

DOI:10.11913/PSJ.2095-0837.2017.10122

谢国芳, 徐小燕, 王瑞, 刘志刚, 周笑犁, 杨涵桃. 金刺梨果实和叶中酚类、Vc 含量及其抗氧化能力分析[J]. 植物科学学报, 2017, 35(1): 122-127

Xie GF, Xu XY, Wang R, Liu ZG, Zhou XL, Yang HT. Analysis of phenolic, Vc and antioxidant activity of fruits and leaves of *Rosa sterilis* D. Shi[J]. *Plant Science Journal*, 2017, 35(1): 122-127

金刺梨果实和叶中酚类、Vc 含量及其抗氧化能力分析

谢国芳*, 徐小燕, 王瑞, 刘志刚, 周笑犁, 杨涵桃

(贵阳学院食品与制药工程学院, 贵州省果品加工工程技术研究中心, 贵阳 550005)

摘要: 为了解贵州金刺梨 (*Rosa sterilis* D. Shi) 果实和叶片中的活性成分及其抗氧化活性, 以贵州普定县金刺梨种植基地的果实和叶片为试材, 测定其活性成分含量及其抗氧化活性, 并对各项指标进行相关性分析。结果显示: 没食子酸、芦丁、槲皮素、儿茶素、鞣花酸、绿原酸、阿魏酸是供试金刺梨果实和叶片的主要酚类成分, 金刺梨果实和叶片中活性组分差异显著 ($P < 0.05$), 果实中 *p*-香豆酸、总黄酮和抗坏血酸的含量相对较高, 而叶片中没食子酸、儿茶素、绿原酸、表儿茶素、阿魏酸、鞣花酸、芦丁、槲皮素和总酚含量均高于果实; 金刺梨果实抗氧化活性值均显著高于叶片 ($P < 0.05$); 相关性分析发现: 总黄酮对总还原力 (TRPA) 值的贡献极强, 抗坏血酸对 Fe^{3+} 还原抗氧化能力 (FRAP) 值贡献最强, 槲皮素对 ABTS 值的贡献最强, 说明金刺梨果实和叶片是一种具有较高开发价值的药食同源资源。

关键词: 金刺梨; 果实; 叶; 酚类; 抗氧化能力

中图分类号: Q946

文献标识码: A

文章编号: 2095-0837(2017)01-0122-06

Analysis of phenolic, Vc and antioxidant activity of fruits and leaves of *Rosa sterilis* D. Shi

Xie Guo-Fang*, Xu Xiao-Yan, Wang Rui, Liu Zhi-Gang, Zhou Xiao-Li, Yang Han-Tao

(Food and Pharmaceutical Engineering Institute, Guizhou Engineering Research Center for Fruit Processing, Guiyang University, Guiyang 550005, China)

Abstract: The bioactive compounds and antioxidant activity of the fruits and leaves of *Rosa sterilis* D. Shi in Guizhou province were analyzed using correlation analysis. The results indicated that gallic acid, rutin, quercetin, catechin, ellagic acid, chlorogenic acid, and ferulic acid were the major phenolic compounds in the fruits and leaves. The contents of bioactive compounds were significantly different between the fruit and leaves ($P < 0.05$). The contents of *p*-coumaric acid, polyphenols and flavonoids were the highest in the fruit. However, the contents of gallic acid, catechin, chlorogenic acid, epicatechin, ferulic acid, ellagic acid, rutin, quercetin and polyphenols were higher in the leaves. The antioxidant activities of fruit were significantly higher than that of the leaves ($P < 0.05$), flavonoids had a strong contribution to the total reducing power assay (TRPA) value, ascorbic acid had a

收稿日期: 2016-05-30, 退修日期: 2016-06-17。

基金项目: 贵州省科技厅-贵阳市科技局-贵阳学院联合基金 (黔科合 LH 字[2014]7179 号); 国家级大学生创新创业训练计划项目 (201510976022); 贵州省教育厅自然科学研究重点项目 (黔教合 KY 字[2014]276); 贵州省科技创新人才团队建设项目 (黔科合人才团队 (2013)4028)。

This work was supported by grants from the Science and Technology Project of Department of Science and Technology of Guizhou Province (China) (LH [2014] 7179), National Undergraduate Training Programs for Innovation and Entrepreneurship (201510976022), Natural Science Project of Department of Education of Guizhou Province (China) (KY[2014]276), and Scientific and Technological Innovation Team for Guizhou Fruit Processing and Storage, China ([2013]4028)。

作者简介: 谢国芳 (1987-), 男, 副教授, 硕士, 研究方向为农产品贮藏与加工。

* 通讯作者 (Author for correspondence. E-mail: xieguofang616@sina.com)。

strong contribution to the ferric ion reducing antioxidant power (FRAP) value, and quercetin had a strong contribution to the ABTS value. The fruits and leaves of *R. sterilis* D. Shi are of high value for the development of medicinal and edible resources.

Key words: *Rosa sterilis* D. Shi; Fruit; Leaf; Phenolic; Antioxidant activity

金刺梨 (*Rosa sterilis* D. Shi) 为蔷薇科无籽刺梨, 鲜果香气浓郁, 为贵州省特有种系, 其果实所含的糖分、维生素、胡萝卜素、微量元素和 SOD 等功效成分均比刺梨高, 鲜果口感更佳, 香气更浓郁, 食之可延年益寿, 是人体营养、保健的最佳选择, 具有较好的抗炎、镇痛功效^[1-3], 已开发出果酱、果酒、果汁饮料、酸奶含片等产品^[4-7]。金刺梨是贵州省近年来才开始大规模种植的特有种系, 研究者对金刺梨及刺梨在果型及 Vc、SOD、可溶性糖、蛋白质、V_E、氨基酸等营养成分及挥发性香气成分等方面开展的对比研究表明, 金刺梨是极具开发价值的第三代野生果树^[8-12]。但目前尚未见有关金刺梨生物活性成分及抗氧化能力方面的研究报道。本文通过对金刺梨果实和叶片中酚类组分、总酚、总黄酮、Vc 含量及体外抗氧化能力进行研究及相关分析, 旨在为金刺梨果实和叶片的合理开发利用提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 植物材料与试剂

金刺梨 (*Rosa sterilis* D. Shi) 果实及叶片样品于 2015 年 9 月 12 日采自贵州省普定县金刺梨种植基地, 以种植 3 年树龄的金刺梨为研究对象, 采摘完全成熟 (果实呈金黄色)、大小均匀的果实; 按照 GB/T 8855-2008《新鲜水果和蔬菜取样方法》, 采摘后分装于 PE 盒中, 贮藏于 4℃ 采样箱中, 运回贵州省果品加工工程技术研究中心实验室, 保留于 -70℃ 超低温冰箱, 待测。

没食子酸、表儿茶素、芦丁、*p*-香豆酸、槲皮素、儿茶素、鞣花酸、绿原酸、阿魏酸、甲醇 (色谱纯)、三氟乙酸 (色谱纯) 均为上海阿拉丁生化科技股份有限公司 (中国上海) 产品; DPPH、TPTZ、ABTS、Gallic acid、Rutin、Trolox 均为美国 Sigma 公司产品; 其他试剂均为国产分析纯。

1.2 仪器与设备

LC-20A 高效液相色谱仪 (日本岛津公司); UV-2550 型紫外分光光度计 (日本岛津公司);

KQ5200DE 型超声清洗器 (昆山市超声仪器有限公司); IKA A11 研磨机 (德国 IKA 公司); C18 色谱柱 (250 mm × 4.6 mm, 5 μm) (Waters 公司, 中国上海)。

1.3 方法

1.3.1 酚类成分提取

参考白鸽等^[13]的方法并稍作改进。称取 10 g 冻果研磨成浆, 取 2 g 果浆装入 10 mL 离心管中, 加入 4.0 mL 70% 甲醇溶液, 50℃ 超声波辅助提取 30 min, 冷却后 10 000 r/min 离心 15 min, 将上清液过滤到 10 mL 的容量瓶中; 于残渣中加入 3 mL 70% 甲醇溶液再次提取 30 min, 在 4℃、12 000 r/min 离心 10 min; 合并上清液, 用 70% 甲醇溶液定容, 用 0.45 μm 的滤膜过滤后待测; 取 1.0 mL 上清液转移至进样瓶中等待进样, 每个样品 3 次重复。

1.3.2 色谱条件

准确称取 9 种酚类物质标准品各 10.00 mg, 用甲醇溶解并定容至 10.00 mL, 配制成 1.00 mg/mL 的酚类物质标准品贮备液, 保存于 -20℃ 备用。

参考白鸽等^[13]的方法并稍作改进。C18 色谱柱 (250 mm × 4.6 mm, 5 μm), 溶液 A (甲醇) 和溶液 B (3% 三氟乙酸)。利用溶液 B 进行线性梯度洗脱: 0 ~ 5 min, 88% B; 5 ~ 10 min 88% ~ 75% B; 10 ~ 15 min, 75% B; 15 ~ 20 min 75% ~ 70% B; 20 ~ 25 min, 70% B; 25 ~ 35 min 70% ~ 65% B; 35 ~ 40 min, 65% B; 40 ~ 50 min, 50% B; 50 ~ 55 min, 88% B; 55 ~ 60 min, 88% B。柱温: 30℃; 流动相速率: 0.8 mL/min; 进样量 10 μL; 检测器: 紫外检测器; 波长: 258 nm 和 280 nm。

1.3.3 总酚、总黄酮和 Vc 含量测定

总酚含量采用福林-酚比色法测定^[14], 以每 g 鲜样所含没食子酸 (Gallic acid) 的量表示 (单位: mg/g FW); 总黄酮含量采用比色法^[15], 以每 g 鲜样中所含芦丁 (Rutin) 的量表示 (单位: mg/g FW); Vc 含量采用比色法测定^[16], 以每 100 g 鲜

样所含 Vc 的量表示(单位: mg/100 g FW)。

1.3.4 抗氧化活性测定

抗氧化能力(FRAP)参照 Tauchen 等^[17]的方法测定,以 Trolox 的当量浓度表示(单位: mmol TE/mL, Trolox equivalents 简称 TE);总还原力(TRPA)参照 Oliveira 等^[18]的方法测定,以 Trolox 的当量浓度表示(单位: mmol/mL);ABTS 自由基清除能力参照 Schaich 等^[19]的方法测定,以 Trolox 的当量浓度表示(单位: mmol/mL)。

1.4 数据处理

利用 SPSS 19.0 软件对数据进行统计分析并作图,测定结果用平均值 ± 标准误差来表示。实验数据进行单因素方差分析(ANOVA)和皮尔森(Pearson's)相关性分析。

2 结果

2.1 金刺梨果实和叶中活性成分含量分析

对金刺梨果实和叶片中活性成分含量的测定结果显示(表 1),金刺梨果实和叶片中活性成分含量

表 1 金刺梨果实和叶中的活性成分

Table 1 Analysis of the bioactive compounds of *Rosa sterilis* D. Shi fruits and leaves

活性成分含量 Bioactive compounds content	果实 Fruit	叶片 Leaf
没食子酸 Gallic acid(μg/g FW)	92.36 ± 2.14 b	190.09 ± 6.02 a
儿茶素 Catechin(μg/g FW)	17.74 ± 1.09 b	59.60 ± 0.09 a
绿原酸 Chlorogenic acid(μg/g FW)	3.45 ± 0.81 b	21.06 ± 1.63 a
表儿茶素 Epicatechin(μg/g FW)	0.28 ± 0.01 b	1.34 ± 0.06 a
p-香豆酸 p-coumaric acid(μg/g FW)	5.93 ± 0.04 a	2.58 ± 0.12 b
阿魏酸 Ferulic acid(μg/g FW)	0.65 ± 0.04 b	2.65 ± 0.17 a
鞣花酸 Ellagic acid(μg/g FW)	26.80 ± 1.63 b	115.22 ± 4.12 a
芦丁 Rutin(μg/g FW)	9.34 ± 0.69 b	19.18 ± 0.41 a
槲皮素 Quercetin(μg/g FW)	6.05 ± 0.49 b	10.33 ± 0.26 a
总酚 Total polyphenols(mg /g FW)	688.91 ± 9.88 b	729.31 ± 9.27 a
总黄酮 Total flavonoids(mg /g FW)	926.09 ± 2.51 a	325.03 ± 2.90 b
Vc(mg /100g FW)	587.35 ± 6.80 a	109.29 ± 4.36 b

注: 同列不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。
Note: Different letters in each column represent significant differences between the ripe stage ($P < 0.05$).

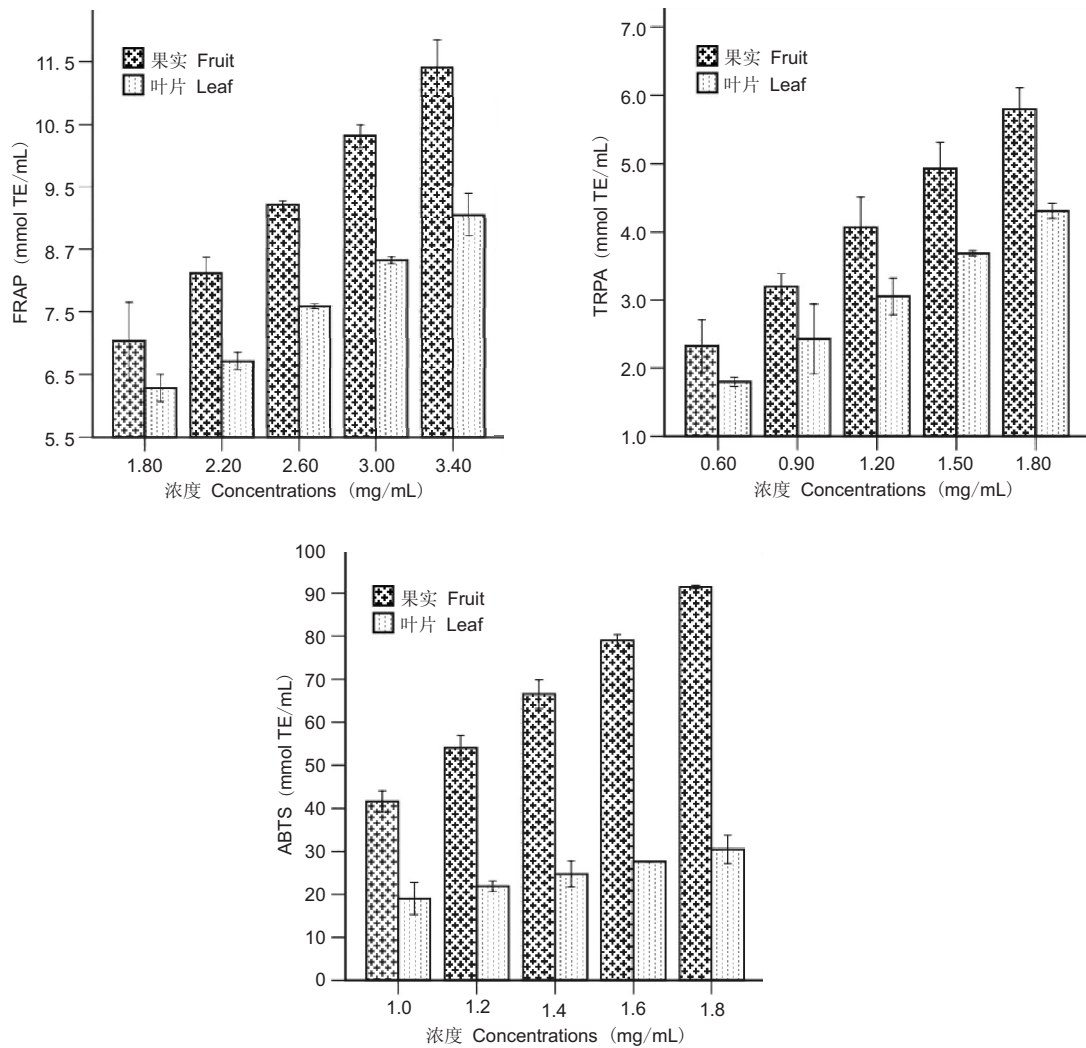
从高到低依次为: 总黄酮 > 总酚 > 抗坏血酸 > 没食子酸 > 鞣花酸 > 儿茶素 > 绿原酸 > 芦丁 > 槲皮素 > p-香豆酸 > 阿魏酸 > 表儿茶素, 且各成分含量差异显著($P < 0.05$)。然而叶中的总酚含量却高于总黄酮, 且叶片中的没食子酸、儿茶素、绿原酸、表儿茶素、阿魏酸、鞣花酸、芦丁、槲皮素和总酚含量显著高于果实($P < 0.05$), 其中, 叶片中的没食子酸和芦丁含量是果实的 2 倍, 儿茶素含量是果实的 3 倍, 绿原酸含量是果实的 6 倍多, 表儿茶素含量是果实的 5 倍, 阿魏酸和鞣花酸含量是果实的 4 倍; 而果实中的 p-香豆酸、总黄酮和抗坏血酸含量显著高于叶片($P < 0.05$), 其中, p-香豆酸含量是叶片的 2 倍, 总黄酮含量是叶片的近 3 倍, Vc 含量是叶片的 5 倍多。

2.2 金刺梨果实和叶中抗氧化活性分析

对金刺梨果实和叶中的抗氧化活性测定结果显示(图 1), 果实的抗氧化活性显著高于叶片($P < 0.05$), 随着质量浓度增加, 金刺梨果实和叶片的抗氧化能力(FRAP)、总还原力(TRPA)和 ABTS 自由基清除能力(ABTS)均呈显著增加趋势, 且果实的抗氧化活性与叶的差距越来越大, 果实的 ABTS 值是叶片的 2 ~ 3 倍。线性回归分析结果显示, 金刺梨果实和叶片对 FRAP、ABTS 和 TRPA 均有较好的抗氧化活性, 金刺梨果实质量浓度与 FRAP 的相关方程为: $y = 2.7246x + 2.1289$, 相关系数 $R^2 = 0.9909$, 叶质量浓度与 FRAP 的相关方程为: $y = 1.8247x + 2.8516$, 相关系数 $R^2 = 0.9989$; 金刺梨果实质量浓度与 TRPA 的相关方程为: $y = 2.8891x + 0.5956$, 相关系数 $R^2 = 0.9991$, 叶质量浓度与 TRPA 的相关方程为: $y = 2.0865x + 0.5504$, 相关系数 $R^2 = 0.9951$; 金刺梨果实质量浓度与 ABTS 的相关方程为: $y = 62.295x - 20.681$, 相关系数 $R^2 = 0.9896$, 叶质量浓度与 ABTS 的相关方程为: $y = 14.302x + 4.7446$, 相关系数 $R^2 = 0.9513$ 。

2.3 活性成分与抗氧化活性的相关性分析

利用 SPSS 19.0 统计软件对金刺梨果实和叶片的各项指标进行相关性分析, 结果显示(表 2), 总酚含量与鞣花酸含量呈显著正相关; 总黄酮含量与 Vc 含量呈显著正相关, 而与没食子酸、儿茶素、绿原酸、表儿茶素和阿魏酸含量呈显著负相关($P < 0.05$); TRPA 与没食子酸和总黄酮含量呈显著



FRAP: 抗氧化能力; TRPA: 总还原力; ABTS: 自由基清除能力; 下同。
FRAP: Ferric ion reducing antioxidant power; TRPA: Total reducing power assay; ABTS: ABTS^{•+} radical scavenging ability. Same below. TE: Trolox equivalents.

图 1 金刺梨果实和叶中抗氧化活性分析
Fig. 1 Antioxidant activity analysis in the fruits and leaves of *Rosa sterilis* D. Shi

正相关 ($P < 0.05$, 没食子酸: $r = 0.903$; 总黄酮: $r = 0.890$); FRAP 与绿原酸、表儿茶素、阿魏酸和 Vc 含量呈极显著正相关 ($P < 0.001$, 绿原酸: $r = 0.997$; 表儿茶素: $r = 0.999$; 阿魏酸: $r = 0.997$; Vc: $r = 0.991$), 与没食子酸、儿茶素和总黄酮含量呈显著正相关 ($P < 0.05$, 没食子酸: $r = 0.954$; 儿茶素: $r = 0.989$; 总黄酮: $r = 0.981$); ABTS 与槲皮素呈极显著正相关 ($P < 0.001$, $r = 0.995$), 与芦丁呈显著正相关 ($P < 0.05$, $r = 0.980$)。

3 讨论

研究表明, 果蔬营养成分具有较好的清除自由

基、还原铁离子和抗氧化能力^[13,15,17]。前人对刺梨及叶的营养成分、抗氧化能力的研究发现, 刺梨的主要抗氧化成分为 Vc、总酚、多糖及黄酮^[20,21], 金刺梨果实营养成分丰富^[8-12], 但目前还未见金刺梨酚类成分及其体外抗氧化能力方面的研究报道。本研究结果显示, 金刺梨果实及其叶片中活性成分差异显著, 主要酚类成分依次为没食子酸、儿茶素、绿原酸、鞣花酸、芦丁、槲皮素, 金刺梨果实中的总黄酮和 Vc 含量显著高于叶片, 而叶中具有较高的酚类成分和总酚, 说明在金刺梨果实和叶中以没食子酸为对照品来测定总酚是可靠的; 金刺梨果实和叶均具有较强的 FRAP、TRPA 和 ABTS 值, 果实和叶的抗氧化活性随质量浓度的

表 2 活性成分各项指标的相关性分析
Table 2 Correlation coefficients of different indices

活性成分 Bioactive compounds	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1 没食子酸 Gallic acid	1														
2 儿茶素 Catechin	0.982 *	1													
3 绿原酸 Chlorogenic acid	0.950	0.991 **	1												
4 表儿茶素 Epicatechin	0.965 *	0.995 **	0.998 **	1											
5 <i>p</i> -香豆酸 <i>p</i> -coumaric acid	-0.071	-0.025	-0.025	-0.072	1										
6 阿魏酸 Ferulic acid	0.949	0.980 *	0.987 *	0.993 **	-0.184	1									
7 鞣花酸 Ellagic acid	0.575	0.716	0.802	0.768	0.068	0.770	1								
8 芦丁 Rutin	0.919	0.955 **	0.951 *	0.939	0.270	0.893	0.730	1							
9 槲皮素 Quercetin	0.876	0.916	0.913	0.896	0.376	0.838	0.714	0.994 **	1						
10 Vc	-0.985 *	-0.999 **	-0.989 *	-0.996 **	0.076	-0.986 *	-0.706	-0.939	-0.895	1					
11 总酚 Total polyphenols	0.505	0.651	0.729	0.682	0.399	0.646	0.942 *	0.763	0.784	-0.624	1				
12 总黄酮 Total flavonoids	0.972 *	0.976 *	0.965 *	0.980 *	0.240	0.989 *	-0.668	-0.868	-0.808	0.986 *	-0.534	1			
13 TRPA	0.903 *	-0.822	-0.757	0.798	0.388	-0.813	-0.256	-0.664	-0.592	0.843	-0.106	0.890 *	1		
14 FRAP	0.954 *	0.989 *	0.997 **	0.999 **	0.108	0.997 **	-0.785	-0.924	-0.878	0.991 **	-0.686	0.981 *	0.791	1	
15 ABTS	0.826	0.879	0.883	0.860	0.446	0.797	0.731	0.980 *	0.995 **	-0.853	0.823	-0.755	-0.512	-0.841	1

注：* 和 ** 分别表示在 $P < 0.05$ 和 $P < 0.01$ 水平上的差异显著性。
Note: * and ** mean significant differences at the level of $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively.

增加呈正相关增长，果实的抗氧化活性显著高于叶片；相关性分析结果发现，不同成分对抗氧化活性的贡献并不相同，TRPA 与没食子酸和总黄酮含量呈显著正相关，FRAP 与绿原酸、表儿茶素、阿魏酸和 Vc 含量呈极显著正相关，与没食子酸、儿茶素和黄酮含量呈显著正相关，ABTS 与槲皮素呈极显著正相关，与芦丁呈显著正相关。因此，金刺梨果实的抗氧化能力显著高于叶片，这与沈静等^[22]和张华等^[23]对枣和柑橘中酚类成分与抗氧化活性的研究结果基本一致。

4 结论

综上分析，我们认为金刺梨果实和叶片中活性成分及其含量差异显著，酚类成分主要为没食子酸、儿茶素、绿原酸、鞣花酸、芦丁、槲皮素；金刺梨果实和叶片均具有较好的 TRPA、FRAP 和 ABTS，果实的抗氧化活性高于叶片；金刺梨果实及叶片中，黄酮对 TRPA 的贡献最强，抗坏血酸对 FRAP 的贡献最强，槲皮素对 ABTS 的贡献最强；金刺梨叶片同果实一样也具有较高的活性成分及抗氧化能力，有较强的开发潜力。

参考文献：

[1] 郑元, 辛培尧, 高健, 张德国, 李永和. 无籽刺梨的研究与应用现状 & 展望[J]. 贵州林业科技, 2013, 41(2): 62–64.
Zheng Y, Xin PY, Gao J, Zhang DG, Li YH. The current situation and outlook of research and development of *Rosa sterilis* [J]. *Guizhou Forestry Science and Technology*, 2013, 41(2): 62–64.

[2] 林源, 唐军荣, 田斌, 王大玮, 辛培尧. 无籽刺梨的研究现状及发展建议[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(4): 122–124.

[3] 刘松, 赵德刚. 无籽刺梨 (*Rosa kweichonensis* var. *sterilis*) 研究进展[J]. 山地农业生物学报, 2014, 33(1): 76–80.
Liu S, Zhao DG. Research progress of seedless chestnut Rose (*Rosa kweichonensis* var. *sterilis*) [J]. *Journal of Mountain Agriculture and Biology*, 2014, 33(1): 76–80.

[4] 刘芳舒, 张瑜, 罗昱, 丁筑红. 无籽刺梨复合果酱配方工艺技术研究[J]. 食品科技, 2015(1): 107–111.
Liu FS, Zhang Y, Luo Y, Ding ZH. Compound jam of *Rosa sterilis* S. D. Shi formulation technolog [J]. *Food Science and Technology*, 2015(1): 107–111.

[5] 严晓月, 刘星, 李永福, 陈琴芳, 钟耀广, 王正武. 无籽刺梨酸奶含片工艺研究[J]. 食品与机械, 2015(1): 226–230.
Yan XY, Liu X, Li YF, Chen QF, Zhong YG, Wang ZW. Processing technology of *rosa strilis* yoghourt buccal tablets [J]. *Food & Machinery*, 2015(1): 226–230.

[6] 贺红早, 张玉武, 刘盈盈, 孙超, 任春光. 无籽刺梨果酒酿制工艺优化初探[J]. 酿酒科技, 2015(11): 91–93.

- He HZ, Zang YW, Liu YY, Sun C, Ren CG. Optimization of the production techniques of seedless *Rosa sterilis* fruit wine[J]. *Liquor-Making Science & Technology*, 2015 (11): 91-93.
- [7] 罗昱, 王亮, 丁筑红. 浑浊型无籽刺梨果汁饮料的研制[J]. 食品科技, 2014(11): 91-96.
- Luo Y, Wang L, Ding ZH. Development of muddy type on *Rosa sterilis* beverages[J]. *Food Science and Technology*, 2014(11): 91-96.
- [8] 张丹, 韦广鑫, 王文, 冯飞, 曾凡坤. 安顺普定刺梨与无籽刺梨营养成分及香气物质比较研究[J]. 食品工业科技, 2016, 37(12): 149-154.
- Zhang D, Wei GX, Wang W, Feng F, Zeng FK. Comparative research on basic ingredients and volatile aroma compounds of *Rosa roxburghii* Tratt and *Rosa sterilis* D. Shi [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2016, 37(12): 149-154.
- [9] 鲁敏, 安华明, 赵小红. 无籽刺梨与刺梨果实中氨基酸分析[J]. 食品科学, 2015, 36(14): 118-121.
- Lu M, An HH, Zhao XH. Analysis of amino acids in *Rosa sterilis* and *Rosa roxburghii* fruits[J]. *Food Science*, 2015, 36(14): 118-121.
- [10] 姜永新, 高健, 赵平, 张德国, 李永和. 无籽刺梨新鲜果实挥发性成分的 GC-MS 分析[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(14): 91-94.
- Jiang YX, Gao J, Zhao P, Zhang DG, Li YH. GC-MS analysis of volatile components from the fresh fruits of *Rosa sterilis*[J]. *Food Research and Development*, 2013, 34(14): 91-94.
- [11] 吴小琼, 罗会, 金吉林, 解璞, 王松松, 杨胜杰. 超临界 CO₂ 萃取无籽刺梨挥发油及 GC-MS 分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2014, 20(10): 98-101.
- Wu XQ, Luo H, Jin JL, Xie P, Wang SS, Yang SJ. GC-MS analysis of volatile oil from *Rosa sterilis* by supercritical CO₂ extraction[J]. *Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae*, 2014, 20(10): 98-101.
- [12] 吴洪娥, 金平, 周艳, 朱立, 周洪英. 刺梨与无籽刺梨的果实特性及其主要营养成分差异[J]. 贵州农业科学, 2014, 42(8): 221-223.
- Wu HE, Jin P, Zhou Y, Zhu L, Zhou HY. Characteristics and main nutrition components of *R. roxburghii* and *R. sterilis* fruits[J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2014, 42(8): 221-223.
- [13] 白鸽, 郭玉蓉, 陈磊, 张晓瑞. 苹果着色与冷藏期间多酚及相关酶活性的关系[J]. 食品科学, 2015, 36(6): 246-250.
- Bai G, Guo YR, Chen L, Zhang XR. Relationship of coloration with polyphenols and related enzyme activities during low-temperature storage of apple[J]. *Food Science*, 2015, 36(6): 246-250.
- [14] Dragović-uzela V, Savić Z, Brala A, Levaj B, Kovačević DB, Biško A. Evaluation of phenolic content and antioxidant capacity of blueberry cultivars (*Vaccinium corymbo-* sum L.) grown in the northwest Croatia[J]. *Food Technol Biotech*, 2010, 48(2): 214-221.
- [15] Nuncio-jáuregui N, Munera-picazo S, Calín-sánchez Á, Wojdylo A, Hernandez F, Carbonell-Barrachina AA. Bioactive compound composition of pomegranate fruits removed during thinning[J]. *J Food Compos Anal*, 2015, 37: 11-19.
- [16] Xie GF, Tan SM. Effect of Cultivar on quality of the common bean during storage[J]. *Int Agr Eng J*, 2015, 24(2): 69-78.
- [17] Tauchen J, Marsik P, Kvasnicova M, Maghradze D, Koskoska L, Vanek T, Landa P. *In vitro* antioxidant activity and phenolic composition of Georgian, central and west european wines[J]. *J Food Compos Anal*, 2015, 41: 113-121.
- [18] Oliveira I, Baptista P, Malheiro R, Casal S, Bento A, Pereira JA. Influence of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) fruit ripening stage on chemical composition and antioxidant activity[J]. *Food Res Int*, 2011, 44(5): 1401-1407.
- [19] Schaich K M, Tian X, Xie J. Hurdles and pitfalls in measuring antioxidant efficacy: A critical evaluation of ABTS, DPPH, and ORAC assays[J]. *J Functional Foods*, 2015, 14: 111-125.
- [20] 李福明, 汪洋, 韦敏. 刺梨叶醇提物体外抗氧化活性和 α-葡萄糖苷酶抑制活性研究[J]. 中国现代应用药理学, 2015(6): 685-688.
- Li FM, Wang Y, Wei M. Study on *in vitro* antioxidant and α-glucosidase inhibitory activities of ethanol extract from *Rosae roxburghii* leaves[J]. *Chinese Journal of Modern Applied Pharmacy*, 2015(6): 685-688.
- [21] 张汇慧, 吴彩娥, 范龚健, 应瑞峰, 李婷婷. 刺梨黄酮的精制及其抗氧化活性比较[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2015(3): 101-105.
- Zhang HH, Wu CE, Fan GJ, Ying RF, Li TT. Refining and antioxidant activity of flavonoids from *Rosa roxburghii* Tratt [J]. *Journal of Nanjing Forestry University: Natural Sciences Edition*, 2015(3): 101-105.
- [22] 沈静, 王敏, 苟茜, 冀晓龙, 王猛, 汪有科. 不同成熟期灵武长枣酚类组分及抗氧化活性差异分析[J]. 食品科学, 2015, 36(8): 191-195.
- Shen J, Wang M, Gou Q, Ji XL, Wang M, Wang YK. Changes in phenolic components and antioxidant activity of jujube fruits (*Zizyphus jujuba* Mill. cv. Lingwuchang-zao) during different growth stages[J]. *Food Science*, 2015, 36(8): 191-195.
- [23] 张华, 周志钦, 席万鹏. 15 种柑橘果实主要酚类物质的体外抗氧化活性比较[J]. 食品科学, 2015, 36(11): 64-70.
- Zhang H, Zhou ZX, Xi WP. Comparison of antioxidant activity *in vitro* of 15 major phenolic compounds in citrus fruits[J]. *Food Science*, 2015, 36(11): 64-70.