

苹婆种子营养及抗氧化活性

任惠¹, 周婧², 李一伟¹, 韦持章², 陆玉英¹, 卢艳春², 罗瑞鸿^{1*}

(1. 广西农业科学院园艺研究所, 广西南宁 530007; 2. 广西南亚热带农业科学研究所, 广西龙州 532415)

摘要:介绍了一种原产华南、种子可食的木本植物——苹婆的生物学特性,并以广西苹婆(*Sterculia nobilis* Smith)种子为材料,对其营养成分进行了测定。通过测定其多酚提取物的还原力和金属螯合力,以及对1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)自由基、羟自由基和超氧阴离子自由基的清除能力,探讨了苹婆种子的抗氧化活性。结果显示:苹婆种子营养丰富,含有18种氨基酸,富含酚类物质。其中,淀粉含量60.42 g/100 g FW、蛋白质20.32 g/100 g FW、脂肪2.18 g/100 g FW、氨基酸2.36 g/100 g FW、铁136.86 mg/g FW、维生素C 7225 µg/100 g FW;总酚含量为401.84 µg/mL 没食子酸。苹婆种子多酚提取物有较强的还原力,金属螯合力,以及DPPH自由基、羟自由基和超氧阴离子自由基清除能力,在0~50 µg/mL 浓度范围,苹婆抗氧化能力与抗坏血酸或乙二胺四乙酸(EDTA)相当。苹婆种子营养全面,具有较强的抗氧化能力,苹婆是很有潜力的功能食品来源植物。

关键词: 苹婆; 营养成分; 抗氧化能力

中图分类号: Q949.91

文献标识码: A

文章编号: 2095-0837(2013)02-0203-06

Study on Nutrition and Antioxidant Activities of *Sterculia nobilis* Smith Seeds

REN Hui¹, ZHOU Jing², LI Yi-Wei¹, WEI Chi-Zhang², LU Yu-Ying¹,
LU Yan-Chun², LUO Rui-Hong^{1*}

(1. Horticultural Research Institute of Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning, Guangxi 530007, China

2. South Subtropical Crops Research Institute of Guangxi, Longzhou, Guangxi 532415, China)

Abstract: Biological characters of *Sterculia nobilis* Smith were briefly introduced as a native woody plant with edible seeds in South China. Nutritional compositions of the seeds from Guangxi were measured. The antioxidant activities were determined by evaluating reducing power, metal chelating capacity, 1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical-scavenging activity, hydroxyl radical-scavenging activity, and superoxide anion-scavenging activity of polyphenols extraction from the seeds. The results showed that *S. nobilis* Smith seeds were nutritious, contained eighteen amino acids and abundant polyphenols. The content of starch was 60.42 g/100 g FW, protein was 20.32 g/100 g FW, fat was 2.18 g/100 g FW, amino acids were 2.36 g/100 g FW, Fe was 136.86 mg/100 g FW, vitamin C was 7225 µg/100 g FW, and total phenols were 401.84 µg/mL gallic acid. Polyphenols extraction of *S. nobilis* Smith seeds expressed rather strong reducing power, metal chelating capacity, DPPH radical-scavenging activity, hydroxyl radical-scavenging activity and superoxide anion-scavenging activity. In the content range of 0–50 µg/mL gallic acid, *S. nobilis* Smith seeds expressed nearly the same antioxidant activity to that of ascorbic acid and EDTA. Thus, *S. nobilis* is a potential functional food resource plant due to its comprehensive nutrition and high antioxidant activities.

收稿日期: 2012-03-21, 修回日期: 2012-10-10。

基金项目: 广西科技计划项目(桂科攻1010006-5); 广西农业科学院科技发展基金项目[201036(基)]。

作者简介: 任惠(1978–), 女, 学士, 助理研究员, 研究方向为果树学(E-mail: renhui0988@163.com)。

* 通讯作者(Author for correspondence. E-mail: luoruihong@gxaas.net)。

Key words: *Sterculia nobilis* Smith; Nutritional compositions; Antioxidant activities

苹婆(*Sterculia nobilis* Smith) 属梧桐科(*Sterculiaceae*) 苹婆属(*Sterculia* L.) 植物, 别名: 频婆、凤眼果、九层皮、鸡冠果、七姐果、潘安果、富贵子, 闽南旧称枇杷果。

苹婆原产华南, 喜强光、高热、高湿度, 在东南亚、南亚各国多有分布, 已有 1000 年栽培历史。苹婆果肉可入药, 与蜜枣、陈皮共煎可治血痢; 种仁可食, 宜粮宜菜, 味与板栗、菠萝蜜种仁相似, 略有香甜味, 在中医验方上有温胃、健脾、止泻、杀虫、明目等功效, 广东、广西民间用于做糕点、米粽等特色食品原料, 或直接煲汤、作烹调配菜。苹婆树干可作木材、建材。树皮含纤维 36%, 可制绳索或织麻袋, 也可作造纸原料^[1-4]。苹婆植株长势旺盛、生长迅速, 叶多而形大, 枝繁叶茂, 四季常绿, 也被广泛用做庭院风景树、城市街道绿化树。

目前, 国内对苹婆的研究不多, 在植物学、植物资源与生态地理学研究方面对该树种有所提及, 在开发利用方面, 多集中于园林绿化用途上。实际上, 广西、广东民间对苹婆的药用、食用, 特别是用于民间特色食品制作由来已久。但苹婆的营养成分、对人体健康的潜在价值等方面的研究尚未见报道。本研究主要对广西崇左市大新县、贵港市平南县等多点采集的苹婆种子的营养成分进行分析, 提取苹婆种子酚类物质并对其抗氧化活性进行测定, 以期评估苹婆的营养及对人体的保健价值、进一步开发利用提供数据支持。

1 材料与方法

1.1 材料的生物学特性及来源

苹婆(*Sterculia nobilis* Smith) 为常绿乔木, 植株高达 20 m; 树冠圆头形, 冠幕直径达 6 m。叶纸质, 椭圆形, 长 8~25 cm, 宽 5~15 cm。疏散圆锥花序(图 1:A,B), 花小而多, 白或淡粉红色, 倒垂, 花萼钟形, 直径约 10 mm, 花期 4~5 月。果实蓇葖革质, 卵形, 长 4~8 cm, 宽 2.5~3.5 cm, 6~8 月成熟, 熟时红色, 被短绒毛(图 1:C)。种子 1~5 枚, 单粒重达 30 g; 种皮暗栗色或暗黑色(图 1:C)。根系发达, 深可超过 3 m, 水平分布 7 m。

苹婆材料来源于广西壮族自治区贵港市平南县和崇左市大新县, 挑选新鲜无病虫的苹婆种子, 去皮后保存于 -18℃ 冰箱中。

1.2 试剂和仪器

试剂: 硝基四氮唑蓝(nitroblue tetrazolium chloride, NBT); 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical 2, 2-diphenyl-1(2,4,6-trinitrophenyl) hydrazyl, DPPH)、氯化-2,3,5-三苯基四氮唑(2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride, TPTZ)、没食子酸均为 Sigma 试剂; 抗坏血酸(ascorbic acid)、乙二胺四乙酸(ethylenediaminetetraacetic acid, EDTA)等其他化学药品和试剂均为国产分析纯试剂。

仪器: 高效液相色谱仪 HPLC2695 (Waters,

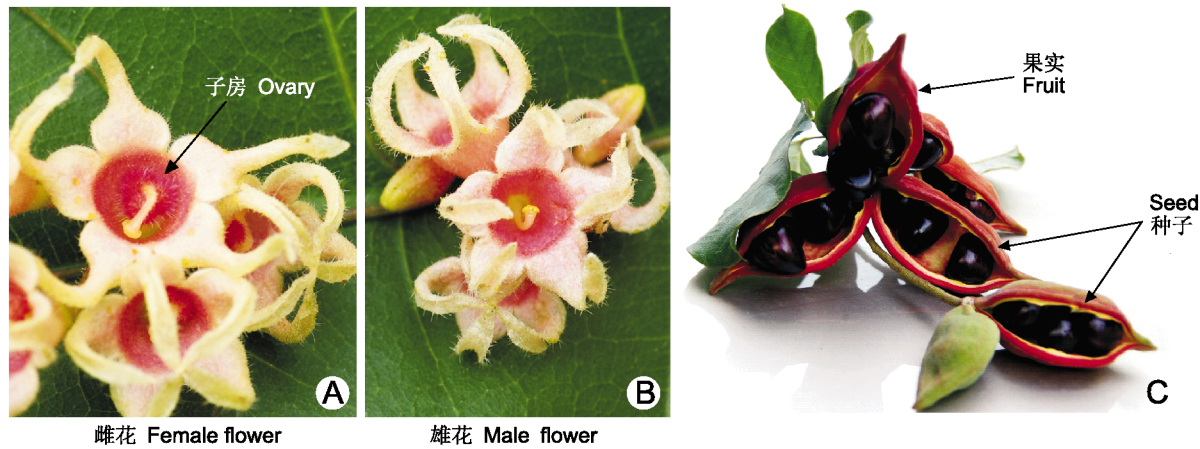


图 1 苹婆花、果实与种子
Fig. 1 Inflorescence, fruit and seed of *Sterculia nobilis* Smith

USA),阿贝折射仪 2WAJ(中国上海),原子吸收分光光度计 AA6800(Shimadzu,Japan),氨基酸自动分析仪 L-800(Hitachi,Japan),UV-1700 紫外分光光度计(Shimadzu,Japan)。

1.3 方法

1.3.1 营养成分测定

苹婆种子可溶性固形物、脂肪、淀粉、粗蛋白、灰分、水分含量,以及微量元素 Cu、Zn、Fe、Mn、Mg、Ca 含量委托广西农业科学院农业资源与环境研究所化验分析室测定,可溶性固形物:阿贝折射仪法;粗脂肪:GB5512-85;淀粉:GB/T5009.9-2003;粗蛋白: $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-K}_2\text{SO}_4\text{-CuSO}_4$ 消煮法;全镁、铜、锌、铁、钙、锰:灰化-盐酸溶解-原子吸收光谱法;粗灰分:干灰化法;水分:常压恒温干燥法。维生素 A、B₂、C、D、E 及氨基酸含量委托广西壮族自治区分析测试研究中心测定:GB/T 5009.82-2003《食物中维生素 A 和维生素 E 的测定》、GB/T 5009.85-2003《食物中核黄素(维生素 B₂)的测定》、GB/T 15038-2006《葡萄酒、果酒通用分析方法》、GB/T 5009.124-2003《食物中氨基酸的测定》。

1.3.2 多酚的提取及总酚含量测定

苹婆种子多酚的提取采用 Zhang 等的方法^[5]并加以改良。称取苹婆种子 50 g,磨碎,于 100 mL 混合提取液(甲醇、丙酮和水的体积比为:3.5:3.5:3,并含有 1%的甲酸)中提取 30 min,提取 2 次,用 2 层纱布过滤,7000 g 离心 15 min,收集上清液,40℃真空旋转蒸发除去甲醇和丙酮。然后加两倍体积的石油醚除去脂溶性色素,重复 2 次,所得液体在 35℃下真空旋转干燥,残留物溶于 10 mL 乙醇,成多酚乙醇溶液。

总酚含量采用福林-酚法测定,采用 Singleton 等的方法^[6]。取 1 mL 多酚乙醇溶液,用提取多酚时的提取液稀释 10 倍,加 1 mL 福林-酚试剂,静置 3 min 后加入 75 g/L 的碳酸钠溶液 3 mL,混合后放置 2 h,用 0.45 μm 过滤器过滤,滤液于紫外分光光度计 760 nm 处比色。样品总酚含量以 μg/mL 没食子酸含量表示。

1.3.3 DPPH 自由基清除活力测定

DPPH 自由基清除活力采用 Sun 等的方法^[7]加以改良来测定。分别取浓度为 0(对照)、25、

50、100、250、500、1000 μg/mL 的多酚乙醇溶液 0.5 mL,各加入 0.2 mmol/L 的 DPPH 乙醇溶液 2.5 mL,室温下置黑暗处 30 min 后于紫外分光光度计 517 nm 处比色。以抗坏血酸作为阳性对照。DPPH 自由基清除力(%) = $100 - [(A - B)/A_0] \times 100$,其中 A 为样品吸光度,B 为空白吸光度,A₀ 为对照吸光度。按 Senevirathne 等的方法^[8]计算半抑制浓度(清除 50% 自由基时的多酚乙醇溶液浓度,IC₅₀)。

1.3.4 还原力测定

还原力测定采用 Benzie 等的方法^[9]。取 3 mL 反应液(含 300 mmol/L pH 3.6 的醋酸缓冲液、10 mmol/L 的 TPTZ 溶液和 20 mmol/L 的六水氯化铁),水浴加热到 37℃时于紫外分光光度计 593 nm 处比色,此为空白读数,然后加入浓度为 0~1000 μg/mL(分别做多个浓度梯度)的多酚乙醇溶液 0.1 mL,37℃水浴反应 40 min 后于紫外分光光度计 593 nm 处比色。用已知浓度的亚铁离子(0~1000 μmol/L)做标准曲线,样品读数与空白读数之差在标准曲线上的计数,即为还原力大小。

1.3.5 金属螯合力测定

金属螯合能力的测定采用 Dinis 等的方法^[10]并进行适当改良。分别取浓度为 0(对照)、25、50、100、250、500、1000 μg/mL 的多酚乙醇溶液 1 mL,各加入蒸馏水 2.8 mL、2 mmol/L 氯化亚铁溶液 0.05 mL 和 5 mmol/L 菲咯啉 0.15 mL,混合物 120 g 离心 20 min 后于紫外分光光度计 562 nm 处比色。金属螯合能力(%) = $(1 - \text{样品吸光度}/\text{对照吸光度}) \times 100$ 。

1.3.6 羟自由基清除活力测定

羟自由基清除活力测定采用 Lee 等的方法^[11]并进行了适当改良。分别取浓度为 0(对照)、25、50、100、250、500、1000 μg/mL 多酚乙醇溶液 0.4 mL,各加入 1 mL 反应液(含 100 μmol/L 氯化铁、104 μmol/L EDTA、2.5 mmol/L 双氧水和 2.5 mmol/L 脱氧核糖和 100 μmol/L 抗坏血酸),37℃水浴反应 1 h,然后加入 0.5%溶于 2.5 mmol/L 氢氧化钠的硫代巴比妥酸溶液和 2.8%三氯乙酸各 1 mL,混合物摇匀于 80℃水浴 30 min,然后马上冰浴冷却,于紫外分光光度计 532 nm 处比色。羟自由基清除活力(%) = $(1 - \text{样品吸光度}/\text{对照吸光度}) \times 100$ 。

1.3.7 超氧阴离子自由基清除活力测定

超氧阴离子自由基清除活力测定采用 Siddhurajua 等的方法^[12]并进行了适当改良。分别取浓度为 0 (对照)、25、50、100、250、500、1000 μg/mL 的多酚乙醇溶液 0.4 mL,各加入 3 mL 反应液(含 1.3 μmol/L 核黄素、13 mmol/L 蛋氨酸、63 μmol/L NBT、100 μmol/L EDTA 和 0.05 mol/L pH 7.8 磷酸盐缓冲液),摇匀后室温下置于光照强度为 4000 lx 培养箱中反应 15 min,于紫外分光光度计 560 nm 处比色。超氧阴离子自由基清除活力(%)=(1-样品吸光度/对照吸光度)×100。

2 结果与分析

2.1 苹婆种子的主要营养成分

经检测,苹婆种子中富含营养成分、矿质元素、维生素(表 1)及氨基酸(表 2)。从表 1 中可见,每 100 g 苹婆鲜种子的淀粉含量高达 60 g,含蛋白质 20 g、脂肪含量较低为 2 g 左右。从表 2 中可见,苹婆种子中 18 种氨基酸齐全,其中精氨酸、谷氨酸、天门冬氨酸等的含量较高。

表 1 苹婆种子主要营养成分、矿质元素和维生素含量(FW)
Table 1 Content of nutritional compositions, mineral elements, and vitamins in *Sterculia nobilis* seeds

营养成分(g /100 g)	矿质元素(mg/g)	维生素(μg/100 g)
Nutritional compositions	Mineral elements	Vitamins
淀粉 Starch 60.42	Fe 136.86	V _C 7225.00
水分 Moisture 56.12	Zn 34.35	V _E 530.00
总蛋白 Total protein 20.32	Cu 13.14	V _{B2} 68.40
灰分 Ash 4.30	Mn 10.95	V _D 3.23
脂肪 Fat 2.18	Ca 0.50	V _A 0.90
	Mg 0.12	

表 2 苹婆种子氨基酸含量(FW)
Table 2 Content of amino acids in *Sterculia nobilis* seeds

(氨基酸 g/100 g)	氨基酸(g/100 g)	氨基酸(g/100 g)
Amino acid	Amino acid	Amino acid
总氨基酸 Total amino acid 2.36	丙氨酸 Alanine 0.12	丝氨酸 Serine 0.09
精氨酸 Arginine 0.34	酪氨酸 Tyrosine 0.11	组氨酸 Histidine 0.05
谷氨酸 Glutamic acid 0.32	甘氨酸 Glycine 0.11	胱氨酸 Cysteine 0.02
天门冬氨酸 Aspartic acid 0.28	脯氨酸 Proline 0.11	色氨酸 Tryptophan 0.02
赖氨酸 Lysine 0.20	苏氨酸 Threonine 0.10	蛋氨酸 Methionine 0.01
亮氨酸 Leucine 0.15	异亮氨酸 Isoleucine 0.09	
缬氨酸 Valine 0.13	苯丙氨酸 Phenylalanine 0.08	

2.2 苹婆种子中总酚含量及多酚提取物活力

经测定,苹婆种子总酚含量为 401.84 μg/mL 没食子酸。苹婆种子多酚提取物的 DPPH 自由基清除活力、还原力、金属螯合力、羟自由基清除活力、超氧自由基清除活力见图 2。在 0~1000 μg/mL 浓度范围内,苹婆种子多酚提取物的 DPPH 自由基清除活力、还原力、羟自由基清除活力、超氧自由基清除活力总体上均低于商用抗氧化剂——抗坏血酸,金属螯合力低于 EDTA;在 0~50 μg/mL 低浓度范围,苹婆抗氧化能力表现与抗坏血酸或 EDTA 相近,从低浓度到高浓度,活力值差别有逐步扩大的变化趋势。在 0~250 μg/mL 浓度范围,苹婆种子多酚提取物的 DPPH 自由基清除活力与商用抗氧化剂——抗坏血酸的清除活力差别不超过 13%,还原力差别不超过 19%,羟自由基清除活力差别不超过 25%、超氧自由基清除活力差别不超过 22%,金属螯合力与 EDTA 差别不超过 34%。

3 讨论

苹婆种子营养结构全面,含有丰富的淀粉、蛋白质、脂肪,其中,淀粉含量 60.42 g/100 g FW、蛋白质 20.32 g/100 g FW、脂肪 2.18 g/100 g FW,三大营养成分(淀粉、蛋白质、脂肪)含量比例为 63:18:2,与我国主粮水稻(77:10:1,中值,下同)、小麦(63:13:1.5)的比例相近。除以上营养成分外,种子中 18 种氨基酸齐全,人体必须的 8 种氨基酸含量较高,18 种氨基酸总量为 2.36 g/100 g FW,铁 136.86 mg/g FW、锌 34.35 mg/g FW。

人体生理代谢过程生成的各种自由基在人体内酶系统、非酶系统和维生素等抗氧化物质的作用下保持着一种消长平衡。一旦自由基过多,产生的氧化性胁迫就会造成心脏病、高血压、动脉粥样硬化、糖尿病、肾脏疾病、癌症等疾病^[13-16]。人体从外部摄入的外源活性物质如维生素(特别是维生素 E、维生素 C)、多酚、黄酮、类黄酮、类胡萝卜素等,均有助于清除人体内的自由基^[17]。本实验测定发现苹婆种子总酚含量为 401.84 μg/mL 没食子酸,高于坚果类多酚含量排名第一的核桃仁(245.4 mg /100g)^[18];苹婆种子多酚提取物具有较高的DPPH自由基清除能力、还原力、金属螯合力、羟自由基清除活力、超氧自由基清除活力,在较低浓度范围内(0~250 μg/mL),苹婆种子

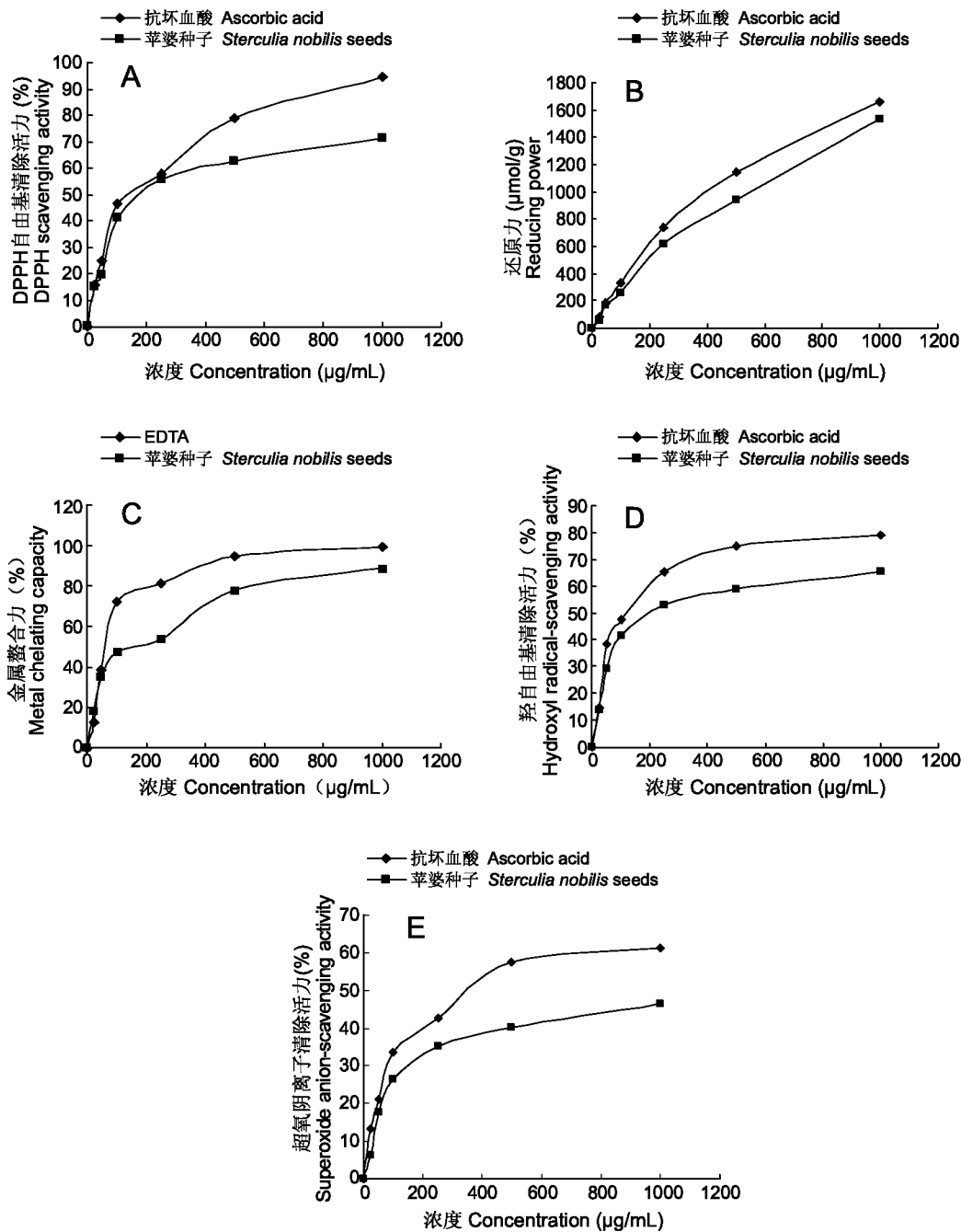


图 2 苹婆种子多酚提取物的各种活力

Fig. 2 Activities of polyphenol extracted from *Sterculia nobilis* seeds

对 DPPH 自由基的清除能力与抗坏血酸相近;且苹婆种子中维生素 C 高达 7225 μg/100 g FW, 维生素 E 达 530 μg/100 g FW。

本研究结果表明,苹婆种子具有较高的营养价值和较强的抗氧化能力,可作为一种具有较高开发价值的天然抗氧化剂。苹婆种子多酚具有重要的生

物活性,能够有效清除自由基,在人体保健方面可发挥重要的作用。因此,苹婆是一种很有潜力的功能性食品来源植物,其开发利用潜力巨大。

参考文献:

- [1] 罗瑞鸿. 未充分开发的亚热带粮用果树——凤眼果[J]. 大众科技, 2010(2): 148–149.
- [2] 薛聪贤. 台湾蔬果实用百科[M]. 台北: 台湾普绿出版部, 2001: 74–75.
- [3] 戴明建. 优良的干果树种——苹婆[J]. 福建热作科技, 1989, 46(1): 25–26.
- [4] 冯文星, 徐雪荣, 雷新涛. 极具开发潜力的热带干果树资源——苹婆[J]. 中国种业, 2006(3): 67–68.
- [5] Zhang D, Quantick P C, Grigor J M. Changes in phenolic compounds in *Litchi* (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit during postharvest storage[J]. *Post-harvest Biol Tec*, 2000, 19: 165–172.
- [6] Singleton V L, Rossi J A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolyb-dicphosphotungstic acid reagents[J]. *Am J Enol Viticult*, 1965, 16: 144–158.
- [7] Sun J, Shi J, Jiang Y, Xue S J, Wei X. Identification of two polyphenolic compounds with antioxidant activities in longan pericarp tissues[J]. *J Agric Food Chem*, 2007, 55: 5864–5868.
- [8] Senevirathne M, Kim S H, Siriwardhana N, Ha J H, Lee K W, Jeon Y J. Antioxidant potential of *Ecklonia cava* on reactive oxygen species scavenging, metal chelating, reducing power and lipid peroxidation inhibition[J]. *Food Sci Technol Int*, 2006, 12: 27–38.
- [9] Benzie I F F, Strain J J. Ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay [J]. *Anal Biochem*, 1996, 239: 70–76.
- [10] Dinis T C P, Madeira V M C, Almeida L M. Action of phenolic derivatives (acetaminophen, salicylate, and 5-aminosalicylate) as inhibitors of membrane lipid-peroxidation and as peroxyl radical scavengers[J]. *Arch Biochem Biophys*, 1994, 315: 161–169.
- [11] Lee J C, Kim H R, Kim J, Jang Y S. Antioxidant property of an ethanol extract of the stem of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten* [J]. *J Agric Food Chem*, 2002, 50: 6490–6496.
- [12] Siddhurajua P, Mohanb P S, Beckera K. Studies on the antioxidant activity of Indian *Laburnum* (*Cassia fistula* L.): A preliminary assessment of crude extracts from stem bark, leaves, flowers and fruit pulp[J]. *Food Chemistry*, 2002, 79: 61–67.
- [13] Aktan B, Taysi S, Gumustekin K, Bakan N, Sutbeyaz Y. Evaluation of oxidative stress in erythrocytes of guinea pigs with experimental otitis media and effusion[J]. *Ann Clin Lab Sci*, 2003, 33: 232–236.
- [14] Karp S M, Koch T R. Oxidative stress and antioxidants in inflammatory bowel disease[J]. *Disease-A-Month*, 2006, 52: 199–207.
- [15] Mariani E, Polidori M C, Cherubini A, Mecocci P. Oxidative stress in brain aging, neurodegenerative and vascular diseases: an overview[J]. *J Chromatogr B*, 2005, 827: 65–75.
- [16] 刘莉华, 宛晓春, 李大祥. 黄酮类化合物抗氧化活性构效关系的研究进展[J]. 安徽农业大学学报, 2002, 29(3): 265–270.
- [17] Ames B N, Shigenaga M K, Hagen T M. Oxidants, antioxidants, and the degenerative diseases of aging[J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1993, 90(17): 7915–7922.
- [18] 杨春梅, 郝艳宾, 万政敏. 核桃仁加工品(琥珀核桃仁、椒盐核桃仁)抗氧化活性的研究[J]. 内蒙古农业大学学报, 2007, 28(2): 143–146.

(责任编辑: 张平)