

MC-Transaction on Biotechnology, 2012, Vol. 4, No. 1, e7

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/2.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 文獻回顧： 高粱之機能性成分及抗氧化特性

高啟芸、梁致遠、鄭建瑋\*

銘傳大學 健康科技學院 生物科技學系(中華民國 台灣 桃園)

### 中文摘要

高粱是在世界上的主要穀物產品之一。高粱穀物組成中含有對人體有益的多酚類化合物，如酚酸，黃酮類化合物和縮合單寧等。大多數的酚類化合物存在於果皮和麩皮。本文綜述了高粱穀類中酚酸，單寧，花青素，植物固醇和長鏈脂肪醇的功能以及其抗氧化的能力。高粱酒生產後的的穀物廢棄物，其抽出物可能含有益的成分及功能。

關鍵字：多酚類、酚酸、單寧、花青素、抗氧化

通訊作者：鄭建瑋[[ochien@gmail.com](mailto:ochien@gmail.com)]

收稿：2012-12-21 接受：2012-12-27

### 一、前言

高粱(*Sorghum bicolor* (L.) Moench)，為世界上第五大穀類作物，僅次於小麥、米、玉米以及大麥。由於其耐乾旱特性，主要生長於較乾旱地區，如：非洲、印度及美國等，且在非洲及印度地區的傳統食物中也使用高粱做為原料，如：燕麥片、釀造食品、米飯替代品、烘焙食品、酒精及非酒精性飲料等。

高粱穀粒中皆含有許多有益人體健康的酚類化合物(phenolic compounds)，主要可分成三大類：酚酸(phenolic acids)、黃酮類化合物(flavonoids)及縮合單寧(condensed tannins)<sub>[2,3]</sub>。相較於玉米，高粱穀粒中含有少量油脂，且澱粉及蛋白質含量亦多。而高粱核仁中含有約 0.3% 蠟質(waxes)，其中含有許多有益物質，包括植物固醇(phytosterol)及甘蔗原素(policosanols)。此外，部分品種高粱明顯含有較高量的縮合單寧及其他酚類化合物<sub>[1]</sub>。

高粱穀粒之結構與玉米類似，可分為糠(bran)及核仁(kernel)兩部分，其中核仁的

組成主要分成三部分：表皮(pericarp)、外種皮(testa)及胚乳(endosperm)<sup>[3]</sup>。研究指出，高粱麩皮中花青素含量是整顆穀粒之三至四倍，且其抗氧化活性(52~400  $\mu\text{mol TE/g}$ )高於其他穀物(<0.1~34  $\mu\text{mol TE/g}$ )<sup>[3]</sup>。這些酚類化合物主要存在於高粱穀粒表皮或麩皮中<sup>[3, 4]</sup>。而高粱的基因型及生長環境皆會影響這些酚類化合物的含量<sup>[5]</sup>。高粱穀粒具有各種顏色與不同厚度的表皮，而表皮顏色較深(紫黑或紅色)及較厚的高粱，其酚類化合物含量較高(Table 1)<sup>[5]</sup>，因此，其為酚類化合物良好來源。又高粱具有良好清除自由基的結構特徵，使其成為良好的天然抗氧化劑<sup>[3]</sup>。

Table 1 不同品種之高粱與其他穀物總酚類化合物含量

Type of Cereal	Total phenol content (mg GAE/g <sup>ab</sup> )		Reference
	Grain	Bran	
White sorghum (tannin-free)	0.8	4.8	[7]
Red (Tx 2911) (tannin-free)	4.8	19.5	[8]
Black (Tx 430) (tannin-free)	5.6	26.1	[8]
Tannin sorghum (Sumac)	22.5	88.5	[7]
Pearl millet (standard)	3.4	N/D	[9]
Rye	1.0	N/D	[10]
Barley	0.9	N/D	[10]
Hard wheat	0.6	N/D	[10]

<sup>a</sup> mg Gallic Acid Equivalent (GAE)/g (Folin-Ciocalteu method)

<sup>b</sup> N/D— not determined

## 二、高粱之機能性成分

### 1. 酚酸 (Phenolic acids)

高粱中的酚酸主要為苯酸(benzoic acids)及肉桂酸(cinnamic acids)之衍生物。整體而言，高粱穀粒與其他穀物相比具有較高的酚酸含量<sup>[3]</sup>，其位於表皮或麩皮、外種皮、糊粉層(aleurone layer)以及胚乳，其中又以麩皮含量較高。而高粱中的酚酸具有兩種形式：游離態free forms及結合態bond forms，free forms酚酸大多集中於表皮或麩皮中，而bond forms酚酸大多集中於胚乳，為高粱中酚酸主要形式，其中以阿魏酸(ferulic acid)含量最高<sup>[4]</sup>，並與抗氧化活性具有高度相關性。根據研究指出，帶有色素外種皮(含有單寧)高粱之酚酸含量比不帶有色素外種皮高粱來得多<sup>[3]</sup>。這些酚酸具有良好抗氧化活性，因此攝取此類物質可促進人體健康。

## 2. 單寧 (Taninns)

單寧歸類為水溶性酚類化合物，其可分成兩大類：可水解單寧(hydrolysable tannins)及縮合單寧(condensed tannins)。單寧高粱中所含的縮合單寧通常又稱 procyanidin，為有色素種皮之高粱中主要的酚類化合物，大部分集中於高粱表皮及外種皮中<sup>[2]</sup>。根據研究指出，高粱具有黑色或深紅色且較厚表皮以及有色素種皮，其抗氧化活性會增加(Table 2)<sup>[5,9]</sup>，此為單寧存在之故<sup>[7]</sup>。

Table 2 各種高粱穀粒及麩皮之抗氧化活性及酚類含量[11]

Sorghum		ORAC <sup>a</sup>	ABTS <sup>b</sup>	DPPH <sup>c</sup>	Phenol <sup>d</sup>
White sorghum	grain	22	6	6	0.8
	bran	64	28	21	4.8
Red sorghum	grain	140	53	28	6.6
	bran	710	230	71	19.9
Black sorghum	grain	220	57	41	6.4
	bran	1000	250	184	26.0
Sumac sorghum	grain	870	226	202	19.8
	bran	3100	268	716	66.3

<sup>a</sup> Oxygen radical absorbance capacity

<sup>b</sup> 2,2'-Azinobis (3-ethyl-benzothiaziline-6-sulfonic acid)

<sup>c</sup> 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl

<sup>d</sup> mg Gallic Acid Equivalent (GAE)/g (Folin-Ciocalteu method)

## 3. 花青素 (Anthocyanins)

高粱穀粒中之黃酮類物質主要為花青素(anthocyanins)。常見的花青素有六種：cyanidin、delphinidin、malvidin、pelargonidin、petunidin 及 peonidin。高粱中花青素與一般常見的花青素不同在於其苯環的第三號碳上不含有氫氧基(-OH)，因此稱為 3-deoxyanthocyanins<sup>[4]</sup>。3-deoxyanthocyanins 是由 Luteolinidin 及 apigeninidin 所組成，為高粱中最常見的花青素。根據 Awika 等人的研究指出，黑高粱中花青素含量明顯高於其他種類的高粱，且其主要存在於高粱麩皮中；黑高粱麩皮花青素含量為整顆穀粒的 3~4 倍，且為紅高粱及褐高粱麩皮的兩倍以上。高粱花青素的抗氧化活性與水果及蔬菜中的花青素類似，因此其可能提供相似的健康效益<sup>[11]</sup>。

## 4. 植物固醇 (Phytosterols)

植物固醇(-plant sterols)，簡稱植醇，為一種結構上類似膽固醇的化合物，存在於

天然植物性食物中，為組成植物細胞膜的成分。穀類麩皮中含有高量的植物固醇，包括米及玉米，這些植物固醇通常以游離形式存在，作為脂肪酸(fatty acids)及肉桂酸(cinnamic acids)之酯基(esters)。高粱為植物固醇良好的來源，包括：sitosterol、campesterol、stigmasterol 及其酯化形式<sup>[3]</sup>。由於植物固醇分子相較於膽固醇分子不易被人體小腸吸收，又其結構與膽固醇相似，當兩者同時存在於小腸時會干擾膽固醇吸收，因此可降低血清中膽固醇含量，以促進人體心血管健康。

## 5. 長鏈脂肪醇 ( Long-chained fatty alcohols )

甘蔗原素，為高分子量脂肪醇(aliphatic alcohols; fatty alcohols)的混合物，目前商業化取得是由甘蔗表皮的蠟質萃取並進一步純化而得<sup>[12]</sup>。甘蔗原素約佔高粱蠟質的 19-46%，而高粱蠟質含量較一般穀物多，約佔整顆穀粒的 0.2-0.3%，即為每 100 g 高粱中約含有 38-92 mg 甘蔗原素<sup>[11]</sup>。甘蔗原素為高粱蠟質中的長鏈脂質，屬於長鏈烷醇類(long-chained alcohols)，其中以 octacosanol (C28)及 triacontanol (C30)含量最多。長鏈烷醇類可快速地氧化成長鏈脂肪酸<sup>[13]</sup>，此在膽固醇代謝中具有很大的影響<sup>[14]</sup>。

甘蔗原素降低膽固醇的效力可媲美 statins (昂貴且具有潛在傷害性的藥物 )<sup>[15]</sup>。根據研究指出，每天攝取 10 mg 甘蔗原素比每天攝取 20 mg statins 更能有效降低低密度脂蛋白膽固醇(LDL cholesterol)濃度以及增加高密度脂蛋白膽固醇(HDL cholesterol)濃度，而高劑量甘蔗原素並不會產生毒性。此外，甘蔗原素對於脂質過氧化、血小板凝集以及平滑肌細胞增生亦有正面效益<sup>[12, 16, 17]</sup>。

## 三、高粱抗氧化特性

高粱具有色素的外種皮會增加其抗氧化活性，是由於單寧存在之故<sup>[9, 18, 19]</sup>。單寧高粱含有高濃度縮合單寧，其為強而有力的抗氧化劑，這些高粱及其麩皮之抗氧化活性較一般常見具有良好抗氧化活性之水果，如：藍莓及葡萄乾等來得高，是由於酚類化合物集中於高粱表皮或麩皮之故<sup>[7]</sup>。

近來的研究顯示，高粱具有良好抗氧化活性<sup>[20]</sup>且高粱穀粒中多酚類含量與抗氧化活性具有高度相關性<sup>[2]</sup>；Awika 等人<sup>[21]</sup>的研究指出，高粱中總花青素含量與抗氧化活性具有良好相關性( $r^2 = 0.94$ )；Dicko 等人<sup>[9]</sup>的研究指出，高粱中單寧含量與抗氧化活性具有相關性( $r^2 = 0.79$ )；Dykes 等人<sup>[4]</sup>的研究指出，非單寧且具有紅色表皮之高粱中 flavan-4-ol 含量與抗氧化活性具有較高相關性( $r^2 = 0.88$ )。高粱穀粒中含有大量花青素及酚類化合物，與其他穀物相比具有較高之抗氧化活性<sup>[3]</sup>，而高粱去皮產生之高粱麩皮，比整顆穀粒增加 3 至 5 倍以上的酚類物質及抗氧化活性<sup>[7, 21]</sup>。此外，高粱也具有清除 DPPH 自由基的能力<sup>[22, 23, 24]</sup>。

## 四、未來展望

高粱穀物中含有許多植物性化學物質，根據研究可知，這些植物性化學物質可對抗各種自由基，具有良好抗氧化活性，並有益人體健康。整體而言，人們在日常飲食中攝取天然食物較使用醫療性藥物更能有效地促進人體健康，但我們仍須更進一步了解，在日常飲食中須具有何等攝取量才足以使得人們達到保健功效，並且評估此攝取量是否對人體產生副作用。因此，未來可萃取高粱穀物中之各種機能性成分，並可作為膳食原料、食品品質之促進劑或醫療上的應用等。

此外在大型酒廠製作高粱酒的過程中，高粱蒸煮程序會產生大量廢液，目前皆以排放方式處理，但由於其中仍含有高量蛋白質、醣類及其他營養成份，可提供環境微生物生長所需，可能在排放後造成環境危害，因此，這些高粱蒸煮廢液必須經過適當處理過程才能合法排放，然而廢水處理可能造成營運成本增加，故未來可研究將廢液中所含營養成分透過某種方法回收並轉換成有用物質，更可進一步將其開發成為具有保健功效的食品或保養品素材。

## 參考文獻

- [1] Rooney WL: Genetics and cytogenetics. In CW Smith & RA Frederiksen (Eds.). *Sorghum: Origin, history, technology, and production* (pp. 261-307). 2000, New York: John Wiley and Sons.
- [2] Awika JM, Dykes L, Gu L, Rooney LW, Prior RL.: Processing of sorghum (*Sorghum bicolor*) and sorghum products alters procyanidin oligomer and polymer distribution and content. *J Agr Food Chem* 2003, 51:5516-5521.
- [3] Awika JM, Rooney LW: Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. *Phytochem*, 2004, 1199-1221.
- [4] Dykes L, Rooney LW: Sorghum and millet phenols and antioxidants. *J Cereal Sci* . 2006, 44:236-251.
- [5] Dykes L, Rooney LW, Waniska RD, Rooney WL: Phenolic compounds and antioxidant activity of sorghum grains of varying genotypes. *J Agr Food Chem* 2005, 53:6813-6818.
- [6] Taylora JRN, Schoberb TJ, Bean SR: Novel food and non-food uses for sorghum

and millets. *J Cereal Sci* 2006, 44:252-271.

[7] Awika JM, Rooney LW, Wu X, Prior RL, Cisneros-Zevallos L: Screening methods to measure antioxidant activity of sorghum (*Sorghum bicolor*) and sorghum products. *J Agr Food Chem* 2003, 51:6657-6662.

[8] Awika JM, Rooney LW, Waniska RD: Properties of 3-deoxyanthocyanins from sorghum. *J Agr Food Chem* 2004, 52:4388-4394.

[9] Dicko MH, Gruppen H, Traore AS, Van Berkel WJH, Voragen AGJ: Evaluation of the effect of germination on phenolic compounds and antioxidant activities in sorghum varieties. *J Agr Food Chem* 2005, 53:2581-2588.

[10] Osman MA: Changes in sorghum enzyme inhibitors, phytic acid, tannins and in vitro protein digestibility occurring during Khamir (local bread) fermentation. *Food Chem* 2004, 88:129-134.

[11] Awika JM, Rooney LW, Waniska RD: Anthocyanins from black sorghum and their antioxidant properties. *Food Chem* 2004, 90:293-301.

[12] Gouni-Berthold I, Berthold HK: Policosanol: clinical pharmacology and therapeutic significance of a new lipid-lowering agent. *Am Heart J* 2002, 143:356-365.

[13] Vita JA: Polyphenols and cardiovascular disease: Effects on endothelial and platelet function. *Am J Clin Nutr* 2005, 81(Suppl 1):292S-7.

[14] Varady KA, Wang Y, Jones PJH: Role of policosanols in the prevention and treatment of cardiovascular disease. *Nutr Rev* 2003, 61:376-83.

[15] McCarthy MF: Policosanol safely down-regulates HMG-CoA reductase- potential as a component of the Esselstyn regimen. *Med Hypotheses* 2002, 59:268-279.

[16] Castano G, Menendez R, Mas R, Amor A, Fernandez JL, Gonzalez RL, Alvarez E: Effects of lovastatin on lipid profile and lipid peroxidation in patients with dyslipidemia associated with type 2 diabetes mellitus. *Int. J. Clin. Pharmacol. Res.* 2002, 22 (3-4):89-99.

[17] Pepping J: Policosanol. *Am J Health-Syst Ph* 2003, 60:1112-1114.

- [18] Kim JS, Hyun TK, Kim MJ: Anti-oxidative activities of sorghum, foxtail millet and proso millet extracts. *Afr J Biotechnol* 2010, 9(18):2683-2690.
- [19] Dykes L, Seitz LM, Rooney WL, Rooney LW: Flavonoid composition of red sorghum genotypes. *Food Chem* 2009, 116: 313-317.
- [20] Choi YM, Jeong HS, Lee JS: Antioxidant activity of methanolic extracts from some grains consumed in Korea. *Food Chem* 2006, 103:130-138.
- [21] Awika JM, McDonough CM, Rooney LW: Decorticating sorghum to concentrate healthy phytochemicals. *J Agr Food Chem* 2005, 53:6230-6234.
- [22] Kwak CS, Lim SJ, Kim SA, Park SC, Lee MS: Antioxidative and antimutagenic effects of Korean buckwheat, sorghum, millet and Job's tears. *J Food Sci Nutri* 2004, 33:921-929.
- [23] Sikwese FE, Duodu KG: Antioxidant effect of a crude phenolic extract from sorghum bran in sunflower oil in the presence of ferric ions. *Food Chem* 2007:104: 324-331.

## Mini-Review: Functional Ingredients and Antioxidant Behaviors of Sorghum

Chi-yun Kao, Ji-yuan Liang, Chien-wei Cheng\*

Biotechnology Department, School of Health Technology, Ming Chuan University,  
333 Taoyuan, Taiwan, R.O.C.

### Abstract

Sorghum bicolor is one of the major cereal products in the world. Sorghum cereals compose many phenolic compounds, such as phenolic acids, flavonoids and condensed tannins, which are with beneficial functions to human body. Most of the phenolic compounds are existed in the pericarp and bran. The functions of phenolic acids, tannins, anthocyanins, phytosterols and long-chained fatty alcohols in sorghum cereals, as well as the antioxidant behaviors, are reviewed in this article. The extracts of the processed and wasted sorghum cereals from the sorghum liquor manufacture may contain some beneficial functions.

Keyword: polyphenols, phenolic acid, tannin, anthocyanins, antioxidant

Corresponding author: Chien-wei Cheng [ochien@gmail.com ]

Received 2012-12-21/Accepted 2012-12-27

---

MC-Transaction on Biotechnology, 2012, Vol. 4, No. 1, e7

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/2.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.