性剤存在下での安定性が研究されてきたリパーゼは、紙パルプ用途を考える際にも関連性があります^[2]。

アルカリ環境では、リパーゼ反応の生成物である脂肪酸が中和されやすく、脂肪酸塩として水相へ移りやすくなります。このため、単に脂質を小さく切るだけでなく、生成物を「再び粘着性の塊に戻しにくくする」方向に働きます。もちろん、カルシウムなど多価カチオンが多い系では脂肪酸塩が不溶性石鹸を形成する可能性もあり、工程水の組成によって挙動は変わります。好塩性・耐塩性微生物由来のアルカリ性リパーゼ生産に関する研究は、塩類を含む工業水系でのリパーゼ利用を考えるうえで参考になります^[8]。

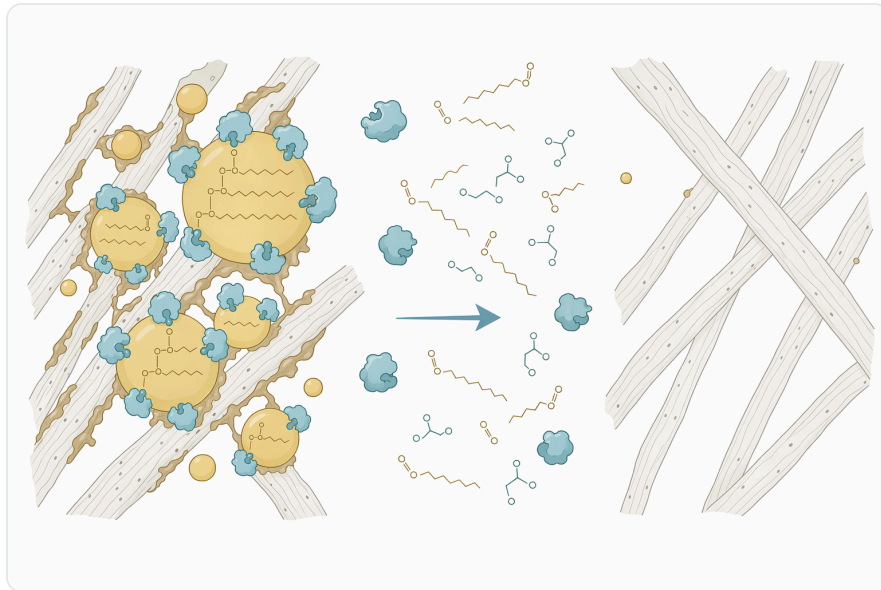


Figure 2. 리파아제는 트리글리세리드와 지방산 에스터의 에스터 결합을 가수분해하여, 알칼리 조건에서 소수성 중성 지질을 더 작고 분산되기 쉬운 생성물로 전환합니다.

アルカリ性リパーゼの供給源は多様です。真菌由来では、*Curvularia*属などから細胞外アルカリ性リパーゼが報告され、物理化学的条件の最適化や部分精製、性質評価が行われています。細菌由来では、*Bacillus*属、*Burkholderia*属、*Exiguobacterium*属、*Planomicrobium*属など、耐アルカリ性、耐塩性、耐冷性、耐熱性を示す候補が研究されています。これらの研究は、本品そのものの製造情報を示すものではありませんが、紙パルプのような変動の大きい工業工程でアルカリ性リパーゼが検討される科学的背景を与えます^[9]。

主な用途別の技術整理

用途	主な対象成分	リパーゼの主な作用	期待される工程上の効果	限界
ピッチコントロール	トリグリセリド、脂肪酸エステル、ワックスエステル、ステロールエステル	エステル結合を加水分解し、疎水性粒子の表面性状を変える	ワイヤー、フェルト、ロール、配管への堆積低減、紙面欠点の抑制	樹脂酸、無機スケール、非エステル性ポリマーには直接作用しにくい
古紙スティッキー対策	エステル系接着剤、ワックス、油性汚染物、感圧ラベル由来の一部成分	粘着性成分のエステル部位を切断し、凝集・付着性を下げる	スクリーン閉塞、フェルト汚れ、紙面欠点、洗浄頻度の低減を支援	アクリル系、シリコン系、無機・顔料系汚染物には限定的
脱墨支援	油性インキ成分、疎水性バインダー、脂質性分散物	インキ周辺の疎水性相を変化させ、剥離・分散を助ける	浮選・洗浄で除去しやすいインキ粒子形成を支援	インキ種類、紙種、印刷履歴、界面活性剤条件に強く依存
白水・排水負荷低減支援	分散脂質、油脂分、微細な疎水性コロイド	脂質を低分子化し、後段処理で扱いやすくする	白水系の汚れ蓄積や脂質性負荷の緩和に寄与する可能性	排水処理全体の設計を代替するものではない

ピッチコントロールでは、リパーゼの対象が最も明確です。木材由来抽出成分のうち、トリグリセリドやエステル化脂質はリパーゼの典型的な基質であり、これらが加水分解されることで粘着性・疎水性が変化します。紙パルプ分野における酵素利用の解説でも、リパーゼはピッチ低減の代表的な酵素として扱われています^[3]。

古紙スティッキーでは、対象成分の多様性が大きな論点になります。古紙には同じ「粘着物」と呼ばれていても、エステル性接着剤、アクリル系ポリマー、EVA、ラテックス、ホットメルト、ワックス、サイズ剤、インキ樹脂などが混在します。リパーゼが有効に働くのは、その中で脂質性またはエステル性の加水分解可能な成分です。したがって、本品はスティッキー問題全体の万能処理剤ではなく、脂質性・エステル性画分に焦点を当てる酵素処理剤として理解する必要があります^[4]。

脱墨支援では、リパーゼ単独よりも、セルラーゼ、ヘミセルラーゼ、アミラーゼ、ペクチナーゼなどとの役割分担が重要になる場合があります。セルラーゼ系酵素は繊維表面や微細繊維の状態を変え、インキ剥離や濾水性に影響します。一方、リパーゼはインキやバインダー周辺の油脂性成分に作用します。紙パルプ用酵素群が複数カテゴリで提供されている背景には、工程障害物の化学組成が単一ではないという実務上の理由があります。

科学的根拠：紙パルプ用途を支えるリパーゼ研究

アルカリ性リパーゼの基礎研究では、pH、温度、界面活性剤、洗剤成分、塩類、有機溶媒への耐性が繰り返し評価されています。これは、食品や洗剤用途だけでなく、紙パルプ工程のように界面活性剤、分散剤、アルカリ薬品、溶存有機物が共存する水系での利用可能性を考えるためにも重要です。Fusarium oxysporum由来アルカリ性リパーゼの研究では、各種界面活性剤・洗剤が酵素活性に与える影響が検討されており、工業水系での適用性を評価する視点が示されています^[2]。



Figure 3. 피치 제어는 리파아제가 분산된 지질 방울이 공장 설비 표면에서 혼합 침전물로 뭉치기 전에 접촉할 때 가장 효과적입니다.

Bacillus属由来リパーゼも工業用途でよく研究される酵素群です。Bacillus safensis TKW3由来の洗剤安定性アルカリ性リパーゼでは、アルカリ性と洗剤安定性が同時に扱われており、疎水性汚染物を界面活性剤とともに処理する用途との関連性があります。紙パルプ工程では、脱墨薬品や分散剤、洗浄助剤が存在することが多いため、こうした安定性は酵素選択の科学的背景として重要です^[6]。

廃水処理分野の研究も、紙パルプ用途を理解する助けになります。アルカリ性、耐熱性、洗剤適合性、有機溶媒耐性を持つリパーゼが脂質含有廃水のバイオ処理に有効であると報告されており、これは油脂性物質を水系で加水分解するという点でピッチ・スティッキー処理と共通しています。紙パルプ工程の白水や排水には、繊維微細分、填料、溶存有機物、インキ残渣、脂質性粒子が含まれるため、リパーゼの水系処理能力は関連性があります^[7]。

一方で、紙パルプに特化したリパーゼ応用の公開研究は、セルラーゼやキシラナーゼによる脱墨・漂白支援ほど豊富ではありません。そのため、根拠の強さは用途ごとに分けて評価すべきです。ピッチ中のトリグリセリドやエステル性脂質への作用は、生化学的にも対象物質の面でも根拠が強い

領域です。古紙スティッキーは対象組成が複雑なため中程度の根拠、脱墨支援は有望だが工程依存性が高い領域と整理するのが妥当です。紙パルプ産業における酵素抽出・最適化研究は、工程内に多様な酵素基質が存在することを示しています^[1]。

ピッチコントロールでの実務的な見方

ピッチ問題では、リパーゼの効果を「堆積物を後から剥がす洗浄剤」と考えるより、「堆積しやすい脂質性成分を、堆積しにくい形へ事前に変換する触媒」と考える方が正確です。処理対象となる脂質性粒子が工程中に分散している段階でリパーゼが作用すると、粒子表面の疎水性が変化し、ワイヤーやフェルトへの粘着付着が起りにくくなります。紙パルプ産業向け酵素利用の情報では、ピッチ堆積を抑えるリパーゼの役割が、操業安定性と紙品質改善に関連づけられています^[5]。

この用途で重要なのは、ピッチの全成分が同じようにリパーゼ基質になるわけではない点です。トリグリセリドやステロールエステル、ワックスエステルのようなエステル性脂質は加水分解対象になりますが、樹脂酸そのもの、無機スケール、金属石鹸、シリコン、顔料、填料、非加水分解性合成ポリマーは直接的な基質ではありません。したがって、ピッチの原因が脂質性抽出物に偏っている工程ほど、リパーゼ処理の合理性は高くなります。リパーゼは脂質分解酵素であり、すべての堆積物を一括で消失させる薬剤ではありません^[4]。

また、ピッチの粘着性は温度、pH、カルシウム濃度、アルミニウム塩、カチオン性薬品、微細繊維、填料、白水循環率によって変わります。リパーゼ処理によって生成した脂肪酸が分散しやすい条件では堆積低減につながりやすい一方、多価カチオンが多い条件では不溶性塩の形成を考慮する必要があります。このような工程依存性は、アルカリ性・耐塩性・耐熱性リパーゼの研究が多い理由の一つです。好塩性古細菌や耐塩性細菌によるアルカリ性リパーゼ生産の研究は、工業水系の複雑さに対応する酵素探索の方向性を示しています^[10]。

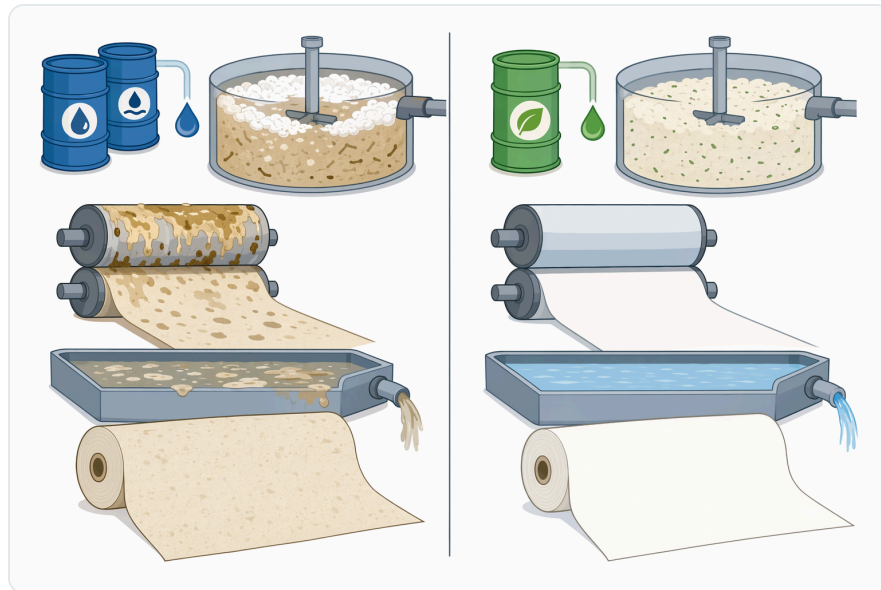


Figure 4. 제지용 효소마다 표적으로 하는 기질이 다르며, 리파아제는 셀룰로오스, 자일란, 리그닌 또는 무기 스케일이 아니라 지질 에스터에 작용합니다.

古紙リサイクルとスティッキー低減

古紙リサイクルでは、スティッキーが微細化することで問題が複雑になります。粗大な粘着物はスクリーンやクリーナーで除去しやすい一方、微細スティッキーは繊維や微細分に付着し、白水中を循環し、抄紙機上で再凝集することがあります。リパーゼは、この微細スティッキーのうち、エステル系接着剤、ワックス、油脂性バインダー、脂質性インキ残渣などに作用し、粘着性と凝集性を緩和する方向に働きます。酵素による紙パルプ工程改善の解説では、再生繊維工程におけるスティッキー制御が重要な用途として扱われています^[3]。

リパーゼ処理の利点は、繊維への直接的な攻撃を主目的としないことです。セルラーゼを過剰に作用させると、条件によっては繊維強度や微細繊維量に影響する可能性がありますが、リパーゼは主に脂質性・エステル性汚染物を標的にします。そのため、古紙の繊維品質を維持しながら、粘着性汚染物の化学状態を変える補助的な手段として使いやすい性質があります。ただし、接着剤が非エステル性ポリマー主体の場合や、無機粒子との複合堆積物が主因の場合には、リパーゼ単独の寄与は限定されます^[6]。

スティッキー対策では、リパーゼを単独の解決策としてではなく、スクリーン、クリーナー、分散、浮選、洗浄、保持・濾水制御、フェルト洗浄、白水管理と組み合わせた汚染物管理の一部として見る必要があります。酵素は触媒であり、反応対象の化学結合が存在し、かつ酵素が接触できる場合に最大限機能します。古紙原料は季節、回収ルート、ラベル混入率、印刷方式、包装材比率によって変動するため、リパーゼの寄与も原料構成に左右されます。Burkholderia cepaciaなどからのアルカリ性リパーゼ生産最適化研究は、多様な微生物リパーゼが工業応用候補として検討されてきたことを示しています^[11]。

脱墨支援での役割

脱墨では、繊維表面からインキを剥がし、適切な粒径と疎水性を持つインキ粒子として浮選または洗浄で除去することが目的です。リパーゼはインキ顔料を直接分解する酵素ではありませんが、油性バインダー、脂質性分散成分、ワックス、印刷インキ周辺の疎水性相に作用することで、インキ剥離や分散状態に影響する可能性があります。紙パルプ酵素の応用解説では、脱墨工程における酵素利用が、従来の化学処理を補完する技術として説明されています^[4]。

脱墨支援でリパーゼを評価する際は、紙種と印刷方式の違いを無視できません。新聞紙、雑誌、オフィス古紙、塗工紙、包装紙では、繊維表面、填料、塗工バインダー、インキ組成が異なります。インキが油性成分を多く含む場合、リパーゼの寄与は比較的説明しやすくなりますが、UV硬化インキや樹脂性バインダー主体の系では、リパーゼのみで十分な変化を期待することは難しくなります。脱墨では、セルラーゼ系酵素とリパーゼ系酵素が異なる標的に作用するため、複合酵素処理の一部として考えられることがあります。

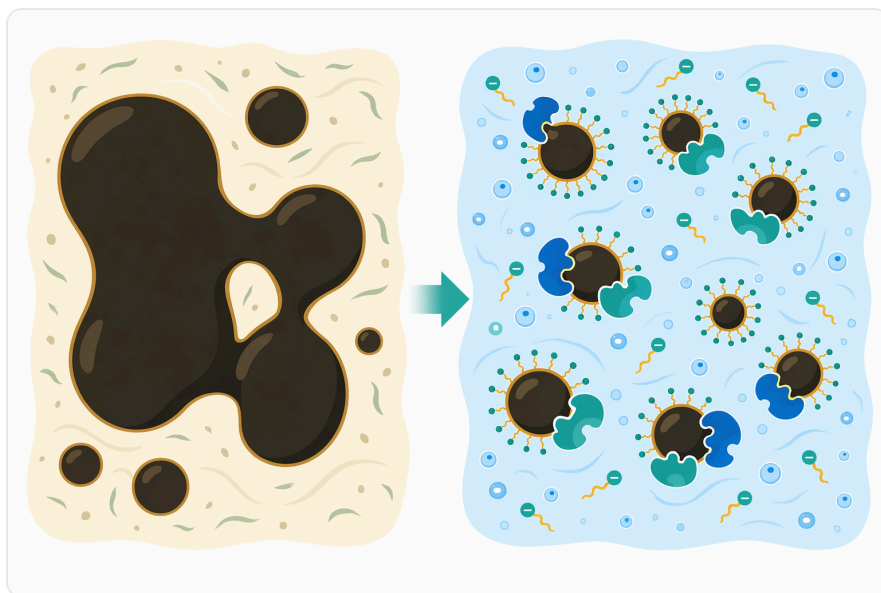


Figure 5. 알칼리 조건에서는 지방산 가수분해 생성물이 원래의 중성 트리글리세리드가 풍부한 방울보다 더 이온화되고 분산되기 쉬워질 수 있습니다.

脱墨工程で重要なのは、インキを細かくしすぎると除去しにくくなる場合がある点です。リパーゼが疎水性相を変化させることでインキ剥離が進む一方、過度な分散は浮選効率に影響する可能性があります。そのため、脱墨用途では、リパーゼは「インキを完全に分解する酵素」ではなく、「インキ周辺の脂質性・エステル性成分を変化させ、既存の浮選・洗浄工程で除去しやすい状態へ寄与する酵素」と表現するのが正確です。酵素利用による紙パルプ工程改善は、対象成分と工程条件の一致によって効果が決まります^[5]。

他の紙パルプ酵素との違い

リパーゼは、セルラーゼやキシラナーゼとは標的が大きく異なります。セルラーゼはセルロース繊維や微細繊維、表面フィブリルに作用し、脱墨、濾水性改善、繊維改質に関与します。キシラナーゼはヘミセルロース、とくにキシランに作用し、漂白前処理やリグニン除去支援で使われます。ペクチナーゼはペクチン質や植物組織由来成分に、アミラーゼはデンプン系サイズ剤や糊に、リパーゼは脂質性・エステル性汚染物に作用します。紙パルプ用酵素カテゴリが複数に分かれているのは、工程障害物の化学構造が多様だからです。

リグニン改質酵素とも役割は異なります。ラッカーゼ、マンガンペルオキシダーゼ、リグニンペルオキシダーゼなどは、リグニン構造の酸化・改質を通じて漂白やリグニン除去の支援に関与します。一方、リパーゼは酸化酵素ではなく、エステル加水分解酵素です。したがって、リグニン由来の色や漂白性を直接改善する主酵素ではなく、脂質性ピッチや粘着性汚染物の低減を主目的とします。持続可能な紙パルプ生産におけるリグニン改質酵素の研究は、酵素ごとの標的を明確に分ける必要性を示しています^[12]。

この違いを理解すると、リパーゼの使いどころが明確になります。紙面の黒点や汚れが脂質性ピッチに由来する場合、リパーゼは合理的な選択肢です。濾水性や繊維表面のインキ剥離が主課題ならセルラーゼ系との組み合わせが考えられます。漂白薬品の低減やリグニン除去支援が主目的ならキシラナーゼや酸化酵素が中心になります。デンプン系汚れが問題ならアミラーゼの対象です。つまり、リパーゼは「紙パルプ用酵素」の中でも、脂質性・粘着性汚染物に対する専門性を持つ酵素です^[1]。

操業上の利点

第一の利点は、粘着性堆積物の低減です。ピッチや一部スティッキーのエステル性脂質を加水分解することで、粒子の疎水性や粘着性が変化し、ワイヤー、フェルト、ロール、スクリーン、配管への付着リスクを下げるのが期待されます。これにより、洗浄頻度、欠点発生、断紙、操業不安定の低減に寄与する可能性があります。紙パルプ工程向け酵素利用では、リパーゼがピッチ問題の抑制に関与する酵素として説明されています^[3]。

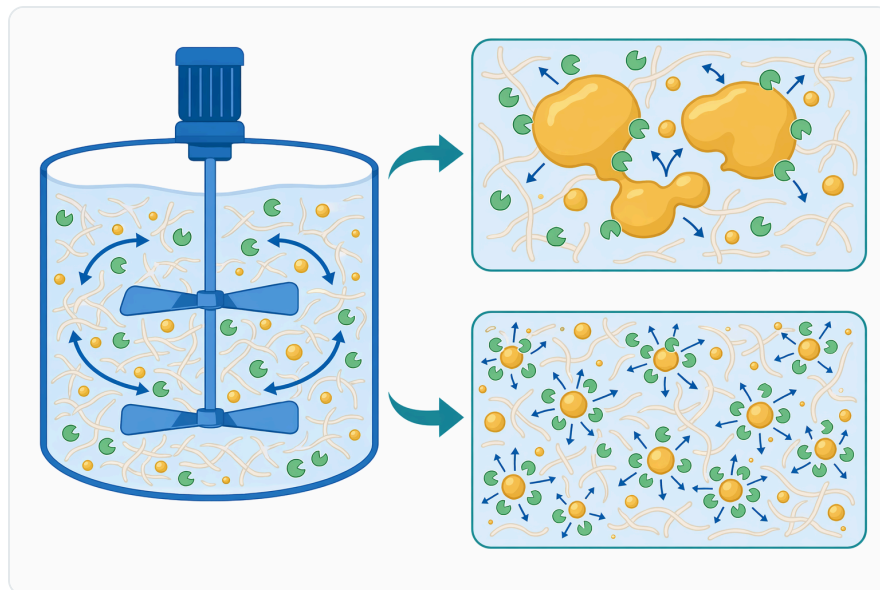


Figure 6. 리파아제의 성능은 물-지질 계면에서의 접촉에 좌우되므로, 혼합과 방울 분산은 접근 가능한 기질 표면적을 증가시킵니다.

第二の利点は、化学処理を補完できることです。従来のピッチ・スティッキー対策では、分散剤、定着剤、タルク、ベントナイト、界面活性剤、洗浄薬品などが使われます。リパーゼはこれらと同じ働きをするものではなく、粘着物の化学構造そのものを変える触媒です。適切な工程で作用すれば、汚染物を単に捕捉・隠蔽するだけでなく、堆積しにくい状態へ変換する方向に働きます。洗剤適合性や界面活性剤存在下でのリパーゼ研究は、このような補完的利用を考える基礎になります [6]。

第三の利点は、繊維品質への焦点が比較的限定的であることです。リパーゼはセルロースを主基質としないため、紙力に関わる繊維骨格を意図的に分解する酵素ではありません。このため、脂質性汚染物が主原因である工程では、繊維改質よりも汚染物改質に焦点を当てた処理が可能です。ただし、工程中の他成分や併用酵素によって繊維への影響は変わるため、リパーゼの選択性を過度に単純化するべきではありません。アルカリ性リパーゼの多様な微生物由来研究は、目的に応じた酵素特性の重要性を示しています [13]。

第四の利点は、排水・白水系の脂質性負荷を扱いやすくする可能性です。リパーゼ処理によって油脂性粒子が低分子化し、後段の凝集、浮選、生物処理、洗浄工程での挙動が変わることがあります。脂質含有産業廃水に対するアルカリ性・耐熱性・洗剤適合性リパーゼの有効性が報告されていることは、紙パルプ工程で発生する脂質性負荷を理解する際にも参考になります [7]。

限界と誤解しやすい点

リパーゼは万能の汚染物除去剤ではありません。無機スケール、炭酸カルシウム、硫酸塩スケール、粘土鉱物、顔料、シリコン、非エステル性アクリルポリマー、機械的に捕捉された大型異物、リグニンそのもの、繊維微細分の凝集には、直接的な分解作用を期待しにくい酵素です。紙パルプ工程の堆積物は複合物であることが多く、脂質性成分が一部含まれていても、主因が無機物や非加水分解性ポリマーであれば、リパーゼ単独の効果は限定されます^[12]。

また、酵素反応は工程条件の影響を受けます。pH、温度、滞留時間、せん断、残留酸化剤、界面活性剤、塩類、金属イオン、填料、カチオン性薬品、白水循環率、原料組成が変われば、リパーゼの接触効率、安定性、生成物の分散状態も変わります。特に、脂肪酸生成後の挙動は水質に左右されるため、加水分解が起きても、常に同じ形で堆積低減へつながらとは限りません。耐塩性や耐冷性を含むアルカリ性リパーゼ生産株の研究は、このような工程変動に対応する酵素特性が重視される理由を示しています^[8]。

さらに、リパーゼは既に硬く付着した堆積物を即座に洗い落とすための機械洗浄剤ではありません。主な価値は、堆積物が形成される前または形成過程にある脂質性成分へ作用し、粘着性・凝集性・疎水性を変えることです。したがって、設備表面に長期間蓄積した複合スケール、金属石鹸、填料、繊維、ポリマーの固着物に対しては、リパーゼ反応だけで十分な除去を期待するのは適切ではありません。酵素は触媒であり、対象基質への接触が確保されて初めて機能します^[2]。

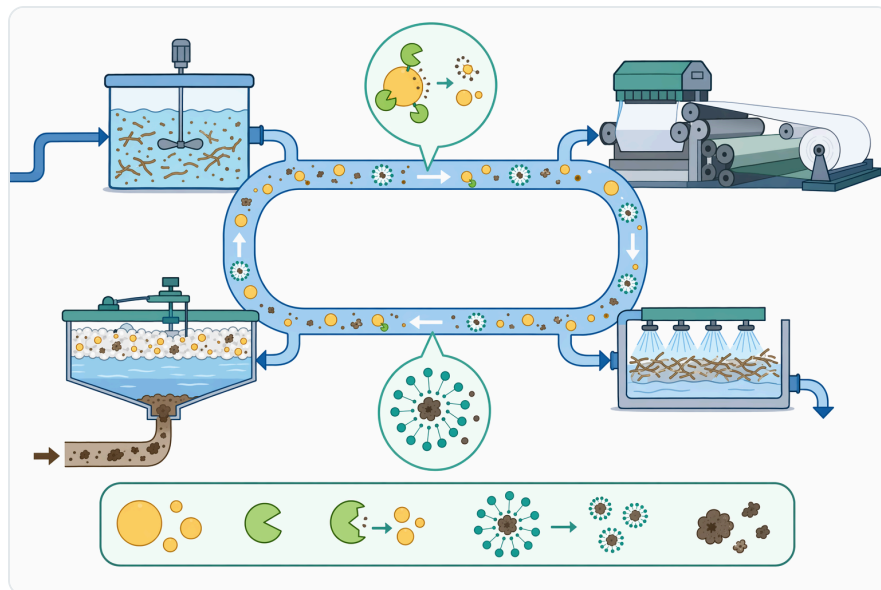


Figure 7. 리파아제는 지질의 화학적 성질을 변화시키며, 계면활성제, 백수 조건, 세척 및 부상 처리는 변형된 오염물이 어디로 이동할지를 결정합니다.

Enzymes.bioからの供給形態

Enzymes.bioは、Alkaline Lipase Paper And Pulp Processingを供給するオンライン販売業者です。製品は紙パルプ用途の産業用酵素カテゴリに位置づけられ、1kg単位でオンライン直接購入できます。Enzymes.bioは本品を製造する研究所または製造業者としてではなく、紙パルプ工程向け酵素を提供する供給業者として利用されます。

注文時には、製品に関連するCoAおよびSDSが併せて提供されます。本文では、特定の活性単位、分析法、活性定義、グレード表現には踏み込まず、紙パルプ工程におけるアルカリ性リパーゼの機序、用途、利点、限界を技術的に整理しています。紙パルプ酵素の製品群には複数の酵素カテゴリが含まれるため、リパーゼは其中で脂質性ピッチおよびエステル性スティッキー対策に焦点を当てる製品として理解すると明確です。

まとめ

Alkaline Lipase Paper And Pulp Processingは、紙パルプ工程で発生する脂質性ピッチ、エステル性スティッキー、ワックス状汚染物、油性インキ周辺成分を対象とするアルカリ性リパーゼです。主な機序は、トリグリセリドやワックスエステルなどのエステル結合を加水分解し、疎水性・粘着性の強い成分を、より分散・洗浄・後段処理しやすい形へ変換することです。アルカリ性、界面活性剤適合性、耐塩性、耐熱性などを持つリパーゼに関する研究は、複雑な工業水系でこの酵素群が検討される科学的背景を支えています^[7]。

最も根拠が明確なのは、脂質性ピッチやエステル化脂質への作用です。古紙スティッキーでは、対象がエステル性・脂質性である場合に合理性が高く、非エステル性ポリマーや無機堆積物が主因の場合には限定的です。脱墨支援では、油性・疎水性成分の分散状態を変える補助的役割が期待されますが、紙種、インキ、界面活性剤条件、浮選・洗浄条件に依存します。したがって、本品は万能処理剤ではなく、紙パルプ工程の粘着性汚染物管理において、脂質性・エステル性画分を標的にする専門的な酵素処理剤です^[3]。

Alkaline Lipase Paper And Pulp Processing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。

[Alkaline Lipase Paper And Pulp Processing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. Karn, S. K., & Kumar, A. (2019). Protease, lipase and amylase extraction and optimization from activated sludge of pulp and paper industry.
2. Prazeres, J., Cruz, J., & Pastore, G. (2006). Characterization of alkaline lipase from *Fusarium oxysporum* and the effect of different surfactants and detergents on the enzyme activity. *Brazilian Journal of Microbiology*, 37, 505-509.
3. Application Of Enzymes In Pulp And Paper Industry 64. *Creative-enzymes.*
4. The Transformative Power Of Enzymes In The Pulp And Paper Industry. *Creative-enzymes.*
5. Pulp Paper. *Vtrbiotech.*
6. Devi, T., Sistla, S., Khan, R., Kailoo, S., Bhardwaj, M., & Rasool, S. (2025). Purification and characterization of detergent stable alkaline lipase from *Bacillus safensis* TKW3 isolated from Tso Kar brackish water lake. *PeerJ*, 13.
7. Ariaeenejad, S., Kavousi, K., Han, J., Ding, X., & Salekdeh, G. (2022). Efficiency of an alkaline, thermostable, detergent compatible and organic solvent tolerant lipase with hydrolytic potential in biotreatment of wastewater. *Science of the Total Environment*, 161066 .
8. Akbari, E., Beheshti-Maal, K., & Nayeri, H. (2016). Production and Optimization of Alkaline Lipase by a Novel Psychrotolerant and Halotolerant Strain *Planomicrobium okeanokoites* ABN-IAUF-2 Isolated from Persian Gulf. *International Journal of Medical Research and Health Sciences*, 5, 139-148.
9. El-Ghonemy, D., El-Gamal, M., Tantawy, A. E., & Ali, T. (2017). Extracellular Alkaline Lipase from a Novel Fungus *Curvularia* sp. DHE 5: Optimisation of Physicochemical Parameters, Partial Purification and Characterisation. *Food Technology and Biotechnology*, 55 2, 206-217 .
10. Pirghorbani, M., & Ebrahimi, M. (2021). STATISTICAL OPTIMIZATION OF ALKALINE LIPASE PRODUCTION BY EXTREME HALOPHILIC ARCHEAN *NATRIALBA ASIATICA*. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences.*
11. Liew, Y. X., Chan, Y., Show, P., Manickam, S., & Chong, M. (2015). Optimization of Alkaline Lipase Production from *Burkholderia Cepacia* Through Submerged Fermentation. *Chemical engineering transactions*, 45, 1675-1680.
12. Buhari, F., Njoku, K., Oboh, B., & Owolabi, F. A. (2025). INVESTIGATING LIGNIN-MODIFYING ENZYMES FOR SUSTAINABLE PULP AND PAPER PRODUCTION. *FUDMA Journal of Sciences.*
13. Yasin, M. T., Ali, Y., Ahmad, K., Ghani, A., Amanat, K., Basheir, M. M., Faheem, M., ... et al. (2020). Alkaline lipase production by novel meso-tolerant psychrophilic *Exiguobacterium* sp. strain (AMBL-20) isolated from glacier of northeastern Pakistan. *Archives of Microbiology*, 203, 1309 - 1320.


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。