

有色水稻中花青素的種類及其功能探討¹

施怡如² 鄭統隆³ 曾東海³ 王強生^{4,5}

摘 要

施怡如、鄭統隆、曾東海、王強生。2004。有色水稻中花青素的種類及其功能探討。中華農業研究 53:221-228。

在水稻豐富的種原中包含許多種具有顏色的穀粒，稱為有色米。有色米的色素主要分佈於穎果皮或是種皮，其色素主要是由花青素所構成。花青素是植物所特有的多酚類化合物，也是類黃酮代謝路徑所衍生的化合物，植物主要的花青素有紫紅色的矢車菊素、橘紅色的天竺葵素及藍紫色的飛燕草素等三種，均為抗氧化物，可抑制脂質過氧化，並具有清除自由基的能力。水稻植株各部位均會累積花青素，而以有色米之穎果皮含量最高。利用 HPLC 分析結果顯示，大部分紫黑色穎果皮品種主要含有 cyanidin-3-glucoside 及 peonidin-3-glucoside 二種花青素；褐色穎果皮的色素是一種聚合的類黃酮稱為原花青素。有色米的動物試驗發現，含有花青素的米糠層可抑制老鼠及兔子粥狀動脈硬化症，主要是藉由改善類固醇的累積和減少氧化逆境及發炎所致。有色米似乎具有保健的功能，如能進一步研究，應可提高水稻的利用價值。

關鍵詞：水稻、有色米、花青素、原花青素、抗氧化活性。

前 言

活化氧族 (active oxygen species) 或自由基 (free radicals) 的過量產生，如氫氧自由基 (hydroxy radical)、超氧自由基 (superoxide radical) 會引起細胞的傷害，這種傷害會致癌、引起突變、細胞老化及造成動脈硬化等 (Tsuda *et al.* 1996)。生活中有太多外來因子，如紫外線、電磁波、煙酒、藥物、生氣、壓力、熬夜、高脂肪、低纖維不良飲食、不規則生活習慣、空氣及環境污染等，會使體內產生自由基。人體為了預防或降低自由基的氧化傷害，會自己產生一套抗氧化反應的系統，以防止細胞受到自由基的攻擊，所以人體的老化速度是根據體內自由基清除的能力大小決定。當人體內的抗氧化系統無法對抗自由基快速的生成時，就必須依賴自然界的抗氧化物質來減少體內自由基的負荷。在自然界中有一些酵素可以抵抗活化氧族，例如 superoxide dismutase (SOD)、peroxidase (POD) 及 catalase (CAT)；也有一些非酵素的抗氧化物，例如 α -tocopherol、抗壞血酸、 β -胡蘿蔔素及類黃酮 (flavonoids) (包括花青素、flavones、isoflavones、catechin、epicatechin) (Takeoka *et al.* 1997; Tsuda *et al.* 1994b)，所以食物中若含有抗氧化物就可直接被吸收，以降低人體內自由基的氧化傷害 (Tsuda *et al.* 1996)。

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2207 號。接受日期：93 年 12 月 2 日。
2. 本所農藝組計畫助理。臺灣 臺中縣 霧峰鄉。
3. 本所農藝組助理研究員。臺灣 臺中縣 霧峰鄉。
4. 本所農藝組研究員。臺灣 臺中縣 霧峰鄉。
5. 通訊作者，電子郵件：cswang@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23302806。

Tsuda *et al.* (1994a) 以菜豆為材料，比較不同顏色種皮萃取液抗氧化能力的高低，結果發現白色種皮萃取液不具有抗氧化能力，而紅色及黑色種皮萃取液具有很強的抗氧化能力，由此可知種皮為紅色或黑色的品種其種子抗氧化能力較高，而其有色種皮之色素主要由花青素所提供。

水稻是亞洲地區主要的糧食作物，在種原庫中亦含有許多顏色的穀粒，稱有色米 (colored rice)。有色米的色素主要分佈於穎果皮 (pericarp) 或是種皮 (seed coat) (Juliano & Bechtel 1985)，顏色是由花青素構成 (Chung & Woo 2001)，米粒具有顏色是否也可能含有由花青素所貢獻之較高抗氧化能力？本文主要探討有色米中花青素的種類、含量及其可能的功能，提供稻米食用之參考。

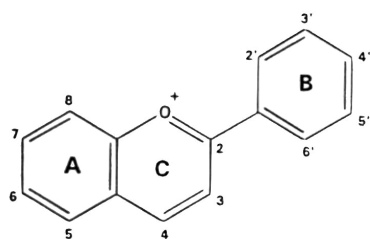
花青素的種類

花青素在植物界中是很大一群的水溶性色素，主要累積在植物細胞的液泡，可表現於葉片、花瓣、種子和果實中，存在植物組織的顏色有紅色、紫色及藍色等，可應用於食品工業的天然著色劑 (Takeoka *et al.* 1997)。花青素是植物特有的多酚類化合物，也是類黃酮代謝所衍生的化合物，其中合成主要花青素的代謝路徑稱為花青素生合成路徑，而花青素合成路徑的中間產物也可以防禦病原菌的侵害及一些環境逆境所造成的傷害 (Padmavati *et al.* 1997; Sarma *et al.* 1997)。

花青素的結構會因攜帶羥基的多少、甲基化的程度及糖基數目、種類、連接位置不同而反應出不同的顏色 (邱 & 范 1998)。主要的花青素有紫紅色的矢車菊素 (cyanidin)、橘紅色的天竺葵素 (pelargonidin)、藍紫色的飛燕草素 (delphinidin)，此三種花青素廣泛地分佈在自然界中，而紅色的芍藥素 (peonidin) 是由矢車菊素甲基化取代而來，紫色的矮牽牛素 (petunidin) 及深紫色的錦葵素 (malvidin) 均由飛燕草素不同程度的甲基化衍生而來 (Fig. 1)。

水稻中花青素的種類

Reddy *et al.* (1995) 分析具紫色植株的水稻品種 Purpleputtu，以了解不同部位花青素含量的多寡。Purpleputtu 植株各部位的顏色分別為劍葉 (紫色)、葉鞘 (紫色)、葉環 (紫色)、葉耳 (紫色)、節間 (紫色)、葉舌 (紫紅色)、葉尖 (紅色)、稻殼 (紫色) 及穎果皮 (紫黑色)，經分析後發現水稻植株紫色或紅色的組織中均含有花青素，其中主要的成分為 cyanidin，次要為 peonidin。而花青素含量最多的部位是穎果皮，cyanidin 及 peonidin 的含量分別為 401 及 292.9 nmoles/mg FW，而後依序為稻殼、葉尖、葉舌、劍葉、節間、葉耳、葉鞘，含量最少為葉環 (cyanidin 及 peonidin 的含量分別為 121.3 及 1.2 nmoles/mg FW)；其中穎果皮 cyanidin 及 peonidin 的含量比其他大部分的組織約多 5 倍。



Substitution Patterns						
Aglycone	3	5	7	3'	4'	5'
Delphinidin	OH	OH	OH	OH	OH	OH
Cyanidin	OH	OH	OH	OH	OH	H
Pelargonidin	OH	OH	OH	H	OH	H
Malvidin	OH	OH	OH	OCH ₃	OH	OCH ₃
Peonidin	OH	OH	OH	OCH ₃	OH	H
Petunidin	OH	OH	OH	OCH ₃	OH	OH

Fig. 1. General structure of anthocyanidins and substitution patterns of some common compounds. (Wang *et al.* 1997)

學者進一步利用 HPLC 測定不同顏色穎果皮的水稻品種，以了解不同顏色穎果皮的花青素種類。分析品種包括紫黑色穎果皮 (Ryu *et al.* 1998; Reddy *et al.* 1995)、褐色穎果皮 (Reddy *et al.* 1995) 及白色穎果皮 (Ryu *et al.* 1998; Reddy *et al.* 1995) 三種。萃取過程方面, Ryu *et al.* (1998) 利用乙醇 (95% 乙醇中含有 0.5% trifluoroacetic acid) 萃取紫黑色及白色穎果皮的穀粒, 並以 Sephadex LH-20 column 純化萃取液, 而 Reddy *et al.* (1995) 利用 1% 的酸化甲醇萃取紫黑色及白色穎果皮, 褐色穎果皮則利用 90% 的甲醇萃取。分析結果發現褐色及白色穎果皮的水稻品種, 並未測到任何的花青素, 但大部分紫黑色穎果皮的品種含有 cyanidin-3-glucoside 及 peonidin-3-glucoside 二種花青素, 且以 cyanidin-3-glucoside 為主要成分, peonidin-3-glucoside 的含量較少, 且顏色愈深的穎果皮含有較多的花青素。褐色穎果皮雖然沒有測到花青素, 但將萃取液經酸化水解後利用分光光度計及 TLC 分析發現含有 cyanidin 及 peonidin。Reddy *et al.* (1995) 推論可能是花青素合成的過程中花青素合成酶 (anthocyanidin synthase) 的氧化活性受到阻礙, 因此 leucocyanidin 無法轉變成 cyanidin, 所以褐色穎果皮的色素是由原花青素 (proanthocyanidin) 所構成。原花青素是由 flavan-3-ols (catechins) 及 leucoanthocyanidin 所聚合而成的類黃酮, 具有比維生素 E 高 50 倍、比維生素 C 高 20 倍的抗氧化能力, 而且還可抵抗自由基對人體細胞的破壞, 降低 LDL (低密度膽固醇) 及減少心血管疾病 (Tsuda *et al.* 1996)。除了水稻的褐色穎果皮含有原花青素外, 在蠶豆 (*Vicia faba*)、菜豆 (*Phaseolus vulgaris*)、百脈根 (*Lotus corniculatus*) 的植物組織, 大豆及大麥 (*Hordeum vulgare*) 的種皮, 高粱的葉片及種皮均含有原花青素的成分 (Haskins & Gorz 1986; Sakar & Howarth 1976; Todd & Vodkin 1993)。

此外, 蔡&陳 (1996) 將購自超市的黑糯米浸泡於含有 1% HCl 的甲醇中, 利用 Bio-Gel P-2 管柱純化花青素, 再以 FAB-mass、¹H-NMR、水解產物分析及紫外光-可見光光譜鑑定其結構, 結果發現黑糯米中的色素也是由 cyanidin-3- β -O-glucoside 及 peonidin-3- β -O-glucoside 所構成。

綜合蔡&陳 (1996)、Reddy *et al.* (1995) 及 Ryu *et al.* (1998) 等的研究結果得知, 紫黑色米粒穎果皮的色素是以 cyanidin-3-glucoside 及 peonidin-3-glucoside 為主, 褐色穎果皮的色素則是由原花青素所構成 (Fig. 2)。

花青素的功能

有色米中所測到的 cyanidin-3-glucoside 具有許多的生理功能, 也是一種很重要的飲食抗氧化劑。Nishiyama *et al.* (1993) 指出, 暴露在 UVB 的照射下, 不飽和脂肪酸會轉變成脂質自由基 (lipid radicals), 然後造成脂質過氧化, α -tocopherol 是一種較弱的抑制劑, 在 UVB 照射下 α -tocopherol 會快速分解, 變成不活化, 雖花青素也會分解, 但由 UVB 照射得到的反應產物仍可持續的抑制脂質過氧化情形。Tsuda *et al.* (1994a) 從紅色及黑色的菜豆中分離花青素, 在亞麻油酸氧化及 pH 值 7.0 的狀況下測試花青素的抗氧化活性, 結果發現 pelargonidin-3-O- β -D-glucoside (P3G) 及 delphinidin-3-O- β -D-glucoside (D3G) 並沒有抗氧化能力, 但 cyanidin-3-O- β -D-glucoside (C3G) 卻有很高的抗氧化活性。一般而言, 花青素在酸化的情況下較穩定, Igarashi *et al.* (1989) 指出 malvidin 3,5-diglucoside 在酸化的情況下具有較高的抗氧化活性, 因此學者將 pH 7.0 降至 3-5 時發現 P3G 及 D3G 的抗氧化活性和 α -tocopherol 相似, 因此學者推論 C3G 的抗氧化機制可能和 P3G 及 D3G 不同。

Tsuda *et al.* (1994b) 在亞麻油酸 (linoleic acid) 自然氧化的狀態下添加抗氧化物 (cyanidin-3-O- β -D-glucoside、cyanidin 及 α -tocopherol), 發現三種抗氧化物均可抑制脂質過氧化的情形, 其中以 cyanidin 的抗氧化能力最好; 此外學者也在脂質體中添加 2,2'-azobis (2-amidinopropane) hydrochloride (AAPH, 自由基誘發劑) 造成脂質過氧化, 三種抗氧化物中也是以 cyanidin 抑制丙二醛 (malondialdehyde, MDA) 形成的效果最好, 由此可知花青素的抗氧化能力較 α -tocopherol 高。

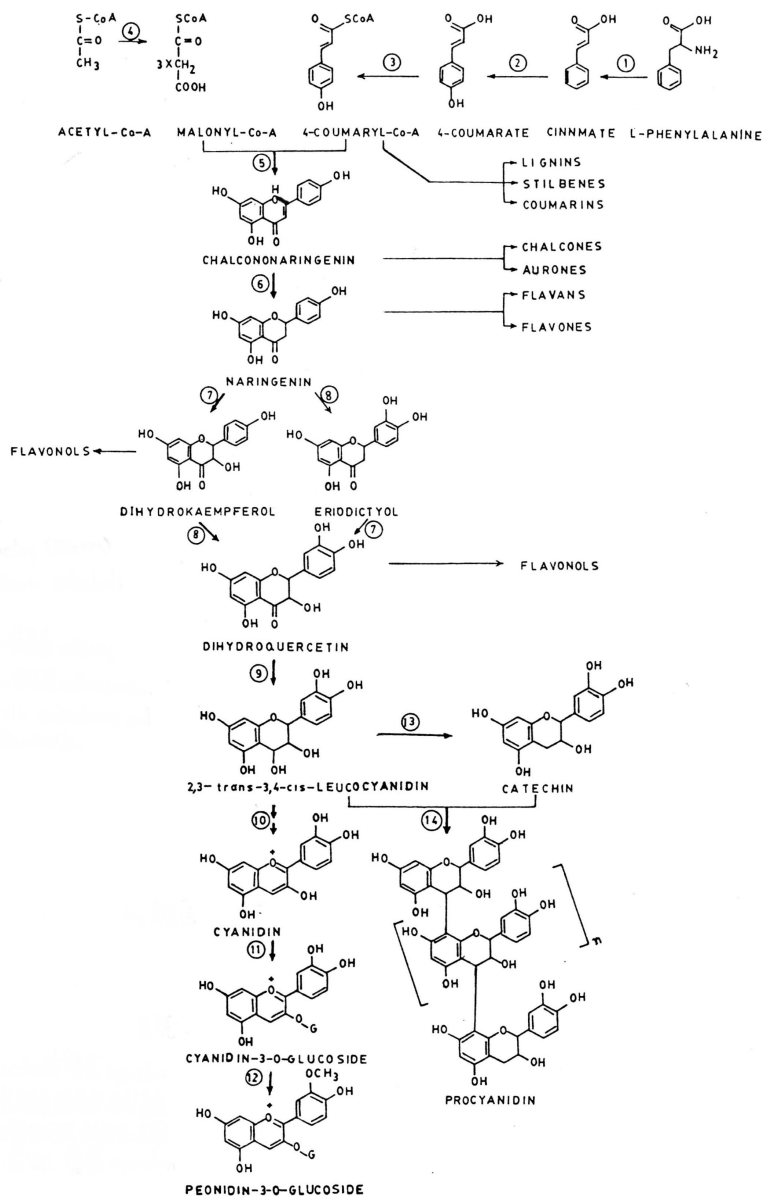


Fig. 2. Generalised anthocyanin biosynthetic pathway. The numbers refer to probable enzymes involved in the pathway. 1.phenylalanine ammonia lyase, 2.cinnamate-4-hydroxylase, 3. 4-coumarate:CoA ligase, 4.acetyl-CoA-carboxylase, 5.chalcone synthase, 6.chalcone isomerase,7.flavonone-3-hydroxylase,8.flavonoid-3-hydroxylase,9.dihydroquercetin reductase,10.anthocyanidin synthase, 11.flavonoid-3-O-glycosyltransferase, 12.S-adenosyl-L-methionine:anthocyanin-3'-O-methyl transferase, 13.leucoanthocyanidin reductase and 14.Condensing enzyme and / or chain-polymerising enzyme. The structural and functional characterization of enzymes 12, 13 and 14 are yet to be established.

(Reddy *et al.* 1995)

Wang *et al.* (1997) 測定五種糖苷配基 (cyanidin、pelargonidin、delphinidin、malvidin 及 peonidin) 的自由基吸收能力值 (oxygen radical absorbing capacity, ORAC), 結果發現這些化合物的結構式和抗氧化能力有關。將五種糖苷配基的 ORAC 值和結構式比較, OH 基的位置和甲基化的程度會影響花青素對抗過氧自由基 (peroxyl radicals) 的能力。在這五種糖苷配基結構中, A 及 C 環具有相同的 OH 基, B 環上只有一個 OH 基的花青素包括 pelargonidin、malvidin 及 peonidin, 從 ORAC 值來看, 這三種花青素的自由基吸收能力較低。Cyanidin 在 B 環的 3'、4' 端均具有 OH 基, ORAC 值較高; delphinidin 在 B 環的 3'、4' 端也具有 OH 基, 但它的 ORAC 值較 cyanidin 低。一般而言, 類黃酮的氫氧根數目愈多, 抗氧化能力愈高 (Cao *et al.* 1997), 但並不表示所有的類黃酮都如此, 例如 pelargonidin、cyanidin 及 delphinidin 分別有 4、5 及 6 個 OH 基, 但它們的 ORAC 值卻分別為 1.54、2.24 及 1.81, cyanidin 及 delphinidin 在 B 環的 3'、4' 端均具有 OH 基, 但 delphinidin 在 5' 端也含有 OH 基, 學者認為這可能是造成 delphinidin 的 ORAC 值較低的原因。而花青素接上不同的糖基可能也會有不同的抗氧化能力, 以 cyanidin 為例, C 環的 3' 端如果接上 glucose 或 rhamnoglucoside 可以增加 ORAC 的能力, 抗氧化活性依序為 cyanidin-3-glucoside > cyanidin-3-rhamnoglucoside > cyanidin > cyanidin-3-galactoside (Wang *et al.* 1997)。

Tsuda *et al.* (1996) 在老鼠肝臟的微粒體中添加金屬螯合劑, 造成脂質過氧化產生 MDA, 發現再添加三種花青素 (D3G、P3G 及 C3G) 後可抑制 MDA 的形成, 其中以 D3G 的效果最好, 學者認為花青素的抗氧化活性和 B 環上的 OH 基數目有關, 因為 D3G 在 B 環上有三個 OH 基, 所以抗氧化活性較高。而在清除超氧自由基的能力方面是以 D3G 的效果最好, 可能是因為 D3G 的 B 環上有三個 OH 基, 因此為三種花青素中最強的抑制劑; C3G 清除自由基的能力也很強, 但效果並沒有 D3G 好。Tsuda *et al.* (1996) 的試驗結果和 Tsuda *et al.* (1994b) 及 Wang *et al.* (1997) 並不相同, 可能是花青素對於不同的胞器及自由基具有不同程度的抗氧化能力。

Hu *et al.* (2003) 發現黑米中的花青素可以預防 DNA 受到氫氧自由基攻擊而產生缺口, 也可保護超螺旋 DNA 避免受到過氧自由基的破壞而斷裂。此外學者將老鼠的巨噬細胞 RAW264.7 和細菌的 lipopolysaccharide (LPS) 與 cyanidin-3-glucoside 及 peonidin-3-glucoside 共培養, 觀察不同濃度花青素抑制 NO 生成的能力, 結果發現 100 μ M cyanidin-3-glucoside 抑制 NO 生成的能力為 73%, 而 peonidin-3-glucoside 為 35%, 由此可知 cyanidin-3-glucoside 的效果較佳, 因此花青素的抗氧化能力不但可以預防 DNA 受到破壞, 也可阻止活化的巨噬細胞產生 NO 及植物毒素, 因此黑米對於健康可能是有益的。

在有色米之動物試驗中發現, 紅米及黑米的米糠層均可抑制兔子粥狀動脈硬化症 (atherosclerotic plaque), 主要是由於米糠層提供了抗氧化的功能 (Ling *et al.* 2002)。Xia *et al.* (2003) 發現黑米可抑制老鼠粥狀動脈硬化症, 其主要是改善類固醇的累積和減少氧化逆境及發炎。由以上結果可知, 有色米所含的成分的確可以有有效的抵抗一些逆境所造成的氧化傷害。

結 論

水稻是亞洲地區主要的糧食作物, 其稻米產量佔世界總產量的 90% 以上。水稻去除稻殼後為糙米, 糙米除了胚、米糠層外, 大部分為胚乳。米糠層是指穎果皮、種皮及糊粉層, 為粗纖維組成, 水份不易浸透, 因此糙米飯較硬且粘性低, 不易受消費者的喜愛, 故碾去部分米糠層得胚芽米, 再去胚芽及全部米糠層, 得精白米, 即為一般大眾所食用的白米。米糠內含有 tocotrienol 具有抑制動脈粥狀硬化症、抗氧化及抗發炎等功能 (Qureshi *et al.* 2001); 米糠之水抽出物可降低人體血糖過多症

(hyperglycemia)，米糠纖維可降低人體脂肪過多症 (hyperlipidemia) (Qureshi *et al.* 2002)，因此糙米具有較高的營養價值。而有色米 (黑紫、紫、紅、褐及橘色等的穎果皮) 中還含有可清除自由基的抗氧化物質 (如 cyanidin、peonidin 及 proanthocyanidin 等)。此外，Chung & Woo (2001) 尚發現有色米 (*Oryza sativa* cv. *Heugjinmi*) 中含有另一種具有抗氧化活性的生物鹼 (4-carbomethoxy-6-hydroxy-2-quinolone)。因此有色米具有較高的營養價值，所以未來若能改善有色米穎果皮的構造，提高有色米的口感，不但可增進人體健康，更能提高水稻的利用價值。

引用文獻

- 蔡正宗、陳叔風。1996。黑糯米中兩種主要花素苷之結構鑑定。食品科學 23(3):444-452。
- 邱輝龍、范明仁。1998。花青素與花色之表現。中國園藝 44(2):102-115。
- Cao, G., E. Sofic, and R. L. Prior. 1997. Antioxidant and prooxidant behavior of flavonoids : Structure-activity relationships. *Free Radical Biol. Med.* 22:749-760.
- Chung, H. S. and W. S. Woo. 2001. A quinolone alkaloid with antioxidant activity from the aleurone layer of anthocyanin pigmented rice. *J. Nat. Prod.* 64:1579-1580.
- Haskins, F. A. and H. J. Gorz. 1986. Inheritance of leucoanthocyanidin content in sorghum leaves. *Crop Sci.* 26:286-292.
- Hu, C., J. Zawistowski, W. Ling, and D. D. Kitts. 2003. Black rice (*Oryza sativa* L. *indica*) pigment fraction suppresses both reactive oxygen species and nitric oxide in chemical and biological model systems. *J. Agric. Food Chem.* 51:5271-5277.
- Igarashi, K., K. Takanashi, M. Makino, and T. Yasui. 1989. Antioxidative activity of major anthocyanin isolated from wild grapes. *Jpn. J. Food Sci. Technol.* 36:852-856.
- Juliano, B. O. and D. B. Bechtel. 1985. The rice grain and its gross composition. p.17-19. *in* : Rice Chemistry and Technology. (Juliano, B. O. eds.) The American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA.
- Ling, W. H., L. L. Wang, and J. Ma. 2002. Supplementation of the black rice outer layer fraction to rabbits decreases atherosclerotic plaque formation and increases. *J. Nutr.* 132:20-26.
- Nishiyama, T., Y. Hagiwara, H. Hagiwara, and T. Shibamoto. 1993. Inhibition of malondialdehyde formation from lipids by an isoflavonoid isolated from young green barley leaves. *J. Am. Oli Chem. Soc.* 70:811-813.
- Padmavati, M, N. Sakthivel, K. V. Tahara, and A. R. Reddy. 1997. Differential sensitivity of rice pathogens to growth inhibition by flavonoids. *Phytochemistry* 46:499-502.
- Qureshi, A. A., W. A. Salser, R. Parmar, and E. E. Emeson. 2001. Novel tocotrienols of rice bran inhibit atherosclerotic lesions in C57BL/6 ApoE-deficient mice. *J. Nutr.* 131:2606-2618.
- Qureshi, A. A., S. A. Sami, and F. A. Khan. 2002. Effects of stabilized rice bran, its soluble and fiber fractions on blood glucose levels and serum lipid parameters in humans with diabetes mellitus types I and II. *J. Nutr. Biochem.* 13:175-187.
- Reddy, V. S., S. Dash, and A. R. Reddy. 1995. Anthocyanin pathway in rice (*Oryza Sativa* L.) : identification of a mutant showing dominant inhibition of anthocyanins in leaf and accumulation

- of proanthocyanidins in pericarp. *Thero. Appl. Genet.* 91:301-312.
- Ryu, S. N., S. Z. Park, and C. T. Ho. 1998. High performance liquid chromatographic determination of anthocyanin pigments in some varieties of black rice. *J. Food Drug Anal.* 6:729-736.
- Sakar, S. K. and R. E. Howarth. 1976. Specificity of the vanillin test for flavonols. *J. Agric. Food Chem.* 24:317-320.
- Sarma, A. D., Y. Sreelakshmi, and R. Sharma. 1997. Antioxidant ability of anthocyanins against ascorbic acid oxidation. *Phytochemistry* 45:671-674.
- Takeoka, G. R., L. T. Dao, G. H. Full, R. Y. Wong, L. A. Harden, R. H. Edwards, and J. D. J. Berrios. 1997. Characterization of black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) anthocyanins. *J. Agric. Food Chem.* 45:3395-3400.
- Todd, J. J. and L. O. Vodkin. 1993. Pigmented soybean (*Glycine max*) seed coats accumulate proanthocyanidins during development. *Plant Physiol.* 102:663-670.
- Tsuda, T., K. Ohshima, S. Kawakishi, and T. Osawa. 1994a. Antioxidative pigments isolated from the seeds of *Phaseolus vulgaris* L. *J. Agric. Food Chem.* 42:248-251.
- Tsuda, T., M. Watanabe, K. Ohshima, S. Norinobu, S. W. Choi, S. Kawakishi, and T. Osawa. 1994b. Antioxidative activity of the anthocyanin pigments cyanidin-3-O- β -D-glucoside and cyanidin. *J. Agric. Food Chem.* 42:2407-2410.
- Tsuda, T., K. Shiga, K. Ohshima, S. Kawadishi, and T. Osawa. 1996. Inhibition of lipid peroxidation and the active oxygen radical scavenging effect of anthocyanin pigments isolated from *Phaseolus vulgaris* L. *Biochem. Pharmacol.* 52:1033-1039.
- Wang, H., G. Cao, and R. L. Prior. 1997. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. *J. Agric. Food Chem.* 45:304-309.
- Xia, M., W. H. Ling, J. Ma, D. D. Kitts, and J. Zawistowski. 2003. Supplementation of diets with the black rice pigment fraction attenuates atherosclerotic plaque formation in apolipoprotein E deficient mice. *J. Nutr.* 133:744-751.

The Composition and Function of Anthocyanins in Colored Rice¹

Yi-Ju Shih², Toong-Long Jeng³, Tong-Hai Tseng³ and
Chang-Sheng Wang^{4,5}

Summary

Shih Y. J., T. L. Jeng, T. H. Tseng, and C. S. Wang. 2004. The composition and function of anthocyanins in colored rice. *J. Agric. Res. China* 53:221-228.

Colored rice has the characteristic of coloration in the pericarp of rice grains. There are many colored rice in rice germplasm. The pigments of colored rice are mainly located at the pericarp or seed coats of rice grain and are anthocyanin pigments. Anthocyanins are plant unique phenolic compounds derived from flavonoid biosynthetic pathway. The red cyanidins, orange pelargonidin, and purple-blue delphinidin are three major anthocyanins, which are reported to have anti-oxidative activity on lipid and scavenge activity on removing free radical. Therefore, they are considered to be good for human health. The results of HPLC analyses showed that the cyanidin-3-glucoside and peonidin-3-glucoside are two major anthocyanins in the pericarp of black rice, however, the brown rice pericarp contains proanthocyanins as the major pigments. The results of animal tests using pigments from bran layer of colored rice demonstrated that the anthocyanins can relief the atherosclerotic plaque disease of mouse and rabbit through decreasing the cholesterol accumulation, oxidative stress and inflammation. It seems that colored rice can be used as health food. Further study on the utilization value of rice grain on human health is likely to be highly rewarding.

Key words: Rice, Colored rice, Anthocyanins, Proanthocyanidin, Anti-oxidative activity.

-
1. Contribution No.2207 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: December 2, 2004.
 2. Research Assistant, Agronomy Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
 3. Assistant agronomist, Agronomy Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
 4. Senior Agronomist, Agronomy Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
 5. Corresponding author, e-mail: cswang@wufeng.tari.gov.tw ; Fax: (04)23302806.