

文章编号:1673-1689(2009)06-0741-07

# 不同类型花生品种籽仁部位抗氧化能力及功能成分研究

张智猛<sup>1</sup>, 万书波<sup>\*2</sup>, 戴良香<sup>1</sup>, 陈静<sup>1</sup>, 苗华荣<sup>1</sup>

(1. 山东省花生研究所, 山东青岛266100; 2. 山东省农业科学院, 山东济南250100)

**摘要:**以抗活性氧活力单位、抗超氧阴离子活力单位、总抗氧化活力单位、总黄酮含量、维生素C含量、蛋白质含量和色素含量等为指标,研究了白皮花生、红皮花生、黑皮花生、彩色花生、普通花生等14个不同类型花生品种籽仁各部位的抗氧化能力及抗氧化物质含量,并分析了相互间的关系。结果表明,花生品种的抗氧化性存在显著的品种差异,籽仁各部位的抗氧化能力各品种间有很大差异。黑色花生、彩色花生、红皮花生、白沙1016号和花育22号具有较强的抗氧化能力。不同花生品种籽仁中总黄酮、VC、游离氨基酸总量和色素含量,表现为基因型间差异;相同品种不同籽仁部位各抗氧化物质含量差别较大,种皮中总黄酮和VC含量较高,游离氨基酸总量以胚中较高,色素含量最低的并不是种皮颜色较浅的白色花生。样品的抗氧化活性与总氨基酸和总黄酮含量间呈显著正相关,蛋白质含量与抗氧化能力和总黄酮含量间呈极显著的负相关。据此可以认为,花生籽仁的抗氧化活性与总黄酮含量、蛋白质含量有关。

**关键词:**花生;抗氧化作用;花生红衣;子叶;胚;色素;黄酮;维生素C

**中图分类号:**TS 218; TS 201.4

**文献标识码:**A

## Study on the Anti-oxidation Function and Functional Compositions in Parts of Kernel of Different Peanut Varieties

ZHANG Zhi-meng<sup>1</sup>, WAN Shu-bo<sup>2</sup>, DAI Liang-xiang<sup>1</sup>, CHEN Jing<sup>1</sup>, MIAO Hua-rong<sup>1</sup>

(1. Peanut Research Institute of Shandong province, Qingdao 266100, China; 2. Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, China)

**Abstract:** The antioxidation capacities and relationship of 14 various colors peanut were investigated in this manuscript through examining the active oxygen resistance reactivity units (AORRU), superoxide anion resistance reactivity units (SARRU), total antioxidant reactivity units (TARU), flavonoid compounds, Vc contents, protein contents and pigments concentrations. Significantly differences were observed in the peanut varieties and in different parts of same peanut kernel. The main results were achieved: (1) There were genotype differences in flavonoid compounds, Vc contents, protein contents and pigments concentrations of peanut kernel; (2) the highest flavonoid compounds and Vc contents in seed coats; (3) highest

收稿日期:2008-11-26

基金项目:国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD21B04-2);山东省农科院科技创新基金资助项目。

作者简介:张智猛(1963-),男,河北衡水人,农学博士,研究员,主要从事植物营养与栽培生理学研究。

\* 通讯作者:万书波(1962-),男,山东栖霞人,研究员,主要从事植物营养与栽培生理学研究。

Email: wansb@saas.ac.cn

free amino acids content in embryo;(4) the pigments concentrations in seed coat of white peanut was not the lowest. Furthermore, the results demonstrated that the antioxidation capacities of peanut were significantly positive related to the total free amino acids content and the flavonoid compounds, but the protein content shown negative role on the antioxidation capacities and the flavonoid compounds.

**Key words:** Peanut (*Arachishypogaea* L.), antioxidation capacities, Kernel, seed coat, cotyledon, embryo, pigments, flavonoid compounds, VC

花生(*Arachishypogaea* L.)是我国重要的经济作物,年产量已达1500万t,其中30%左右直接和间接用于食用,每年作为食用花生出口有35~45万t,占总产量的5%左右。花生食品安全和功能食品的开发生产是提高人民健康水平、延长农业生产链条、提高花生产品附加值的重要方面。近年来,活性氧自由基引起细胞损伤和衰老的理论已得到普遍认可,生理活性物质的生理功能亦被广泛接受。黑米、黑豆等黑色食物富含蛋白质、氨基酸、维生素和多种矿物质元素,且具有特殊的营养价值和抗衰老、抗氧化、抗癌等保健功能的报道较多<sup>[1-2]</sup>。花生抗氧化能力和生理活性物质的含量直接关系到花生的营养生理保健功能和开发利用效益,是花生保健功能和品质的重要物质基础和评定依据。研究开发新型营养保健食品资源,成为花生生产及其食品领域的热点之一。目前,已选育出蛋白质质量分数在30%以上(豫花8号等)和脂肪质量分数在40%以下(美国标准为含油率低于37.5%)的品种,或亚油酸、赖氨酸、锌、硒等含量较高的品种。为花生蛋白质的开发利用创造了条件。同时,对花生育种和食品研究开发利用有着重要的意义。

关于花生抗氧化性的研究主要集中在抗氧化活性物质的提取条件、提取工艺、稳定性和体外抗氧化能力比较,以及花生籽仁蛋白质、氨基酸、脂肪等营养物质含量高低等方面<sup>[3-6]</sup>。花生蛋白质的研究发展趋势同食品天然、营养、功能性的发展方向相一致。花生红衣是花生产品的副产物,我国每年约产生600t,它是传统的中药成分,含有原花青素、白藜芦醇、维生素K等生物活性物质<sup>[4,7]</sup>,具有明显的抗氧化作用,利于食品的保存。然而,有关花生抗氧化能力和生理活性物质种类及含量的研究报道较少。作者以白皮花生、红皮花生、黑皮花生、彩色花生和普通花生等为试材,对花生籽仁各部位的抗氧化能力、黄酮类化合物、色素、VC、氨基酸等抗氧化物质含量及其之间的关系进行了研究,旨在揭示花生基因型、种皮颜色、籽仁部位的抗氧化能力

及生理活性成分含量与抗氧化性间的关系,明确花生在抗衰老和营养保健功能机制等方面的作用。同时,为花生新品种培育、花生营养保健食品的开发,以及充分利用加工副产物、探究不同类型花生的营养和药用保健价值,提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

黑皮花生、红皮花生、彩色花生、白皮花生、花育16-23号、鲁花12号,共计14个花生品种(系)。所有品种(系)均由山东省花生研究所遗传育种研究室提供,品种名称和特性等见表1。

表1 试验用花生品种性状

Tab.1 Characters of different kinds of peanuts

品种(系)	百仁质量/g	类型
红皮花生	80.3	普通型
白皮花生	71.6	珍珠豆型
黑皮花生	76.7	普通型
彩色花生	78.8	龙生型
白沙1016	79.6	珍珠豆型
花育16号	100.0	普通型
花育17号	92.3	中间型
花育18号	103.3	中间型
花育19号	96.4	普通型
花育20号	68.6	直立型
花育21号	95.6	普通型
花育22号	100.7	普通型
花育23号	64.2	普通型
鲁花12号	69.0	珍珠豆型

试验在山东省花生研究所莱西试验站进行,土壤类型为褐土,土壤质地属沙壤土,供试材料均于2008年5月7日播种,9月20日收获。小区面积为30m<sup>2</sup>,随机排列,重复3次,穴播,行距40cm,穴距

18 cm, 每穴 2 粒, 播种前各处理基施有机肥 5 000 kg/hm<sup>2</sup>, 氮磷钾复合肥料 450 kg/hm<sup>2</sup>, 田间管理同大田。收获后各品种随机选取花生仁 500 粒, 按种皮(红衣)、子叶和胚(根、轴、芽)分开, 粉碎后备用。

## 1.2 测定指标与方法

采用南京建成生物工程研究所生产的试剂盒测定各项指标, 分别用 2 批试剂盒重复验证, 取平均值。依据试剂盒要求, 配制质量分数 0.6% 的生理盐水作为供试样品抗氧化能力的提取液, 制备成待测液, 其余操作依据试剂盒的要求, 进行各项指标测定。

**1.2.1 抗氧化能力测定** 抗活性氧测试盒测定原理是基于 Fenton 反应产生的羟自由基与 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的量成正比, 当给予电子受体后, 用 gress 试剂显色, 形成红色物质, 其颜色与<sup>-</sup>OH 的多少也成正比。定义每毫克组织蛋白在 37 °C 下反应 1 min 使反应体系中 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的浓度降低 1 mmol/L 为一个抗活性氧单位。

花生籽仁各部位提取液对 O<sub>2</sub><sup>-</sup> 的清除能力用抗超氧阴离子活力表示。抗超氧阴离子自由基测试盒是模拟人体中黄嘌呤与黄嘌呤氧化酶反应系统, 产生超氧阴离子自由基, 加入电子传递物质及 gress 显示剂, 使反应体系呈紫红色, 用分光光度计比色。定义在反应体系中每毫克组织蛋白在 37 °C 下反应 40 min 所产生的相当于 1 mg 的 VC 所产生的超氧阴离子自由基的变化值为一个活力单位。

抗氧化物质能使 Fe<sup>3+</sup> 还原成 Fe<sup>2+</sup>, 后者可与菲啉类物质形成稳固的络合物, 通过比色可测出其抗氧化能力的高低。定义在 37 °C 时, 每毫克组织蛋白每分钟使反应体系的吸光度(OD)值增加 0.01 为一个总抗氧化能力单位。

**1.2.2 籽粒色素的提取与测定** 称取粉碎后的样品 1.00 g, 用体积分数 95% 乙醇与 1.5 mol/L HCl 混合液(体积比 85 : 15) 60 °C 水浴提取 5 h, 于 535 nm 处测吸光度<sup>[2]</sup>。以提取液的吸光度(OD)值作为标准色素单位。以每克材料所含的色素单位数代表该材料的色素含量, 单位为 U/g。

**1.2.3 籽粒总黄酮的提取与测定** 称取适量粉碎后的样品, 用体积分数 60% 的乙醇于 60 °C 的水浴锅黑暗提取 24 h<sup>[3]</sup>, 以芦丁作标准曲线, 计算其含量。

**1.2.4 VC、蛋白质和游离氨基酸总量的测定** VC 含量用比色法测定<sup>[7]</sup>, 蛋白质含量采用考马斯亮蓝比色法<sup>[7]</sup>测定, 游离氨基酸总量采用茚三酮法测定<sup>[8]</sup>。

## 2 结果分析

### 2.1 不同品种籽仁各部位抗氧化能力比较

抗活性氧能力(抑制羟自由基能力)可以反映样品对羟自由基的清除能力, 抗超氧阴离子自由基能力可以反映样品对超氧阴离子的抑制效应, 总抗氧化能力可以综合体现各材料的抗氧化能力。

由表 2 可以看出, 不同花生品种不同籽仁部位抑制羟自由基能力(抗活性氧活力)差异较大, 种皮抗活性氧能力较强, 平均值为 145.46 U/mg, 远高于子叶和胚的, 其平均值分别高出 112.49 U/mg 和 129.28 U/mg。分别是子叶和胚的 4.4 和 9.0 倍。其中以红皮花生、白沙 1016 号、花育 18 号、花育 22 号、花育 23 号和鲁花 12 号籽仁的抗活性氧能力较强。不同花生品种不同籽仁部位抗超氧阴离子自由基能力差异较小, 亦表现出各品种种皮抗超氧阴离子自由基能力稍大。各部位总抗氧化能力以种皮相对较高, 胚次之, 子叶的总抗氧化能力最低。

表 2 不同类型花生品种籽仁各部位抗氧化能力

Tab. 2 Antioxidant capacity of oxidationresistances among peanut varieties

U/mg

品种(系)	抑制羟自由基能力			抗超氧阴离子自由基能力			总抗氧化能力		
	子叶	胚	种皮	子叶	胚	种皮	子叶	胚	种皮
红皮花生	26.93	38.15	143.34	16.89	13.06	26.92	0.80	2.18	5.69
白皮花生	27.28	0.00	112.39	21.37	23.34	29.92	1.16	2.39	0.39
黑皮花生	19.95	0.00	107.14	23.77	21.71	17.75	1.28	3.24	25.76
彩色花生	43.47	12.70	68.63	21.07	23.20	9.80	0.34	3.65	4.91
白沙 1016	38.77	44.73	165.32	16.91	19.84	31.45	0.16	2.24	2.02
花育 16 号	34.78	24.33	95.40	18.63	22.04	14.76	0.02	3.03	1.97
花育 17 号	31.87	0.00	89.93	21.11	18.06	13.23	1.56	2.70	0.64

续表 2

U/mg

品种(系)	抑制羟自由基能力			抗超氧阴离子自由基能力			总抗氧化能力		
	子叶	胚	种皮	子叶	胚	种皮	子叶	胚	种皮
花育 18 号	44.30	15.66	183.94	20.87	18.00	26.36	1.36	2.55	1.16
花育 19 号	11.39	0.00	105.96	21.24	19.00	13.84	0.95	1.84	1.36
花育 20 号	27.13	38.34	75.47	16.30	20.93	11.81	0.29	1.70	1.94
花育 21 号	35.90	10.39	148.96	25.22	13.74	23.41	1.36	1.53	0.56
花育 22 号	45.21	26.59	180.17	18.12	23.69	36.18	0.63	3.11	1.85
花育 23 号	38.71	0.00	251.56	19.97	18.50	32.57	0.58	1.31	13.01
鲁花 12 号	35.91	37.65	308.18	13.54	20.43	61.20	0.32	0.60	2.36
平均值	32.97	16.18	145.46	19.64	20.19	24.94	0.77	2.30	4.55

可见,各参试品种籽仁抗氧化能力存在较大差异,以红皮花生、黑皮花生、白沙 1016 号、花育 19 号、花育 22 号、花育 23 号和鲁花 12 号等品种具有较强的总抗氧化能力。

## 2.2 不同品种籽粒色素和黄酮含量

不同花生品种不同籽仁部位总黄酮含量差别很大,见表 3。

表 3 花生籽仁黄酮及色素含量

Tab. 3 Flavonoids and pigment content in peanut varieties

品种(系)	总黄酮质量分数/(mg/g)			色素含量/(U/g)
	子叶	胚(根、轴、芽)	种皮	
红皮花生	20.11	28.90	819.51	0.80
白皮花生	16.22	30.00	41.00	0.63
黑皮花生	11.86	28.35	428.39	2.54
彩色花生	10.21	23.96	705.17	0.86
白沙 1016	9.11	26.15	726.88	0.71
花育 16 号	16.81	21.76	728.00	0.91
花育 17 号	23.48	19.56	703.24	0.50
花育 18 号	10.21	22.31	902.79	0.56
花育 19 号	11.86	25.05	897.29	0.57
花育 20 号	13.51	19.01	919.00	0.66
花育 21 号	22.31	28.90	726.88	0.69
花育 22 号	9.66	23.41	705.17	0.72
花育 23 号	13.51	20.11	595.77	0.80
鲁花 12 号	21.21	34.40	424.54	0.63
平均	15.01	25.13	665.97	0.83

相同品种以种皮中总黄酮含量最高,平均为 665.97 mg/g;子叶中总黄酮含量最低,平均为 15.01 mg/g;胚中总黄酮含量介于二者之间。其中花育 20 号种皮中总黄酮含量最高,达 919.00 mg/g;

而白皮花生的种皮中总黄酮含量最低,仅为 41.00 mg/g,是平均值的 1/16。胚中总黄酮含量以鲁花 12 号最高,红皮花生、白皮花生、黑皮花生、白沙 1016 号、花育 21 号等品种中的总黄酮含量均超过各品种胚中总黄酮含量的平均值;子叶中总黄酮含量以花育 17 号最高,红皮花生、花育 21 号、鲁花 12 号亦表现较好。因此,不同品种不同籽仁部位中总黄酮含量差异较大,总体以红皮花生、黑皮花生、白沙 1016 号、花育 17 号、花育 21 号、花育 22 号和鲁花 12 号等 7 个品种籽仁中总黄酮含量相对较高,对花生籽仁抗氧化能力有一定影响。

不同品种籽仁中色素含量亦有差别,以黑皮花生色素含量最高,达 2.54 U/g;花育 17 号色素含量最低,仅为 0.5 U/g,是黑皮花生的 1/5。

## 2.3 不同品种籽粒中游离氨基酸总量和 VC 含量

由表 4 可以看出,各品种籽仁各部位游离氨基酸总量以胚中较高,种皮次之,子叶最低,其平均值分别为 285.29、188.25、130.72 mg/hg,其中黑皮花生、彩色花生、花育 17 号和花育 23 号籽仁中游离氨基酸含量较高。

花生各品种籽仁中 VC 含量有差异,以种皮中 VC 含量相对较高,平均为 213.98 mg/hg,子叶和胚中 VC 含量相近,平均值分别为 180.42、187.88 mg/hg。彩色花生、白沙 1016 号、花育 17 号和花育 22 号籽仁中 VC 含量相对较高。

## 2.4 花生籽仁抗氧化能力指标间的相关关系

表 5 表明,花生籽仁蛋白质含量与抑制羟自由基能力、抗超氧阴离子自由基能力、总抗氧化能力和总黄酮含量间均呈极显著的负相关关系;抑制羟自由基能力与抗超氧阴离子自由基能力和总黄酮含量间呈极显著的正相关关系,与总抗氧化能力和维生素 C 含量间呈显著的正相关关系;总抗氧化能力仅与总氨基酸含量和总黄酮含量间呈显著相关,

其余抗氧化物质与抗氧化能力之间无相关关系。可见组织中蛋白质含量极显著地影响着其抗氧化能力,而总黄酮含量和总氨基酸含量显著地影响组织的总抗氧化能力。

尽管 VC 被认为是较强的抗氧化物质,但在本试验条件下,较强的抗氧化能力并未显现出来,这可能与组织类型、试验条件等有关。

表 4 花生籽仁不同部位氨基酸和维生素 C 质量分数

Tab. 4 The total amino acids and vitamin C content in peanut varieties

品种(系)	VC 质量分数/(mg/hg)			总氨基酸质量分数/(mg/hg)		
	子叶	胚(根、轴、芽)	种皮	子叶	胚(根、轴、芽)	种皮
红皮花生	208.17	151.32	166.45	155.07	218.75	182.31
白皮花生	130.77	164.80	271.79	71.86	209.25	214.52
黑皮花生	166.89	152.22	144.19	58.71	324.30	211.72
彩色花生	200.00	216.77	360.61	90.87	365.21	195.02
白沙 1016	212.83	246.73	200.33	65.64	205.21	195.02
花育 16 号	180.67	211.26	250.67	201.90	227.34	180.25
花育 17 号	220.78	197.39	208.61	173.19	254.99	197.15
花育 18 号	157.52	182.14	207.47	130.83	244.83	181.84
花育 19 号	167.41	167.95	158.61	86.98	336.88	170.88
花育 20 号	167.86	172.40	215.36	157.18	197.01	167.59
花育 21 号	164.71	221.57	181.70	165.15	229.58	168.14
花育 22 号	133.76	191.14	202.48	77.43	302.42	145.97
花育 23 号	176.45	174.04	223.53	247.17	235.46	263.72
鲁花 12 号	238.08	180.65	203.95	148.13	264.89	161.38
平均	180.42	187.88	213.98	130.72	285.29	188.25

表 5 花生籽仁氨基酸含量、维生素 C 及总黄酮含量与抗氧化能力间的相关关系

Tab. 5 Relationship between antioxidant ability and content of total aminoacids, Vitamin C, flavonoids in peanut seed

相关性	蛋白质含量	抑制羟自由基能力	抗超氧阴离子能力	总抗氧化能力	总氨基酸含量	VC 含量	总黄酮含量
抑制羟自由基能力	-0.793 8**	1.000 0					
抗超氧阴离子能力	-0.645 5**	0.666 7**	1.000 0				
总抗氧化能力	-0.396 2**	0.287 3*	0.057 4	1.000 0			
总氨基酸含量	-0.130 8	-0.116 2	-0.012 7	0.294 7*	1.000 0		
VC 含量	-0.085 0	0.288 2*	-0.053 8	-0.055 8	0.110 5	1.000 0	
总黄酮含量	-0.694 2**	0.699 9**	0.129 8	0.293 2*	-0.069 1	0.255 2	1.000 0

注: \*\* 极显著; \* 显著。

### 3 讨 论

#### 3.1 花生保健功能的物质基础

花生含有丰富的营养物质,其主要营养成分为油脂、蛋白质、氨基酸、膳食纤维、维生素(富含维生素 E)和矿物质(如 Ca、Mg、K)等。同时,还含有大量的生理活性成分,如白藜芦醇、黄酮类物质、花色

苷和酚类物质等<sup>[9]</sup>。通过对花生的根、茎、花、果壳、种皮、叶和子叶等 7 个部位样品的测定,结果表明花生的根和茎中的白藜芦醇含量较高,分别为 46.7~58.8  $\mu\text{g/g}$  和 59.75~108.63  $\mu\text{g/g}$ 。花生红衣中亦含有白藜芦醇,但花生叶片和子叶中未检测出白藜芦醇<sup>[9]</sup>。

花生组织、器官中均含有丰富的黄酮类化合物,其中花生叶中含量最高,其次是花生茎和花生

壳中。花生蔓中总黄酮质量分数可达 2.58%<sup>[10]</sup>。花生粕中黄酮化合物的质量分数平均为 0.865%。杨增明等<sup>[11]</sup>的研究表明,不同产地花生壳中总黄酮质量分数在 0.25%~1.42%之间,以木犀草素成分为主。李明静<sup>[12]</sup>则认为,花生壳中木犀草素质量分数为 3.47%。

花生粕中膳食纤维含量较高,特别是起重要生理功能的水溶性膳食纤维质量分数高达 9.26%,水不溶性膳食纤维质量分数为 39.58%,膳食纤维总质量分数为 48.84%。因此,花生粕可作为一种制备膳食纤维的理想新原料<sup>[13]</sup>。色素、黄酮、VC 和氨基酸等是蓝、紫黑、深紫、紫等黑粒小麦抗氧化能力较高的主要物质基础<sup>[14]</sup>。本试验结果表明,花生籽仁中含有丰富的蛋白质、氨基酸、黄酮、VC 等生理活性成分,且以种皮中黄酮、VC 含量较高,同时花生籽仁各部位均具有较强的抗氧化能力,这是花生具有抗氧化能力和营养保健功能的物质基础,也是开发花生营养保健型食品的物质基础。

### 3.2 花生组织提取物的抗氧化活性

机体新陈代谢会产生多种自由基,具有很高的活性,主要损害细胞膜的结构,并引发一系列有害的生化反应,导致细胞死亡。其中,羟自由基和超氧阴离子自由基为最常见的 2 种,氧化能力极强。在研究物质抗氧化性质时常把清除超氧阴离子自由基和羟自由基作为重要指标<sup>[15]</sup>。生物的抗氧化特性与抗氧化物质的种类、含量等有关。已有研究显示,种皮色素<sup>[1-2]</sup>、黄酮类化合物<sup>[3,16-17]</sup>、VC<sup>[18]</sup>、

总酚<sup>[14,18]</sup>、花色苷<sup>[19]</sup>、氨基酸<sup>[20]</sup>和类胡萝卜素<sup>[21]</sup>等物质具有抗氧化活性。黄酮类化合物具有强烈的清除自由基功能,氨基酸尤其是碱性氨基酸可抑制不饱和脂肪酸的氧化反应<sup>[22-24]</sup>。花生壳、花生蔓、花生红衣等组织器官中均含有丰富的抗氧化成分,是天然的抗氧化物质,这预示了花生壳提取物作为抗氧化剂应用于食品的可能性。

关于抗氧化活性与多酚类物质含量的相关性,前人曾有研究,但结果不一。Heinonen 等<sup>[25]</sup>认为抗氧化活性与总酚含量无相关性。而詹沛鑫和 Meyer 等研究认为,抗氧化活性与总酚含量呈显著相关<sup>[26-27]</sup>。黑米种皮色素和黄酮类化合物含量与其生物抗氧化能力存在极显著的正相关<sup>[1-2]</sup>,表明黄酮类化合物和色素是主要的抗氧化物质。色素、黄酮、氨基酸是蓝、紫黑、深紫、紫等黑粒小麦的抗氧化能力强于白粒小麦和红粒小麦的主要基础物质,VC、氨基酸和类胡萝卜素对其抗氧化能力也有一定贡献<sup>[14]</sup>。

本试验亦表明了上述观点,样品的抗氧化能力与总氨基酸和总黄酮含量间呈显著正相关,但蛋白质含量与抗氧化能力呈极显著的负相关关系。花生籽仁抗氧化能力与总黄酮含量、蛋白质含量有关,但由于黄酮类物质的多样性及各个样品中具有抗氧化活性的黄酮物质的种类和含量不同,显示出抗氧化活性有差异。以上为营养保健型花生品种的选育提供了依据。

## 参考文献(References):

- [1] 孙玲,张名位,池建伟,等.黑米的抗氧化性及其与黄酮和种皮色素的关系[J].营养学报,2000,22(3):246-249.  
SUN Ling,ZHANG Ming-wei,CHI Jian-wei,et al. The antioxidation activity of black rice and its correlation with flavonoids and pigment[J]. *Acta Nutrimenta Sinica*,2000,22(3):246-249. (in Chinese)
- [2] 孙玲,陈俊秋,张名位,等.稻米种皮颜色与其生物抗氧化性的关系[J].中国粮油学报,2002,17(4):25-27.  
SUN Ling,CHEN Jun-qi,ZHANG Ming-wei,et al. Relation between epidermis colour of rice and its antioxidtion[J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*,2002,17(4):25-27. (in Chinese)
- [3] 董李平,吴珍龄,易泽林.大豆结实前异黄酮积累规律的研究[J].西南农业大学学报,2002,24(5):445-447.  
DONG Li-ping,WU Zhen-ling,YI Ze-lin. Studies on isoflavone distribution and variation before seed-setting in soybean [J]. *Journal of Southwest Agricultural University(Natural Science)*,2002,24(5):445-447. (in Chinese)
- [4] 刘大川,刘强,吴波,等.花生红衣中白藜芦醇、原花色苷提取工艺的研究[J].食品科学,2005,26(7):144-148.  
LIU Da-chuan,LIU Qiang,WU Bo,et al. Research on extraction technology of resveratrol and procyanidin from red skin of peanut[J]. *Food Science*,2005,26(7):144-148. (in Chinese)
- [5] 单辉君,张名位,张瑞芬,等.花生红衣抗氧化活性物质不同提取工艺的比较[J].广东农业科学,2006(11):51-53.  
SAN Hui-jun,ZHANG Meng-wei,ZHANG Rui-fen,et al. Comparing different extraction technology of antioxidant active substances in peanut skin[J]. *Guangdong Agricultural Sciences*,2006(11):51-53. (in Chinese)
- [6] 张红梅,金征宇,朱立贤,等.花生红衣抗氧化活性的研究[J].食品与生物技术学报,2005,24(6):83-87.  
ZHANG Hong-mei,JIN Zheng-yu,ZHU Li-xian,et al. Study on the antioxidant activity of peanut skin[J]. *Journal of Food*

- Science and Biotechnology*, 2005, 24(6): 83-87. (in Chinese)
- [7] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 248-249.
- [8] 朱利泉. 基础生物化学实验原理与方法[M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1997: 25-29.
- [9] 张焯, 胡君萍, 韩玫, 等. HPLC法测定花生不同部位中白藜芦醇的含量[J]. 新疆医科大学学报, 2003, 26(5): 440-443.  
ZHANG Xuan, HU Jun-ping, HAN Mei, et al. Determination of resveratrol content different in parts of peanut by HPLC [J]. *Journal of Xinjiang Medical University*, 2003, 26(5): 440-443. (in Chinese)
- [10] 杜芳艳, 付凯卿. 花生蔓不同部位黄酮含量的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(1): 137-141.  
DU Fang-yan, FU Kai-qing. Study on total flavonoids contents in peanut vines of different plant Organs[J]. *Food Science*, 2008, 29(1): 137-141. (in Chinese)
- [11] 杨增明, 王文静, 龚云麒, 等. 不同产地花生壳药材中总黄酮含量的测定[J]. 中国民族民间医药杂志, 2004(6): 359-361.  
YANG Zeng-ming, Wang Wen-jing, Gong Yun-qi, et al. Determination of flavonoids of peanut hull from different region [J]. *Abstracts of Original Articals*, 2004(6): 359-361. (in Chinese)
- [12] 李明静, 史会齐, 刘绣华. 花生壳提取物中木犀草素及总黄酮含量的测定[J]. 化学研究, 2005, 16(2): 75-77.  
LI Ming-jing, SHI Hui-qi, LIU Xiu-hua. Determination of flavonoid and luteolin in the extract from peanut shell[J]. *Chemical Research*, 2005, 16(2): 75-77. (in Chinese)
- [13] 葛春玉, 潘英明, 梁英, 等. 花生麸中膳食纤维含量的测定[J]. 宝鸡文理学院学报: 自然科学版, 2003(2): 129-131.  
GE Chun-yu, PAN Ying-ming, LIANG Ying, et al. Determining dietary fibre in peanut cake[J]. *Journal of Baoji University of Arts and Sciences: Natural Science Edition*, 2003(2): 129-131. (in Chinese)
- [14] 宗学凤, 张建奎, 李帮秀. 小麦籽粒颜色与抗氧化作用[J]. 作物学报, 2006, 32(2): 237-242.  
ZONG Xue-feng, ZHANG Jian-kui, LI Bang-xiu. Relationship between antioxidation and grain colors of wheat (*Triticum aestivum* L.) [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2006, 32(2): 237-242. (in Chinese)
- [15] 宋怀恩, 闻初. 抗氧化剂筛选方法的研究进展[J]. 中国药物化学杂志, 2003, 13(20): 119-124.  
SONG Huai-en, Wen Ren. Advances in the study of the antioxidants screening methods[J]. *Chinese Journal of Medicinal Chemistry*, 2003, 13(20): 119-124. (in Chinese)
- [16] 贾慎之, 唐孟成, 朱祥瑞. 桑树黄酮类化合物清除超氧离子自由基  $O_2^-$  的研究[J]. 浙江农业大学学报, 1996, 22(5): 519-523.  
JIA Shen-zhi, TANG Meng-cheng, ZHU Xiang-rui. Study of scavenging superoxide free radical  $O_2^-$  of flavonoid compounds from mulberry[J]. *Journal of Zhejiang Agricultural University*, 1996, 22(5): 519-523. (in Chinese)
- [17] 刘荣华, 余伯阳, 邱声祥, 等. 山楂叶中多元酚类成分抗超氧阴离子活性研究及构效关系分析[J]. 中国药学杂志, 2005, 40(14): 1066-1069.  
LIU Rong-hua, YU Bo-yang, QIU Sheng-xiang, et al. Study on scavenging activities for superoxide anion radicals ( $O_2^-$ ) and structure-activity relationship of polyphenolic compounds from leaves of *Crataegus* [J]. *Chinese Pharmaceutical Journal*, 2005, 40(14): 1066-1069. (in Chinese)
- [18] 玄红专, 胡福良. 不同产地蜂胶的抗氧化活性[J]. 蜜蜂杂志, 2005(5): 13-15.  
XUAN Honk-zhuan, HU Fu-liang. Antioxidant activities of propolis of various geographic origins[J]. *Tournal of Bee*, 2005(5): 13-15. (in Chinese)
- [19] 余小林, 林薇, 徐步前. 不同处理对数种果蔬抗氧化活性稳定性的影响[J]. 食品科学, 2004, 24(6): 52-56.  
YU Xiao-lin, LIN Wei, XU Bu-qian. Study on antioxidant activity effects of vegetables and fruits extracts after different processing treatments[J]. *Food Science*, 2004, 24(6): 52-56. (in Chinese)
- [20] 任国谱, 余兵, 李顺灵. 蛋白质及其衍生物的抗氧化性能[J]. 中国油脂, 1997, 22(4): 47-50.  
REN Guo-pu, YU Bing, LI Shun-ling. The antioxidative properties of proteins and their derivatives[J]. *China Oils and Fats*, 1997, 22(4): 47-50. (in Chinese)
- [21] 周丽, 梁新乐, 励建荣. 类胡萝卜素抗氧化作用研究进展[J]. 食品研究与开发, 2003, 24(2): 21-24.  
ZHOU Li, LIANG Xin-le, LI Jian-rong. Advances of the antioxidant function of beta-carotene and carotenoid[J]. *Food Research and Development*, 2003, 24(2): 21-24. (in Chinese)
- [22] 李莉蓉, 张名位, 刘邹涓. 三种黑色粮油作物种皮提取物的体外抗氧化作用比较[J]. 中国粮油学报, 2006, 21(3): 92-95.  
LI Li-rong, ZHANG Ming-wei, LIU Lin-wei. Comparing antioxidant stability of anthocyanin extracts in seed coats of three black cereal and oil crops[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2006, 21(3): 92-95. (in Chinese)

(责任编辑: 秦和平)