

林廢成金

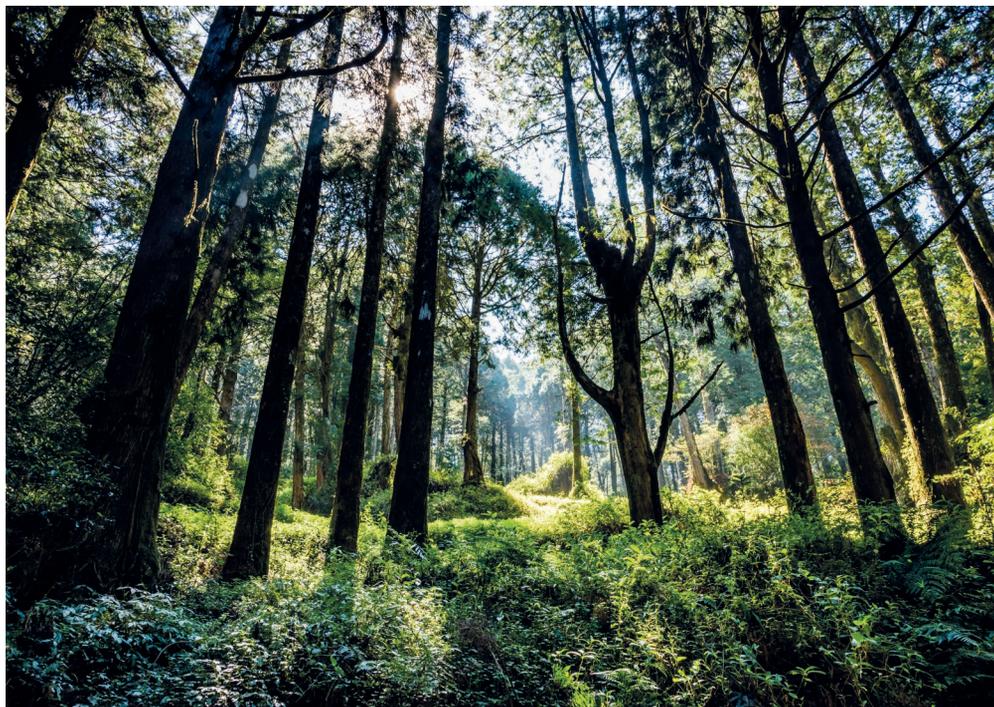
木質纖維及衍生物多元應用

文、圖／何振隆（林業試驗所林產利用組研究員兼組長）
徐光平（林業試驗所林產利用組聘用助理研究員）
徐健國（林業試驗所林產利用組副研究員）
簡子超（林業試驗所嘉義研究中心助理研究員）

林業資源永續利用

在木質纖維植物中，植物體內的水與二氧化碳透過光合作用等反應，形成細胞壁等物質。因此，一般的木

質纖維材料具有三大主成分及少量副成分。其中，主成分包括纖維素、半纖維素和木質素等高分子聚合物，這些組成形成了植物的細胞壁，且具有保護細胞的作用。少量的副成分中，



■ 森林是可再生的天然資源（豐年社提供）



■ 原木加工製成成品過程中會產生大量木質剩餘資材（豐年社提供）

包括：單寧、果膠質、樹脂、脂肪、蠟、配糖體及不可皂化物等抽出成分。這些組成以纖維素的含量最高，且最為重要。因為，纖維素扮演著取之不盡、用之不竭的可再生資源角色，在化工歷史，纖維素對高分子科學發展做出了極大的貢獻。此外，纖維素因其優異的可加工性和衍生性，不僅在傳統的造紙、塑料和紡織工業中應用廣泛，還在食品化工、日用化工、醫藥、建築、油田化學和生物化學等領域得到廣泛開發和應用。

林業是建立在可恢復和可再生資源之上的自然資源產業系統，符合循環經濟的原則，其核心包括天然資源、資源循環和經濟發展。在實現永續發展方面，林業扮演著關鍵的角色，透過合理管理和充分利用林業資源，不

僅能夠保護環境，還能夠促進經濟的可持續增長。因此，林業循環是一種以實現林業資源的可持續利用為目標的管理模式，此種模式遵循再利用、再循環及減量化的三大原則，採用低消耗、低排放、高效率的技術和製程，確保資源不被耗盡，且同時保護環境，並提高資源利用率，以創造經濟效益，使林業資源永續利用。

原木加工製成成品過程中，會產生大量木質剩餘資材。這些剩餘資材可應用相關技術，將其轉化為纖維或纖維衍生物的多元化產品，以提高產值、促進資源再利用及減少廢棄物，從而促進經濟發展。本篇文章介紹林業剩餘資材如何進行纖維及其衍生物的多元化利用，供從事林業的專業人士參考。

林業剩餘資材的多元化利用

林業剩餘資材的多元化利用方面，可依適材適性原則，進行化學利用、纖維利用及物理利用等處理。纖維利用方面，除可將木質剩餘資材加工成多種纖維產品外，現今亦可應用纖維生質精煉分離方法，將纖維素、半纖維素、木質素及廢液分離純化，進一步開發多元化產品。

纖維漿料的利用

■ 工業用紙及包裝紙盒等應用

近年來，隨著木材資源日益枯竭及價格逐漸高漲的現象不斷重演，應用林業剩餘資材作為紙漿原料，為解

決原料短缺問題的可行方案。因此，利用現代化的製漿技術，可將林業剩餘資材轉化為紙漿，製造各類紙製品，如：工業用紙及包裝紙盒等應用，而林業試驗所實驗室即以林業剩餘資材製作龍年手工月曆紙盒包裝。

■ 纖維發泡材料

現今，包裝材料領域積極研發新型環保材料以替代塑膠，減塑已成為重要課題。

植物纖維發泡材料近年來成為研究焦點，旨在以此類材料取代廣泛使用的塑膠材料，以提高包裝材料的緩衝及環保性能，如：以纖維發泡手法，製作具有清潔功能的纖淨產品。



■ 龍年手工月曆紙盒包裝



■ 木漿纖維發泡材料—織淨

■ 奈米纖維素

近年來，許多研究人員聚焦於奈米纖維素的製備、種類及其應用開發。奈米纖維素可通過 TEMPO 氧化法或物理機械法製備，物理機械法包括高壓均質化處理、精磨、冷凍粉碎和超聲波處理等。奈米纖維素具備多種優良性能，如高比表面積、高楊氏係數、高抗拉強度、高純度、高聚合度、高結晶度、高親水性、高透明性、低熱膨脹係數、廣泛化學修飾能力和超精細結構，因此應用非常廣泛：

• 提高紙漿的物理強度

將奈米纖維素加入紙漿後，纖維間排列更緊密，結合作用增強，顯著提高紙漿的物理強度。



■ 實驗室以 TEMPO 氧化法製備奈米纖維素懸浮液及奈米纖維素塗布液

• 食品包裝紙的應用

將奈米纖維素塗布於紙上，可增強其對空氣、氧氣的阻隔性能，及抗

油和阻隔水氣性能，非常適用於食品包裝紙。

- 醫藥工業的運用

由於奈米纖維素具有較大的比表面積和穩定的懸浮液特性，可製作奈米藥物載體，具有緩釋藥物等功能。

- 複合材料

奈米纖維素可用於製備水凝膠材料，這些材料具有較高的孔隙率和吸水性，在生物醫學等領域具有重要的應用價值。

纖維素衍生物的利用

纖維素衍生物是從天然纖維素分離出來的化合物，經過化學修飾或加工而形成的產物。這些衍生物具有各種不同的特性和應用，廣泛用於各個領域，包括食品、藥品、化妝品、材料科學等。以下是一些常見的纖維素衍生物及其特點：

- 纖維素醚

將纖維素與氫氧化鈉反應生成鹼性纖維素，鹼性纖維素再經過醚化反應的各步驟，最終生成纖維素醚。常見的纖維素醚包括乙基纖維素、甲基纖維素及羧甲基纖維素等。此等衍生物溶解性及成膜性佳，常用於塗料、膠囊及藥片包衣等。於羧甲基纖維素是纖維素中部分或全部羥基的氫被羧甲基取代後形成的產物，因其特性可應用於石油、食品、醫藥、紡織和造紙等行業，是最重要的纖維素醚之一。

- 纖維素酯

纖維素中所含羥基部分或全部為酸所酯化的衍生物，如：醋酸纖維素和硝化纖維素。這些衍生物具有良好的可塑性和可溶性，廣泛應用於塗料、漆料及薄膜等產品中。

纖維素及半纖維素水解產物的利用

以酵素法將纖維素及半纖維素水解成低聚糖或單糖，形成酵素水解產物。這些衍生物具有較小的分子量和良好的生物相容性，可用於生物材料和生物醫學領域。

- 乳酸

將纖維素水解成葡萄糖，再以乳酸菌發酵製備乳酸。乳酸可應用於食品、醫藥和化妝品等產業，是重要的工業原料。

- 木糖醇

將半纖維素水解並純化成木糖，可以發酵方法或者進行催化加氫反應，進行木糖醇製備。木糖醇常用於天然甜味劑，廣泛應用於食品工業、牙齒護理產品和藥物製劑中，因其低熱量和對牙齒友好的特性。故木糖醇可應用於食品及醫藥等產業。

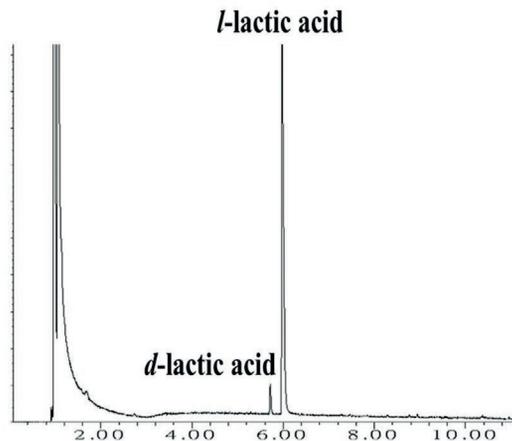
- 糠醛

亦為將半纖維素水解並生成五碳糖，如木糖，進一步脫水反應即可生成糠醛。糠醛廣泛應用於樹脂、溶劑、

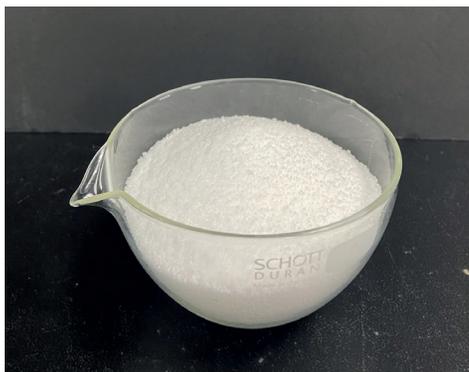


乳酸

GC-MS分析



以乳酸菌發酵製備乳酸，其 L-form 乳酸純度達 95.3%。



實驗室以發酵方法製備木醱醇

農藥、塑料等工業領域，並且在香料和藥物的合成中也具有重要的作用。

木質素及廢液分離純化產物的利用

此為由製漿廢液中，純化木質素並通過化學轉化製備香草精。即為木質素經過降解和轉化反應，可以生成香草醛，進一步加工即可得到香草精。香草精廣泛應用於食品和飲料行業，特別是在烘焙和甜點製作中，同時在香水和化妝品中也有重要的用途。

林業剩餘資材利用展望與未來

總結來說，林業剩餘資材的多元化利用，不僅能有效解決資源短缺的問題，還能大幅提升經濟效益和環境保護的效果。而纖維及其衍生物的開發與應用，可將林業剩餘資材轉化為高附加值的產品，如：紙漿、纖維發泡材料、奈米纖維素及纖維素衍生物等，這些產品在工業、醫藥、食品包裝等領域擁有廣泛的應用前景。

未來隨著技術的不斷進步和創新，預期將會有更多節能、高效率及環保的技術和製程被開發和應用，更能實現林業剩餘資材的高效利用。這不僅有助於推動林業產業的永續發展，還將對整體生態環境保護和綠色經濟發展做出重要貢獻。因此，深入研究和應用林業剩餘資材的多元化利用技術，是實現資源永續利用和促進經濟可持續發展的關鍵。♻️