



菇類代謝產物的應用價值

前言

人類對菇菌類之利用至今已有一千三百年歷史，從古至今，菇類一直被人們視為美味食品。根據Whittaker氏五界說中的分類群，食用菇菌隸屬於真菌界(Fungi)，主要分布在擔子菌綱(Basidiomycetes)和子囊菌綱(Ascomycetes)；其中，前者占多數，是能夠形成大型子實體或菌核供人類食用，通常稱為菇、蕈、磨及耳等。菇菌為一種相當特殊的生物，具有真正的細胞核，惟無葉綠素且細胞壁主成分為幾丁質或纖維素，此與植物有所不同。食用菇菌目前由人工栽培生產的包含洋菇(*Agaricus bisporus*)、香菇(*Lentinus edodes*)、鮑



↑圖1. 亮紫色的高級食用菇類-紫丁香磨

魚菇類(*Pleurotus* spp.)、木耳(*Auricularia polytricha*)、銀耳(*Tremella fuciformis*)、靈芝(*Ganoderma lucidum*)、巴西磨菇(*Agaricus subrufescens*)、草菇(*Volvariella volvacea*)及杏鮑菇(*Pleurotus eryngii*)等，超過20多種。另外有一些

種類，如松茸(*Tricholoma matsutake*)及雞肉絲菇(*Termitomyces albuminosus*)是目前無法人工栽培的。

菇類的機能性

近年來，國人由於對飲食與健康高度的關心，使得

菇類的需求愈來愈高。菇類可作為食用纖維，加上其所含之多醣體含量高，許多被報導具有抗腫瘤活性，又在菇類發現有降血壓及降膽固醇等物質，因此菇類作為機能性食品成為眾所矚目的焦點。食藥用菇類之機能性在最近幾年被學者區分成三級功能，第一級為一次機能(營養特性)，菇類子實體富含蛋白質與碳水化合物，其碳水化合物主要是一些小分子的糖類，如海藻糖 (trehalose)、甘露糖 (mannito) 及阿拉伯糖 (arabinitol) 等，為人體腸胃難以消化吸收利用的低分子糖，及一些無法消化吸收的膳食纖維，視為高營養低熱量的食物，故為良好的健康素材。新鮮菇類含有 80~90% 的水分，固形物中以蛋白質與碳水化合物為主，其中蛋白質含量約 19~35%，為蔬果的 3~6 倍。菇類細胞壁組成多為多醣所組成，如 β -葡聚糖 (β -glucans)、甘露聚糖 (mannans) 和幾丁質 (chitin) 等，非澱粉性多糖，亦為良好的膳食纖維來

源。菇類含的脂質相當低，約僅占乾物重 1.1~8.3%，其中亞麻油酸，是人體必需脂肪酸；在維生素方面，菇類含量豐富，包含維生素 B₁、B₂、菸鹼酸和維生素 C 等。第二級為二次機能(嗜好特性)，菇類具有特殊口感與風味而廣受歡迎，這些特性可增加人們的食慾和嗜好性，也造就了菇類的二次機能性。菇類典型的香味除揮發性八碳化合物如菇醇 (1-octen-3-ol) 和菇酮 (1-octen-3-one) 之外，還有呈味可溶性成分如游離胺基酸、核苷酸和可溶性醣。菇類低分子的胨肽、醣醇、游離醣及有機酸，亦被認為與風味有相關性。如乾香菇中含香菇精 (lenthionin)，使其具有特殊香味；在日本售價昂貴的松茸也以香味著稱，香味成份有松茸醇 (matsutakeol) 及桂皮酸甲酯 (methylcinnamate)。第三級為三次機能(生理活性)，菇類無論是子實體或菌絲體，近年來發現相當多的生理活性成分，如多醣體

(polysaccharides)、三萜類 (Triterpenes)、蛋白質、核酸、固醇類和血壓穩定物質，菇類已知的生理活性包括抗腫瘤、增強免疫力和消炎、降血糖、降血壓、降膽固醇、抗血栓和抗愛滋病毒等作用。

菇類二次代謝產應用 價值

如同中藥的植物般，菇類不外乎以煎煮或提粹方式熬浸出有效成分，這些有效成分即生物所含「二次代謝物質」。一次代謝物是所有生物體內所不可或缺的物質，維持生物合成或生長過程中所需之代謝物，如胺基酸、葡萄糖、核酸等等，人類攝食這類物質主要在於營養價值；至於在主要生化代謝路徑中不出現，對生命的維持不具有明顯的功能，且不直接參與生長發育的有機化合物，稱為二次代謝產物 (secondary metabolites)，二次代謝物質並不是維持生命所必要成分，以生態學的觀點

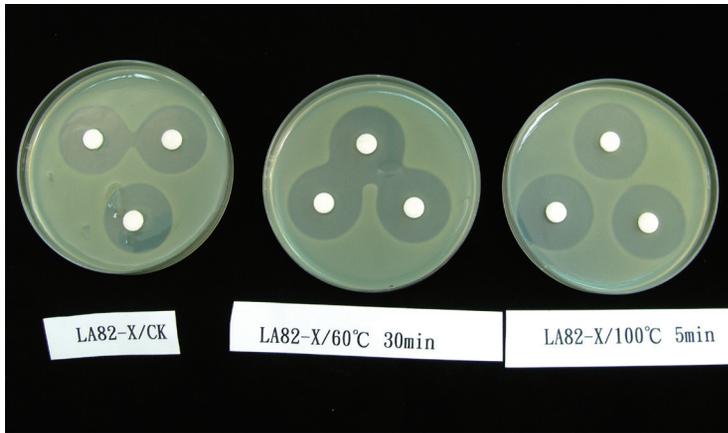


圖2. 紫丁香蘑二次代謝液對十字花科黑腐病菌有明顯抑制效果，且抑菌物質具有耐熱性(左，25°C；中，60°C；右 100°C)

而言是為了「適應環境」，包括克敵、誘敵、逃避、毒他等等，生物為了在環境下生存而衍生出來的物質，以防禦外來侵略或增加自身抵抗能力的功能。

機能性物質，食藥用菇類二次代謝物質另一種功能，即是含有機能性物質，菇類除沒有動物性脂肪外，本身含有纖維性物質及有助於調節生理機能的二次代謝物質，這些主要機能性物質如：

1. 降血壓物質：如靈芝的三萜類 ganoderic acid，對於動物及人體臨床試驗都顯示有降血壓效果。而其他菇類如香菇，層孔菌 (*Fomitopsis pinicola*) 等也曾被報導。

2. 降血糖物質：日本學者有田一九八九年在靈芝以層析管柱色層分析純化出 ganoderan B 與 ganoderan C 二種物質具降血糖功能。

3. 降低血膽固醇及血脂脂肪物質：日本學者對於香菇子實體降低膽固醇之研究很透徹，已確定香菇中的 eritadenine 成份對降低膽固醇有很好功效；其他菇類如滑菇 (*Pholiota nameko*)、金針菇、巴西蘑菇、黑木耳與銀耳也都有被報導具有降低血液中膽固醇功效。

4. 其他類：如抗血栓、神經系統作用、鈣調素抑制物質、脂肪氧化酶抑制物質和補體及巨噬細胞活性等物質。

二次代謝產物許多都具有生物活性，尤其是擔子菌菇類所生產的二次代謝產物，含有其他真菌類少見的特徵，其中以多糖體和三萜類為最明顯，主要的目的在於防衛外來病原菌的侵入；且又具有機能性成分，以提高自身免疫力為主。多醣體為一高分子聚合物，分子量從數百至數百萬噸道爾頓 (Dalton)，大部分為 β -葡聚糖，少部分為 α -葡聚糖，其多醣單元體除葡萄糖外，亦含有甘露醣、半乳糖、木醣、鼠李醣、岩藻醣及阿拉伯醣等，以 (1-3)，(1-4) 及 (1-6) 等醣苷鏈連接，多數有分支，部分多醣含胼鏈，與蛋白質形成「多醣體蛋白質聚合物 (polysaccharides-protein

complexes, PSPCs)」，主要存在於子實體、菌絲體細胞壁之內壁，也會在發酵過程中分泌至菌體外，因而有胞內與胞外多醣。

菇類二次代謝產物醫療價值

生物的二次代謝物質以二大目的為主，一種為防禦性成份，以增加自身的免疫功能，防禦性物質如：

1. 抗生素：菇類自一九四五年即有小皮傘菌素(marasmic acid) 被發掘，至今超過一百種具抗生活性的成分被發表。抗生素種類依水野卓(1999)所彙整的報告，可分為三大類，分別是聚乙炔化合物(polyacetylene)，萜類化合物(terpenoids) 和芳香族化合物(aromatic compounds) 及一些不易歸類之成份。

2. 抗腫瘤物質：許多民間偏方都有用菇類來治療癌症的紀錄，而在水野卓所彙整的報告有提出多孔菌科(Polyporacea) 對於消化道系



↑圖3. 紫丁香蘑二次代謝液噴施番椒植株(左) 具有完全抑制疫病菌的發生，對照(右)無處理

統的癌症、前列腺癌及肺癌等有治療效果，而主要有效成分為多醣體，而且是以葡聚糖 β -D-glucan 為主架，許多學者認為抗癌機制是強化身體免疫機能，而抑制癌細胞的增殖或將其排除。葡聚糖 β -D-glucan 並非全部具有抗腫瘤活性，活性的強弱受到對水的溶解性、分子量大小、主鏈與支鏈分之結構等影響。許多學者認為多醣體本身並不具有抗腫瘤活性，但是經過甲基化(Methylation) 後即顯現出活

性；而 Surenjav等氏(2006)提出多糖體的抗腫瘤活性與其構形、分子量及是否與蛋白質鍵結有關，而其三股螺旋(triple helical) 的型式是其具抗腫瘤之重要因素。

3. 抗病毒物質：日本高木等學者發現香菇及密環菌(*Armillarilla mellea*) 二種菇類子實體萃取物有抑制病毒效果，在金針菇(*Flammulina velutipes*) 木屑培養基提取液中，分離到分子量 15000-50000Da，糖蛋白質的物質，具有抑制病毒的感染。

菇類與其特殊的成分具有抗微生物活性引起科學界的注意，許多細菌逐漸對一般抗生素產生抗藥性如金黃葡萄球菌對甲氧苯氧黴素 MSRA (methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*) 和螢光假單胞菌 *Pseudomonas* 有抗性，而由菇類分離萃取新的防治藥劑成為一種可行方式 (Paul 2002)。

菇類代謝物於植物病害防治的應用例子

一九八〇年代末期，由 Anke 等人由松樹毬果長出的野生菇類 (*Strobilurus tenacellus*) 分離出一種殺菌效果優異，具系統移行性的成分 strobilurin A；這些天然抗菌物質在發現其化學成份，最近經改良後，不僅對光線反應穩定，具系統性，主要作用機制是藉由阻礙真菌粒線體呼吸作用細胞色素 bc1 複體傳遞電子作用，進而抑制，具保護及治療效果，且施用後無植物藥害情形，在一九九五年後

於美國陸續發展出來的新藥劑登記上市。由這個 *S. tenacellus* 野生菇類萃取出來的物質，專利的衍生物超過 400 種以上，較著名有亞托敏 (azoxystrobin)，克收欣 (kresoxim methyl) 及三氟敏 (trifloxystrobin) 等。殺菌成分 strobilurin A 源自於野生菇 *S. tenacellus*；而 oudemansin A 來自黏小奧德菇 *Oudemansiella mucida* Hoehn；這些都是由菇類天然抗菌物質開發成植物保護製劑成功案例。這些藥劑在臺灣也已經取得農藥許可，如殺菌劑亞托敏 23% 水懸劑，農藥許可證為農藥進字第 1825 號，對動物低毒、對天敵安全，環境中不會累積，滲透移行性佳，耐雨性佳，可防治葡萄、胡瓜、結球白菜露菌病，檸檬、蓮霧、番石榴炭疽病、馬鈴薯晚疫病、香蕉黑星病等多種作物病害。

而來自歐洲美味食用菇類紫丁香磨 (*Clitocybe nuda*) 常在秋天及冬天針闊葉混交林中及林緣草地上生長，味美

濃香。其菇體為亮紫色或丁香紫色且具有特殊的香氣而得名，在法國被認為十大受喜愛的食用菇類。紫丁香磨的菇體被研究發現具有強大的抑制腸球菌 (*Enterococcus faecium*)、金黃葡萄球菌 (*Staphylococcus aureus*) 與白色念珠菌 (*Candida albicans*) 的生物活性。除了菇類子實體外，科學家們也發現菇類菌絲細胞外產生的二次代謝產物具有抗菌作用。筆者以臺灣地區的各食用菇類菌株之二次代謝液對於植物病原真菌與細菌進行抗菌活性分析；結果發現香菇、靈芝、柳松菇、雞腿菇、金耳及紫丁香磨都具有抑制植物病原菌的功效，尤其是紫丁香磨菌株之二次代謝液對真菌性植物病害如白菜炭疽病、十字花科蔬菜黑斑病、番椒疫病，對細菌性的十字花科黑腐病、水稻白葉枯病及茄科細菌性斑點病都有一定的抑制效果。筆者等人進一步在二〇一二年，發現紫丁香磨的二次代謝抗菌物質具有對熱及酸鹼值的

穩定性，利用管柱層析、紅外線光譜、核磁共振 (1D 及 2D) 及質譜儀圖等相關分析，分離出 3 種天然化合物，分別為 2-methoxy-5-methyl-6-methylenemethoxy-*p*-benzoquinone (1)，分子結構式為 $C_{10}H_{12}O_4$ ；6-hydroxy-2*H*-pyran-3-carbaldehyde (2)，分子結構式為 $C_{12}H_{10}O_5$ 及 indole-3-carbaldehyde (3)，分子結構式為 C_9H_6NO ；其分子量分別為 196, 126, and 145，屬小分子量的物質，其中化合物 (1) 是全新發現的天然化合物，而化合物 (2) 與 (3) 則在紫丁香蘑首次被發表；顯示出這些來自食用菇類天然的化合物的確具研發成為植物保護製劑的潛力。

結語

在世界人口超過 76 億時，蛋白質及維生素等營養物質的供給愈來愈重要，在節能減碳的時勢需求下，菇類具有廢物再利用重生，產生各種高纖低脂，高營養轉化供

人類再利用之功效，因此，菇類受到世界各國重視與發展。然而菇類的優點不僅如此，它們所富含的二次代謝產物如多醣體、三萜類等及其他抗生或抗病毒、抗腫瘤等物質，已經逐漸被發掘而加以應用，在農業的應用上，化學農藥被要求逐年減量，如何發展無毒農業不影

響產業發展則需開發出安全的天然化合物作為取代降低現行農藥使用量，因此，菇類二次代謝產物是具有未來發展的潛力。目前已知菇類的約為 1 萬 4 千種，而菇類被預估在地球上約有 14 萬種，換言之，目前僅知道的約 10% 而已，具機能性的菇類及其二次代謝產物將會是下一個生物產業的亮點。

引用文獻

- 水野卓、川和正允。菇類的化學生化學。1997 國立編譯館，臺北。409pp。
- Paul, S. 2002. Novel antimicrobials from mushrooms. *HerbalGram*. 54: 28-33
- Surenjav, U., Zhang, L., Xu, X., Zhang, X., and Zeng, F. 2006. Effects of molecular structure on antitumor activities of (1 → 3)- β -D-glucans from different *Lentinus edodes*. *Carbohydrate Polymers* 63(1): 97-104.



聚合精農事業有限公司

專業供應

采禾行

有機農法 適用資材
專售有機液肥醱酵原料

新發售：碳循環～簡易溫室用小包裝吊掛式CO₂產生袋，使用方便！促進作物同化作用，提高產量及品質！

矽藻土、糖蜜、醱酵用菌、病害拮抗用菌、溶磷菌、苦楝油
苦茶粕、海鳥磷肥、乳清粉、海草粉、血粉、蝦蟹殼粉
抗蒸散劑、腐植酸、棕櫚灰、葵無露、菌根菌、各式誘蟲紙

服務專線/06-2718430 傳真/06-2722261
地址：台南市永康區大灣路1044巷15號（崑山科大對面）
李先生/0932-986960 · E-mail：lwy96@yahoo.com.tw