紅麴及其相關保健食品的研發

楊勝欽

靜宜大學食品營養學系

g8806003@pu.edu.tw

一. 前言

近年來許多先進國家由於公共衛生的進步，醫療技術水準的提昇及經濟發展，使得國民平均壽命逐年延長。人口結構高齡化的結果，也造成疾病型態以慢性疾病為主的現象；而經濟富裕的結果，促使民眾尋求保健養生更為殷切，也更願意投資於「健康」。

現代科學已證實大多數慢性疾病和個人生活型態有關，但行為改變需要相當的毅力，而人性是疏懶的。一般人偷懶的想法是：若能在日常生活中，經由食品保健來養生，以防止老化，預防慢性病的發生，豈不是「事半功倍」的美事一樁？因此，產品只要是號稱能改善器官的功能，大部份的人便趨之若鶩，故而開創出所謂的「保健食品」之市場需求。而業者也為了獲取更大的利潤，利用現代社會資訊發達，由大眾媒體不斷傳送各種訊息，以強勢的行銷手法，激發消費者的購買慾。

「健康食品(Healthy food)」的用語是引起爭議的名詞：因為食品含有蛋白質、糖質、澱粉等營養成分，故食品均有益於健康，不必再冠上「健康」之名。但不容諱言，有些食品的確能改善器官的功能，故而食品與藥品之間的分界就因此而模糊造成管理上許多困擾。

健康食品的起源地在日本，為了解決此種混亂不明的用語，已有衍生出許多較具體的名詞，諸如「機能性食品(Functional food)」，「特定保健用食品(Foods for specified health uses)」，「保健食品」，「膳食補充品(Dietary supplement)」等，就健康食品的定義加以釐清，以便管理。今本文特別介紹傳統中國食品之一紅麴，說明其保健功能及其相關保健食品的研發。

紅麴是以大米為原料，經紅麴霉繁殖而形成的一種紅色米麴。紅麴的發明至今已有一千多年的歷史，它是我國寶貴的科學遺產，廣泛應用於食品著色，食品發酵及中醫中藥中。

紅麴在現今民間流傳日漸式微，隨著發酵工業突飛猛進，微生物應用的技術不斷創新，使得紅麴又有了新的生命。紅麴在美國、日本、中國大陸於保健食品上的應用有不錯的發展；歐洲主要應用於肉製品，取代硝酸鹽作為發色劑；在日本也是常使用的天然色素。國內主要應用於傳統食品製作與酒類釀造，近年對於應用在保健食品方面積極投入，也有不錯的研究成果。

1979年日本東京遠藤章教授以紅色紅麴霉(*Monascus rubor*)分離出一種命名為莫耐可林 K(monacolin K)的活性物質後，經多位專家學者對紅麴的功能性、安全性、抑菌性以及作用機能、分子結構等進行了廣泛而深入之研究，取得了令人矚目的成果，使傳統的紅麴增加了很多新的內涵。

目前健康食品管理辦法已將調節血脂列入可申請的功能項目之一，未來紅麴在台灣市場的發展應很有潛力。

二. 紅麴利用的歷史

紅麴菌的利用，在中國已有千年歷史。據考證，在宋朝古籍中早有記載。北宋初年陶古在清異錄提到「用紅麴煮肉」是較早之記述。而後，元朝吳瑞謙的日用本草：「用紅麴釀酒，破血行藥勢」。明朝宋應星撰的天工開物：「丹麴一種----世間最腐朽物，而此物薄施塗抹，能固其質于炎暑之中，經歷旬日，蛆蠅不敢近，色味不

離初，蓋奇藥也。」和李時珍撰的本草綱目：「紅麴主治消食活血，健脾燥胃。治赤白痢，下水穀……治打撲傷損，治女人血氣痛及產後惡血不盡。」都一再證明了中國先民發明的紅麴，的確於食品染色、食品防腐及醫療上有莫大的助益。

根據中國傳統醫學的理論，紅麴味甘性溫，應具調節血脂濃度的功效。臺灣民間還流傳，紅麴用來治小孩和老人夜尿及輕微氣喘的功效極為良好。大陸近年出版的<中藥大辭典>對紅麴的功能有長達 32 字的記述，將紅麴的主要藥效歸納為<活血化瘀，健脾消食，治產後 露不淨，瘀滯腹痛，食積飽脹，赤白下痢及跌打損傷>。這些流傳在中國民間的紅麴醫療功效，是否屬實，需待科學化的研究去驗證。

臺灣的紅麴相傳是前清時代鄭成功光復台灣後，自福建渡海來台的製酒匠人所引進的。之後，在台的日本學者中澤及佐藤從台灣民間所用的紅麴中分離出優良之純菌種，命名為 *Monascus anka*，意指其來自 Anka(紅麴的閩南語讀音)，自此展開不少紅麴菌的生理與其釀酒關係之探討。台灣酒類試驗所亦曾從事多年紅麴釀造酒---紅露酒---的研發。

三. 紅麴菌的介紹與紅麴的製作

紅麴菌廣泛存在於穀類、澱粉、新鮮牧草、泥土、橡膠、魚乾、河川表面沈澱物及松樹組織中。紅麴屬 (*Monascus*) 之現代研究起源於 1984 年法國學者 Van Tieghem。

紅麴菌屬於真菌界、子囊菌門(*Ascomycota*)、子囊菌綱(*Ascomycetes*)、散囊菌目(*Eurotiales*)、紅麴菌科(*Monascaceae*)。常見的分類有下列六種(表一)

表一、紅麴菌的分類

<i>Monascus pilosus</i>
<i>Monascus purpureus</i>
<i>Monascus ruber</i>
<i>Monascus floridanus</i>
<i>Monascus pallens</i>
<i>Monascus sanguineus</i>

資料來源：食品工業 30(7): 1-10/1998

傳統用於發酵食品的紅麴菌種-*M. anka*，應歸屬於 *M. purpureus*，但是 *M. purpureus* 菌株之間存在有產生色素與否的差異，對於生產紅麴米業者在菌株的選用上造成困擾。食品所菌種中心近來篩選一些製作紅麴米之紅麴菌種，其生理特徵為：CYA(*Czapek Yeast Agar*)和 MEA(*Malt Extract Agar*)培養基正反面皆具桔色或桔紅色色素，30°C 培養 7 天：CYA 培養基上菌落直徑 13-15mm，MEA 的培養基上菌落直徑 13-16mm。分生孢子、菌絲及閉囊果皆具紅色色素，分生孢子大部分成梨形，15°C 以下及 50°C 以上不會生長，15-20°C 以下及 45-50°C 為抑制性生長(菌落不會擴展)，25-40°C 為適當生長溫度範圍，其中 35-37°C 生長最為迅速，35-40°C 色素最多為暗紅色。

紅麴是紅麴菌生長於蒸煮過的米粒上而形成的發酵食品。要得到品質優良的紅麴，在整個製作過程上，有許多需要注意的地方，包括：米種的選擇(以沒黏性的米為主，此類米澱粉含量高，營養充足，且水分吸收比較容易)、優良的菌麴、適當的溫度進行生長(紅麴菌會因為生長溫度的不同，在代謝物的生成上有所改

變，一般維持在 30°C 左右。但由於在製作時，溫度不易控制，古人就以翻堆與分堆的方式，來達到溫度控制的目的。) ，另外就是適時的補水，使紅麴菌維持旺盛的生長，目前發酵時間一般在 7 天左右。米粒經紅麴菌發酵完成所製成的紅麴，於成分上有所改變，蛋白質與脂肪的含量增加，澱粉則下降，並且產生許多的紅麴菌代謝產物，包含色素、降膽固醇物質及許多其他具有生理活性的物質。

由於紅麴菌與其他微生物相比，其生長速度緩慢，且產生孢子的能力弱，使得傳統紅麴產生技術存在 1. 須較多的人力勞動; 2. 須較大面積培養; 3. 操作技巧難度大，品質不易控制等問題，而不能普遍工業化。

因此紅麴菌新近的培育技術漸漸被學者所重視，如何縮短培養時間，如何在長時間培養時少污染機會，如何使生產流程機械化，都是研究改良的重點。傳統培養紅麴方法的優點是成本低，易管理且產出廢物少，對於大多存在於菌體的代謝較易回收，但大規模生產時，培養的環境因素卻不易控制。相反的，液態培養雖然生產設備投資高，不過其對環境因子較易掌控及變化，同時較易使產品純度高且品質均一。目前多種液態培養方式(如：通氣攪拌發酵槽，多段連續培養方式，固定化菌體等)都曾經被探討過。然而，古代紅麴是以紅麴菌為主的多種微生物混合體的產物，後來因人工培養條件的選擇，及微生物科技的進步，使得紅麴製作時雖然在開放空間培養，但紅麴之菌種純度已提高許多。為了解決紅麴的技術問題增加其有效代謝物的產能，紅麴菌育種技術的開發是非常值得注意的方向。

在紅麴色素的生產上，蘇遠志和林慶福兩位教授對於開創紅麴液體培養的工作有很大的貢獻。與傳統的固體培養法相比，雖然液體培養所需的生產設備投資成本較高，對製成參數的控制需較嚴密，但卻可以經由對製成參數的多變化控制而充分掌握代謝途徑的進行方向，大幅提高某一特定代謝產物之產量。

液體紅麴的製造成本遠低於固體紅麴，又可用來製造低膽固醇及降血壓的保健酒類，如能在兼顧風味及酵素力的同時，也產生膽固醇抑制劑及其他保健成分則以液體麴來製造紅麴保健食品應是一個值得探討的方向。林讚峰博士在小型發酵槽試驗發現，培養液體紅麴的攪拌速率太高則剪切力太大，色素及酵素產量均大幅下降，揮發性香氣也明顯的降低，對風味有不良影響。以液體紅麴所製得的新酒色度比用固體紅麴所製的新紅酒色度略低，但色澤呈較亮麗的鮮紅色且較少螢光現象，具獨特的清爽柔順口味，頗具發展潛力。

四. 紅麴菌的代謝產物及利用

紅麴菌能產生多種對人類有益的代謝產物，而提高了本身的利用價值。紅麴菌產生的醇、酸、酯等芳香物質及水解酵素，如：澱粉分解 (amylase, glucoamylase)、蛋白質分解 (protease)、半乳糖分解 (rebonuclease) 等、賦予發酵食品優質的香氣及甘甜的味道，以紅麴菌作為釀酒的絕佳材料更是歷史久遠。此外，紅麴菌所產生的二次代謝物，更具有生理活性(降膽固醇、降血壓、降血糖、抗癌等)的特性，使得其知名度大大提升，尤其是以紅麴色素及膽固醇合成抑制劑兩者，在近年來的研究頗多，格外受到重視。

1. 紅麴色素

近年來隨著科學技術的發展，科學家們發現，長期食用合成色素危害人體健康，甚至導致癌變畸變等嚴重後果。因此，西方有些國家開始立法限制或禁止使用合成色素，與此同時，人們對食用天然色素越來越感興趣，特別是不少食用天然色素還具有一定之營養或藥理作用，因而更增加了人們的安全感，對食用天然色素的研究和應用也日益增多。

紅麴菌所產生的色素已被確認出化學構造且廣為人知的有六種，可分為三類，即紅色素 Monascorubramine 與 Rubropunctamine，橙色素 Monascorubin 與 Rubropunctatin 及黃色素 Ankaflavin 與 Monascin。他們是屬於 Azaphilones 類的真菌代謝物，構造極為相似，黃色素是橙色素的還原物，而紅色素則是橙色素的氮取代物。另據日本專刊指出，以子花 (Gardenia) 的抽出物加入培養基中培養紅麴菌則可產生對光、熱穩定的黃、綠、藍色素。因此，利用紅麴菌可產生所謂的紅、黃

藍三原色。紅麴色素對蛋白性食品的著色能力良好且色澤誘人，但對其他類的食品則著色能力較弱且較不鮮艷，無法像焦煤系列的人工色素在視覺上那麼明亮誘人。

在所有已知的天然色素中，紅麴色素的安定性是很優良的。它對熱、酸、食鹽、砂糖、鹽基物、還原物及金屬均很安定，在 pH 3-12 之間，改變 pH 對色調影響不大，故廣泛地應用於各種蛋白性食品之著色。但紅麴色素的水溶性極差，而且在水溶液中，紅色素極易受光及氧氣之分解破壞，故限制了紅麴色素的用途。

為改善紅麴色素的水溶性，有很多製備水溶性紅麴色素的半合成方法被開發出來。其中最常見的例子是利用橙色素的分子構造上有一個易與胺基起縮合反應之羰基，而以化學方法將含有胺基的化合物（如各種胺基酸、胺基糖或核酸等）與橙色素起結合反應，來增加色素分子的極性而提高其水溶性。林讚峰博士在發展定組成培養基研究紅麴菌的次級代謝之過程中發現可以利用發酵法直接生產橙色素的麩胺酸衍生物，其水溶性是已知紅麴色素的五百倍，耐光褪性是十五倍且具有二倍的呈色力，此型色素在飲料工業上的應用潛力應遠比常見的舊紅麴紅色素優越。

長久以來，紅麴已被國人作為食品著色劑及香料使用，歐洲也認為是安全的食品添加劑，使用時並不需要特別的標示。對於小白鼠進行急性毒性實驗，最大口服量 18 g/kg，並沒有引起死亡，腹腔注射紅麴色素，LD₅₀ 在 4 g/kg 以上。另根據中國大陸利用紅麴色素作為香腸發色劑的研究，利用 1.6mg 的紅麴色素製作的發酵香腸和使用 0.15mg/g NaNO₂ 所製作的顏色相近，且於 4°C 條件下可以儲存一固月不變色，對肉毒桿菌有抑制作用，但對發酵菌卻沒有抑制作用。但亦有報告指出，液態培養紅麴菌時，其橘色素具有胚胎毒性、免疫抑制性，甚致有導致畸形的因子存在。

2. 膽固醇合成抑制劑

自從 1976 年降膽固醇物質 (HMG-CoA reductase inhibitor 類) 於 *Penicillium brevicompactum* 及 *P. citrinum* 所分離出來後，許多類似的物質就相繼的從 *Aspergillus* 與 *Monascus* 中分離出來，競相投入的藥廠包括 Merck Sharp Dohme 及 Endo 公司。1979 年日東東京大學授從紅麴菌 (*Monascus ruber*) 培養液中分離出 monacolin k，同時美國學者亦從 *Aspergillus terreus* 分離出相同化學構造的物質，但命名為 mevinolin。以此為基礎，1987 年 Merck 公司發展出 lovastatin，並率先製成藥品上市。所以 monacolin K、mevinolin、lovastatin 均為相同物質，只是在來源與製程上有所不同。

除了 monacolin k 外，從紅麴菌亦能分離出一群和 monacolin k 具有相同基本結構的降膽固醇物質 monacolin J, M, X，除了 monacolin K 已有純化的產品，並以藥品販賣，monacolin J 於日本也有純化的產品販賣。就目前的研究了解，許多紅麴菌種有 monacolin K 的產生，但是這些能產生 monacolin K 的菌株，在生成紅色素方面的能力通常是較差的，可能和合成途徑有所相互作用有關。

Monacolin k 的作用主要是可專一性地抑制 HMG-CoA reductase 的活性，由於 HMG-CoA reductase (3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A reductase) 是膽固醇合成速率決定步驟酵素，monacolin k 和此酵素之受質 HMG-CoA 互相競爭，造成抑制效果，進而阻止內生性膽固醇的合成，而達到降低膽固醇的功效。

由多項動物實驗證實，monacolin k 的確能有效降低血液中的膽固醇，在實際應用上，適量的 monacolin k (10~30 mg/day) 可使血膽固醇明顯降低。若直接以每天每公斤體重 0.8g 的固態紅麴餵食動物，也有降低內生或外生血膽固醇的效果。Monacolin k 除了在心臟血管病發有重大貢獻外，在植物組織上有減緩生長，停止分化的功能，可當除草劑使用；又可干擾昆蟲賀爾蒙的形成，使之無法生長，亦有殺蟲劑的功效。

近年來大陸在這方面的研究、應用也有報導，1988 何壁梅等首次以 MH-

2688 的變異株中提取出 MH-2688，後經證明即莫奈可林 K。1993 年，張茂良等發現紅麴，首次提出紅麴單方作為治療高血脂症藥物，梅等用含莫奈可林 K 56mg 的紅麴米飯提取液餵食高血脂症大白鼠(180~220g/隻)，3 週後，與對照相比血清中膽固醇開始降低($P<0.05$)，而高密度脂蛋白膽固醇略為升高，王惠穎篩選到一株紅麴 No.4，其降血清和甘油三酯均在 20%，經熱穩定試驗後，其降血清膽固醇率為 42.5%，與千後介一等的實驗結果一致。

3. 降血壓物質的發現

近來較受矚目的研究為紅麴降血壓的功效。1987 年日本學者發現紅麴有降血壓的功效，研究顯示添加 0.3% 紅麴之飼料在兩週內，可使實驗動物血壓下降 10~15%，飼料添加 3%、5% 的紅麴於 15 週長時間的觀察，也發現具有抑制血壓上升的作用，臨床顯示自發性高血壓的患者，每日攝取 27 克的紅麴，有明顯的降血壓效果，而以紅麴製成的食品如紅麴味增、麵包、麵條等進行動物實驗，亦顯示具有降血壓的效果，也反應出此降血壓成份耐熱性相當強。據研究紅麴降血壓的功效來自 γ -aminobutyric acid(GABA)，GABA 為一水溶性物質，一般紅麴的產量約每克菌體 300ug，於日本已獲准成為特定用保健食品。

4. 紅麴抗菌性物質 Monascidin A

明朝宋應星於天工開物即隱喻了紅麴菌具有抑菌的功效。當 1977 年大陸學者 Wang 與 Bau (18) 學者發現粗萃取的紅麴色素具有抗菌的活性，更證實了古人使用紅麴防止食物腐敗的智慧。而後發現此抗菌物質 Monascidin A 和 *Penicillium citrinum* 所產生的 citrinin 在吸收光譜、NMR、MS 等分析具有相同的特性，證實了兩者是同種物質。

大陸董明盛等對 14 種微生物進行抑菌實驗，結果證明，紅麴發酵對羧狀芽孢肉毒桿菌、霉狀桿菌、枯草桿菌、金黃色葡萄球菌、螢光假單胞桿菌有較強的抑制作用，對綠硫桿菌、大腸桿菌、變形桿菌有抑制作用，丁前勝等對引起人和動物疾病的 16 種微生物分別進行實驗，結果發現，紅麴發酵液對對部分引起人和動物疾病的細菌有較強的抑菌和殺菌之作用，Mattinkova 等發現紅麴對部分細菌、酵母有抑菌作用，並認為抗菌活性可能為橙色素產生的。另又據王柏琴等人的研究報導認為，利用紅麴色素抑制肉毒羧狀芽孢桿菌並運用於發酵香腸中是可行的，目前，日本已開始大量應用紅麴色素在魚、肉的保鮮上，並已取得許多專利。

5. 其他產物

紅麴菌亦可產生超氧歧化酵素(Superoxide dismutase, SOD)、糖化酵素、核酸分解酵素、半乳糖分解酵素及果膠分解酵素等物質，而超氧歧化酵素使得紅麴具有抗氧化的功效。另外值得注意的是紅麴的降血糖功效，根據實驗顯示餵食兔子半小時之內可使血糖降低 23~33%，1 小時之後血糖仍較對照組下降 19~29%，對於有糖尿病的兔子，效果更加明顯，但有效成份目前尚未得知。

紅麴菌可產生具增強肝臟功能和防癌功效的強力天然抗氧化劑如黃酮酚，是最具潛力的防癌、抗癌藥物。另外，龍戶博士認為紅麴橙色素具有活潑的羰基，很容易與胺基起作用，因此不但可治療胺血症(Ammoniemia)，也可能是優良的防癌物質。

五. 紅麴保健食品的研發

由於紅麴菌可產生食用色素及芳香物質，並分泌多種水解酵素及狹效性抗菌劑 Monascidin 來抑制某些食品腐敗菌，因此，紅麴所釀製的食品具有特殊色香

味及防腐功效。目前 Monacolin K 售價昂貴的一個主要原因是，其產品的回收及精製很麻煩費工。由於紅麴實際上是可以直接進食的美味食品，故多家日本食品公司投入相當大的人力和物力進行紅麴機能性食品(保健食品)之開發。以下謹就目前已在日本成功上市的紅麴機能性食品做簡要的介紹：

1. 紅麴清酒：

以含有 Monacolin J 的紅麴取代部分米麴來進行清酒之釀製，使清酒成品中含有膽固醇合成抑制劑，產品名為<續青春>，酒精度為 15.5%。

2. 米醋：

將日本傳統米醋製造所用米麴的半量改以紅麴取代外，另添加大豆粉以提高胺基酸含量，並加入海帶以提高甘味及增強海帶降血壓的功效。成品中的胺基酸含量高達 1.3g/ml，除富含含有 8 種人體所需的必須胺基酸，可快速補充營養之外，也具有抑制脂肪合成之功效，代表作為日本食品化學的<紅壽>。

3. 高鹽分食品：

由於紅麴有降血壓之功效，且具甘味及抑制雜菌的作用，因此可用來製造含鹽或低鹽發酵食品，對高血壓患者提供健康的美味。

(1) 醬油：

在濃口醬油的製造過程，以部分紅麴取代一般醬油的麥麴，如內海醬油公司的<鶴龜>。其加工後熟需一年以上，風味比一般濃口醬油更厚，色澤優美自然且著色力極佳。

(2) 味噌：

將味噌製造配方裡的 1/5 米麴，改以紅麴取代，所製產品在色香味上均優於一般味噌。同時由於紅麴具有抑制雜菌的作用，可以將食鹽用量由常用的 12.5% 降至 10% 而不會腐敗，製出低鹽分的保健味噌。

(3) 紅糟豆腐乳：

原產於我國江南的紅糟豆腐乳，曾被琉球王室權貴視為是病患及產婦之最佳補品。以紅麴和米麴泡紅麴豆腐乳，仍是目前的琉球名產。由於其酵素的更多樣化，故在風味上遠勝於單用米麴者，具有特殊的清爽香甜風味。

4. 肉製品：

在香腸、日式火腿等肉製造配方中加入含 Monacolin K 的米麴，則紅麴的蛋白分解酵素可使肉質軟化並可提供芬芳甘甜的風味，又兼具保健功效，因此很受消費者歡迎。

5. 麵食：

在麵食或烘焙食品的配方中添加少量紅麴粉可提供紅麴的色香味，並有保健功效。例如在麵條或麵包的原料配方中添加 2.5-3.0% 的紅麴粉，可改善外觀、香味並大幅提高麵包的附加價值。

6. 低膽固醇雞蛋及雞肉之生產：

美國、加拿大及日本的畜產研究人員均層曾試在雞飼料中添加 Monacolin K 來生產膽固醇含量較低的雞蛋。以美國普渡大學之研究為例，進食飼料中添加 0.25% Monacolin K 的母雞，其所生之雞蛋中每個平均含有 168mg 的膽固醇含量，與一般每個雞蛋為 200 mg 的含量相比，約下降了 15% 左右。另有報導指出餵食含 Monacolin K 飼料的肉雞，其肉中所含之膽固醇含量也可下降 20%。

六. 結論

紅麴菌是我國先民的偉大發現，但是在我國，紅麴的優點並沒有隨著歷史的腳步而更發揚光大。近年來生物科技的進步日新月異，生物產業更被預期為二十一世紀的明星產業，隨紅麴菌是非常有才藝的菌種，能夠產生各式各樣的有用代謝產物，更是傳統被使用，安全性較無慮之菌種，如能將現代生物技術運用於紅麴菌的研究與開發應有相當遠景。

日本將紅麴應用在各類食品上，當成添加物使用，使食品增加了保健的功效並延伸了紅麴的用途。國內較具規模生產的僅有紅露酒，其他的紅麴食品大多為傳統食品或是食品中少量添加，流通性並不廣，當紅麴的機能性廣為消費者認知後，市場很有發展空間。

紅麴代謝產物生理活性之功能驗證，紅麴降血糖、降血壓、降膽固醇，乃至抗癌等特性，應有明確科學證據包括動物試驗、臨床試驗等數據，避免人云亦云。

七. 參考資料

1. 蘇遠志。2000。國外健康食品市場發展動向。保健食品之功效評估與管理研討會台北。
2. 劉永華、許文生、方邵琥、夏云悌。1996。紅麴研究的現狀與發展。食品發展工業 23(5):69-72.
3. 陳彥霖、李昭蓉、陳建州、袁國芳。1998。紅麴菌種的研究開發與應用。食品工業 30(7):1-10.
4. 韓建文。1999。原生保健菌及紅麴菌相關食品技術分析與市場調查。食品工業發展研究所。