

Lyocell Dissolving Pulp Activation Enzyme：リヨセル用溶解パルプの反応性・溶解性を整える酵素前処理剤

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

Lyocell Dissolving Pulp Activation Enzyme は、リヨセル繊維製造に使う溶解パルプを、水系前処理でより均一に膨潤・分散しやすい状態へ整える酵素製剤です。目的はセルロースを糖まで分解することではなく、繊維表面、アクセス可能な非晶領域、残存ヘミセルロースに限定的に作用し、後段の溶媒浸透とドープ均一化を支援することです。Enzymes.bioは本製品の供給業者であり、製品は1kg単位でオンライン購入でき、CoAとSDSは注文時に併せて提供されます。

リヨセル工程で「溶解パルプ活性化」が意味すること

リヨセルは、セルロースを溶媒系で溶解し、紡糸・再生してセルロース繊維を得るプロセスです。そのため原料となる溶解パルプには、高いセルロース純度だけでなく、溶媒が繊維壁へ入りやすいこと、未膨潤部位やゲル状粒子を生じにくいこと、溶解後のドープが均一であることが求められます。溶解グレードパルプは繊維、フィルム、誘導体などのセルロース材料の基盤原料として位置づけられ、リヨセル用途ではパルプの化学組成と繊維構造の両方が工程挙動に関係します^[1]。

ここでいう「活性化」は、パルプを強く分解する処理ではありません。乾燥履歴、結晶領域と非晶領域の分布、繊維壁の緻密さ、残存ヘミセルロース、微細繊維の凝集などにより、同じ規格範囲の溶解パルプでも溶解時の挙動が変わることがあります。Lyocell Dissolving Pulp Activation Enzymeは、溶解工程に入る前の水系段階で、こうした構造的な抵抗を穏やかに緩和し、パルプの反応性を扱いやすい状態へ近づけるための工程補助剤です。

溶解パルプ製造と利用に関するレビューでは、セルロース純度、ヘミセルロース除去、重合度制御、反応性、灰分や抽出成分などが品質上の重要要素として整理されています。リヨセル用の前処理酵素は、これらのうち主に「反応性」「膨潤性」「溶解の均一性」に関わる部分を支援する位置づけであり、原料パルプの品質を置き換えるものではなく、既存工程の中でパルプ状態を微調整する役割を担います^[2]。

酵素が狙う工程課題：未溶解分、粘度ばらつき、ろ過負荷

リヨセル工程では、パルプが最終的に溶解すればよいというだけでは不十分です。溶解の途中で局所的な膨潤不足、繊維片の残留、ゲル状粒子、微細な未溶解分が生じると、ドープのろ過性や脱泡性、紡糸時の安定性に影響します。酵素的な前処理は、繊維表面のアクセス性を高め、溶媒が入りやすい状態を作ることで、溶解ムラを減らす方向に働く可能性があります。

粘度挙動も重要です。セルロースの平均的な鎖長、繊維壁中での鎖の絡み合い、ヘミセルロースの残留状態は、溶解後のドープ粘度や流動性に影響します。一方で、セルロース鎖を短くしすぎると、収率や最終繊維物性に不利になる場合があります。したがってリヨセル用パルプ活性化酵素の考え方は、「高分子セルロースを糖化する」ことではなく、「溶解に不利な構造だけを限定的に緩める」ことです。



Figure 1. 활성화 효소는 NMMO 용해, 압출 및 셀룰로오스 재생 전에 수계 펄프 전처리 단계에서 적용된다.

溶解パルプへの酵素利用については、品質向上を目的とした酵素技術の応用がレビューされており、セルラーゼ、ヘミセルラーゼ、キシラナーゼなどの酵素作用が、パルプの反応性、ヘミセルロース調整、漂白性、繊維特性に影響し得ることが整理されています。これは、溶解パルプ工程において酵素が単なる分解剤ではなく、構造調整のための選択的なプロセスツールとして扱われてきたことを示します^[3]。

作用機序：セルロース表面とヘミセルロースネットワークの限定的調整

セルロース非晶領域への穏やかな作用

セルロース繊維は、秩序性の高い結晶領域と、比較的アクセスされやすい非晶領域を併せ持ちます。リヨセル用溶解パルプでは高純度セルロースが望まれますが、完全に均質な高分子固体ではなく、繊維壁の中に溶媒が入りやすい部位と入りにくい部位が共存します。セルラーゼ系酵素は、一般にセルロース鎖の加水分解に関与し、特にアクセス可能な領域で繊維構造を変化させ得る酵素群として知られています^[4]。

Lyocell Dissolving Pulp Activation Enzyme の実務的な価値は、この作用を強く進めすぎない点にあります。表面近傍や非晶領域で限定的な切断・緩和が起これば、繊維壁の緻密さが下がり、水と膨潤が進みやすくなります。これにより後段の溶媒がセルロース鎖へ到達しやすくなり、局所的な未膨潤部位の発生を抑える方向に働くことが期待されます。

ヘミセルロース残留画分への影響

溶解パルプには、原料や製造履歴に応じて少量のヘミセルロースが残ることがあります。ヘミセルロースはセルロース微細構造の周辺に存在し、繊維壁の膨潤、溶媒浸透、粘度挙動に影響し得ます。前加水分解クラフト法などの溶解パルプ製造では、ヘミセルロース除去が重要な工程要素として扱われており、前処理条件はセルロース品質と副生成物の両方に関係します^[5]。

酵素的活性化では、残存ヘミセルロースを無差別に除去するというより、セルロース表面や繊維壁中で溶解を妨げる多糖ネットワークを部分的に緩めると考える方が適切です。キシランやその他のヘミセルロースが繊維表面を覆っている場合、酵素による限定的な解重合は、溶媒がセルロースへアクセスする経路を作る可能性があります。これにより、同じ化学組成のパルプでも、溶解時の初期膨潤や分散の均一性が改善する場合があります。

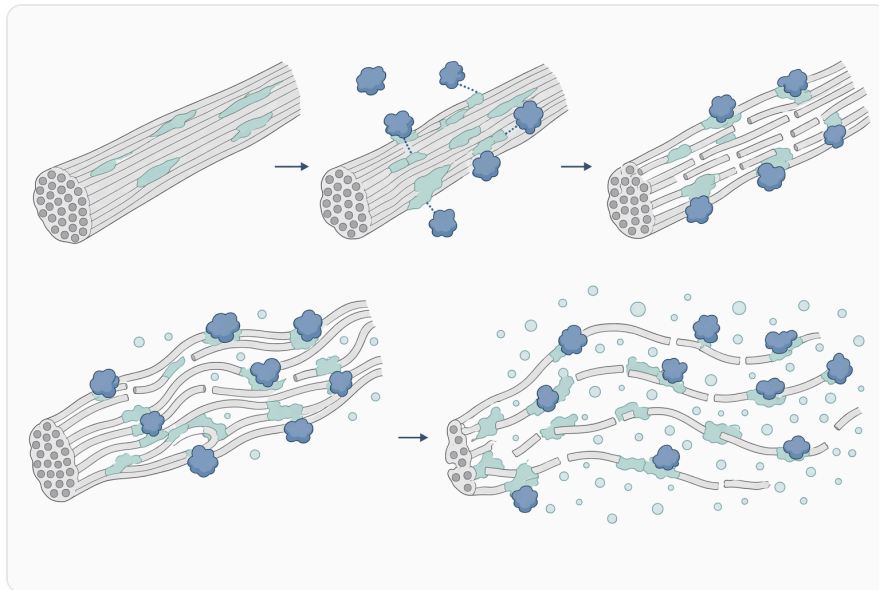


Figure 2. 셀룰라아제형 활성은 접근 가능한 셀룰로오스 영역에 흡착해 제한적인 내부 절단을 일으키고, 섬유벽 영역을 열어 수화와 용매 침투가 더 균일하게 이루어지도록 한다.

纖維壁の開放と水系前膨潤

酵素処理は、リヨセル溶媒中で行う処理ではなく、水系のパルプスラリー段階で意味を持ちます。水中で繊維が十分に分散し、酵素が繊維表面へ到達できる状態になると、繊維壁の開放、微細な表面変化、水分保持挙動の変化が起こりやすくなります。リヨセル工程にとって重要なのは、酵素反応そのものではなく、その結果としてパルプが後段の溶媒処理を受け入れやすくなることです。

溶解パルプ生産における酵素技術の研究背景

溶解パルプへの酵素応用は、単一の工程だけでなく、前処理、漂白補助、反応性改善、ヘミセルロース調整、繊維改質などの文脈で研究されています。高品質溶解パルプの生産に関するレビューでは、酵素技術が従来の化学処理を補完し、選択性の高い処理としてパルプ品質改善に利用される可能性が整理されています^[3]。

また、溶解木材パルプから再生セルロース材料を作る過程における酵素的繊維改質を扱った研究では、酵素処理が繊維特性や後続加工性に関わることが示されています。これは、リヨセル向け活性化酵素を「セルロース原料を破壊する処理」ではなく、「再生セルロース材料へつなぐ前段階の繊維改質」として理解するうえで重要です^[6]。

一方で、酵素処理の効果は原料パルプに依存します。木材由来、竹由来、農産副産物由来など、セルロース原料が異なれば、ヘミセルロース組成、リグニン残留、繊維形態、灰分、抽出成分が異なります。竹パルプを溶解パルプとアラビノキシランにアップグレードするカスケードプロセスの研究は、非木材系原料でも溶解パルプ化には多糖組成の制御が重要であることを示す例です^[7]。

機械的・化学的前処理との違い

リヨセル用パルプの反応性を高める方法には、機械的分散、アルカリ処理、酸性前処理、蒸気爆砕、洗浄・抽出など複数の選択肢があります。酵素的活性化は、これらを完全に置き換えるものではなく、より穏やかな水系条件で繊維表面と多糖構造へ選択的に作用する補完的手段です。ユーカリ材のオルガノソルブ溶解パルプ生産では、蒸気爆砕前処理によりヘミセルロースを除去し、溶解パルプ化を促進する研究が報告されており、ヘミセルロース制御が溶解性改善の重要な軸であることが分かります^[8]。

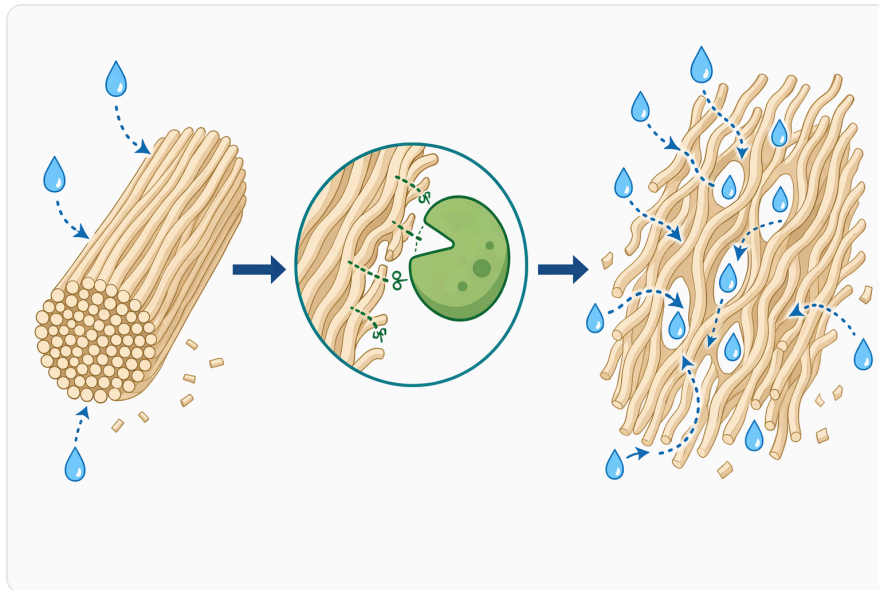


Figure 3. 접근성이 펄프의 제한 요인일 때, 제어된 활성화는 습윤, 팽윤, 용해 준비성 및 잔류물 감소를 개선한다.

前処理アプローチ	主な作用対象	リヨセル用パルプへの期待効果	注意すべき点
酵素的活性化	繊維表面、非晶セルロース、残存ヘミセルロース	膨潤性、分散性、溶媒アクセス性の改善	過処理による分子量低下を避ける必要がある
機械的分散	繊維束、シート構造、凝集体	スラリー均一化、表面積増加	せん断負荷や微細化の過多に注意
化学的前処理	ヘミセルロース、抽出成分、反応性官能基	組成調整、反応性改善	副反応、洗浄負荷、工程条件の影響が大きい
熱・蒸気系前処理	繊維壁、ヘミセルロース、細胞壁構造	繊維壁の開放、ヘミセルロース除去	条件が強いとセルロース損傷の可能性がある

酵素処理の特徴は、反応対象が比較的限定される点です。セルラーゼや関連酵素はセルロース系基質に作用しますが、その作用は基質のアクセス性、結晶性、表面状態、共存物質に大きく左右されます。工業的セルラーゼの応用に関するレビューでは、繊維、紙パルプ、バイオマス処理など多様な産業用途が整理されており、酵素が固体セルロース基質の構造変化を伴う工程で利用されてきたことが示されています^[9]。

一般的な使用イメージ：水系スラリーでの前処理

Lyocell Dissolving Pulp Activation Enzyme は、リヨセル溶媒に直接添加するものではなく、溶解前の水系パルプスラリーで使用する前処理剤として考えるのが自然です。パルプを水中で十分に分散させ、酵素が繊維表面へ接触できる状態を作り、一定時間反応させた後、加熱、pH変更、洗浄、脱水などの工程操作で酵素作用を終え、後段の溶解工程へ進みます。

この段階で重要なのは、糖生成量を最大化することではありません。リヨセル用途で見るべき現象は、膨潤の立ち上がり、スラリー分散、未膨潤繊維の減少、溶解後ドープの均一性、ろ過時の負荷、紡糸安定性、最終繊維の品質傾向です。酵素処理が強すぎると、セルロース鎖の過度な短縮や粘度低下を招く可能性があるため、活性化は常に「限定的な構造調整」として扱う必要があります。

溶解パルプそのものの製造では、前加水分解、クラフト蒸解、漂白、洗浄、乾燥などの履歴が最終パルプの反応性に影響します。溶解木材パルプ生産のレビューでは、原料、前処理、蒸解、漂白、後処理の違いがパルプ品質を左右することが整理されており、リヨセル前処理酵素の効果もこの履歴から切り離して考えることはできません^[2]。

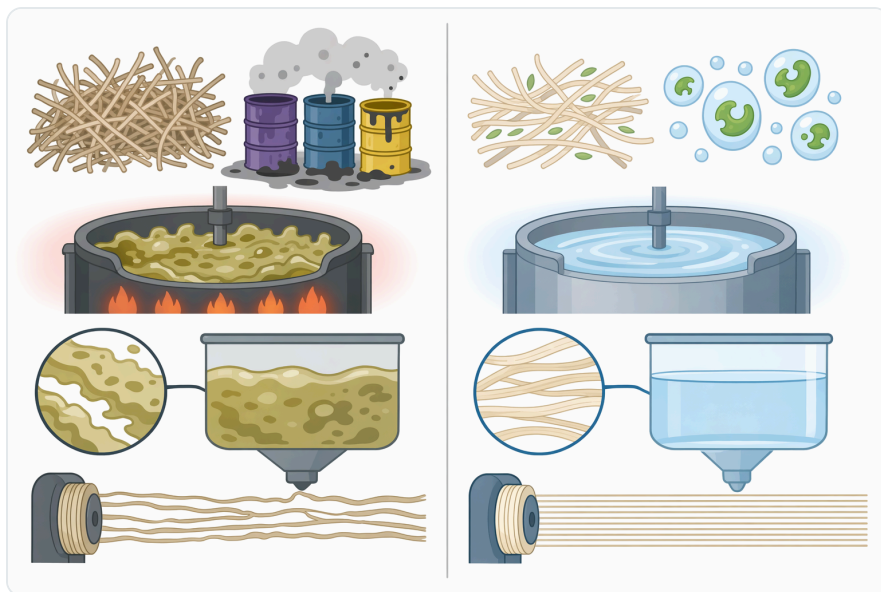


Figure 4. 효소적 활성화는 수계 조건에서 접근 가능한 셀룰로오스 영역을 선택적으로 변형한다는 점에서 기계적, 화학적 및 무활성화 공정과 다르다.

期待される産業上の利点

溶解ムラの低減

酵素的活性化により、繊維表面の緻密な部分やアクセスしやすい非晶領域が限定的に緩むと、溶媒が繊維内部へ入りやすくなります。これにより、溶解開始時の局所的な遅れが緩和され、未溶解粒子やゲル状物の発生を抑える方向に働く可能性があります。溶解パルプへの酵素技術応用が品質改善の文脈で研究されていることは、この用途の科学的背景を支えます^[3]。

ドープ調製の安定化

リヨセルドープの均一性は、ろ過、脱泡、紡糸、繊維品質に直結します。パルプが均一に膨潤し、微細な未溶解分が少ない状態で溶解工程へ入ると、後段の負荷を原料側から下げられる可能性があります。これは装置条件だけで問題を解決するのではなく、パルプの前処理状態を整えて工程全体を安定化する考え方です。

強い化学処理への依存低減

酵素は水系で作用するため、強い化学処理や過度な機械処理だけに頼らず、比較的穏やかな条件で反応性を調整する選択肢になります。もちろん、酵素も条件が不適切であれば過処理を招くため、穏やかであることは無制限に安全という意味ではありません。重要なのは、目的を糖化ではなく溶解準備性の改善に置き、過剰なセルロース分解を避けることです。

原料ロット差への対応

溶解パルプは同じ規格名でも、原料種、保管状態、乾燥強度、繊維壁構造、ヘミセルロース残留量の違いにより、実工程での挙動が変わることがあります。酵素的活性化は、そうした差を完全に消すものではありませんが、パルプの水和・膨潤・溶媒アクセス性を調整することで、後段工程に入る前の状態をそろえやすくする補助手段になります。

適用場面：リヨセル用溶解パルプの前処理を中心に

主な適用場面は、リヨセル繊維製造における溶解パルプの前処理です。乾燥シートパルプを再分散して溶解工程へ送る場合、シート化や乾燥によって繊維間結合が強まり、初期膨潤に時間がかかることがあります。酵素的活性化は、この段階で繊維表面を水系条件下で整え、溶媒処理へ移行しやすい状態を作るために利用されます。

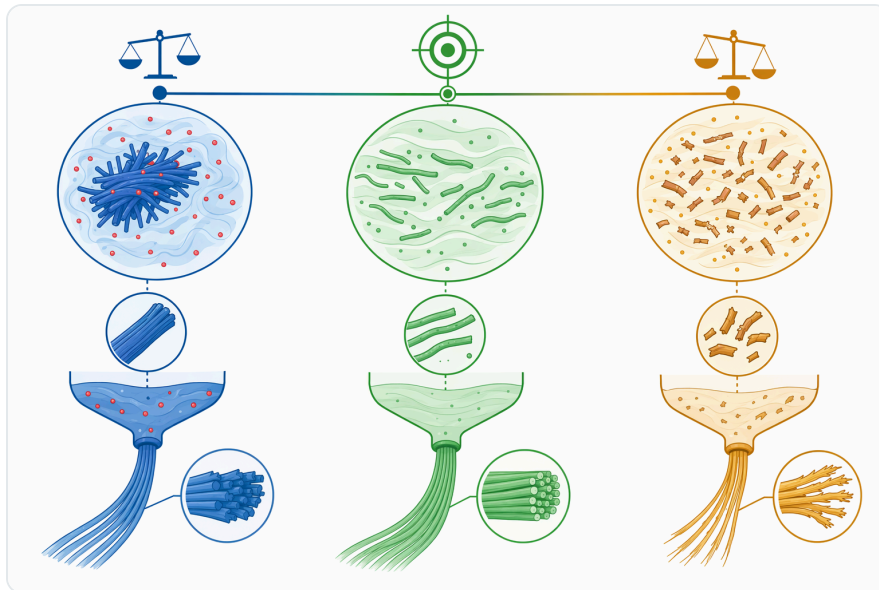


Figure 5. 유용한 활성화 범위는 셀룰로오스 사슬을 과도하게 짧게 만들지 않으면서 접근성 향상과 점도 반응의 균형을 맞춘다.

また、新しい溶解パルプ原料や非木材系セルロース原料の工程適性を検討する場面でも、酵素前処理は有用な選択肢になり得ます。マンゴー由来の農産副産物からセルロースパルプを得る研究や、桃加工廃棄物から溶解パルプを作る研究のように、溶解パルプ原料は木材以外にも広がっていますが、原料が変われば多糖組成や繊維構造も変わるため、反応性調整の重要性は高まります^{[10][11]}。

ただし、Lyocell Dissolving Pulp Activation Enzyme は、低品質な原料を無条件にリヨセル適性へ変える薬剤ではありません。リグニン、灰分、抽出成分、金属、残留薬品、極端な繊維損傷など、溶解パルプとしての根本的な制約がある場合、酵素処理だけで解決できる範囲には限界があります。

効果を左右する要因

酵素的活性化の結果は、パルプの種類、重合度、結晶性、繊維長、シート乾燥履歴、残存ヘミセルロース、分散状態、温度、pH、接触時間、混合状態によって変わります。特に、酵素は基質へ接触できなければ作用しないため、スラリー中で繊維が過度に凝集していると、表面の一部だけが処理され、均一な活性化につながりにくくなります。

一方で、処理を強めれば常に良くなるわけではありません。過度な加水分解は、粘度の低下、セルロース分子量の低下、収率低下、最終繊維強度への影響を招く可能性があります。セルロース系酵素は産業上有用ですが、基質特性と工程目的に応じて作用範囲を制御する必要があることは、微生物セルラーゼの産業応用に関するレビューでも一貫して示されています^[4]。

残留漂白薬品、極端なpH、高温、溶媒成分、保存中の汚染も、酵素の働きや再現性に影響します。したがって、リヨセル工程では、酵素処理を溶媒溶解工程とは分けた水系前処理として設計し、反応後に酵素作用を止めてから後段へ進める考え方が基本になります。



Figure 6. 활성화된 용해 펄프는 리오셀 스테이플 섬유, 필라멘트, 세심도 섬유, 특수 셀룰로오스 및 기타 고균일성 재생 셀룰로오스 응용 분야에 활용될 수 있다.

Enzymes.bioでの提供形態

Enzymes.bioは、Lyocell Dissolving Pulp Activation Enzyme の供給業者です。製品は1kg単位でオンライン購入でき、注文とオンライン決済後に処理・配送が進みます。CoAとSDSは注文時に併せて提供されるため、製品情報と安全情報を確認しながら取り扱えます。

本製品は、リヨセル用溶解パルプの水系前処理に関心のある研究開発、小規模検討、工程評価、既存プロセスの条件探索に適した形で提供されます。Enzymes.bioは製造業者や研究機関ではなく供給業者であるため、本記事では特定工場の条件を前提にした性能保証ではなく、用途、作用機序、研究背景、実務上の位置づけを中心に整理しています。

まとめ：リヨセル溶解工程の前にパルプ状態を整える酵素

Lyocell Dissolving Pulp Activation Enzyme は、リヨセル工程において溶解パルプの膨潤性、分散性、溶媒アクセス性を高めることを狙う酵素的な前処理剤です。セルロースを完全に分解する糖化用途ではなく、繊維表面、アクセス可能な非晶領域、残存ヘミセルロースに限定的に作用し、後段の溶解・ろ過・紡糸工程へ入りやすいパルプ状態を作ることが目的です。

溶解パルプへの酵素技術応用、再生セルロース材料向けの酵素的繊維改質、ヘミセルロース制御を含む溶解パルプ製造研究は、この用途の科学的背景を支えています。ただし、実際の効果は原料パルプの履歴と工程条件に依存するため、酵素は万能な補正剤ではなく、パルプ反応性を制御するための穏やかなプロセス助剤として位置づけるのが適切です^[6]。

Lyocell Dissolving Pulp Activation Enzyme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。

[Lyocell Dissolving Pulp Activation Enzyme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. Quintana, E., Valls, C., & Roncero, M. B. (2024). [Dissolving-grade pulp: a sustainable source for fiber production](#). *Wood Science and Technology*, 58, 23 - 85.
2. Balkissoon, S., Andrew, J., & Sithole, B. (2022). [Dissolving wood pulp production: a review](#). *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13, 16607 - 16642.
3. Yang, S., Yang, B., Duan, C., Fuller, D. A., Wang, X., Chowdhury, S., Stavik, J., ... et al. (2019). [Applications of enzymatic technologies to the production of high-quality dissolving pulp: A review](#). *Bioresource Technology*, 281, 440-448 .
4. 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 .
5. Cunha, A., & Simões, R. (2023). [Dissolving Kraft Pulp Production and Xylooligosaccharide Coproduction: Effect of Pre-Hydrolysis Conditions](#). *ACS Omega*, 8, 13626 - 13638.
6. Loureiro, P., Cadete, S. M. S., Tokin, R., Evtuguin, D., Lund, H., & Johansen, K. (2021). [Enzymatic Fibre Modification During Production of Dissolving Wood Pulp for Regenerated Cellulosic Materials](#). *Frontiers in Plant Science*, 12.
7. Su, Q., He, D., Luo, J., Zhou, X., Wu, S., Zhao, L., Shen, F., ... et al. (2024). [A cascaded process to upgrade bleached bamboo pulp into dissolving pulp and arabinoxylan](#). *Carbohydrate Polymers*, 345, 122584 .

8. Martino, D., Colodette, J., Chandra, R., & Saddler, J. (2017). Steam explosion pretreatment used to remove hemicellulose to enhance the production of a eucalyptus organosolv dissolving pulp. *Wood Science and Technology*, 51, 557-569.
9. Singh, A., Bajar, S., Devi, A., & Pant, D. (2021). An overview on the recent developments in fungal cellulase production and their industrial applications. *Bioresource Technology Reports*, 14, 100652.
10. García-Mahecha, M., Soto-Valdez, H., Peralta, E., Carvajal - Millan, E., Madera-Santana, T., Lomeli-Ramírez, M. G., & Colín-Chávez, C. (2023). Production and Characterization of Cellulosic Pulp from Mango Agro-Industrial Waste and Potential Applications. *Polymers*, 15.
11. Plakantonaki, S., Zacharopoulos, N., Christopoulos, M., Kiskira, K., Markou, G., Tsakanika, L., & Priniotakis, G. (2025). Upcycling industrial peach waste to produce dissolving pulp. *Environmental science and pollution research international*, 32, 4636 - 4655.

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。