

杏鮑菇舊栽培介質再利用方法

蔡宜峰、陳俊位

臺中區農業改良場研究員、副研究員

摘要

杏鮑菇 [*Pleurotus eryngii* (DC. : Fr.) Quél.] 是分佈於亞熱帶及草原地帶之蠔菇屬的一種白腐真菌。杏鮑菇營養成分豐富，口感似鮑魚，且具杏仁味，質地細嫩滑 Q、風味絕佳，深受消費者喜愛。杏鮑菇栽培介質之主要原料為木屑，木屑以山黃麻、楓木、楠木、相思木等較佳，新鮮木屑如果經過適當的堆積發酵後，再予以利用為杏鮑菇栽培介質，可獲得較高杏鮑菇產量及品質，出菇也較整齊，利於採收。有鑑於目前利用相思木屑製造杏鮑菇栽培介質耗費時程約需 3 個月之久，且新木屑需求量頗大，已形成杏鮑菇栽培過程的關鍵瓶頸之一。本研究擬探討利用有益微生物與否，及於新木屑中添加適量比例的舊栽培介質，應用於杏鮑菇栽培介質製造過程中之綜合效益。由試驗結果顯示，利用木黴菌分離菌株(TCFO9768)及特殊的接種方法，並配合添加 20-40% 比例的杏鮑菇舊栽培介質，可以縮短木屑介質 1/3 (約 1 個月)堆積發酵製作時間，且能產出品質優良穩定之栽培介質，並經杏鮑菇實作結果顯示具有穩定杏鮑菇產能之效能。因此，應用本研究成果技術具有減少購買新木屑量約 20-40%，並顯著縮短介質製程，具有大幅降低成本之效益。

中英文關鍵字：杏鮑菇 King Oyster Mushroom、栽培介質 Growth substrate、木屑 Sawdust。

前 言

杏鮑菇 [*Pleurotus eryngii* (DC. : Fr.) Quél.] 是分佈於亞熱帶及草原地帶之蠔菇屬的一種白腐真菌。杏鮑菇其菌傘及菌柄質地肉質豐厚，口感似鮑魚，且具杏仁味，因此有此稱呼，其質地細嫩滑 Q，烹煮後口感、風味絕佳，深受消費者喜愛。杏鮑菇營養成分豐富，富含多種蛋白質、礦物質、氨基酸、谷胺酸、寡糖及維生素，低脂、低熱量、營養價值高，可增強人體免疫力，是一種健康食品。杏鮑菇所含豐富的膳食纖維，可以減少熱量及脂肪的吸收，更可縮短糞便在腸道內停留的時間，對肥胖者及糖尿病、高血脂、高血壓之慢性病人，是一種不錯的健康養生食材。

臺灣主要杏鮑菇產區包括霧峰、新社、埔里、埔心、和美等中部地區，主要是以太空包、塑膠瓶填充介質予以栽培。杏鮑菇栽培介質之主要原料為木屑，木屑來源包括山黃麻、楓木、楠木、相思木等。新鮮木屑如果經過適當的堆積發酵後，再予以利用為杏鮑菇栽培介質，可獲得較高杏鮑菇產量及品質，出菇也較整齊，利於採收。杏鮑菇生產以採收一個周期為主，原因在於第二周期的菇體產量和品質均不如第一周期，出菇時間延長，對栽培效益較不利。由於栽培出菇一次後的廢棄介質中氮磷鉀成分含量仍然很高，且必須適當處理以避免污染環境。因此，許多菇類栽培後之廢棄介質被研發作為有機肥料，或添加其他材料作為抑病介質，或做為其他菇類之栽培介質用。

有機材料在適當的條件下堆積發酵，可以縮短有機物分解的時間，而生產出物理性狀均一，化學成分穩定的高品質堆肥。因此，新木屑必須經由適當的堆積發酵，才能製造出品質優良穩定的杏鮑菇栽培介質。目前菇類栽培木屑介質的堆積發酵方式，大多採用自然堆肥法，即將新木屑調整適當的材料大小、水份含量及通氣性等，使自然界中微生物滋生于木屑材料中，當經過適當的堆積發酵時程，最後生產出腐熟且品質穩定的菇類栽培木屑介質。由於微生物在堆肥化過程

中，擔任有機物分解與堆肥穩定化之重要角色，不同的有機材料如能接種適當的微生物菌種，可以加速堆肥醱酵。其中有關於利用微生物菌種的關鍵機制，包括有篩選出適當的微生物菌種、建立有效率的菌種培養繁殖方法與應用於堆肥材料中的接種方法等。所以為了增進有機材料發酵分解效率，調配不同有機物材料用量比例，或施予適當的微生物菌種，將是堆肥化過程中重要的步驟之一。由於有機材料在適當的控制條件下堆積醱酵，利用微生物作用，可以縮短有機物分解的時間，而生產出物理性狀均一、化學成分穩定的高品質堆肥產品。為此，本研究擬探討利用杏鮑菇舊栽培介質添加新木屑之適當比率，以期降低新木屑用量，並探討於木屑堆積發酵過程中應用有益微生物之技術，以促進木屑分解發酵，製造出品質優良穩定的杏鮑菇栽培介質。

內 容

一、有益微生物篩選與鑑定

1. 分離與篩選

由有機農場土壤中，以減半馬鈴薯葡萄糖洋菜 (1/2 Potato Dextrose agar, 1/2 P.D.A.) 平板法進行微生物分離，先稱取 1 克土壤置於 10cc 無菌水中經振盪後，取過濾液進行平板劃線分離，每種土壤樣品進行 5 個培養皿，於 30°C 培養箱中不照光培養二天後，挑取單一菌落移到馬鈴薯葡萄糖洋菜 (Potato Dextrose agar, P.D.A.) 平板培養基上，培養三天後觀察各菌落生長形態，由其中挑取似木黴菌菌絲形態之菌株，進行二次純系分離後取單一菌絲塊置於裝有 5 cc 無菌水之螺旋試管中保存。各分離菌株以 PDA 培養 7 天後，以 5cc 無菌水將培養皿上之木黴菌洗下，置入裝 10 克稻穀培養基之試管中於 40°C 下培養，觀察各菌株在其中生長情形，並觀察其產孢情形，以挑取於 40°C 下能快速纏繞稻穀培養基及產孢之菌株，其中分離株 TCFO9768 為較優勢菌株之一，可供本研究後續試驗使用。

2. 分離菌株 TCFO9768 生長條件測試及菌株特徵

將分離株 TCFO9768 進行菌種學名鑑定。由試驗結果顯示，於 SNA 培養基(20°C)培養 4 天菌落直徑於 90mm；菌絲白色十分稀疏；產孢很多，呈帶灰的綠色到深綠色(grayish green-dark green，26D5-26F5)；產孢構造聚集簇生(pustulate)呈半球形。由顯微構造觀察結果顯示，分生孢子柄(conidiophores)產生短的側生分支(primary branches)，近基部處二次分支(secondary branches)且很少有再分之情形，分支大都沿著主支單一或成對(in pairs)產生與主支呈近 90°C；產孢細胞(conidiogenous cell，phialides)為瓶梗(phialide)呈安瓶形(ampulliform)，中間略為膨大，長寬為 7.4-9.4×2.0-3.2μm，大部分 2-3 輪生(whorls)，主支頂部具瓶梗(phialide)，較為細長，12.47-13.38×2.08-2.50μm；分生孢子成熟時呈暗綠色，球形(spherical)、近球形(subspherical)到卵形(ovoidal)，(2.8-)3.5-3.8(-4.0)×(2.8-)3.0-3.5μm，外壁細刺狀(spinulose)，紋飾(ornamentation)有時不易觀察。綜合鑑定結果顯示，分離株木黴菌 TCFO9768 為 *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckfeldt & Nirenberg。

二、杏鮑菇類栽培介質之製作效益評估試驗

試驗處理分別為 A 處理：相思木木屑用量 80%(64 噸)添加入杏鮑菇類舊栽培介質 20%(16 噸)不加菌；B 處理：相思木木屑用量 60%(48 噸)添加入杏鮑菇類舊栽培介質 40%(32 噸)不加菌；C 處理：相思木木屑用量 80%(64 噸)添加入杏鮑菇類舊栽培介質 20%(16 噸)配合加木黴菌(TCFO9768)；D 處理：相思木木屑用量 60%(48 噸)添加入杏鮑菇類舊栽培介質 40%(32 噸)配合加木黴菌(TCFO9768)，共計 4 級處理。實施步驟為先將相思木木屑及杏鮑菇類舊栽培介質等材料每堆合計 80 公噸混合均勻後，取菌數約 1×10^9 cfu/ml 的木黴菌

(TCFO9768)加水稀釋 100 倍成懸浮稀釋液，再以介質材料 1m³：20 公升木黴菌懸浮稀釋液重量之比例，將木黴菌懸浮稀釋液混入堆肥材料中，最後將介質材料的水分含量調整至 60%，將堆積高度維持在 2.0-2.5m，進行堆積製作。另外相同材料種類及用量但未接種木黴菌的 A 及 C 處理則僅加水調整至 60%做為不接菌對照組。於介質製造期間，約每 5~7 天以鏟裝機翻堆一次，直到介質腐熟為止。

表一、杏鮑菇類栽培介質製作試驗過程中木屑介質溫度之變化

Table 1. The changes of temperature during the production of substrates of King Oyster Mushroom

Treatment	Day 15 (°C)	Day 30 (°C)	Day 60 (°C)	Day 90 (°C)
80-20-control	60a ¹	68a	52a	43a
60-40-control	62a	69a	50a	42a
80-20- TCFO9768	65a	72a	48a	41a
60-40- TCFO9768	68a	73a	47a	40a

¹ Within columns, numbers followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ($P \geq 0.05$).

由試驗介質溫度變化結果顯示(表一)，A、B、C 及 D 處理在堆積第 15 日均可以增溫至 60 °C 以上，其中有接種木黴菌 (TCFO9768) 之 C 及 D 處理的溫度在堆積第 30 日最高可達 72 及 73 °C，在堆積第 60 日後即可降至 48 及 47°C；相較於未接種木黴菌 A 及 B 處理的溫度在堆積第 30 日最高可達 68 及 69 °C，在堆積第 60 日時降至 52 及 50°C。顯然使用相同的材料配方下，有接種木黴菌之 C 及 D 處理的溫度均比未接種木黴菌之 A 及 B 處理更快速達到 60°C 以上

高溫期，最高溫可達到 70°C 以上，且更提早在堆積第 60 日時降低至 50°C 以下。溫度是反應堆積材料中某一層次之微生物活動情形，當堆肥化過程進行正常時，初期溫度逐漸升高達 60°C 以上，然後逐漸下降至周圍溫度。溫度之升與降，反映出不同有機物之分解階段，爾後隨堆肥逐漸腐熟，溫度呈下降乃至恒溫。因此，接種木黴菌 (TCFO9768) 有促進製作木屑介質時高溫期之提升，進而縮短介質分解發酵之時程。

表二、杏鮑菇類栽培介質製作試驗過程中木屑介質碳氮比值(C/N)之變化

Table 2. The changes of C/N ratio during the production of substrates of King Oyster Mushroom

Treatment	Day 0	Day 15	Day 30	Day 60	Day 90
80-20-control	106a ¹	98.2a	94.6a	79.9a	75.9a
60-40-control	96.6a	91.3a	84.0ab	70.9ab	69.7ab
80-20- TCFO9768	106a	97.5a	90.5ab	75.0ab	73.5ab
60-40- TCFO9768	96.6a	90.6a	80.5b	67.5b	64.7b

¹ Within columns, numbers followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ($P \geq 0.05$).

由杏鮑菇類栽培介質碳氮比值(C/N)變化結果顯示(表二)，製作前相同有機材料配方 A 及 C 處理之碳氮比值約為 106，製作前 B 及 D 處理之碳氮比值(C/N)約為 104。比較使用相同有機材料配方的 A 及 C 處理間，有接種木黴菌 (TCFO9768) C 處理的介質碳氮比值在堆積第 60 日即降低至 75.0，相對於未接菌 A 處理則在堆積第 90 日即降低至 75.9。另比較使用相同有機材料配方之 B 及 D 處理間，有接種木

黴菌 (TCFO9768)D 處理的介質碳氮比值在不同堆積期都相對較低於未接菌 B 處理者。顯然接種木黴菌 (TCFO9768)處理可以促進木屑介質之分解，進而縮短介質分解發酵之時程。由不同堆積日數來評估介質的穩定期，除了 A 處理介質碳氮比值在堆積第 60 日仍為 79.9，其他 B、C 及 D 處理的介質碳氮比值在堆積第 60 日均降低至 75 以下，且與堆積第 90 日之介質碳氮比值相比較，已經相對穩定下來，顯然有接種木黴菌 (TCFO9768)分離菌株及配合添加 20% 或 40% 杏鮑菇類舊栽培介質之 B、C 及 D 處理的介質在堆積第 60 日均可以達到分解穩定階段。

表三、杏鮑菇類栽培介質經過 60 日堆積發酵之主要化學特性

Table 3. The major chemical characteristics of substrates of King Oyster Mushroom at day 60 after composting

Treatment	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	OM (%)	pH
80-20-control	0.57a ¹	0.15b	0.35a	1.17a	0.18b	76.5a	6.60a
60-40-control	0.61a	0.19a	0.40a	1.28a	0.22a	72.7a	6.72a
80-20- TCFO9768	0.59a	0.16b	0.36a	1.15a	0.17b	74.4a	6.66a
60-40- TCFO9768	0.64a	0.21a	0.43a	1.28a	0.24a	72.6a	6.81a

¹. Within columns, numbers followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ($P \geq 0.05$).

由杏鮑菇類栽培介質經過 60 日堆積發酵之主要化學特性分析結果顯示(表三)，有添加 20% 杏鮑菇類舊栽培介質之 B 及 D 處理的介質中氮、磷、鉀、鈣、鎂含量及 pH 值均高於未添加之 A 及 C 處理。另在相同材料配方下有接種木黴菌 (TCFO9768)分離菌株之 C 及

D 處理之介質主要化學特性與相同材料配方未接種木黴菌之 A 及 B 處理則無明顯差異。由於有機質含量在 A、B、C 及 D 處理差異不顯著，約介於 76.5-72.6% 之間，顯然經過 60 日發酵後之各處理介質已經趨近於穩定階段。因此，利用木黴菌 (TCFO9768) 分離菌株對木屑等高木質纖維有機材料具高分解能力，且在新木屑中配合添加適量比例 20-40% 的杏鮑菇舊栽培介質，在分解發酵過程中能夠快速提升至 60°C 高溫期，同時，可加速分解發酵之進行，減少製造時程，減少相思木新木屑用量，進而降低製作成本，具有相當顯著的經濟效益。

結 語

為達到最有效率的堆肥化作用，在堆積過程中，維持微生物最適宜生長條件，使微生物充分的活動與繁殖，亦能加強堆肥材料的發酵與分解。且為了增進堆肥材料發酵分解效率，針對不同有機物材料特性，施予適當的微生物菌種，將是堆肥製作過程之重要步驟之一。本研究係利用一種有益微生物分離菌株 (TCFO9768) 及特殊的接種有益微生物方法，並於新木屑中添加不同比例的舊木屑介質，綜合探討應用於杏鮑菇新栽培介質製造之實質效益。

由於堆肥化是一個動態的過程，各種微生物在過程中消長，結果是有機材料內部溫度與組成物的變化。因此，堆肥化過程中必須要有適當的微生物族群出現，堆肥化的成功與否與微生物作用的速度與效率習習相關，其中，又與上述所指之「溫度」因素至為相關。一般堆肥化過程可分為升溫期、高溫、中溫與後腐熟等不同階段。當有機材料混合後開始堆積製作，堆肥化條件控制適當時，微生物開始繁殖，熱的累積持續進行，使溫度開始上升；當溫度上升至 55-60°C 時，熱的累積達到高峰，此刻高溫菌主宰整個過程；隨後高溫菌的繁殖逐漸減緩，取而代之的是中溫菌的出現；當溫度到達 45-50°C 時，中溫菌

的族群逐漸消失，最後即為後腐熟階段，此時有機材料中的腐植質成分亦隨著溫度的變化而逐漸增加，使有機組成分更加穩定與腐熟。綜合本研究結果顯示，在關鍵的杏鮑菇栽培介質製程階段，接種一定量木黴菌分離菌株(TCFO9768)，以及配合添加 20-40% 比例的杏鮑菇舊栽培介質，顯示其主要效益包括可以快速提升製程中木屑介質的溫度，促進木屑之分解醱酵，可以縮短杏鮑菇栽培介質製程時間近 1/3，由原需 90 日時程縮短至 60 日左右，製成之杏鮑菇栽培介質成品之化學特性更穩定及優良，並能夠減少相思木新木屑用量近 20-40%，顯著增加杏鮑菇栽培介質成品之製造效益，包括具有降低新木屑購買成本之經濟效益，且能減少砍伐木材及促進舊木屑介質回收再利用之環保效益。

參考文獻

1. 彭金騰、陳美杏 2003 杏鮑菇 永續農業 19: 9-11。
2. 彭金騰、李建民、蔡英芳 2000 不同有機添加物對杏鮑菇瓶栽自動化生產影響之研究 中華農業研究 49: 56-64。
3. 彭金騰 1997 不同樹種來源單獨與混合木屑對杏鮑菇瓶栽生產影響之研究 中華農業研究 46: 51-59。
4. 陳錦桐、簡宣裕、彭金騰、陳美杏 2005 杏鮑菇栽培基質再利用之研究 臺灣農業研究 54:235-244。
5. 蔡宜峰、陳俊位 2007 生物性堆肥之菌種開發與應用 農業生技產業季刊 財團法人臺灣經濟研究院生物科技產業研究中心 12:35-41。
6. Bremner, J. M. and C. S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-total. p.595-624. In: Page, A. L., H. Miller and D. R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis. Part 2. Academic Press, Inc., New York.

7. Carpenter- Boggs, L., A. C. Kennedy and J. P. Reganold. 2000. Organic and biodynamic management: Effects on soil biology. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:1651-1659.
8. De Bertoldi, M., G. Vallint, A. Pera and F. Zucconi. 1985. Technological aspects of composting including moddling and microbiology. p.27-41. In J.K.R.Gasser.
9. Haga, K. 1990. Production of compost from organic wastes. *ASPAC/FFTC Extension Bulletin No.* 311:1-18.
10. Hendrix, P. F., D. C. Coleman and D. A. Crossley, Jr. 1992. Using knowledge of soil nutrient cycling processes to design sustainable agriculture. *Integrating Sustainable Agriculture, Ecology, and Environmental Policy* 2:63-82.
11. Inoko, A. 1982. The composting of organic materials and associated maturity problems. *ASPAC/FFTC Technical Bulletin No.* 71:1-20.
12. Jokela, W. E. 1992 Nitrogen fertilizer and dairy manure effects on corn yield and soil nitrate. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56:148-154.
13. Kundsén, D. and G. A. Peterson. 1982. Lithium, sodium, and potassium. p.225-246. In: Page, A. L., H. Miller and D. R. Keeney (eds.). *Methods of Soil Analysis. Part 2.* Academic Press, Inc., New York.
14. Lanyon, L. E. and W. R. Heald. 1982. Magnesium, calcium, strontium, and barium. p.247-262. In: Page, A. L., H. Miller and D. R. Keeney (eds.). *Methods of Soil Analysis Part 2.* Academic Press, Inc., New York.
15. Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. p.539-579. In: Page, A. L., H. Miller and D. R. Keeney (eds.). *Methods of Soil Analysis. Part 2.* Academic Press, Inc.,

New York.

16. Olsen, S. R. and L. E. Sommers. 1982. Phosphorus. p.403-430. In: Page, A. L., H. Miller and D. R. Keeney (eds.). *Methods of Soil Analysis. Part 2.* Academic Press, Inc., New York.
17. Singh, Y. P. and C. P. Singh 1986 Effect of different carbonaceous compound on the transformation of soil nutrients. I .Immobilization and mineralization of applied nitrogen. *Biol. Agric. Horti.* 4:19-26.
18. Tsai, Y. F., T. C. Juang and Y. M. Huang 2001 The evaluation of potential availability of nitrogen of compost by ammonium carbonate extractor applied in corn cultivation. *Soil and Environ.* 4: 125-134.