YCM MRC
Mold Research Center 黴菌研究中心
Research Paper Volume 3, Issue 3, Page 1-6
February 2024

菌絲體材料未來應用之可行性

I、前言

在當今世界，永續發展已成為各領域的焦點。在這種情況下，菌絲體材料以其卓越的可持續性和多樣的應用潛力，引起廣泛關注。菌絲體是由真菌生長形成的纖維狀結構，其網狀編織賦予了材料高度的強度和彈性。這種結構使菌絲體材料在可持續性設計和製造方面具有巨大的潛力(Knowles, 2015)。

在皮革替代方面，菌絲體材料展現出優越的柔韌性和觸感，同時對環境的影響更低。相較於傳統皮革的生產過程，菌絲體材料的製造更加環保，減少了對動植物的依賴，同時降低了能源消耗。這為可持續性時尚和產品提供了創新的可能性。在包裝材料領域，菌絲體材料的生物分解性和可循環使用性使其成為減少塑料浪費的理想選擇。這種生物基材料能夠有效替代一次性塑料包裝，同時保持優越的保護性能，降低對地球的環境影響，推動包裝行業邁向更可持續的方向。而在建築材料方面，菌絲體材料的輕質、結構穩定性和隔熱性質使其成為一種具有前景的新型建材。應用菌絲體材料製造的建築材料不僅具有出色的可持續性，還能夠提供更好的溫度控制和能源效益，為建築行業帶來了可行的創新解決方案(Knowles, 2015)。

本文將深入研究這種生物基材料的特性，特別關注其在皮革、包裝材料和建築材料方面的應用，被視為傳統材料的潛在替代方案。透過深入了解其特性和在不同應用領域中的前景，我們能更好地理解這種生物基材料如何為社會和環境帶來實質性的改變。

II、文獻回顧

(i) 應用領域一：皮革替代

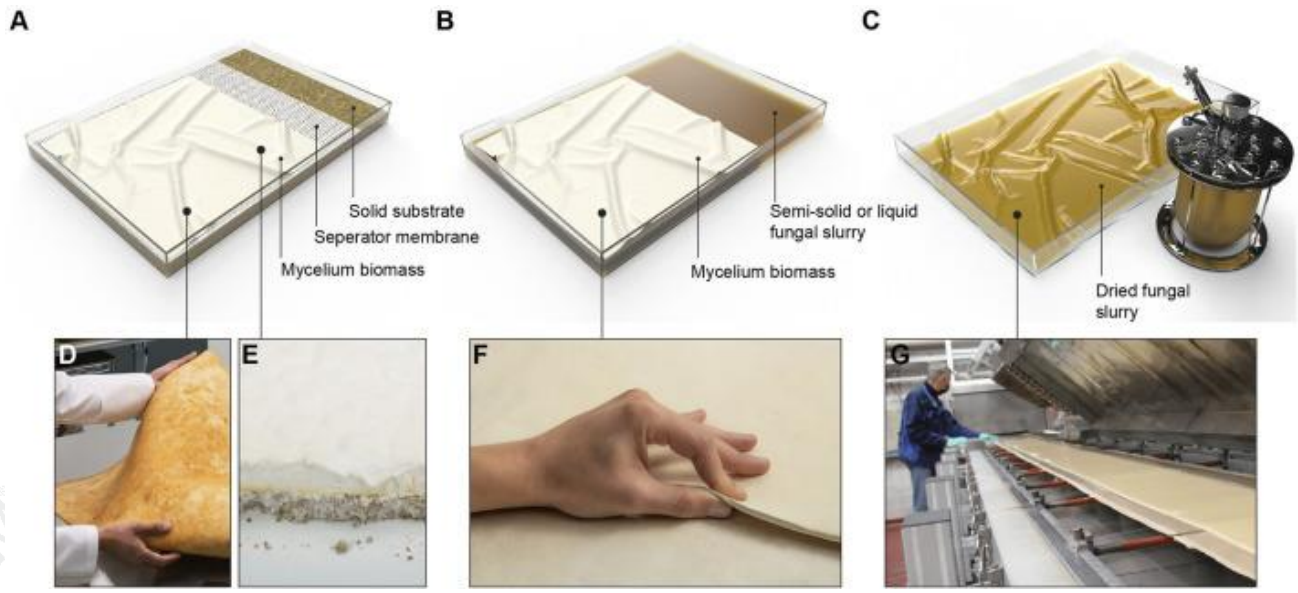
以真菌為基礎的材料近年來成為皮革替代品、紡織品或織物方面的專利研究焦點。自 2019 年底以來，描述類似皮革的真菌材料專利數量急劇增加，主要來自美國。研究中對所選專利中提到的真菌物種進行了細緻的分析，共確定了 69 種真菌。其中，*Ganoderma* 和 *Trametes* 是專利描述中最常見的屬，其次是 *Fomes*、*Fusarium*、*Pleurotus* 和 *Schizophyllum*。鑒於菌絲真菌的演化多樣性，可能還存在大量未開發的物種，具有在生產不同性質的菌絲材料方面的潛在優勢。此外，除了研究天然菌株的多樣

Published online 29 February 2024
Copyright © 2024 YCM PRODUCTS CO., LTD.

Research Paper Volume 3, Issue 3, Page 1-6
February 2024

性外，基因工程也可作為改進材料特性的另一種方法。整體來說，這些專利研究顯示了這些真菌材料在商業上的潛在價值，同時也凸顯了對這些材料性質進行更深入了解和應用的需求。目前，菌絲皮革仿材料的標準特性研究尚缺乏統一標準。雖然已經有一些獨立的特性測試結果，但不同國家和產品組成之間的測試標準仍存在差異(Elsacker et al., 2023)。

皮革仿製品的相關特性包括厚度、表觀密度、抗拉強度、伸長率、撕裂強度、耐磨性和色牢度等。由於菌絲通常與其他成分結合使用，製程更複雜。這種材料的優勢在於可以根據需求調整性質，並實現無廢料製程。然而，由於不同成分和處理方式，標準化測試變得複雜 (圖 1)。因此，需要更多的科學研究來充分了解這些材料的性質和潛在應用(Elsacker et al., 2023)。



資料來源：Front Bioeng Biotechnol, 2023

圖 1. 菌絲體皮革仿材製程。(A)固態表面發酵示意圖。(B)液態表面發酵示意圖。(C)攪拌液體深層發酵示意圖。(D) Myco-leather，稱為 Reishi™，由 Mycoworks (美國)製造。(E)由 Ecovative (美國)製造名為 Forager 的泡沫。(F)由 SQIM/MOGU (義大利)開發名為 ephea™ 的 100%菌絲體原料。(G)芬蘭 VTT 技術研究中心連續菌絲體皮革生產。

Published online 29 February 2024
Copyright © 2024 YCM PRODUCTS CO., LTD.

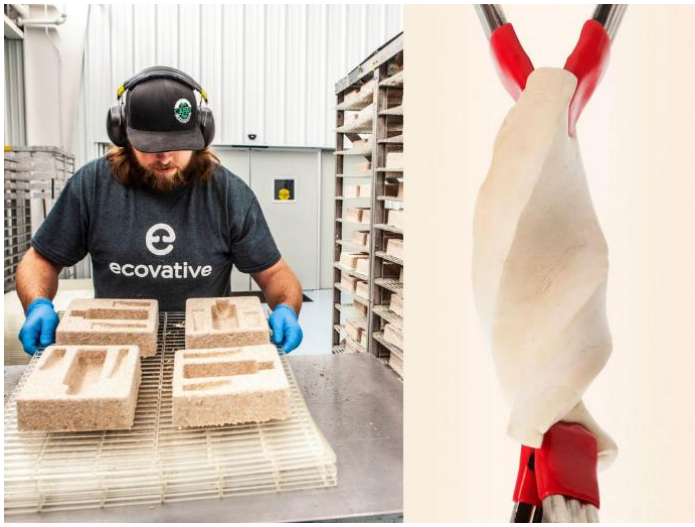
Research Paper Volume 3, Issue 3, Page 1-6
February 2024

(ii) 應用領域二：包裝材料

菌絲體被廣泛應用於包裝業，利用菌絲體作為黏合劑，與農業副產品相結合，形成堅固的材料，旨在替代擴展聚苯乙烯 (EPS) 用於包裝，並已在商業上取得成功。**MycoFlex** (圖 2)是一種純粹的菌絲體柔性泡沫，作為聚氨酯的可持續替代品。這些解決方案在實際應用中取得了成功，其中一些產品已與知名品牌合作 (Team Source Green, 2022)。

除包裝行業外，菌絲體還在其他領域嶄露頭角，如護膚品、動物皮革和替代蛋白質。儘管碳足跡引起一些擔憂，但菌絲體的自然來源、可再生性和可堆肥性質使其成為一種具有可持續性吸引力的材料。其多功能性和市場接受程度顯示，菌絲體可能成為環保解決方案，橫跨多個行業 (Team Source Green, 2022)。

整體而言，菌絲體作為一種自然、可持續的材料，為包裝業及其他行業帶來了可行的替代方案。其應用廣泛，從包裝到護膚品，展現出多樣的應用前景。雖然碳足跡仍然是一個關注點，但其天然來源和可堆肥性使其在可持續性方面具有吸引力。未來，隨著對環保材料需求的增加，菌絲體可能成為更廣泛應用的綠色解決方案 (Team Source Green, 2022) 。



資料來源：Team Source Green

圖 2. 替代 EPS 的複合材料(左)和 100%純菌絲體泡沫(右)。

(iii) 應用領域三：建築材料

在過去 10 年中，真菌生物材料在建築和設計領域具顯著的發展。這種材料以菌絲為基礎，結合農業廢棄物的纖維，透過循環經濟模型製造新的建築元素，推動建築行業向更環保和經濟可持續的轉變。同時，對這些材料的研究不僅帶來建築材料的技術知識，還啟發並改變建築設計的過程。這種跨學科的研究不僅將真菌生物材料納入建築的構建元素，還透過發現和改變材料的特性影響了建築設計。眾多跨學科的團隊積極致力於將真菌生物複合材料融入建築行業。其中，MY-CO SPACE (圖 3)是一個由生物技術專家 Vera Meyer 和建築師 Sven Pfeiffer 領導的合作項目。該原型結合了

Published online 29 February 2024
Copyright © 2024 YCM PRODUCTS CO., LTD.

Research Paper Volume 3, Issue 3, Page 1-6
February 2024

臨時住所、睡眠和學習站以及展覽室的功能，基於德國法蘭克福的“tinyBE”展覽，參考太空船的設計和功能。項目由300 個塗層菌絲元件組成，附著在膿狀木次結構上，使用生物可降解的組裝方式。菌株為 *Fomes fomentarius*，生長在麻芯上，形成膿狀木-生物復合材料。這代表了真菌生物材料在建築中的創新應用，結合了真菌生長技術和可持續建築設計(Almpani-Lekka et al., 2021)。

整體來說，這些真菌生物材料的項目不僅豐富了建築和真菌生物技術領域的技術知識，還在文化上產生了深遠的影響。透過結合科學、藝術和建築，這種創新的材料應用不僅改變了建築的外觀，還促使整個行業走向更可持續的未來(Almpani-Lekka et al., 2021)。

(iv) 真菌種類的選擇

菌絲體材料被視為具有取代市場上非可持續產品的潛力，甚至可能擁有其他材料尚未提供的特性。這種材料可能在未來被廣泛應用，不僅出現在家居環境和工作場所，甚至可能成為穿戴材料。然而，在應用這種新型材料時，必須進行風險評估。這包括在製造過程中選擇用於製造材料的真菌種類、確保製造條件的適當性，以及在產品離開生產設施後，防止對環境產生不良影響的相應措施(van den Brandhof JG and Wösten HAB, 2022)。

根據對病原性和黴毒素數據的評估，

圖片來源：Eric Melander 拍攝的照片

圖 3. MY-CO SPACE。 (a) 2019 年荷蘭設計週期間位於埃因霍溫的「成長館」的外觀 。(b) 展品的內部視圖和展示。

Published online 29 February 2024
Copyright © 2024 YCM PRODUCTS CO., LTD.

Research Paper Volume 3, Issue 3, Page 1-6
February 2024

使用科學文獻中描述的真菌種類製造的材料，對工人、消費者和環境的風險很低，甚至可能不存在。Wösten HAB 在文章提到基因改造的應用，可以通過基因改造來改善菌絲體材料的性質，包括減少病原性、侵略性、黴毒素產生、在環境中的擴散以及對昆蟲的吸引力(van den Brandhof JG and Wösten HAB, 2022)。

即使是這樣的創新產品上市，也可能伴隨風險，尤其是當產品含有存活的真菌時。故推動菌絲體材料應用的同時，仍應對風險慎重評估(van den Brandhof JG, Wösten HAB, 2022)。

III、結論

綜觀全文，菌絲體材料以其獨特的結構和卓越的性能，展現了在皮革、包裝和建築等領域的廣泛應用潛力，為各行業提供了永續發展的方案。在皮革替代方面，其獨特的結構特點賦予了菌絲體材料卓越的強度和彈性，同時具有較低的環境影響；在建築領域的應用則展現輕質、穩定性和隔熱性，為建築行業提供了可行的綠色解決方案。這些應用不僅提供了技術上的創新，還在文化上產生了深遠的影響，然而在應用中仍需進行慎重的風險評估，確保生產和使用過程中的環保和安全性。

Published online 29 February 2024
Copyright © 2024 YCM PRODUCTS CO., LTD.

Research Paper Volume 3, Issue 3, Page 1-6
February 2024

IV、參考文獻

1. Say sayonara to Styrofoam and hello to Mushroom Materials By Victoria Knowles January 9, 2015 https://www.greenbiz.com/article/say-sayonara-styrofoam-and-hello-mushroom-materials
2. Elsacker E, Vandelook S, Peeters E. Recent technological innovations in mycelium materials as leather substitutes: a patent review. Front Bioeng Biotechnol. 2023 Aug 7;11:1204861. doi: 10.3389/fbioe.2023.1204861. PMID: 37609120; PMCID: PMC10441217.
3. van den Brandhof JG, Wösten HAB. Risk assessment of fungal materials. Fungal Biol Biotechnol. 2022 Feb 24;9(1):3. doi: 10.1186/s40694-022-00134-x. PMID: 35209958; PMCID: PMC8876125.
4. Almpani-Lekka, D., Pfeiffer, S., Schmidts, C. et al. A review on architecture with fungal biomaterials: the desired and the feasible. Fungal Biol Biotechnol 8, 17 (2021). https://doi.org/10.1186/s40694-021-00124-5
5. Mushroom Packaging? Why Mycelium Is The Greenest Alternative For Styrofoam - https://www.sourcegreen.co/food-packaging/mycelium-packaging-styrofoam-alternative/

Published online 29 February 2024
Copyright © 2024 YCM PRODUCTS CO., LTD.

n-gl.com