

壹、前言

菇蕈類多醣具有抗腫瘤活性、增強免疫、抗癌症、降血糖、降血壓作用與降膽固醇作用 (Misaki *et al.*, 1986; Jong *et al.*, 1991; Yang *et al.*, 1989) 等的生理活性。非澱粉多醣多數具有成膠、增稠與乳化等特性，為了延長儲存期限、提供適當的產品質地、控制水分及水移動性、改善產品的品質以及穩定性與有益加工，經常在食品工業上當成食品添加劑來使用。而影響多醣溶液的流變因素有很多，例如，溫度、溶液 pH 值、溶液離子強度及溶液中添加不同濃度的雙糖等亦曾被廣泛的討論 (Goycooles *et al.*, 1995; Wang *et al.*, 1999; Nishinari *et al.*, 2000; 裘, 2002)。然而研究菇蕈類多醣溶液之流體流變行為的文獻卻不多，也未見有系統性且完整的探討；因此，本研究擬以兩種木耳類萃取多醣（毛耳多醣與銀耳多醣），分別探討不同 pH 值、不同的離子強度（氯化鈉、氯化鉀與氯化鎂）、在多醣溶液中加入不同濃度的雙糖（蔗糖、麥芽糖和海藻糖），利用毛細管黏度計與動態流變儀觀察上述兩種木耳類萃取多醣溶液流變行為對頻率及溫度的變化，再引入計算木耳類萃取多醣之形變活化能來輔助觀察添加不同雙糖與不同離子強度對木耳類萃取多醣分子行為表現之影響。

另外，為了提供膠體系統適當的質地 (texture)、改善品質及穩定性及有益於加工，多醣與澱粉在膠體系統中常被添加混合使用。由

於澱粉與木耳類萃取多醣之間交互作用的差異也甚少被探討，而木耳類萃取多醣優良之生理機能在工業的應用上相當具有潛力，故再以兩種木耳類萃取多醣分別混合非糯性澱粉（TCN1 及 TNu67）與糯性澱粉（TCSW1），以快速黏度分析儀探討三種不同直鏈澱粉含量之澱粉黏度的影響，分析木耳類萃取多醣與不同直鏈澱粉含量澱粉之間交互作用的影響，希冀結果可以更進一步了解澱粉/木耳類萃取多醣混合系統之行為變化，以期作為應用木耳類萃取多醣產品之依據及參考。

貳、文獻回顧

一、菇蕈類多醣

菇蕈類很早即被國人當成食品或藥物使用，例如香菇、木耳、洋菇可以入菜，而靈芝、茯苓、銀耳等食用菇蕈類，則被收錄在《神農本草經》中，作為醫療用途。這些食用菇蕈對中國人而言，不僅只是增添飲食美味與樂趣的食物而已，更是數千年來日常身體保健與養生食療的重要食品。食用菇蕈屬於真菌類生物，營養成分與一般的蔬果類食品有著相當大的差異。主要是因為它們並不能像綠色植物一樣，以光合作用來合成營養素、產生能源，而是以分解其他物質來獲取所需的養分（賴，1997）。而食用菇蕈的另一個特徵是：屬於室內栽培的產品，因此沒有室外栽種的蔬果需要大量的農藥來驅除病蟲害的缺點，然而栽植培養時，溫度、溼度和光線的條件嚴苛，加上無須使用大量有害農藥，因此可被界定為清潔蔬菜和有機食品的代表（王等，1998）。根據文獻（莊，1996）指出，目前所知菇蕈類所產生的天然抗生素就超過一百種，只是目前多未應用於臨床上。不過因為這些抗生素是菇蕈類獨有的化合物，所以已經有人開始進行酵素抑制和免疫調節的研究。依據研究，多數的食用菌蕈類（香菇、草菇、茸菇、金針菇、木耳等等）都具有降血壓的功效，並且兼具抗癌及預防癌症的效用。不僅如此，它們亦含有降膽固醇的活性成分。一般而言，菇

蕈類多富含蛋白質、礦物質、維生素、纖維質，多食有益健康。且低熱量、低脂肪，更符合現代人追求之瘦身功效（章及蕭，1992）。而菇類的細胞壁是由幾丁質（chitin）及其他醣類，如 β -葡聚醣（ β -glucans）和甘露聚醣（mannans）所組成的（Cheung, 1996）。由於這些非澱粉多醣的存在，使菇類成為良好的膳食性纖維（dietary fiber）來源（Cheung, 1996）。

（一）毛木耳

毛木耳（*Auricularia polytricha*）屬於真菌門、擔子菌綱、異隔擔子菌亞綱、木耳目、木耳科、木耳屬，名為"毛木耳"，亦稱毛耳，毛木耳菌絲適宜的生長溫度為 22°C~28°C，子實體生長溫度為 15°C~32°C，從它的字面看來就知道它像耳朵長在木頭上，廣布於世界各地。常生於枯木上，因形體如人之耳朵而得名（李，1989）。菌體直徑約二至十二公分，呈耳狀、皿狀或傘狀，外形頗富變化。常聚集生長，很少單生。子實體全體肉質性，凹面的內側光滑，表面的外側略有毛茸，含水量甚高，是一種營養價值甚高的美味食品。一般簇生在樹林內潮濕的腐木上，現在可藉太空包行人工栽培。有關木耳的食用早在西元前 300~200 年前即有記錄，唐本草更依其著生的數種將木耳分為桑耳、槐耳、楮耳、榆耳、柳耳 5 種，並記載可供藥用。據前人調查發現，台灣的野生木耳有 7 種，一般栽培的有 2 種。一種背面的毛

較長、質地較硬的是毛木耳（學名：*Auricularia polytricha*）。另一種較軟，是傳統所稱的木耳（學名：*A. auricula*）。由於是膠質菇類，進入胃腸蠕動膨脹之後，逐漸平貼在絨毛細胞表面，可吸附油脂及刺激胃腸蠕動，對宿便者具良好促進排便效果（莊，1996）。最重要的是，它所含的酸性多醣有明顯的降膽固醇的作用，可以清除血管內的低密度血膽固醇（LDL），亦可以降低血脂濃度。自古以來木耳即在中醫上以活血止血稱著，而近代的科學研究，證實其對於心血管疾病的預防具有重要意義（有地等，1979；管原等，1982）。

（二）白木耳

白木耳（*Tremella fuciformis*），屬於真菌門、擔子菌綱、異隔擔子菌亞綱、白木耳目、白木耳科、白木耳屬，又名銀耳，是與先前所提及的木耳極為相像的菌類，但仔細觀察兩者是有不同之處的。白木耳和木耳一樣均有膠質層，但其擔子器的結構並不相同。木耳的擔子器為圓柱形有橫分隔的，而白木耳的擔子器則為縱分隔，因此白木耳和木耳其實也分屬不同的科（李，1989）。白木耳內部有一層膠質層，裡面菌絲交錯類似海綿，可蓄積大量水分。白木耳含有 17 種氨基酸、纖維素、無機鹽、多種維生素等等營養成分，是滋補品也是一味良藥，認為有補腎潤肺、生津止咳、降火強身、嫩膚益壽之功效（賴，1997）。自古以來，白木耳與人參等媲美，構成參、茸、燕、耳號稱四大珍品。

人們常用以煮銀耳粥，據說可潤肺、養胃清熱；本來價格昂貴，但自從人工栽培成功後，價格下滑，現已成為一般常見的食物了（李，1989）。《中國醫藥大辭典》記載“本品入肺、脾、胃、腎、大腸五經主治肺熱咳嗽，肺燥乾咳，久咳喉癢，咳痰帶血或痰中血絲或久咳絡傷痛，肺癆，婦女月經不調，肺熱胃炎，大便閉結，大便下血”。

(三) 菇蕈類多醣的生理活性

菇蕈類的多醣體具有抗腫瘤活性以及增強免疫的功效（Misaki *et al.*, 1986），於靈芝的雜半乳聚糖-蛋白質複合體中發現有抗癌症、降血糖、強心、降血壓作用（Jong *et al.*, 1991）、香菇中的 eritadenine 具有降膽固醇作用（Yang and Jong, 1989）、自香菇菌床栽培的香菇菌絲體自溶產物分離的可溶性木質素-糖蛋白複合體具有抗愛滋病毒作用（Mizuno *et al.*, 1995）。銀耳含有一種稱為酸性異多醣的物質（以 α -甘露聚醣為主鏈，以 α -1,2-L-木糖、 β -1,2 葡萄糖醛酸和甘露醣為側鏈），能提高人體的免疫力，起扶正固本的作用，對老年慢性支氣管炎，肺源性心臟病有顯著療效，並能提高肝臟的解毒能力，起護肝作用，且提高有機體對原子能輻射的防護能力，對實驗動物的移植性腫瘤有一定的抑制作用（Ukai, 1983）。因此菇蕈類的藥劑開發已經成為現今熱門的研究主題之一，在菇類的食品機能、嗜好機能外更多了生理活性機能，菇類的生理機能調節物質敘述如下：

1. 降血壓物質：

血壓上升的要因中，以血管末梢阻力的增大最具影響力；然而血管壁的彈性也對血壓發生影響。膽固醇等脂質攝取過多，或因代謝異常所

引起的血管壁脂質沉著，是造成血流障礙的原因，並關聯到末梢阻力制作用，其結果是抑制血壓上昇或顯示降血壓作用。如靈芝、香菇、舞茸等（有地等，1979；管原等，1982）已有許多研究報告甚至於臨床上試驗。報告中指出可能為多醣成分或是多醣蛋白（proteoglycan）具降血壓功能。

2. 降血糖物質：

現今已有十多種已知結構的錦葵科黏性物質，及車前子（*Plantago asiatica* LINN.）的主要黏性物質中，發現數種有明顯降血糖活性的多醣（Tomoda *et al.*, 1987, 1989, 1990）。至於菇類，曾對靈芝成分的降血糖活性進行研究，可知靈芝多醣 A 是一種具有明顯降血糖活性的多醣（Hikino *et al.*, 1989），同時分離出一系列多醣用於抗腫瘤活性試驗；但比較起來，活性較低。

3. 降低膽固醇效果物質：

1963 年發現香菇中有麥角固醇（ergosterol）以外的降低血漿膽固醇物質為香菇嘌呤（eritadenine）（金田等，1964），有降低小白鼠

血液中膽固醇與中性脂肪值的作用，同時證實有降血壓作用 (Cheung, 1996 ; Gao *et al.*, 1996b)。

4. 抗血栓物質：

關於菇類的抗血小板凝集因子的研究至目前有香菇 (*Lentinula edodes*) 與靈芝 (*Ganoderma lucidum*) 的報告。學者們在香菇水萃取物中發現能特異性抑制凝血酵素引起的血小板凝集的物质，使用 Sephadex 分離時，有效成分與 guanosine-5'-monophosphate (GMP) 在同一組分別溶出，血小板凝集抑制效果與標準 GMP 大體一致；但尚未至鑑定其主體階段 (楊，1988)。

5. 抗炎症物質：

現已發現從菇類取得的抗腫瘤活性 β -1,3-D-glucan 有廣泛的非特異免疫增強活性。從靈芝分離的雜半乳聚糖-蛋白質複合體等已獲證實有抗炎作用與抗過敏作用 (Ukai *et al.*, 1983 ; Kohda *et al.*, 1985)。

(四) 菇蕈類多醣的組成成分

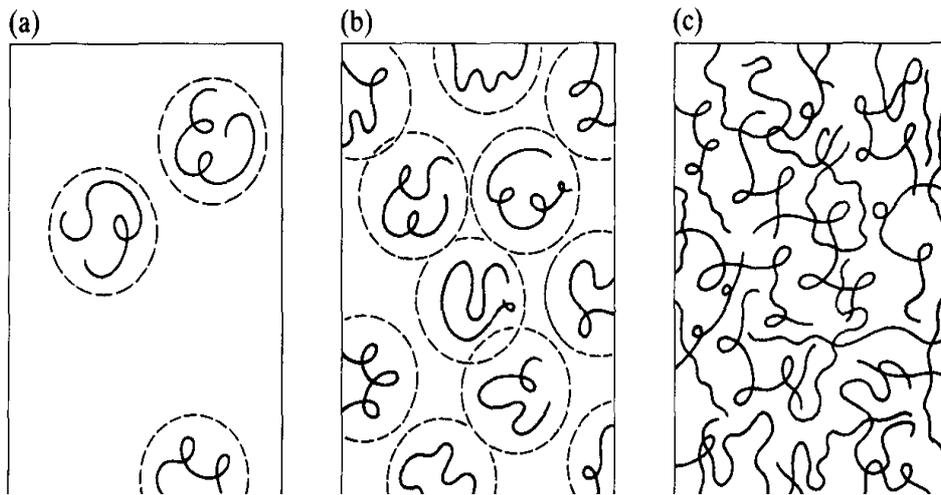
β -1,3-D-glucan 在真菌中主要為構成其細胞壁的成分之一，而真菌細胞壁主要由兩群多醣所組成，一為構成細胞壁骨架，由不可溶及高結晶度之幾丁聚醣 (chitosan) 及 β -1,3-D-glucan 所構成，二為細胞壁間質 (matrix) 由不定型 (amorphous) 或是較低結晶度、而且較易溶於水的多醣或是醣蛋白 (glycoprotein) 所構成。

β -1,3-D-glucan 為細胞壁骨架的重要組成之一，所以它的運輸，合成與分解必須有一定的方向性，才能使真菌維持一定的外觀，目前已知 β -1,3-D-glucan 是由尿嘧啶葡萄糖 (UDP-glucose) 所合成的。學者認為大部分的可溶性葡聚糖都是抗腫瘤活性劑，主要是因為其結構線性所致。會被腸道系統的內分泌酵素所水解的多糖類，如肝糖、澱粉與糊精等，都完全無活性。 β -1,3-D-葡聚糖比 β -1,6-D-葡聚糖較具活性； β -1,4-D-葡聚糖 (纖維素) 為不活性，而半纖維素 (hemicellulose) 與羧甲基纖維素 (carboxy methyl cellulose) 都有活性。木耳類之所以為國人喜愛食用是基於其獨特之物性、食用口感以及其營養價值。這些獨特物性與口感是木耳類所含之多糖結構特性所致。在木耳類多糖之研究文獻指出，早在 1966 年，Slodki 等人即在銀耳屬之金耳 (*T. mesenterica*) 之子實體 (fruit body) 中，分離出酸性雜多聚糖 (acidic heteroglycans) (Slodki *et al.*, 1966)。其以木糖 (xylose)、甘露糖 (mannose) 及糖醛酸 (glucuronic acid) 分別依比例 4 : 4 : 1 而組成。此外，比例不同之酸性雜聚多糖也陸續被發現。以 α -1,3-甘露聚糖為主鏈，以 α -1,2-L-木糖、 α -1,2 葡萄糖醛酸和甘露糖為側鏈，這種酸性多糖稱之為葡萄糖醛酸木糖甘露聚糖 (glucuronoxylomannan, 簡稱 GXM) (Yui *et al.*, 1995 ; Gao *et al.*, 1996a, 1997, 1998)。除 GXM 外，銀耳屬之真菌也被發現含有葡聚

醣 (glucan) 之中性多醣，其組成約為 α -D 吡喃葡萄糖 (glucopyranose) 以 1,6 及 1,4 鍵結而成，其中 1,6 及 1,4 鍵結比例約為 2:1。也有人發現木耳類多醣也含有具生理活性之 β -D-葡聚醣 (β -D-glucan) (Misaki *et al.*, 1986; Cheung, 1996; 趙, 2001)。其後陸續有報導指出白木耳子實體中也含有一些岩藻糖 (fucose) (Gao *et al.*, 1996a,b) 及 xylobiose (Yui *et al.*, 1995)。

二、多醣溶液的流變行為

多醣分子鏈在溶液中隨著多醣濃度之不同而有不同的表現行為。在溶液極稀濃度的狀態下，每一個多醣分子鏈均可以完全展開；如圖一（a）所示。當多醣溶液的濃度增加至特定一濃度， C_{cr} （critical point）時，多醣分子之總水合體積（hydrodynamic volume）相當於溶液體積時，也就是多醣分子將開始要重疊（overlap）在一起如圖一（b）所示。一直到溶液濃度大於 C^* （coil overlap concentration）時，多醣分子和分子互相纏結在一起，如圖一（c），此時溶液的狀態稱為半稀釋（semi-dilute）溶液。如將其溶液濃度及黏度取雙對數做圖（Dickinson *et al.*, 1992），可看出多醣溶液之黏度有明顯的轉折變化，其中的轉折點就是 C^* ，當濃度低於 C^* 時，溶液的狀態稱為極稀釋溶液。



圖一、多醣濃度對溶液中多醣分子狀態的影響。

Fig. 1. Illustration of the effect of polymer concentration C on the structure of a macromolecular solution: (a) dilute solution ($C < C^*$) ; (b) onset of coil overlap ($C \approx C^*$) ; and (c) semi-dilute solution ($C > C^*$) . Dashed lines indicate average volumes swept out by individual molecules in dilute solution.

(Dickinson, 1992)