

Alkaline Lipase for Paper and Pulp Processing : 鹼性脂肪酶在紙漿造紙中的樹脂障礙控制與白水處理應用

Enzymes.bio 研究團隊 · 紐西蘭威靈頓 · June 21, 2026

Alkaline Lipase — Paper and Pulp Processing 是用於紙漿與造紙流程的鹼性脂肪酶產品，主要應用在樹脂障礙 (pitch) 控制、白水循環中疏水性顆粒管理，以及含油脂、蠟質或酯類污染物的製程輔助處理。脂肪酶可水解三酸甘油酯與部分酯類疏水物，使其較易分散、移除或在後續流程中被管理；文獻中已有多項研究將脂肪酶、固定化脂肪酶或脂肪酶搭配氧化劑用於造紙 pitch control 的情境。^[1]

對紙廠而言，這類酵素的價值不在於取代整個化學處理系統，而是在特定段位降低樹脂沉積風險、改善白水循環穩定性，並協助維持紙機運轉與成紙外觀的一致性。Enzymes.bio 供應的此產品以 1 kg 單位線上銷售，CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供；本文為技術教育文件，並非製造商製程說明。^[2]

酵素名稱與主要應用

酵素名稱：Alkaline Lipase — Paper and Pulp Processing。其核心酵素類型為脂肪酶 (lipase)，適用方向為紙漿與造紙加工中的疏水性萃取物處理，尤其是木材樹脂、回收纖維中的油脂與黏著性污染物，以及白水系統中容易聚集成沉積物的 pitch particles。脂肪酶在造紙領域的經典應用之一，就是透過水解樹脂中可反應的酯類脂質，降低其黏附、凝聚與沉積傾向。^[3]

在實務語境中，「pitch」並不是單一化合物，而是由三酸甘油酯、脂肪酸、樹脂酸、蠟、固醇酯與其他親脂性萃取物組成的混合污染群。脂肪酶最直接作用的對象通常是含酯鍵的中性脂質，例如三酸甘油酯與部分酯類蠟質；對樹脂酸等非酯類物質則多半屬間接影響，因此實務上常與分散、氧化、吸附或其他酵素策略搭配，而不是單獨承擔所有 pitch control 功能。^[4]

造紙流程中的樹脂障礙為何需要控制

在機械漿、熱磨機械漿 (TMP)、化學機械漿與部分再生纖維系統中，木材或回收原料會釋放大量疏水性萃取物。這些物質在高剪切、溫度變化、pH 改變、電解質累積或白水封閉循環條件下，可能從微細膠體狀態轉為可見顆粒，最後附著在管線、篩網、毛布、壓榨段或紙頁表面。Pitch control in thermomechanical pulping and papermaking 的研究即把酵素處理視為管理這類沉積問題的生物技術路徑之一。^[4]

樹脂障礙造成的問題通常具有連鎖性：一開始可能只是白水濁度、濾水性或泡沫狀態改變，接著可能變成黏附於設備表面的沉積物，最終造成斷紙、孔洞、斑點、紙面瑕疵、施膠不穩或清洗頻率增加。若以傳統方式處理，紙廠常依賴滑石粉、分散劑、固著劑、氧化劑或清洗藥劑；脂肪酶的角色則是從污染物本身的化學結構下手，改變其在水相與纖維表面的行為。^[5]



Figure 1. 鹼性脂肪酶最適用於易產生樹脂沉積的原生紙漿、再生纖維脫墨、白水污染物控制，以及特定的紙漿潔淨度輔助處理。

白水系統特別值得注意。隨著造紙廠提高水回用比例，疏水性微粒與溶解性有機物更容易累積，樹脂顆粒在循環水中碰撞、凝聚的機率也增加。已有研究將脂肪酶固定於幾丁聚醣珠，用於移除造紙白水中的 pitch particles，顯示文獻中不僅關注自由酵素投加，也探索固定化酵素在白水治理中的可能性。^[1]

脂肪酶的作用機制：從「油性污染物」變成較易管理的物質

脂肪酶屬於水解酵素，主要催化酯鍵斷裂。當其接觸三酸甘油酯時，可將其水解為甘油、單酸甘油酯、雙酸甘油酯與游離脂肪酸等較小分子；在偏鹼性製程環境中，部分游離脂肪酸會以離子化型態存在，親水性與分散性通常高於原本的中性油脂。這種化學轉換是脂肪酶被用於 pitch control 的根本原因。^[3]

這項機制的重點不是「把所有樹脂完全消除」，而是降低可沉積、可黏附、可聚集的疏水性組分比例。未被處理的中性脂質容易在纖維、填料、金屬表面或聚合物添加劑附近形成疏水域；經脂肪酶水解後，部分物質更容易被分散、帶走、吸附到控制劑上，或在後續篩選、洗滌、浮選與污水處理中被管理。這也是為何早期的酵素 pitch control 研究多聚焦於降低沉積傾向，而非單純追求總萃取物含量的下降。^[5]

在鹼性條件下使用脂肪酶還有一個工藝上的意義：許多紙漿處理、回收纖維處理與鹼性漂白前後段，本來就處在中性偏鹼到鹼性範圍。若脂肪酶能在這類環境維持功能，就比較容易整合到既有流程中，減少為了酵素而大幅調整 pH 的需求。不過，鹼性也會改變鈣、鎂、脂肪酸鹽與樹脂酸鹽的平衡，因此水質與金屬離子條件仍會影響最終沉積風險。^[6]

可處理的污染物類型與限制

在紙漿造紙中，脂肪酶較適合處理含酯鍵的疏水性物質，例如木材中的三酸甘油酯、某些蠟質酯、再生纖維中的油性殘留，以及部分來自印刷、塗佈或加工歷史的親脂性污染物。這些物質若未被控制，可能參與 pitch、stickies 或混合沉積物形成，尤其在高封閉循環白水系統中更容易累積。^[2]

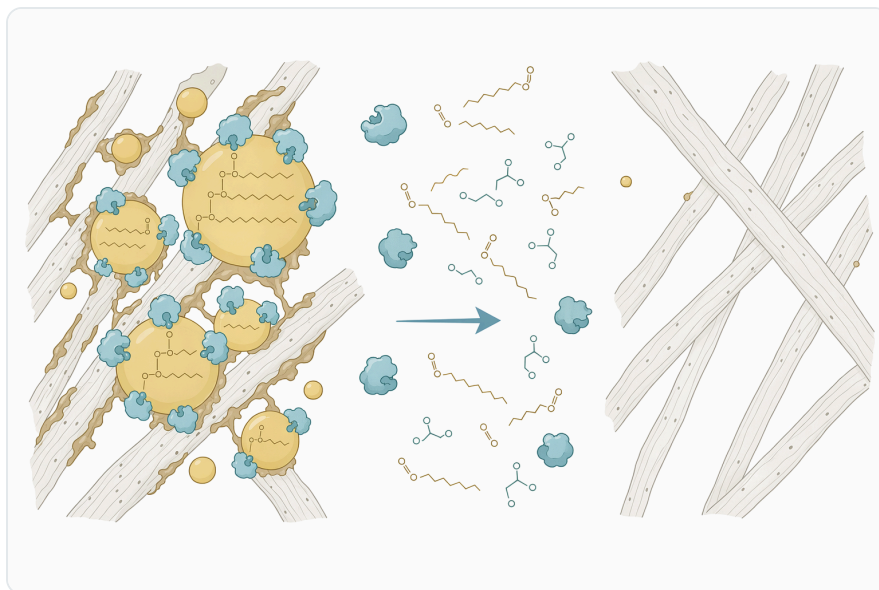


Figure 2. 脂肪酶會水解三酸甘油酯與脂肪酸酯中的酯鍵，在鹼性條件下將疏水性的中性脂質轉化為較小且更易分散的產物。

相對地，脂肪酶對樹脂酸、飽和烴類、某些高分子黏著劑與無酯鍵的疏水材料並不一定具有直接分解能力。這不代表脂肪酶無效，而是代表它通常是沉積控制方案中的一個功能模組：它先降低可水解油脂的黏著與聚集傾向，再由分散、固定、氧化、吸附或機械分離機制處理其他成分。脂肪酶與氧化劑組合用於造紙 pitch control 的專利與研究方向，即反映了複合策略在實務上的必要性。^[7]

應用場景一：機械漿與熱磨機械漿的 pitch control

機械漿與 TMP 的特性是保留較多木材原生萃取物，因此 pitch 風險往往高於高度化學精製的漿種。當木材種類、季節、儲木時間或萃取物含量變動時，紙廠可能遇到沉積物突然增加、白水穩定性下降或紙面斑點上升的情況。酵素處理在此情境中可作為前段控制手段，於萃取物尚未大規模沉積前先改變其中可水解脂質的性質。^[4]

研究文獻中對 TMP 與造紙 pitch control 的酵素處理評估，通常將重點放在沉積物減少、疏水性物質轉化與紙機操作穩定性，而不是只看單一化學濃度。這符合紙廠現場邏輯：即使總有機物沒有大幅下降，只要黏附性降低、顆粒不再形成大沉積、清洗停機頻率減少，製程就可能獲得實質改善。^[4]

應用場景二：白水循環與再生白水中的疏水顆粒管理

白水循環是脂肪酶應用中很有代表性的場景。當紙廠提高水回收率，微細纖維、填料、溶解性有機物、表面活性劑殘留與親脂性顆粒會共同存在，使 pitch 顆粒更難以預測。固定化脂肪酶用於白水 pitch particles 移除的研究指出，將酵素固定在載體上可讓酵素與目標顆粒接觸，同時便於與水相分離，這為循環水治理提供了不同於一次性投加的思路。^[1]



Figure 3. 當脂肪酶在分散的脂質液滴尚未聚結成紙廠設備表面的混合沉積物之前與其接觸時，樹脂沉積控制效果最佳。

再生白水則多了另一層複雜性：回收紙來源不一，可能含有印刷油墨、黏著劑、塗佈乳膠、紙力劑殘留與食品包裝油脂。Aspergillus oryzae 用於再生白水 pitch control 的研究顯示，生物法在回收系統的疏水污染管理上受到關注；雖然真菌處理與純脂肪酶投加並不相同，但它們共同指向一個趨勢：利用生物催化或生物轉化降低循環水中 pitch 問題。^[8]

應用場景三：與氧化劑或其他酵素的整合

脂肪酶處理可水解中性脂質，但對非酯類樹脂與某些色素、膠黏物或高分子污染物的作用有限。因此，脂肪酶與氧化劑合併用於造紙 pitch control 的研究與專利，將脂質水解與氧化改性放在同一策略中：前者改變油脂與酯類污染物，後者可能進一步處理較難水解的疏水或發色結構。^[9]

在紙漿與造紙酵素應用的整體版圖中，脂肪酶也常與木聚糖酶、漆酶、纖維素酶或甘露聚糖酶並列，但各自目標不同。木聚糖酶偏向半纖維素改性與漂白輔助，漆酶偏向酚類與木質素相關反應，脂肪酶則聚焦脂質與酯類疏水物。近期關於漆酶、木聚糖酶與甘露聚糖酶協同漂白的研究，也說明多酵素策略在紙漿處理中具有實際研究基礎，但不應把不同酵素的功能混為一談。^[10]

比較：鹼性脂肪酶與常見 pitch control 方法

方法	主要作用對象	優勢	限制	適合搭配情境
鹼性脂肪酶	三酸甘油酯、酯類蠟質、部分油性殘留	從分子結構改變疏水性脂質，適合前段降低沉積傾向	對非酯類樹脂酸與高分子黏著物直接作用有限	TMP、白水循環、回收纖維含油脂污染時
滑石粉 / 吸附劑	疏水顆粒、膠黏物、樹脂微粒	可快速吸附並降低黏附性	可能增加灰分與污泥量，受粒徑與分散影響	高 pitch 負荷或短期穩定紙機時
分散劑 / 界面活性系統	疏水膠體與微粒	有助維持顆粒分散，降低局部聚集	可能受水硬度、電荷與泡沫影響	白水封閉程度高、沉積物易聚集時
氧化劑	部分樹脂、色素、可氧化有機物	可處理脂肪酶不直接水解的成分	需考量與酵素活性及纖維品質的相容性	脂肪酶後段或分段使用
真菌 / 生物處理	複合有機污染物	可能同時產生多種酵素作用	控制條件與反應時間通常較複雜	再生白水或離線循環水處理研究情境

上述比較可看出，鹼性脂肪酶的定位不是「萬用清潔劑」，而是對脂質型 pitch 成分具有明確機制的生物催化工具。當沉積物主要由三酸甘油酯、蠟質酯與油性殘留驅動時，脂肪酶較可能展現優勢；若沉積物主要來自黏著劑、塗佈乳膠或無機鹽垢，則需要與其他控制方法共同設計。^[5]

對漂白、去墨與纖維表面的間接影響

脂肪酶在紙漿加工中的主要證據集中於 pitch control，但它也可能對漂白前處理、纖維表面清潔與回收紙處理產生間接幫助。當纖維表面的油脂與蠟質降低，後續水相藥劑、漂白反應或浮選分離可能更穩定；不過，這類效益通常高度依賴原料、墨水、塗佈配方與現場流程，不能直接由單一文獻外推為固定結果。^[2]

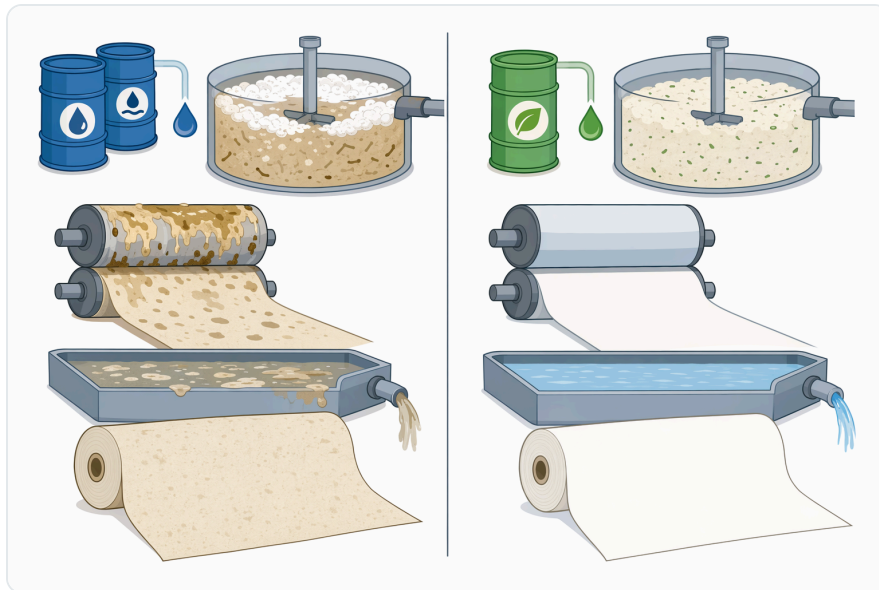


Figure 4. 不同的造紙酵素作用於不同基質；脂肪酶作用於脂質酯，而非纖維素、木聚醣、木質素或無機垢。

有研究討論商業脂肪酶在 kraft pulp 漂白中的作用，並指出伴隨酵素可能參與己烯糖醛酸等結構降解；這提醒使用者，市售酵素產品的實際效果有時不只來自標示的主酵素，也可能與配方中的輔助酵素或背景活性有關。對於紙廠而言，這代表應以實際紙漿與流程表現評估結果，而不是只依酵素名稱推論所有效果。^[11]

另有研究以 lipase 進行 kraft pulp 脫木質素方向探索，顯示脂肪酶在紙漿化學中的角色仍有延伸研究空間。然而，脫木質素與 pitch control 是不同應用：前者涉及木質素結構與漂白負荷，後者主要處理疏水性萃取物與沉積風險。將兩者區分清楚，有助於避免把研究潛力誤讀為既定工業效果。^[12]

製程整合：適合放在什麼位置

鹼性脂肪酶通常較適合放在疏水性污染物尚未形成頑固沉積之前的段位，例如磨漿後、漿料儲槽、白水循環接觸段、回收漿調成段或進入主要化學處理之前。其目的在於提供足夠接觸時間，使酵素能接近脂質顆粒或纖維表面油性物質，而不是在沉積物已經硬化後再期待其快速清除。^[3]

若與氧化劑、強鹼、還原劑、殺菌劑或高濃度表面活性劑同時存在，脂肪酶的蛋白質結構與催化功能可能受到影響。因此在流程配置上，常見思路是分段處理：先讓酵素在較合適的環境中作用，再接續氧化、漂白、浮選或其他化學段。脂肪酶與氧化劑組合的研究方向也顯示，兩者可搭配，但其時序與相容性是工藝設計重點。^[7]

對白水循環而言，投加位置還會牽涉混合效率與停留時間。若酵素加入位置過於靠近高剪切、強氧化或高溫清洗段，可能尚未完成作用就失去效能；若加入位置太遠離 pitch 釋放源，則可能錯過控制初期微粒形成的時間窗。固定化脂肪酶研究提供了另一種思考：讓酵素以載體形式接觸白水顆粒，或許

能改善回收與局部接觸效率。^[1]

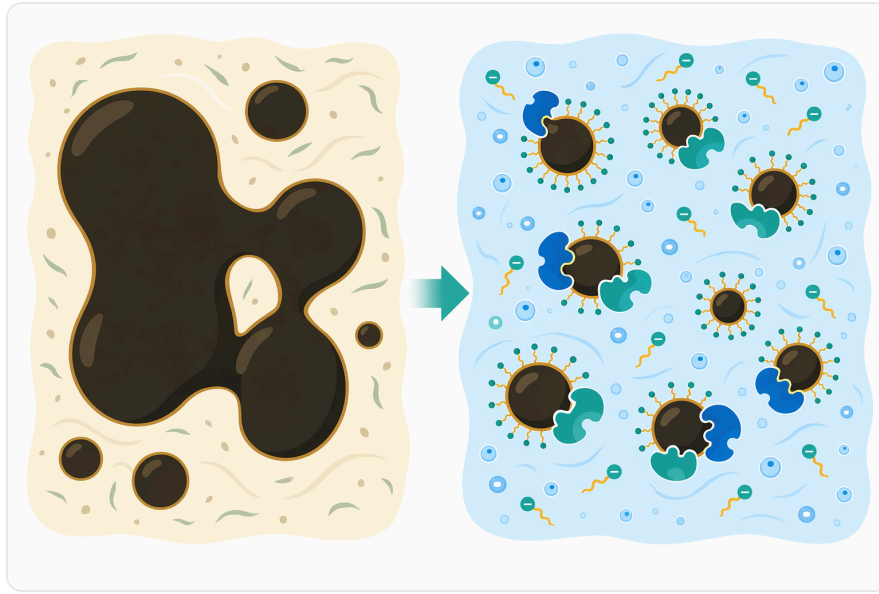


Figure 5. 鹼性條件可使脂肪酸水解產物比原本富含中性三酸甘油酯的液滴更易離子化且更易分散。

預期效益：應以「風險降低」而非單一數字理解

在造紙現場，鹼性脂肪酶的預期效益通常表現在沉積風險降低、紙機清潔週期改善、白水疏水顆粒行為較穩定、紙面斑點下降，以及後續化學控制壓力減輕。這些效果多半與原料樹種、儲木條件、回收紙來源、水封閉程度、鈣鎂離子、填料系統與既有添加劑有關，因此不同廠區之間不宜直接比較。^[4]

從環境角度看，酵素處理的吸引力在於它可能讓部分流程在較溫和條件下達到同等或更穩定的控制效果，進而減少某些化學品依賴或降低後段處理壓力。紙漿與造紙酵素應用的回顧文獻普遍將酵素視為較永續的輔助技術，但也強調其導入必須與現有製程相容，而不是孤立評估。^[2]

證據強度與目前可合理引用的結論

就證據而言，脂肪酶用於造紙 pitch control 的基本機制與應用方向已有早期工業研究、白水固定化研究、TMP pitch control 研究，以及脂肪酶與氧化劑組合研究共同支持。這些來源的共同點是：脂肪酶針對可水解脂質具有明確化學作用，並可在造紙沉積控制中扮演功能性角色。^[3]

較保守的說法是，鹼性脂肪酶「有助於管理脂質型 pitch 與白水疏水顆粒」，而不是保證完全消除所有沉積物。因為 pitch 的組成與形成條件高度複雜，且不同紙廠的水化學、纖維原料、設備條件與添加劑系統差異很大；文獻支持的是方法可行性與機制合理性，並非所有現場都會得到相同結果。^[5]

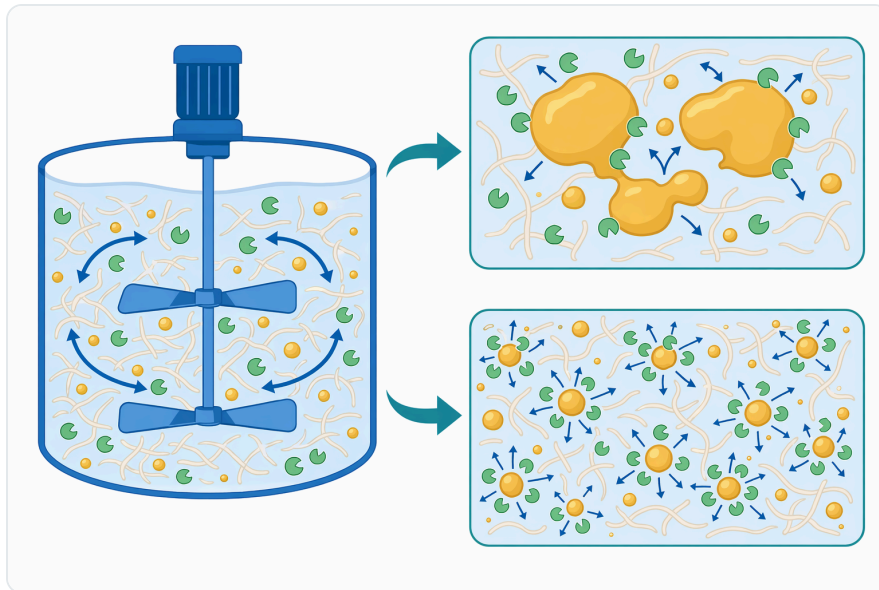


Figure 6. 脂肪酶的效果取決於其在水—脂質界面的接觸，因此混合與液滴分散可增加可接觸的基質表面積。

對於再生白水與循環水系統，生物法研究提供了額外支持，但也顯示此領域仍屬情境依賴型應用。*Aspergillus oryzae* 處理再生白水 pitch 的研究與固定化脂肪酶白水處理研究，均指出生物催化策略在循環水污染管理上具潛力；然而，自由酵素、固定化酵素與微生物處理在反應方式、操作控制與工廠整合上並不相同。^[8]

使用者應注意的工藝邊界

鹼性脂肪酶是蛋白質催化劑，對環境條件具敏感性；極端 pH、過高溫度、強氧化劑、某些殺菌劑或特定金屬離子狀態，都可能影響其表現。本文不提供活性單位、分析方法或產品等級數值，實際儲存、安全與批次資訊應以隨訂單提供的 CoA 與 SDS 為準。^[6]

此外，脂肪酶水解後產生的脂肪酸在不同水質中可能有不同命運。在適當鹼性條件下，脂肪酸鹽較易分散；但若鈣、鎂等離子濃度高，也可能形成難溶皂類或與其他疏水物共同沉積。因此，脂肪酶處理通常需要與整體濕端化學、填料系統、保留系統與白水封閉程度一起考量。^[4]

與其他紙漿造紙酵素的定位差異

紙漿造紙產業常用或研究的酵素包括木聚糖酶、纖維素酶、漆酶、甘露聚糖酶、澱粉酶與脂肪酶。木聚糖酶常與漂白輔助相關，漆酶與木質素或酚類氧化相關，纖維素酶可影響纖維表面與脫墨，澱粉酶可處理澱粉類添加劑殘留；脂肪酶的特點則是針對油脂與酯類疏水污染物。^[2]

因此，若紙廠的核心痛點是樹脂沉積、白水疏水顆粒、油性殘留或脂質型 pitch，Alkaline Lipase — Paper and Pulp Processing 會比以漂白為主的酵素更貼近問題根源。若核心痛點是亮度、木質素殘留、半纖維素阻礙或纖維改質，則可能需要其他酵素或多酵素策略。多酵素協同漂白研究雖然顯示酵素組合有潛力，但每種酵素仍應依其底物與反應機制定位。^[10]

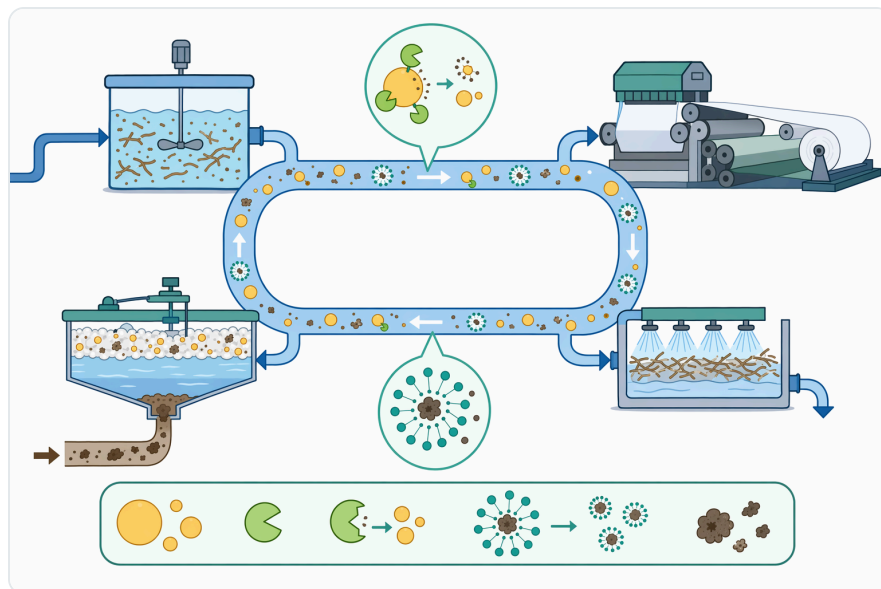


Figure 7. 脂肪酶改變脂質的化學性質，而界面活性劑、白水條件、洗滌與浮選則決定這些改質後的污染物去向。

Enzymes.bio 供應資訊與文件定位

Enzymes.bio 供應 Alkaline Lipase — Paper and Pulp Processing，產品以 1 kg 單位在線上直接銷售。Enzymes.bio 不是製造商，也不是實驗室；本文件的目的是，是將公開研究中關於脂肪酶與造紙 pitch control 的機制與應用脈絡整理成可讀的技術說明，協助紙漿與造紙業使用者理解產品類型，而非提供製造配方或實驗室方法。^[2]

每筆訂單會隨附 CoA 與 SDS，供使用者掌握該批次文件與安全資訊。由於不同紙廠的原料、白水封閉程度、添加劑系統與沉積物組成差異明顯，本文不承諾固定效益數值，也不列出活性單位、等級或分析方法；較合適的理解方式，是把此產品視為可納入濕端與白水管理策略的脂質水解型酵素工具。^[1]

結論

Alkaline Lipase — Paper and Pulp Processing 的主要價值，是在紙漿與造紙流程中針對脂質型 pitch、白水疏水顆粒與油性酯類污染物提供生物催化處理。其機制建立在脂肪酶水解酯鍵的能力上，可將部分中性油脂與蠟質酯轉化為較易分散或移除的物質，進而降低沉積、黏附與紙面瑕疵風險。^[3]

目前公開文獻支持脂肪酶、固定化脂肪酶，以及脂肪酶搭配氧化劑在造紙 pitch control 中的研究與應用方向；但實務效果會受到原料、沉積物組成、水化學與現有流程影響。因此，最準確的定位是：鹼性脂肪酶不是全流程替代方案，而是針對疏水性脂質污染物的精準輔助工具，可與紙廠既有的分散、吸附、氧化、漂白或白水管理策略整合。^[7]

線上訂購 Alkaline Lipase Paper And Pulp Processing

以 1 kg 單位販售，現貨供應，可立即出貨。請直接於我們的線上商店下單並付款，我們將為您處理訂單。每筆訂單皆附分析證明書與安全資料表。

[購買 Alkaline Lipase Paper And Pulp Processing →](#)

參考文獻

依首次引用順序編號。所有來源皆為開放取用資料，並於發布時確認可連線；正文中的引用編號會連結至此。

1. Liu, K., Zhao, G., He, B., Chen, L., & Huang, L. (2012). IMMOBILIZATION OF LIPASE ON CHITOSAN BEADS FOR REMOVAL OF PITCH PARTICLES FROM WHITEWATER DURING PAPERMAKING. *Bioresources*, 7, 5460-5468.
2. Singh, G., Capalash, N., Kaur, K., Puri, S., & Sharma, P. (2016). Enzymes: Applications in Pulp and Paper Industry.
3. Fujita, Y., Awaji, H., Matsukura, M., & Hata, K. (1991). Enzymatic pitch control in papermaking process. *Japan Tappi Journal*, 45, 905-921.
4. Blanco, Á., Negro, C., Borch, K., Minning, S., Hannuksela, T., & Holmbom, B. (2005). Pitch Control in Thermomechanical Pulping and Papermaking by Enzymatic Treatments. *Appita Journal*, 58, 358-361.
5. Farrell, R., Hata, K., & Wall, M. B. (1997). Solving pitch problems in pulp and Paper processes by the use of enzymes or fungi. *Advances in Biochemical Engineering / Biotechnology*, 57, 197-212.
6. Liu-lian, H. (2013). Study on Immobilization of Alkaline Lipase Used in Papermaking.
7. P.雅克 (2013). Methods of using combinations of a lipase and an oxidant for pitch control in paper making processes and products thereof.
8. Liangliang, S., Zhao, G., & Xiaofeng, L. (2015). Pitch Control of Recycled Whitewater from Papermaking by *Aspergillus oryzae*. *Bioresources*, 10, 7232-7241.
9. ジョウ・シャンドン, & ジェクス・パーシー (2013). How to use the combination of a lipase and the oxidant to the pitch control in papermaking processes and it by product.
10. Guo, W., Hui, L., Song, F., Qu, Y., Wang, Q., Zhang, Y., Xin, J., ... et al. (2025). A new strategy for biological enzyme bleaching: combined effects of laccase, xylanase, and mannanase in the bleaching of softwood kraft pulp – a synergistic effect of enzymes. *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, 40, 465 - 476.

11. Nguyen, D., Zhang, X., Jiang, Z., Audet, A., Paice, M., Renaud, S., & Tsang, A. (2008). Bleaching of kraft pulp by a commercial lipase: Accessory enzymes degrade hexenuronic acids. *Enzyme and Microbial Technology*, 43, 130-136.
12. Lipin, V., Fedoskin, N. A., & Dem' yantseva, E. Y. (2021). Delignification of Kraft Pulp by Lipase. *Fibre chemistry*, 53, 149 - 154.

聯絡 Enzymes.bio


對訂單有疑問嗎？我們的團隊很樂意協助。

電子郵件 wholesale@enzymes.bio

電話 (美國) **+1 (507) 428-6057**

聯絡我們 →

 **400+** B2B 客戶

 **60+** 大學研究合作夥伴

 **54** 服務遍及全球

© 2026 Enzymes.bio · 工業與食品加工用酵素供應 · 非供人體食用或零售銷售。