

我国 86 种药食两用植物的抗氧化活性及其与总酚的相关性分析

刘海英¹, 仇农学¹, 姚瑞祺¹, 穆伟航²

(1 陕西师范大学 生命科学学院, 陕西 西安 710062; 2 陕西省农业工程勘察设计院, 陕西 西安 710062)

[摘要] **【目的】**筛选具有抗氧化功能的食品原料,以期开发中国药食两用植物资源。**【方法】**应用 Folin-Ciocalteu 法、铝盐显色法、铁离子还原能力法(Ferric-reducing/antioxidant power, FRAP)和 DPPH 自由基分析法,对 86 种药食两用植物的总抗氧化能力、总酚含量、黄酮含量及清除 DPPH 自由基能力进行了比较研究。**【结果】**86 种药食两用植物材料的总抗氧化能力具有很大差异,其与总酚含量有显著的相关性($R^2=0.933\ 3$),其中青果、丁香、诃子肉、丹参、红景天、花椒、金荞麦、槐花等 8 种药食两用植物表现出较强的总抗氧化能力(FRAP 值 $>2.35\ \text{mmol/g}$, DPPH 清除率 $>85\%$),并具有较高的总酚含量($>85\ \text{mg/g}$)及黄酮含量($>30\ \text{mg/g}$)。**【结论】**药食两用植物材料总酚含量是初步筛选其抗氧化能力的一个重要指标,且筛选出的 8 种药食两用植物材料能够用于抗氧化功能性食品的研制。

[关键词] 药食两用植物;抗氧化能力;总酚;黄酮;FRAP;DPPH

[中图分类号] Q949.91;Q949.95

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2009)02-0173-08

Correlation analysis between antioxidant capacity and total phenolic content of 86 Chinese edible herbal extracts

LIU Hai-ying¹, QIU Nong-xue¹, YAO Rui-qi¹, MU Wei-hang²

(1 College of Life Science, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China;

2 Agricultural Engineering Exploration and Design Institute of Shaanxi Province, Xi'an, Shaanxi 710062, China)

Abstract: **【Objective】** The present study aimed to screen antioxidant functional food for exploitation of Chinese edible herbal resources. **【Method】** Phenols, flavonoids content and antioxidant capacity of 86 Chinese edible herbal materials were estimated by using Folin-Ciocalteu method, ferric-reducing/antioxidant power (FRAP) and DPPH radical-scavenging assays. **【Result】** Different plant materials had wide differences in vitro antioxidant power and this was strongly correlated ($R^2=0.933\ 3$) to their total phenolics content. Eight plant materials including Chinese White Olive, Clove, Pricklyash Peel, Villous Amomum Fruit, Chinese Star Anise, and Pagodatree Flower demonstrated the highest antioxidant activity (FRAP value $>2.35\ \text{mmol/g}$, DPPH radical scavenging capacity $>85\%$) and phenolics content ($>85\ \text{mg/g}$) and flavonoids content ($>30\ \text{mg/g}$). **【Conclusion】** The content of phenolic compounds could be used as an important indicator to screen antioxidant food resource. The selected 8 plant materials have antioxidant potential to be further exploited.

Key words: Chinese edible herbal; antioxidant capacity; total phenolics; flavonoid; FRAP; DPPH

氧分子是所有需氧生物赖以生存的基本条件之一,然而氧分子的不完全还原会引发过氧化氢

* [收稿日期] 2008-04-10

[基金项目] 陕西省自然科学基金项目(2003C137)

[作者简介] 刘海英(1969—),女,陕西合阳人,在读博士,主要从事功能性食品开发与利用研究。E-mail: hai-ying-liu@163.com

[通信作者] 仇农学(1954—),男,陕西富平人,教授,博士生导师,主要从事食品分离技术研究。E-mail: qiunx@163.com

(H_2O_2)、超氧阴离子(O_2^-)和羟自由基($\text{OH}^\cdot$)等氧自由基的产生,进而诱发多种慢性疾病(心脑血管疾病、消化道疾病)以及加速人体的衰老^[1-3]。近 10 多年来,自由基抑制剂倍受世人关注。大量研究表明,合理食用抗氧化剂可减轻“氧化胁迫”,预防和延缓癌症、动脉粥样硬化、痴呆和衰老等退行性疾病的发生与发展^[4-7]。因此,寻找一些高效的、天然抗氧化食物资源是非常必要的。

中国素有“药食同源、药食同理、药食同用”的传统思想和悠久历史,到 2002 年,国家卫生部已确立了 87 种“既是食品又是药品”和 114 种“可用于保健食品”的药食同源材料。从食用安全性和保健功效两方面考虑,药食两用材料是筛选抗氧化食品资源的首选。近年来,国内外相继有文献报道,我国的中草药(Chinese herbal medicinal)富含酚酸、类黄酮、丹宁等抗氧化活性成分^[8-9],而针对药食两用植物资源的抗氧化能力,试验数据还较为缺乏。虽有一些药食两用植物(葛根、山楂、金银花、菊花等)的抗氧化性研究报道,但由于所采用的样品处理及抗氧化分析方法的多样性,各试验数据之间无法进行横向比较。因此,有必要在同一试验条件下,对这些药食两用植物材料的抗氧化能力进行分析和比较,以筛选最具有开发利用价值的抗氧化食品资源。

本试验选取 70 种“既是食品又是药品”和 16 种“可用于保健食品”的植物材料作为研究对象,采用 Folin-Ciocalteu 法(测总酚含量)、铝盐显色法(测黄酮含量)、铁离子还原能力法(Ferric-reducing/antioxidant power, FRAP, 测总抗氧化能力)以及 DPPH 自由基分析法(测清除自由基能力),对药食两用植物的抗氧化活性与总酚的相关性进行了分析,旨在筛选抗氧化功能性食品新资源,以期为这些药食两用植物的进一步开发利用提供一定的试验数据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 植物材料 试验所用 86 种植物材料购自北京同仁堂西安分店。

1.1.2 化学试剂 没食子酸、芦丁、2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH)自由基购自 Sigma 公司(USA);2,4,6-Tri(2-pyridyl)-s-triazine(TPTZ)、维生素 C 购自 Fluka 公司(Switzerland);二叔丁基对甲酚(Butylated hydroxytoluene, BHT)和二叔丁基对苯二酚(Tertbutylhydroquinone, TBHQ)购自

Aldrich 公司(USA);其他试剂均为分析纯,由西安化玻仪器采供站提供。

1.2 样品处理

植物材料经粉碎,过 0.84 mm 孔径筛,冻干,−20 ℃ 保存备用。准确称量 5 g 植物材料,按 1 : 20($m : V$)料液比,在 30 ℃ 条件下,用体积分数 60%乙醇水溶液于摇床上浸提 24 h,过滤,取滤液进行各项指标测定。

1.3 总抗氧化能力的测定

样品提取液的总抗氧化能力测定采用铁离子还原能力法(FRAP)^[10]。FRAP 反应液包括 10 mmol/L 的 TPTZ 盐酸溶液(其中盐酸浓度为 40 mmol/L)、20 mmol/L 的 FeCl_3 溶液和 0.3 mol/L 的醋酸缓冲液($\text{pH}=3.6$),其体积比为 1 : 1 : 10,反应液需现用现配。将样品提取液稀释至适合浓度,分别取 50 μL 各样品稀释液于试管中,加入 FRAP 反应液 3.0 mL,混匀,37 ℃ 水浴 30 min 后,593 nm 处测吸光值。以 FeSO_4 为标准物绘制标准曲线,重复 3 次,样品的总抗氧化能力以 FRAP 值表示,单位为(mmol/g),FRAP 值越大,表示抗氧化能力越强。

1.4 样品提取液对 DPPH 自由基的清除作用

样品提取液 DPPH 自由基清除能力的测定,参考 Chen 等^[11]的方法并略加修改。在 3.0 mL 60 $\mu\text{mol/L}$ 的 DPPH 乙醇溶液中加入 10 μL 样品提取液,混合均匀后避光反应 30 min,测定 517 nm 处吸光值 A_1 。按照下列公式计算各样品对 DPPH 自由基的清除率:

$$\text{DPPH 清除率}/\% = [A_0 - (A_1 - A_s)]/A_0 \times 100\%。$$

式中: A_0 为对照吸光度值(仅含 DPPH 乙醇溶液), A_s 为空白对照的吸光度值(样品与无水乙醇用以消除样品本身颜色的影响)。

对 DPPH 自由基清除率高于 85% 的样品提取液,有必要进一步测定其半数清除浓度(IC_{50} 值),具体方法是:将各样品提取液稀释为 8 个不同浓度,分别测定各浓度对 DPPH 自由基的清除率,通过非线性回归分析得出各自的 IC_{50} 值^[12]。为了便于各试验数据之间的相互比较,本研究将 IC_{50} 值的单位转化为 $\mu\text{g}/\mu\text{g}$ (多酚/DPPH), IC_{50} 值越小,表示其清除自由基的能力越强。每样品测定 3 次,取平均值。

1.5 总酚含量的测定

总酚含量采用 Folin-Ciocalteu 法^[13]测定。取 200 μL 提取液于 10 mL 容量瓶中,加入 5 mL 0.2

mol/L Folin-Ciocalteu 试剂、4.0 mL 饱和 Na₂CO₃ 溶液,去离子水定容,室温放置 2 h 后于 765 nm 读取吸收值,以没食子酸为标准物绘制标准曲线,重复 3 次,结果以没食子酸当量/干材料表示,单位为 mg/g。

1.6 黄酮含量的测定

黄酮含量采用铝盐显色法^[14]测定。取 0.1 mL 提取液,置于 10 mL 容量瓶中,加体积分数 50% MeOH 溶液补充至 4.0 mL,加入 0.3 mL 质量分数 5% NaNO₂,摇匀,放置 5 min 后,加入 3.0 mL 质量分数 10% AlCl₃-MeOH 溶液,6 min 后再加入 2 mL 1.0 mol/L NaOH,混匀,用体积分数 50% MeOH

溶液定容至刻度,10 min 后比色测定 510 nm 处的吸光值,试剂为空白参比,以芦丁为标准物绘制标准曲线,结果以芦丁当量/干材料表示,单位为 mg/g。

1.7 数据处理

试验数据以“平均值±标准差”表示,采用 SPSS 软件进行方差分析,总酚或黄酮含量与抗氧化能力的相关性分析,采用 EXCEL program 中的 correlation and regression programme 处理。

2 结果与分析

所测 86 种药食两用植物材料的抗氧化能力和总酚及黄酮含量如表 1 所示。

表 1 86 种药食两用植物材料的总酚、黄酮含量及抗氧化能力
Table 1 Comparison of the content of total phenolic and flavonoid and antioxidant activity of 86 Chinese edible herbal materials

植物材料 Chinese herbal material	植物学名 Science name	总酚/(mg·g ⁻¹) Total phenolic	黄酮/ (mg·g ⁻¹) Flavonoid	总抗氧化能力/ (mmol·g ⁻¹) Ferric-reducing/ antioxidant power	DPPH 清除率/% Clear ratio
青果 <i>Fructus Canarii</i>	橄榄 <i>Canarium album</i> Raeusch.	280.46±1.70	130.29±6.85	15.853±0.259	97.11±0.10
丁香 <i>Flos Caryophylli</i>	丁香 <i>Eugenia caryophyllata</i> Thunb.	194.47±0.61	46.30±0.72	8.315±0.081	91.28±0.72
诃子肉 <i>Fructus Chebulae</i>	诃子 <i>Terminalia chebula</i> Retz.	114.24±1.08	30.04±0.27	4.413±0.067	96.31±0.38
丹参 <i>Radix Salviae Miltiorrhiza</i>	丹参 <i>Salvia miltiorrhiza</i> Bge.	99.76±1.02	318.75±7.64	2.761±0.018	95.28±0.19
红景天 <i>Radix Rhodiolae Crenulatae</i>	红景天 <i>Rhodiola roseal</i> . P. E.	96.66±1.35	95.16±7.19	2.385±0.021	94.83±0.67
花椒 <i>Fructus Zanthoxyli</i>	花椒 <i>Zanthoxylum bungea-</i> <i>num</i> Maxim.	90.50±1.50	157.67±5.74	3.318±0.101	93.46±0.24
金荞麦 <i>Rhizoma Fagopyri Cymosi</i>	金荞麦 <i>Fagopyrum dibotrys</i> (D. Don) Hara.	87.59±0.66	185.22±4.19	2.907±0.093	89.49±0.42
槐花 <i>Flos Sophorae</i>	槐 <i>Sophora japonica</i> L.	86.93 ± 1.51	80.35±2.12	2.571±0.157	85.19±0.28
牡丹皮 <i>Cortex Moutan</i>	牡丹 <i>Paeonia suffruticosa</i> Andr.	68.33±0.74	43.66±0.94	1.654±0.014	94.06±0.59
生何首乌 <i>Radix Polygoni Multiflori</i>	何首乌 <i>Polygonum multiflo-</i> <i>rum</i> Thunb.	62.73±0.87	99.79±2.30	2.772±0.136	86.31±0.57
八角茴香 <i>Fructus Amomi Stellati</i>	八角茴香 <i>Illicium verum</i> Hook. f.	53.89±0.82	52.63±0.72	2.685±0.043	89.59±0.09
香橼 <i>Fructus Citri</i>	枸橼 <i>Citrus medica</i> L.	46.22±1.01	16.45±0.70	0.593±0.014	22.83±0.60
砂仁 <i>Fructus Amomi</i>	阳春砂 <i>Amomum villosum</i> Lour.	46.02±1.12	100.87±5.59	2.858±0.049	86.36±0.40
金樱子 <i>Fructus Rosae Laevigatae</i>	金樱子 <i>Rosa laevigata</i> Michx.	45.02±0.76	66.88±1.16	2.251±0.255	94.88±0.41
肉豆蔻 <i>Semen Myristicae</i>	肉豆蔻 <i>Myristica fragrans</i> Houtt.	37.26±0.66	51.97±2.16	1.255±0.043	57.11±0.42
荔枝核 <i>Semen Litchi</i>	荔枝 <i>Litchi chinensis</i> Sonn.	35.20±0.82	37.46±0.41	0.930±0.049	81.35±0.72
金银花 <i>Flos Lonicerae</i>	忍冬 <i>Lonicera japonica</i> Thunb.	34.78±0.54	74.93±2.04	1.285±0.013	89.82±0.40
山楂 <i>Fructus Crataegi</i>	山里红 <i>Crataegus pinnatifida</i> Bge.	32.75±1.20	50.97±2.24	0.784±0.028	55.34±0.85
代代花 <i>Fructus Citri Aurantii Amarae</i>	代代 <i>Citrus aurantium</i> L. var. <i>amara</i> Engl.	32.63±0.71	20.54±0.32	0.787±0.011	86.58±0.63
高良姜 <i>Rhizoma Alpiniae Officinarum</i>	高良姜 <i>Alpinia officinarum</i> Hance.	31.45±0.18	46.76±0.41	0.642±0.028	70.25±0.72
桑叶 <i>Folium Mori</i>	桑 <i>Morus alba</i> L.	25.22±0.36	21.66±0.89	0.442±0.011	35.44±0.42
女贞子 <i>Fructus Ligustri Lucidi</i>	女贞 <i>Ligustrum lucidum</i> Ait.	24.09±1.08	42.19±1.10	2.248±0.019	46.98±0.31

续表 1 Contiuned the table 1

植物材料 Chinese herbal material	植物学名 Science name	总酚/(mg·g ⁻¹) Total phenolic	黄酮/ (mg·g ⁻¹) Flavonoid	总抗氧化能力/ (mmol·g ⁻¹) Ferric-reducing/ antioxidant power	DPPH 清除率/% Clear ratio
覆盆子 <i>Fructus Rubi</i>	覆盆子 <i>Rubus chingii</i> Hu.	23.94±0.47	10.99±0.84	0.237±0.003	26.14±0.80
陈皮 <i>Pericarpium Citri Reti-</i> <i>culatae</i>	橘 <i>Citrus reticulata</i> Blanco.	23.89±0.56	9.12±0.12	0.245±0.002	18.44±0.23
甘草 <i>Radix Glycyrrhizae</i>	甘草 <i>Glycyrriza Uralensis</i> Fisch.	23.65±0.65	18.51±0.28	0.872±0.008	27.20±1.78
马齿苋 <i>Herba Portulacae</i>	马齿苋 <i>Portulaca oleracea</i> L.	23.38±0.79	26.79±0.70	0.429±0.007	50.96±0.61
决明子 <i>Semen Cassiae</i>	决明 <i>Cassia obtusi folia</i> L.	22.60±0.42	47.41±2.17	0.348±0.002	55.42±0.84
胖大海 <i>Semen Scaphii Lychnophori</i>	胖大海 <i>Sterculia lychnophora</i> Hance.	22.51±0.15	39.64±0.57	0.554±0.009	58.31±0.79
菊花 <i>Flos Chrysanthemi</i>	菊 <i>Chrysanthemum morifoli-</i> <i>um</i> Ramat.	21.93±1.36	28.35±1.13	0.674±0.035	55.61±0.72
生姜 <i>Rhizoma Zingiberis Recens</i>	姜 <i>Zingiber officinale</i> Rosc.	21.24±0.09	26.21±0.34	0.806±0.008	45.26±0.58
泽兰 <i>Herba Lycopi</i>	地瓜儿苗 <i>Lycopus lucidus</i> Turcz. var. <i>hirtus</i> Regel.	20.91±0.38	45.41±0.16	2.470±0.019	47.93±0.57
木瓜 <i>Fructus Chaenomelis</i>	贴梗海棠 <i>Chaenomeles spe-</i> <i>ciosa</i> Nakai.	20.16±0.74	36.31±2.09	0.547±0.023	57.32±1.06
土茯苓 <i>Rhizoma Smilacis Glabrae</i>	光叶菝葜 <i>Smilax glabra</i> Roxb.	20.12±0.98	35.17±0.99	0.609±0.005	50.00±0.86
橘红 <i>Exocarpium Critri Rubrum</i>	橘 <i>Citrus reticulata</i> Blanco.	18.41±1.47	6.67±0.21	0.020±0.000	12.82±0.70
白芨 <i>Rhizoma Bletillae</i>	白芨 <i>Bletilla striata</i> (Thunb.) Reichb. f.	18.12±0.82	5.54±0.21	0.126±0.001	17.61±0.76
榧子 <i>Semen Torreyaee</i>	榧 <i>Torreya grandis</i> Fort.	17.73±0.53	2.25±0.16	0.054±0.000	9.11±0.42
黑胡椒 <i>Piper nigrum</i>	胡椒 <i>Piper nigrum</i> L.	17.16±0.11	23.57±0.53	0.458±0.025	37.72±1.47
小蓟 <i>Herba Cephalanoploris</i>	刺儿菜 <i>Cirsium setosum</i> (Willd.) MB.	16.85±0.41	26.91±0.50	1.199±0.028	39.12±0.60
益智仁 <i>Fructus Alpiniae Oxyphyllae</i>	益智 <i>Alpinia oxyphylla</i> Miq.	16.61±0.80	9.43±0.32	0.162±0.001	17.22±1.12
大枣 <i>Fructus Jujubae</i>	枣 <i>Ziziphus jujuba</i> Mill.	15.98±0.06	6.25±0.18	0.178±0.001	13.81±0.91
枳椇子 <i>Semen Hoveniae</i>	枳椇 <i>Hovenia dulcis</i> Thunb.	15.66±0.74	3.96±0.24	0.253±0.002	27.62±0.44
黄精 <i>Rhizoma Polygonati</i>	黄精 <i>Polygona tum sibiricum</i> Red.	15.52±0.26	6.69±0.16	0.174±0.007	16.41±1.06
山茱萸 <i>Fructus Corni</i>	山茱萸 <i>Cornus officinalis</i> Sieb. et Zucc.	14.33±0.50	6.43±0.21	0.720±0.030	59.52±1.17
沙苑子 <i>Semen Astragali Complanati</i>	黄芪 <i>Astragalus complanatus</i> R. Br.	14.27±0.57	12.40±0.07	0.744±0.087	26.98±0.47
梔子 <i>Fructus Gardeniae</i>	梔子 <i>Gardenia jasminoides</i> Ellis.	13.77±0.05	35.74±1.28	0.574±0.007	60.28±1.03
葛根 <i>Radix Puerariae</i>	野葛 <i>Pueraria thomsonii</i> Benth.	13.72±0.65	2.66±0.05	0.033±0.000	6.09±0.44
薄荷 <i>Herba Menthae</i>	薄荷 <i>Mentha haplocalyx</i> Briq.	13.17±0.04	27.05±0.07	0.415±0.006	46.82±0.56
鱼腥草 <i>Herba Houttuyniae</i>	蕺菜 <i>Houttuynia cordata</i> Thunb.	12.77±0.46	12.97±1.04	0.188±0.003	22.55±0.50
枸杞子 <i>Fructus Lycii</i>	宁夏枸杞 <i>Lycium barbarum</i> L.	12.53±0.62	3.51±0.05	0.207±0.002	8.19±0.41
白芷 <i>Radix Angelicae Dahuricae</i>	白芷 <i>Angelica dahurica</i> (Fisch. ex Hoffm.) Benth. et Hook. f.	12.06±0.28	1.68±0.07	0.094±0.001	16.22±0.33
蒲公英 <i>Herba Taraxaci</i>	蒲公英 <i>Taraxacum mongoli-</i> <i>cum</i> Hand.	11.52±0.89	24.26±1.77	0.247±0.002	69.20±0.46
紫苏叶 <i>Folium Perillae</i>	紫苏 <i>Perilla frutescens</i> (L.) Britt.	11.30±0.16	17.76±0.48	1.113±0.008	20.45±3.30
玉竹 <i>Rhizoma Polygonati Odorati</i>	玉竹 <i>Polygonatum odoratum</i> Druce.	11.14±0.79	1.25±0.05	0.030±0.000	2.11±0.51
乌梅 <i>Fructus Mume</i>	梅 <i>Prunus mume</i> Sieb. et Zucc.	11.08±0.19	14.98±0.47	0.649±0.013	19.68±0.76
罗汉果 <i>Fructus Momordicae</i>	罗汉果 <i>Momordica grosveno-</i> <i>ri</i> Swingle.	11.06±0.52	0.81±0.05	0.174±0.001	14.49±0.26

续表 1 Contiuned the table 1

植物材料 Chinese herbal material	植物学名 Science name	总酚/(mg·g ⁻¹) Total phenolic	黄酮/ (mg·g ⁻¹) Flavonoid	总抗氧化能力/ (mmol·g ⁻¹) Ferric-reducing/ antioxidant power	DPPH 清除率/% Clear ratio
芦根 <i>Rhizoma Phragmitis</i>	芦苇 <i>Phragmites communis</i> Trin.	10.22±0.18	4.91±0.20	0.142±0.001	12.36±0.67
远志 <i>Radix Polygalae</i>	远志 <i>Polygala tenuifolia</i> Willd.	10.18±0.27	6.75±0.12	0.214±0.001	18.10±0.58
酸枣仁 <i>Semen Ziziphi Spinosae</i>	酸枣 <i>Ziziphus jujuba</i> Mill. var. <i>spinosa</i> (Bunge) Huex H.	9.55±0.29	2.75±0.16	0.098±0.001	10.11±0.48
香薷 <i>Herba Moslae</i>	香薷 <i>Mosla chinensis</i> Maxim.	9.44±0.05	11.53±0.07	0.160±0.000	22.35±0.54
薤白 <i>Bulbus Allii Macrostemi</i>	小根蒜 <i>Allium macrostemon</i> Bge.	8.72±0.87	1.85±0.05	0.026±0.000	11.09±0.58
荷叶 <i>Semen Nelumbinis</i>	莲 <i>Nelumbo nuci-fera</i> Gaertn.	8.66±0.36	12.55±0.64	0.123±0.001	17.71±0.62
薏苡仁 <i>Semen Coicis</i>	薏苡 <i>Coix lacryma-jobi</i> L. var. <i>mayuen</i> Stapf.	8.45±0.47	3.15±0.14	0.019±0.000	1.86±0.58
白茅根 <i>Rhizoma Imperatae</i>	白茅 <i>Imperata cylindrica</i> Beauv.	7.67±0.03	6.84±0.20	0.181±0.001	12.26±1.81
小茴香 <i>Fructus Foeniculi</i>	茴香 <i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	7.54±0.05	7.06±0.19	0.151±0.002	13.38±0.49
蒲黄 <i>Pollen Typhae Caudaline</i>	香蒲 <i>Typha angustifolia</i> L.	7.46±0.16	6.50±0.40	0.118±0.001	9.02±0.25
莲子 <i>Semen Nelumbinis</i>	莲 <i>Nelumbo nuci-fera</i> Gaertn.	7.26±0.12	0.89±0.08	0.010±0.000	3.72±0.10
桑椹 <i>Fructus Mori</i>	桑 <i>Morus alba</i> L.	5.97±0.58	4.04±0.07	0.150±0.001	13.31±0.25
佛手 <i>Fructus Citri Sarcodac-tylis</i>	佛手 <i>Citrus medica</i> L. var <i>sarcodactylis</i> Swingle.	5.86±0.09	1.89±0.04	0.045±0.001	9.73±0.85
百合 <i>Bulbus Lilii</i>	百合 <i>Lilium pumilum</i> DC.	5.67±0.40	12.23±1.33	0.027±0.000	8.06±0.82
藿香 <i>Herba Agastaches</i>	藿香 <i>Agastache rugosa</i> (Fisch. et Mey.) O. Ktze.	5.35±0.04	14.04±0.24	0.168±0.002	20.90±0.58
赤小豆 <i>Semen Phaseoli</i>	赤小豆 <i>Phaseolus calcaratus</i> Roxb.	5.05±0.08	5.38±0.15	0.087±0.001	9.33±0.24
龙眼肉 <i>Arillus Longan</i>	龙眼 <i>Dimocarpus longgana</i> Lour.	4.67±0.17	1.15±0.10	0.085±0.000	9.87±0.60
淡豆豉 <i>Semen Sojae Preparatum</i>	大豆 <i>Glycine max</i> (L.) Merr.	4.01±0.22	1.96±0.10	0.085±0.002	7.36±1.37
白扁豆 <i>Semen Lablab Album</i>	扁豆 <i>Dolichos lablab</i> L.	3.87±0.24	2.27±0.09	0.132±0.056	3.57±0.41
山药 <i>Rhizoma Dioscoreae</i>	薯蓣 <i>Dioscorea opposita</i> Thunb.	3.49±0.36	3.30±0.05	0.089±0.043	32.00±0.32
巴戟天 <i>Radix Morindae Officinalis</i>	巴戟天 <i>Morinda officinalis</i> How.	2.87±0.25	2.76±0.51	0.011±0.000	2.97±0.88
淡竹叶 <i>Herba Lophatheri</i>	淡竹叶 <i>Lophatherum gracile</i> Brongn.	2.75±0.01	1.51±0.11	0.064±0.001	6.02±0.33
芡实 <i>Semen Euryales</i>	芡 <i>Euryale ferox</i> Salisb.	2.61±0.04	1.39±0.08	0.038±0.000	6.90±0.62
郁李仁 <i>Semen Pruni</i>	郁李 <i>Prunus japonica</i> Thunb.	2.43±0.01	2.17±0.01	0.020±0.000	7.35±0.18
白果 <i>Ginkgo biloba</i> L.	银杏 <i>Ginkgo biloba</i> L.	2.08±0.05	0.62±0.02	0.019±0.000	7.19±0.99
麦芽 <i>Fructus Hordei Germinatus</i>	大麦 <i>Hordeum vulgare</i> L.	1.58±0.01	0.50±0.04	0.049±0.002	5.74 ± 1.35
苦杏仁 <i>Semen Armeniaceae Amarum</i>	山杏 <i>Prunus sibirica</i> L.	1.34±0.06	0.90±0.04	0.011±0.000	5.37±0.35
莱菔子 <i>Semen Raphani</i>	萝卜 <i>Raphanus sativus</i> L.	1.32±0.12	0.89±0.08	0.010±0.000	0.72±0.10
桃仁 <i>Semen Persicae</i>	桃 <i>Prunus persica</i> (L.) Batsch.	1.32±0.02	0.92±0.02	0.010±0.000	4.05 ± 0.32
桔梗 <i>Radix Platycodi</i>	桔梗 <i>Platycodon grandiflo- rum</i> (Jacq.)A.DC.	1.13±0.06	0.95±0.03	0.025±0.000	7.90±0.80
火麻仁 <i>Fructus Cannabis</i>	大麻 <i>Cannabis sativa</i> L.	0.57±0.00	0.00±0.00	0.010±0.001	1.28±0.82

2.1 86 种药食两用植物提取液的总抗氧化能力

86 种植物材料的总抗氧化能力测定采用 FRAP 法。FRAP 法具有试验操作简单、快速、不需要昂贵仪器的优点,且试验结果具有很好的重复性,适合用于不同样品间的横向比较^[15]。其原理是抗

氧化物质能将 Fe³⁺ 还原为 Fe²⁺,Fe²⁺ 与三吡啉三吡嗪(TPTZ)结合生成蓝色络合物,在 593 nm 处有最大光吸收。吸光值越大,FRAP 值也越大,样品具有的抗氧化活性越高。表 1 显示,被测试样品的 FRAP 值为 0.010~15.853 mmol/g,表明 86 种药

食两用植物材料的总抗氧化能力具有很大差异。其中,青果、丁香、诃子肉、金樱子、花椒、金荞麦、砂仁、生何首乌、丹参、八角茴香、槐花、泽兰、红景天和女贞子等 14 种药食两用植物提取物的 FRAP 值 >2 mmol/g,显示出非常强的抗氧化能力;牡丹皮、金银花、肉豆蔻、小蓟和紫苏叶 5 种药食两用植物提取物的 FRAP 值 >1 mmol/g,也具有较强的抗氧化能力,是优良的可食用抗氧化植物资源。

2.2 86 种药食两用植物提取液对 DPPH 自由基的清除作用

DPPH 自由基是一种稳定的紫色有机自由基,在 517 nm 处有强吸收,近年来被广泛用于测定各种样品清除自由基的能力。由表 1 可知,所选的药食两用植物材料都有一定清除 DPPH 自由基的能力。其中,青果、诃子肉、丹参、金樱子、红景天、牡丹皮、

花椒、丁香、金银花、八角茴香、金荞麦、代代花、砂仁、生何首乌和槐花等 15 种药食两用植物提取物对 DPPH 自由基的清除率均达到 85% 以上,显示出较强的清除自由基活性。通过进一步测试,这 15 中植物材料对 DPPH 自由基的半数清除浓度(IC_{50} 值)如图 1 所示。从图 1 可知,这 15 种药食两用植物的 IC_{50} 值均低于人工合成抗氧化剂二叔丁基对甲酚 BHT(IC_{50} 为 $0.76\text{ }\mu\text{g}/\mu\text{g}$);除诃子肉和青果外,其他 13 种药食两用植物提取液的 IC_{50} 值均高于 Vc (IC_{50} 为 $0.104\text{ }\mu\text{g}/\mu\text{g}$)和人工合成抗氧化剂叔丁基对苯二酚 TBHQ(IC_{50} 为 $0.106\text{ }\mu\text{g}/\mu\text{g}$)。在 15 种药食两用植物中,诃子肉和青果的 IC_{50} 值均较低,分别为 0.078 和 $0.102\text{ }\mu\text{g}/\mu\text{g}$,表明其具有较强的 DPPH 自由基清除能力。

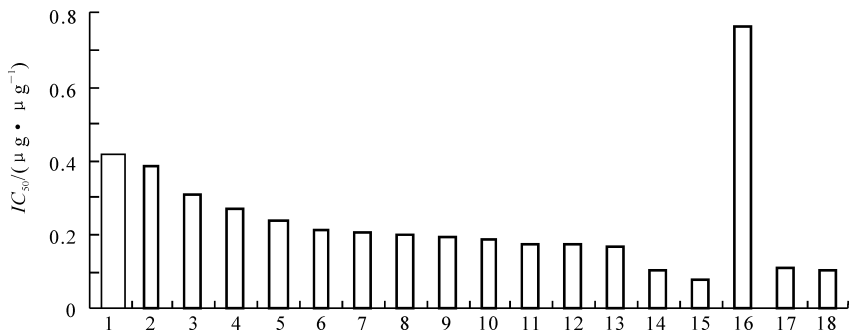


图 1 15 种药食两用植物材料清除 DPPH 自由基的 IC_{50} 值
1. 丹参;2. 槐花;3. 金荞麦;4. 八角茴香;5. 花椒;6. 金樱子;7. 代代花;8. 生何首乌;9. 牡丹皮;10. 砂仁;
11. 红景天;12. 金银花;13. 丁香;14. 青果;15. 诃子肉;16. BHT;17. TBHQ;18. Vc

Fig. 1 IC_{50} value of 15 plant materials in DPPH assay

1. *Radix Salviae Miltiorrhiza*; 2. *Flos Sophorae*; 3. *Rhizoma Fagopyri Cymosi*; 4. *Fructus Anisi Stellati*; 5. *Fructus Zanthoxyli*; 6. *Fructus Roseae Laevigatae*; 7. *Fructus Citri Aurantii Amarae*; 8. *Radix Polygoni Multiflori*; 9. *Cortex Moutan*; 10. *Fructus Amomi*;
11. *Radix Rhodiolae Crenulatae*; 12. *Flos Lonicerae*; 13. *Flos Caryophylli*; 14. *Fructus Canarii*;
15. *Fructus Chebulae*; 16. BHT; 17. TBHQ; 18. Vc

2.3 86 种药食两用植物提取液的总酚含量

植物酚类化合物是近年来植物化学研究的热点之一,其酚羟基结构对活性氧等自由基具有很强的捕捉能力,在抗诱变、抗肿瘤、抗病毒、抗微生物、抗衰老等方面具有良好的生理活性。从表 1 可以看出,各植物样品提取液总酚含量变化很大,为 $0.57\sim 280.46\text{ mg/g}$,其中青果(280.46 mg/g)、丁香(194.47 mg/g)、诃子肉(114.24 mg/g)、丹参(99.76 mg/g)、红景天(96.66 mg/g)、花椒(90.50 mg/g)、金荞麦(87.59 mg/g)和槐花(86.93 mg/g)等 8 种药食两用植物材料的总酚含量均高于 85 mg/g ;牡丹皮、生何首乌、八角茴香、香橼、砂仁、金

樱子、肉豆蔻、荔枝核、金银花、山楂、代代花、高良姜等 12 种药食两用植物材料的总酚含量也较高,均大于 30 mg/g ,说明以上 20 种植物是天然的、安全的、可食用植物多酚的良好资源。

2.4 86 种药食两用植物提取液的黄酮含量

黄酮类化合物是一类在植物界广泛分布的酚性组分,其数量列为天然酚类化合物之首,具有广泛的生物学活性,最为重要的是它能减少自由基形成和清除自由基的抗氧化活性。表 1 表明,同多酚一样,所测的 86 种药食两用植物材料的黄酮含量差异也很大,在 $0.00\sim 318.75\text{ mg/g}$ 。根据黄酮含量大小,将所测药食两用植物分为高、中、低 3 个组别:高

含量组(黄酮含量在 318.75~80.00 mg/g)有 8 种,包括丹参、金荞麦、花椒、青果、砂仁、生何首乌、红景天和槐花;中含量组(黄酮含量在 75.00~20.00 mg/g)包括金银花、金樱子、八角茴香、肉豆蔻、决明子等 26 种植物材料;其他 52 种材料归为低含量组,黄酮含量小于 20.00 mg/g。

2.5 86 种药食两用植物提取液抗氧化能力与总酚、黄酮含量的相关性

比较所涉及植物材料的总酚含量与其总抗氧化

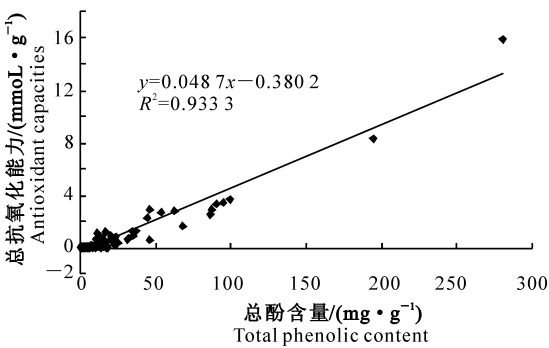


图 2 86 种药食两用植物材料总抗氧化能力与其总酚含量的相关性

Fig. 2 Linear correlation of antioxidant capacities with phenolic content of 86 plant materials

3 结论与讨论

本研究所选的 86 种药食两用植物材料中,青果、丁香、诃子肉、丹参、红景天、花椒、金荞麦、槐花等 8 种植物材料含有丰富的酚性化合物(总酚含量>85 mg/g,黄酮含量>30 mg/g),是药食两用植物资源中酚性物质的重要来源。同时,结合抗氧化能力的分析结果,这 8 种药食两用植物材料也表现出强的抗氧化和清除自由基活性,其清除 DPPH 自由基的能力均大于人工合成的抗氧化剂 BHT,具备进一步开发为抗氧化功能食品的价值和潜力。在这 8 种植物材料中,最为突出的是青果和诃子肉,这 2 种植物材料不仅总酚含量最高,且表现出更强的清除自由基能力(较低的 IC_{50} 值),其清除 DPPH 的能力甚至强于 Vc 和人工合成的抗氧化剂 TBHQ,是难得的可食用抗氧化天然资源。

目前,有关药食两用植物资源的抗氧化活性研究尚不充分。在以上 8 种植物材料中,除丹参^[17]、红景天^[18]和诃子肉^[19]有数篇文章报道其抗氧化活性外,对花椒^[20]、丁香^[21]和槐花^[22]的抗氧化研究少有报道,而对于青果和金荞麦尚未见其抗氧化功能方面的报道。因此,有必要对这几种植物材料的抗

能力(FRAP 值)之间的关系,结果如图 2 所示。从图 2 可以看出,86 种药食两用植物的 FRAP 值与其总酚含量之间具有显著的正相关性, $R^2 = 0.9333$,提示总酚是这些植物材料抗氧化能力的物质基础,这与 Katalinic 等^[16]的报道一致。同时,分析其 FRAP 值与黄酮含量的关系,结果表明二者的相关性较低($R^2 = 0.2706$)(图 3)。说明在筛选抗氧化植物资源时,可将总酚含量作为一个初步的判断依据,对植物材料的抗氧化能力进行初步筛选。

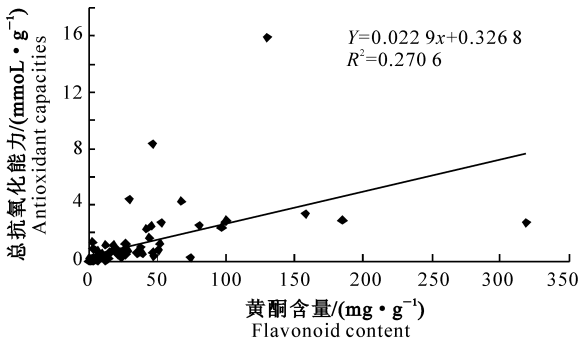


图 3 86 种药食两用植物材料总抗氧化能力与其黄酮含量的相关性

Fig. 3 Linear correlation of antioxidant capacities with flavonoid content of 86 plant materials

氧化活性进行更为全面的测试,分析这些植物材料中酚性化合物的种类及其含量,进行相关的功能评价分析,得出各自的功能因子,为后续抗氧化功能性食品的开发提供客观的试验依据。

[参考文献]

[1] Hyun D H, Hernandez J O, Mattson M P, et al. The plasma membrane redox system in aging [J]. Ageing Research Reviews, 2006, 5: 209-220.

[2] Valko M, Leibfritz D, Moncol J, et al. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease [J]. The International Journal of Biochemistry & Cell Biology, 2007, 39: 44-84.

[3] Weisburger J H. Antimutagenesis and anticarcinogenesis, from the past to the future [J]. Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis, 2001 (480/481): 23-35.

[4] Kong Q, Lillehei K O. Antioxidant inhibitors for cancer therapy [J]. Medical Hypotheses, 1998, 51: 405-409.

[5] Kaliora A C, Dedoussis G V Z, Schmidt H. Dietary antioxidants in preventing atherosclerosis [J]. Atherosclerosis, 2006, 187: 1-17.

[6] Pryor W A. Vitamin E and heart disease: basic science to clinical intervention trials [J]. Free Rad Biol Med, 2000, 28: 141-164.

- [7] Osawa T. Protective role of dietary polyphenols in oxidative stress [J]. *Mech Age Dev*, 1999, 111: 133-139.
- [8] Wong C C, Li H B, Cheng K W, et al. A systematic survey of antioxidant activity of 30 Chinese medicinal plants using the ferric reducing antioxidant power assay [J]. *Food Chem*, 2005, 97: 705-711.
- [9] Cai Y Z, Luo Q, Sun M, et al. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer [J]. *Life Science*, 2004, 74: 2157-2184.
- [10] Benzie I F F, Strain J J. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a measure of "Antioxidant Power": The FRAP assay [J]. *Analytical Biochemistry*, 1996, 239: 70-76.
- [11] Chen Y, Wang M F, Rosen R T, et al. 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical-scavenging active components from *Polygonum multiflorum* Thunb [J]. *J Agric Food Chem*, 1999, 47: 2226-2228.
- [12] Maisuthisakul P, Suttajit M, Pongsawatmanit R. Assessment of phenolic content and free radical-scavenging capacity of some Thai indigenous plants [J]. *Food Chemistry*, 2007, 100: 1409-1418.
- [13] Singleton V L, Rossi J A J. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphtungstic acid reagents [J]. *Am J Enol Vitic*, 1965, 16: 144-158.
- [14] Jia Z, Tang M, Wu J. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals [J]. *Food Chem*, 1999, 64: 555-559.
- [15] Prior R L, Wu X L, Scaich K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements [J]. *J Agric Food Chem*, 2005, 53: 4290-4302.
- [16] Katalinic V, Milos M, Kulisic T, et al. Screening of 70 medicinal plant extracts for antioxidant capacity and total phenols [J]. *Food Chem*, 2006, 94: 550-557.
- [17] 孙利芹, 姜爱莉, 林 剑. 丹参抗氧化成分的提取及其活性研究 [J]. *中国油脂*, 2004, 29(4): 53-55.
- Sun L Q, Jiang A L, Lin J. Extraction and activity of antioxidant components from *Salvia miltiorhiza* Bung [J]. *China Oils and Fats*, 2004, 29(4): 53-55. (in Chinese)
- [18] 张 彧, 高 云, 付 荣, 等. 中药红景天提取物抗氧化活性的研究 [J]. *食品科学*, 2004, 25(10): 315-318.
- Zhang Y, Gao Y, Fu R, et al. Study on the antioxidant activity of the Chinese Herb *Rhodiola Sachalinensis* A. Bor extract [J]. *Food Science*, 2004, 25(10): 315-318. (in Chinese)
- [19] 杨怀霞, 马庆一, 杨林莎. 茶叶及诃子等植物提取物的抗氧化作用 [J]. *郑州大学学报: 医学版*, 2003, 38(3): 413-415.
- Yang H X, Ma Q Y, Yang L S. Study on antioxidative effects of the extracts of tea, myrobalan and some other plants [J]. *Journal of Zhengzhou University: Medical Sciences*, 2003, 38(3): 413-415. (in Chinese)
- [20] 豆海港, 陈文学, 仇厚援, 等. 花椒提取物抗氧化作用研究 [J]. *食品研究与开发*, 2006, 27(7): 14-16.
- Dou H G, Chen W X, Qiu H Y, et al. Research of pricklyash pee exiract on antioxidant properties [J]. *Food Research and Development*, 2006, 27(7): 14-16. (in Chinese)
- [21] 陈文学, 豆海港, 仇厚援. 丁香提取物抗氧化研究 [J]. *食品研究与开发*, 2006, 27(1): 149-152.
- Chen W X, Dou H G, Qiu H Y. Research of clove exiract on antioxidant properties [J]. *Food Research and Development*, 2006, 27(1): 149-152. (in Chinese)
- [22] 马利华, 贺菊萍, 秦卫东, 等. 槐花提取物抗氧化性能研究 [J]. *食品科学*, 2007, 28(9): 75-77.
- Ma L H, He J P, Qin W D, et al. Study on antioxidant activities of pogadatree flower (*Robinia pseudocacia* L.) extracts [J]. *Food Science*, 2007, 28(9): 75-77. (in Chinese)