

DOI:10.13275/j.cnki.lykxyj.2020.02.019

花楸树 (*Sorbus pohuashanensis*) 营养物质与药用成分探究

徐漫漫¹, 于雪丹¹, 郑勇奇¹, 张涛², 夏新合¹, 付其迪¹, 张川红^{1*}

(1. 中国林业科学研究院林业研究所, 国家林业和草原局林木培育重点实验室, 北京, 100091;

2. 山东农业大学林学院, 山东 泰安, 271018)

摘要: [目的] 以花楸树为研究对象, 探究不同部位物质成分组成和含量差异以及不同生境条件对物质含量的影响。[方法] 采用有机溶剂浸提及液相色谱法测定了花楸树不同部位(嫩枝、嫩叶、成熟叶、鲜果和干果)营养和药用物质。[结果] 结果表明: 花楸树不同部位含有丰富的营养和药用物质, 其中成熟叶片中维生素C、类胡萝卜素和黄酮类物质含量较高, 干果中蛋白质、可溶性糖、总酚、花色苷和单宁含量较高; 与北京花楸相比, 花楸树不同部位蛋白质、花色苷、黄酮类物质和总酚含量均较高, 其中果实中花色苷和类胡萝卜素含量分别约为北京花楸的3倍和5倍, 成熟叶片中的黄酮类物质和总酚含量约为2倍; 花楸树新鲜果实中黄酮类和酚类物质种类丰富, 其中槲皮素和表儿茶素的含量最高, 且分别约为北京花楸的1.5倍和3倍。[结论] 与北京花楸相比, 花楸树的营养物质和药用成分的含量更高, 值得加强其果实和叶片中黄酮和果实酚类物质资源的开发利用。

关键词: 花楸树; 营养物质; 药用成分

中图分类号: S727.34

文献标志码: A

文章编号: 1001-1498(2020)02-0154-07

花楸属 (*Sorbus* L.) 植物是蔷薇科 (Rosaceae) 落叶乔木或灌木, 全世界约有 100 种, 主要分布于北温带^[1]。现代药理学研究证明, 花楸属植物体内含有大量芦丁、槲皮素等黄酮类化合物, 绿原酸、原花青素等酚类化合物以及生氰苷类物质^[2], 具有抗癌^[3-4]、改善血糖^[5]、消炎抑菌^[6]、抗氧化^[7] 等重要作用。目前, 国外已经对北欧花楸 (*S. aucuparia* L.)、朝鲜花楸 (*S. commixta* Hedl.)、地中海花楸 (*S. domestica* L.) 和野果花楸 (*S. torminalis* L.) 等 10 多种花楸属植物开展了药用价值研究^[8-11]。北欧花楸果实内含有多种黄酮类物质, 主要存在形式是以槲皮素、儿茶素及其衍生物为主^[11], 黄酮类物质具有很强的抗氧化作用, 主要表现在清除羟基等自由基、抗脂质过氧化能力、清除超氧阴离子等方面^[12-13]。

Na^[14] 等研究发现, 朝鲜花楸中的两种黄酮类物质 (儿茶素-7-O-木糖苷和儿茶素-7-O-芹菜糖苷) 的 DPPH (1,1-二苯基-2-三硝基苯肼) 自由基清除能力、抗脂质过氧化能力和清除超氧阴离子活性强于 α -生育酚和丁基羟基茴香醚 (BHA)。Termentzi 等^[15-16] 对不同成熟时期的地中海花楸果实的提取物研究发现, 果实的抗氧化性与总酚含量成正相关, 且黄酮类化合物是其抗氧化能力的关键。另外, 环境胁迫会导致美洲花楸 (*S. americana* Marsh.) 体内积累次生代谢物质, 提高其抗氧化能力^[5]。酚类物质是植物中存在的一类天然化合物, 具有显著的抗氧化、抗癌等重要的作用, 因而成为国内外研究的热点。研究表明, 从地中海花楸、野果花楸中提取的抗氧化剂、抗炎剂、疼痛抑制剂等天然药剂具有

收稿日期: 2019-04-04 修回日期: 2019-06-03

基金项目: 国家科技支撑计划课题“林木种质资源发掘与创新利用”(2013BAD01B06)

* 通讯作者: 张川红, 副研究员。主要研究方向: 林木遗传育种学。电话:010-62889683; Email: zhangch@caf.ac.cn

广阔的应用前景^[17-18]。花楸属植物果实属于浆果,果汁丰富,物质种类丰富,北欧花楸在国外已得到了较为广泛的应用,果实可制成馅饼果酱,磨成粉、发酵后可造酒,或蒸馏出酒精,此外,北欧花楸也被用做喉咙痛漱口药,树皮和叶子可做漱口药治疗鹅口疮^[19]。

我国花楸属植物约有60余种,其中水榆花楸(*S. alnifolia* (Sieb. et Zucc.) K. Koch)、石灰花楸(*S. folgneri* (C. K. Schneid.) Rehder)、天山花楸(*S. tianschanica* Rupr.)、西伯利亚花楸(*S. sibirica* Pall.)、黄山花楸(*S. amabilis* Cheng ex Yu)和花楸树等6种具有药用价值^[20]。目前,我国对于花楸属植物药用价值的研究主要集中于天山花楸,对属内其他种的药用成分研究较少。《新疆中草药手册》^[21]记载天山花楸具有清热润肺、补脾生津、止咳的功效。在新疆民间地区,天山花楸已经成为常用的一种药材,人们常用果实、枝叶和茎皮入药,对治疗咳嗽哮喘具有较好的功效。天山花楸不同部位的药用价值存在差异,其枝叶提取物的化痰、平喘效果比果实好^[20],果实提取物的抑菌效果强于枝叶^[22]。另外,天山花楸不同部位的黄酮类化合物含量以及种类也不同^[23]。与国外相比,国内研究的物种较少、内容较狭窄且水平较落后,研究内容仍然集中在止咳、消炎等传统药用价值^[24],尚未对抗癌等药效方面开展研究。

花楸树^[25]又称百华花楸、红果臭山槐,是我国北方山区著名的景观树种。我国对花楸树营养价值和药用价值的研究起步较晚,目前的研究主要集中于果实的化学成分分析^[26-27],对叶片的营养成分以及药用价值的研究基础较薄弱,严重限制其开发与利用。因此,本研究通过对花楸树的不同部位的营养和药用价值的化学成分进行比较全面地分析,为其将来药用价值的开发与利用奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 实验材料

本研究对象为花楸树,为花楸属复叶组百花系乔木,嫩枝和冬芽均密被灰白色绒毛,冬芽鳞片红褐色,果实红色或橘红色;对照是北京花楸(*S. discolor* (Maxim.) Maxim),为花楸属复叶组两色系乔木,嫩枝和冬芽光滑无毛,冬芽鳞片棕褐色,果实白色或黄色。花楸树与北京花楸是同属同组不同

系的近缘种,同时在河北驼梁山分布,因此,本研究选择与花楸树同域分布的北京花楸为参照树种,从而排除环境的差异,探究两者在营养物质与药用成分的差异。样品采集地点为驼梁山风景区,该风景区位于河北省平山县西北部太行山中段,海拔700~2 281 m。年平均气温9.3℃,年平均降水量530~690 mm,土壤种类有褐土、草甸土、亚高山草甸土、棕壤4种土壤类型。2017年5月和9月于河北驼梁山风景区分别随机选取生长良好的花楸树样品(编号为TLSP)与北京花楸样品(编号为TLSD)(对照树种)各3个单株,每个单株为1个重复,分别采集嫩枝、嫩叶、成熟叶和果实各5 g,于4℃冰箱短暂保存备用。另取花楸树和北京花楸新鲜果实各5 g,于70℃烘箱中烘干至恒质量,密封保存备用。样品均经中国林业科学研究院林业研究所张川红副研究员鉴定。

1.2 实验仪器

烘箱、粉碎机、超声破碎仪、离心机、水浴锅、可调式移液器、针头式过滤器、可见分光光度计(722S)、高效液相色谱仪(Rigol L3000)、反相色谱柱(250 mm*4.6 mm, 5 μm)(Kromasil C18)、96孔板、40目筛、100目筛、研钵等。

1.3 实验试剂

总酚、黄酮、单宁、花色苷、类胡萝卜素、可溶性糖、蛋白质及维生素C等含量测定试剂盒均由苏州科铭生物技术有限公司提供;浓硫酸、60%乙醇等试剂为国产分析纯;甲醇、磷酸、蒸馏水等试剂为国产色谱纯。

1.4 实验方法

1.4.1 物质提取、分离与测定 测定的物质分别为:蛋白质、可溶性糖、维生素C(Vc)、类胡萝卜素、花色苷、黄酮类物质、总酚、单宁。按照科铭生物技术有限公司提供的试剂盒要求提取、分离该8种物质并进行含量测定。

1.4.2 黄酮类和酚类物质成分提取、分离与测定 测定7种黄酮类物质,分别为:槲皮素、儿茶素、山奈酚、芹菜素、木犀草素、异鼠李素、金合欢素;测定7种酚类物质,分别为:表儿茶素、鞣花酸、白藜芦醇、咖啡酸、没食子酸、游离棉酚、绿原酸。

(1) 对照样品溶液制备与线性关系

分别精密量取绿原酸等14种成分对照样品各约10 mg置于14个10 mL容量瓶中,用甲醇定容

至刻度线, 摇匀, 分别得到 14 种质量浓度均为 $1 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的对照样品溶液。

分别量取 14 种成分对照品溶液 1、2、4、6、8、10 mL, 分别置于 10 mL 容量瓶中, 加水定容, 制成系列对照品溶液。精密量取上述系列对照品溶液各 $10 \mu\text{L}$, 按下列色谱条件分别进样测定, 记录峰面积。色谱条件如下:

色谱柱: Kromasil C18 反相色谱柱 (250 mm*4.6 mm, $5 \mu\text{m}$);

流动相: 绿原酸、咖啡酸为 1% 乙酸水溶液: 甲醇 (80:20); 没食子酸等 5 个多酚: 流动相 A 为 1% 磷酸水溶液、流动相 B 为乙腈; 芹菜素、木犀草素、金合欢素、槲皮素、山奈酚及异鼠李素: 600 mL 甲醇和 400 mL 超纯水混合, 加入 0.8 mL 磷酸, 混匀;

流速: 绿原酸、咖啡酸、槲皮素、山奈酚与异鼠李素 $0.8 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$; 其余 $1.0 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ 。

检测波长: 芹菜素 270 nm, 木犀草素、金合欢素 350 nm, 槲皮素、山奈酚与异鼠李素 360 nm, 其余 270 nm;

柱温: 芹菜素、槲皮素、山奈酚和异鼠李素 $35 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 其余为 $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

进样量: $10 \mu\text{L}$ 。

(2) 回收率试验

准确称取已知 14 种成分含量的供试样品 3 份, 每份约 1.0 g, 加入与样品中含量大致相等的标准品, 制备成供试样品成分提取液, 按照 (1) 中的色谱条件进行测定, 计算各种成分的回收率及 RSD 值 (表 1)。

(3) 样品溶液制备和含量测定

各称取约 0.5 g 样品, 加入 1 mL 60% 乙醇,

匀浆, $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 过夜浸提。8 000 $\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$ 离心 10 min, 离心后取出上清液。复提 1 次, 合并 2 次上清液, 用氮气吹扫。60% 乙醇定容至 0.5 mL, 针头式过滤器过滤于带有内衬管的样品瓶内, 待测。

分别取花楸树和北京花楸的新鲜果实, 按照 (1) 项的方法制备溶液, 然后按照上文同样的色谱条件下进样测定, 记录峰面积并计算 14 种成分的含量。

2 结果与分析

2.1 花楸树不同部位物质含量的差异

花楸树不同部位均含有丰富的营养物质和药用物质 (见表 2)。鲜果的蛋白质、可溶性糖、花色苷含量最高, 嫩叶和成熟叶次之, 嫩枝含量最低。成熟叶 Vc 和类胡萝卜素含量丰富, 分别为 $132.01 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 和 $6\,358.96 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, 嫩叶和鲜果次之, 嫩枝最低。花楸树叶片中黄酮类物质含量相对较高, 成熟叶片含量为 $22.22 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 嫩叶中为 $20.98 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 鲜果中含量最低, 仅约为成熟叶片的 1/5。干果中总酚类物质含量较高, 为 $26.82 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 其次为成熟叶、嫩叶、鲜果, 嫩枝中含量最低。花楸树不同部位 (干果除外) 的单宁含量均相对较低, 为 $1.39\sim 2.02 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

花楸树干果各类物质的含量明显不同。其中, 营养物质中, 蛋白质、可溶性糖含量最高, 分别为 $391.35 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 和 $213.00 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$, Vc 次之, 含量为 $43.55 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, 类胡萝卜素含量最低, 仅为 $3.27 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。干果中含有具有抗氧化活性物质, 其中酚类含量最高, 为 $26.82 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 黄酮类次之, 为 $12.11 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 花色苷含量为 $206.68 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。此外, 干果中单宁含量为 $6.61 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。与新鲜果实相比,

表 1 加标回收率试验数据 ($n=3$)

Table 1 Data of adding standard recovery rate ($n=3$)

成分 Compositions	样品含量/ μg Content of sample	加入量/ μg Addition	测得量/ μg Determining contents	加标回收率/% Recovery rate	平均回收率/% Average recovery rate	RSD/%
槲皮素Quercetin	72.65	80	143.13	86.9	86.7	0.61
	83.79	80	152.15	86.1		
	81.64	80	151.10	87.1		
表儿茶素Epicatechin	90.18	90	172.79	91.8	91.4	0.38
	87.68	90	169.97	91.2		
	85.36	90	167.84	91.2		

注: 由于本研究测定物质较多, 仅展示部分成分的加标回收率详细数据, 其余成分的数据省略。所有成分的平均回收率及 RSD 值见表 3。

Note: Due to the large number of measured compositions, only the detailed data of labeled recovery rate of some components are shown. The average recovery rate and RSD value of all compositions are shown in Table 3.

除干果 Vc 含量明显低,约为鲜果含量的 1/2 之外,其余干果成分含量均比鲜果高,花色苷和总酚含量约为鲜果的 2 倍,蛋白质、可溶性糖、类胡萝卜素和黄酮含量约为鲜果的 3 倍,尤其单宁含量约为鲜果的 5 倍。

与北京花楸相比,花楸树不同部位的蛋白质、花色苷、黄酮和总酚含量均较高,其中叶中蛋白质含量约为北京花楸的 1.5 倍,成熟叶片、果实(干果与鲜果)中 Vc 含量约为 2~3 倍,果实中花色苷和类胡萝卜素含量分别为 3 倍和 5 倍,成熟叶片中的黄酮和总酚含量约为 2 倍。然而,花楸树嫩枝、

嫩叶中 Vc 含量与成熟叶片中类胡萝卜素含量略低于北京花楸。与北京花楸相比,花楸树各部位单宁含量差别不大。

2.2 鲜果黄酮类和酚类物质成分的含量差异

2.2.1 线性关系分析 以待测成分质量浓度 (x , $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) 为横坐标,以峰面积为纵坐标 (y),获得 14 个线性回归方程。由表 3 可知,白藜芦醇保留时间最长,达 60.1 min,没食子酸保留时间最短,为 5.393 min。

2.2.2 回收率结果 根据 GB/T 27404-2008《实验室质量控制规范 食品理化检测》的回收率范围,

表 2 花楸树植株不同部位各物质含量比较

Table 2 Comparison of the content of different substances in different parts of *S. pohuashanensis*

物种 Species	部位 Parts	不同物质/Different content							
		蛋白质 Protein/ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	可溶性糖 Soluble sugar/ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	维生素C Vc/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	花色苷 Anthocyanin/ ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	类胡萝卜素 Carotenoid/ ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	黄酮类物质 Flavonoid/ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	总酚Total phenols/ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	单宁 Tannin/ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)
TLSP	嫩枝Twig	18.63±1.05	9.13±0.38	29.20±1.34	6.67±0.31	761.54±21.90	7.40±0.38	8.06±0.28	1.58±0.10
	嫩叶Young leaf	65.14±2.50	13.82±0.57	98.83±4.20	59.16±1.80	5 193.6±114.54	20.98±0.33	14.36±0.33	1.97±0.06
	成熟叶Mature leaf	48.16±2.21	10.19±0.45	132.01±8.18	31.31±1.78	6 358.96±136.96	22.22±0.86	14.69±0.90	2.02±0.08
	鲜果 Fresh fruit	141.59±5.19	72.66±1.69	84.29±5.25	110.13±2.64	1.24±0.03	4.29±0.20	11.27±0.67	1.39±0.04
	干果 Dried fruit	391.35±8.70	213.00±7.60	43.55±2.63	206.68±8.39	3.27±0.11	12.11±0.57	26.82±1.15	6.61±0.19
TLSD	嫩枝Twig	24.87±1.14	7.88±0.33	40.23±2.38	3.31±0.01	741.08±6.77	5.41±0.18	6.63±0.40	1.45±0.07
	嫩叶Young leaf	43.10±2.17	12.67±0.73	133.84±4.39	52.34±2.12	3 079.05±149.45	18.04±0.65	12.95±0.48	1.93±0.17
	成熟叶Mature leaf	27.89±1.44	12.21±0.57	71.17±3.72	20.56±1.04	7 326.34±324.14	12.00±0.71	7.76±0.42	1.71±1.44
	鲜果 Fresh fruit	119.40±5.25	73.67±1.49	26.76±2.30	38.11±1.39	0.26±0.01	3.70±0.26	11.22±0.36	1.30±0.02
	干果 Dried fruit	373.00±9.00	227.19±12.83	18.46±1.44	77.45±4.33	0.66±0.02	12.39±0.49	22.53±1.39	5.75±0.12

注:平均值±标准差; $n=3$ 。Note: average value ± standard deviation; $n=3$ 。

表 3 线性关系测定结果及回收率 ($n=3$)

Table 3 Determination results of linear relationships and recovery rate ($n=3$)

成分 Compositions	线性方程 Linear equation	保留时间/min Retention time	平均回收率/% Average recovery rate	RSD/%
芹菜素/Apigenin	$y=29.616x-4.5128 R^2=0.999$	25.390	93.2	0.28
金合欢素/Acacetin	$y=47.670x-3.859 R^2=0.999$	22.763	94.6	0.42
表儿茶素/Epicatechin	$y=13.411x+3.773 R^2=0.996$	21.837	91.4	0.38
咖啡酸/Caffeic acid	$y=29.346x+4.410 R^2=0.999$	20.877	93.1	0.06
儿茶素/Catechinic acid	$y=6.178x-0.154 R^2=0.996$	15.853	88.5	0.23
游离棉酚/Free gossypol	$y=447.19x-42.072 R^2=0.999$	15.727	89.2	0.11
白藜芦醇/Resveratrol	$y=25.608x+5.644 R^2=0.999$	14.240	86.7	0.12
鞣花酸/Gallogen	$y=40.093x+18.014 R^2=0.999$	13.307	86.4	0.40
绿原酸/Chlorogenic acid	$y=14.201x-7.497 R^2=0.999$	13.2	89.2	0.59
异鼠李素/Isorhamnetin	$y=33.273x-14.361 R^2=0.999$	9.743	103.5	0.33
山奈酚/Kaempferol	$y=47.774x-20.039 R^2=0.999$	8.923	99.5	0.32
木犀草素/Luteolin	$y=43.030x-17.538 R^2=0.999$	6.903	101.5	0.39
槲皮素/Quercetin	$y=21.390x-17.430 R^2=0.999$	5.950	86.7	0.61
没食子酸/Gallic acid	$y=2.806x+0.189 R^2=0.998$	5.393	105.5	0.50

本试验所测定的平均回收率范围 89.2%~105.5% 符合要求 (见表 3)。

2.2.3 花楸树新鲜果实成分含量 花楸树新鲜果实中含有丰富的黄酮类物质和酚类物质 (表 4)。其中, 黄酮类物质中槲皮素含量最高, 为 $72.65 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,

儿茶素、山奈酚含量次之, 其次是异鼠李素和芹菜素, 金合欢素含量最低。酚类物质中表儿茶素含量最高, 为 $90.18 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, 鞣花酸次之, 含量为 $13.33 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, 其次是没食子酸、咖啡酸、白藜芦醇和游离棉酚, 绿原酸含量最低。

表 4 花楸树与北京花楸新鲜果实黄酮类和酚类物质成分含量比较

Table 4 Comparison of the content of compositions of flavonoids and phenolic substances in fresh fruits of *S. pohuashanensis* and *S. discolor*

不同成分 Different compositions/ ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)							
编号 No.	黄酮类物质 Flavonoids						
	槲皮素 Quercetin	儿茶素 Catechinic acid	山奈酚 Kaempferol	异鼠李素 Isorhamnetin	芹菜素 Apigenin	木犀草素 Luteolin	金合欢素 Acacetin
TLSP	72.65±4.825	1.954±0.406	1.377±0.044	0.929±0.008	0.539±0.036	0.402±0.003	<0.1
TLSD	56.257±3.856	5.054±0.572	1.030±0.001	0.958±0.001	0.866±0.010	0.408±0.027	<0.1
编号 No.	酚类物质 phenolic substances						
	表儿茶素 Epicatechin	鞣花酸 Gallogen	没食子酸 Gallic acid	咖啡酸 Caffeic acid	白藜芦醇 Resveratrol	游离棉酚 Free gossypol	绿原酸 Chlorogenic acid
TLSP	90.183±9.672	13.332±0.601	5.346±0.412	4.867±0.409	4.142±0.28	0.196±0.010	<0.1
TLSD	30.894±4.900	17.943±0.390	1.855±0.443	6.771±0.669	4.002±0.280	0.279±0.007	<0.1

注: TLSD为对照样品; n=3。Note: TLSD was reference sample; n=3.

与北京花楸相比, 花楸树鲜果中槲皮素、表儿茶素和没食子酸含量明显较高, 槲皮素含量约为北京花楸的 1.5 倍, 表儿茶素和没食子酸约为 3 倍。山奈酚的含量微高于北京花楸, 木犀草素、异鼠李素和白藜芦醇的含量二者大致相等。花楸树儿茶素、鞣花酸、咖啡酸、芹菜素和游离棉酚的含量均低于北京花楸, 尤其北京花楸中儿茶素的含量约为花楸树中的 2.5 倍。

3 讨论

3.1 花楸树营养价值

本研究表明, 花楸树叶片均含有丰富的营养物质。类胡萝卜素是在光合生物中发现的一类天然色素, 具有抗氧化性, 可以预防癌症、心血管疾病和老年黄斑病变^[28]。本研究中, 叶片中类胡萝卜素含量明显较高, 且成熟叶中最高, 这是因为光合色素主要存在于叶肉细胞内, 成熟叶片的光合能力较强, 包含的色素含量更多。同时, 花楸树成熟叶片中 Vc 含量最高, Vc 可促进骨胶原的生物合成, 利于伤口愈合, 增强机体免疫力。本研究表明, 花楸树干果中营养成分含量较高, 其中蛋白质 ($391.35 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) 和可溶性糖 ($213.00 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) 均高于柴达木枸杞 (干果) (蛋白质: $125.9 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$; 可溶性

糖: $32.73 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)^[29]。高明等^[30]对不同果实颜色的花楸树氨基酸组成进行测定, 发现红色、橙色和黄色果实中分别含有 13、11 和 14 种氨基酸, 其中 6~7 种为人体必需氨基酸。总之, 花楸树果实营养丰富, 开发前景良好。

3.2 花楸树药用价值

3.2.1 黄酮类物质 本研究发现, 花楸树果实中不仅存在大量的槲皮素和儿茶素, 还检测到微量的山奈酚、芹菜素、木犀草素和异鼠李素等成分。这一发现与 Monika^[31]等人采用反相高效液相色谱 (RP-HPLC) 方法在北欧花楸植株内检测出山奈酚、异鼠李素等物质的研究一致。花楸树不同部位的黄酮类物质含量由高到低依次为叶片 ($22.22 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) > 嫩枝 ($7.40 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) > 果实 (鲜果) ($4.29 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$), 这与赵永昕等^[23]对天山花楸的研究一致, 但是总含量均低于天山花楸 (叶片: $102.00 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$; 嫩枝: $84.00 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$; 果实: $60.00 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) 和西伯利亚花楸 (*S. aucuparia* subsp. *sibirica*) (叶片: $83.00 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$; 嫩枝: $77.00 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$; 果实: $57.00 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$), 花楸树新鲜果实中黄酮的含量低于北欧花楸 ($15.64 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)。花楸树干果中黄酮 ($12.11 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) 含量高于柴达木枸杞 (干果) ($5.74 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)。

3.2.2 酚类物质 本研究发现, 花楸树含有大量的酚类物质, 且不同部位均含有, 尤其干果中含量最高, 约为西府海棠 (*M. micromalus* Makino) 果实含量的5倍, ‘富士’苹果 (*M. pumila* L.) 6倍^[32], 高于树莓 (*Rubus corchorifolius* L.)、蔓越莓 (*Vaccinium microcarpum* (Turcz. ex Rupr.) Schmalh.) 等浆果^[33]。这表明, 花楸树果实在保健功能方面具有广阔的开发前景。

3.3 花楸树开发利用前景

国内学者发现天山花楸药用价值高, 但其地理分布窄, 资源缺乏, 这严重限制其开发与利用。花楸树是我国重要的乡土树种, 自然分布于东北和华北地区, 包括黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、河北、山西、甘肃、山东、北京和天津^[25], 资源分布较广。本研究发现, 花楸树和北京花楸果实中单宁含量均较低, 远远低于黑果腺肋花楸 (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott) 果实中单宁的含量^[34], 可大大降低产品加工过程中的脱涩难度, 这表明花楸树果实在果汁加工方面有很大的市场前景。但是, 自古以来花楸树在国内一直被作为观赏树种, 未入药典, 没有食用、药用的记载, 国人普遍不了解它的营养价值和药用价值。花楸树作为食品、药品等产品的开发必须进行严格的安全评价、质量认证、临床评价等。目前, 国内花楸树尚未应用于药物研制和相关的临床应用, 所以对其药理作用和保健作用还有待于进一步研究。此外, 花楸树一般分布在高海拔地区, 目前大多处于野生状态, 为发挥其价值, 还需进一步加强人工资源的培植, 从而减少对野生资源的破坏。

4 结论

本研究结果表明, 花楸树叶片中黄酮含量最高, 果实中蛋白质、可溶性糖、花色苷和总酚含量较高, 黄酮类和酚类物质的种类丰富, 其中槲皮素和表儿茶素含量最高。虽然不如天山花楸, 但与北京花楸相比, 花楸树中的营养物质和药用成分相对较高, 值得对其叶片和果实中黄酮以及果实酚类物质进行进一步开发与利用。该研究结果为花楸树中营养物质和药用成分的提取和测定提供了定性依据, 同时为后期花楸树营养价值和药用价值的评价、资源的开发与利用提供了理论依据。

参考文献:

[1] Lu L D, Gu C Z, Li C L, et al. Flora of China[M]. Science Press

(Beijing) and Missouri Botanical Garden Press (St. Louis), 2003.

- [2] Turumtay H, Midilli A, Turumtay E A, et al. Gram (-) microorganisms DNA polymerase inhibition, antibacterial and chemical properties of fruit and leaf extracts of *Sorbus aucuparia* and *Sorbus caucasica* var. *yaltirikii*[J]. Biomed Chromatogr, 2017, 31(6).
- [3] Yu X, Wang Z, Shu Z, et al. Effect and mechanism of *Sorbus pohuashanensis* (Hante) Hedl. flavonoids protect against arsenic trioxide-induced cardiotoxicity[J]. Biomed Pharmacother, 2017, 88: 1-10.
- [4] Park H, Chung T. W. Effect of *Sorbus commixta* on the invasion and migration of human hepatocellular carcinoma Hep3B cells[J]. Int J Mol Med, 2017, 40(2): 483-490.
- [5] Bailie A, Renaut S, Ubalijoro E, et al. Phytogeographic and genetic variation in *Sorbus*, a traditional antidiabetic medicine-adaptation in action in both a plant and a discipline[J]. Peer J, 2016: 4.
- [6] Matczak M, Marchelak A, Michel P, et al. *Sorbus domestica* L. leaf extracts as functional products: phytochemical profiling, cellular safety, pro-inflammatory enzymes inhibition and protective effects against oxidative stress in vitro[J]. Journal of Functional Foods, 2018, 40: 207-218.
- [7] Mikulic-Petkovsek M, Krska B, Kiprovski B, et al. Bioactive components and antioxidant capacity of fruits from nine *Sorbus* genotypes[J]. J Food Sci, 2017, 82(3): 647-658.
- [8] Yu T, Lee Y J, Jang H J, et al. Anti-inflammatory activity of *Sorbus commixta* water extract and its molecular inhibitory mechanism[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2011, 134(2): 493-500.
- [9] Gaivelyte K, Jakstas V, Razukas A, et al. Variation of quantitative composition of phenolic compounds in rowan (*Sorbus aucuparia* L.) leaves during the growth season[J]. Nat Prod Res, 2014, 28(13): 1018-1020.
- [10] Olszewska M. Phenolic constituents of the inflorescences of *Sorbus torminalis* (L.) Crantz[J]. Phytochemistry Letters, 2011, 4(2): 151-157.
- [11] 魏杰, 石佳, 侯潇, 等. 欧洲花楸的化学成分及药理作用研究进展[J]. 辽宁大学学报: 自然科学版, 2014, 41(4): 362-368.
- [12] 张妍妍, 李静, 卢慧颖, 等. 哈尔滨市主栽花楸果实主成分测定分析[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(20): 204-205, 342.
- [13] Heinonen I M, Lehtonen P J, Hopia A I. Antioxidant activity of berry and fruit wines and liquors[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 1998, 46(1): 25-31.
- [14] Na M K, An R B, Min B S, et al. Antioxidant compounds from the stem bark of *Sorbus commixta*[J]. Natural Product Sciences, 2002, 1(8): 26-29.
- [15] Termentzi A, Kefalas P, Kokkalou E. Antioxidant activities of various extracts and fractions of *Sorbus domestica* fruits at different maturity stages[J]. Food Chemistry, 2006, 98(4): 599-608.
- [16] Termentzi A, Kefalas P, Kokkalou E. LC-DAD-MS (ESI+) analysis of the phenolic content of *Sorbus domestica* fruits in relation to their maturity stage[J]. Food Chemistry, 2008, 106(3): 1234-1245.
- [17] Hasbal G, Yilmaz-Ozden T, Can A. Antioxidant and antiacetylcholinesterase activities of *Sorbus torminalis* (L.) Crantz (wild service tree) fruits[J]. Journal Food Drug Anal, 2015, 23(1): 57-62.
- [18] Monika Olszewska. Separation of quercetin, sexangularetin, kaemp-

- ferol and isorhamnetin for simultaneous HPLC determination of flavonoid aglycones in in florescences, leaves and fruits of three *Sorbus* species[J]. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 2008, 48(3): 629-635.
- [19] Bremness L(英)著. 药用植物: 全世界700多种药用植物的彩色图鉴[M]. 台湾猫头鹰出版社译. 北京: 中国友谊出版公司, 1999.
- [20] 马 迪, 向 阳, 王 丹, 等. 天山花楸果实和枝叶提取物的药效比较研究[J]. 西北药学杂志, 2015, 30(1): 43-47.
- [21] 新疆部队后勤部卫生部编. 新疆中草药手册[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1970.
- [22] 白 洁, 王艳梅, 赵 强, 等. 天山花楸全株抑菌作用的比较[J]. 食品科学, 2007, 28(9): 125-127.
- [23] 赵永昕, 帕提古丽·马合木提, 阿不都拉·阿巴斯. 新疆两种花楸不同部位总黄酮的提取及其含量比较[J]. 天然产物研究与开发, 2006, 18(5): 830-832.
- [24] 王 丹, 向 阳, 常军民. 天山花楸平喘胶囊镇咳、祛痰、平喘、抗炎及免疫作用研究[J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(23): 262-265.
- [25] 傅立国, 陈潭清, 郎楷永, 等. 中国高等植物[M]. 青岛: 青岛出版社, 1999.
- [26] Li H, Matsuura M, Li W, *et al.* Chemical constituents from the fruits of *Sorbus pohuashanensis*[J]. Biochemical Systematics and Ecology, 2012, 43: 166-168.
- [27] 孟令镛, 张朝立, 高长久, 等. 高效液相色谱法同时测定百华花楸果实中金丝桃苷和芦丁的含量[J]. 中国医药导报, 2016, 13(4): 32-35, 40.
- [28] 罗 青, 米 佳, 冉林武, 等. 枸杞类胡萝卜素研究进展[J]. 食品工业科技, 2018, 24: 331-335, 339.
- [29] 吴有峰, 马世震, 谭 亮, 等. 柴达木枸杞化学成分测定[J]. 中成药, 2017, 39(5): 984-989.
- [30] 高 明, 李莉娜, 李 丽, 等. 花楸树果实中氨基酸及化学元素的含量检测[J]. 吉林林业科技, 2013, 42(4): 1-3.
- [31] Kähkönen M P, Hopia A I, Heinonen M. Berry phenolics and their antioxidant activity[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2001, 49(8): 4076-4082.
- [32] 李 媛, 李厚华, 刘小微, 等. 海棠果实多酚提取物及对胃癌细胞BGC-803的体外抑制活性研究[J]. 食品工业科技, 2018, 18: 279-284.
- [33] 林晓丽, 韩文凤, 郭红英, 等. 水果中酚类物质研究进展[J]. 食品与发酵科技, 2018, 54(3): 82-84.
- [34] 王 凤, 王凤舞, 陈昕昕, 等. 黑果腺肋花楸脱涩及果酱的生产加工工艺[J]. 食品科技, 2018, 43(6): 120-125.

Study on Nutritive Substances and Medicinal Components of *Sorbus pohuashanensis*

XU Man-man¹, YU Xue-dan¹, ZHENG Yong-qi¹, ZHANG Tao², XIA Xin-he¹, FU Qi-di¹, ZHANG Chuan-hong¹

(1. Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, National Forestry and Grassland Administration, Beijing 100091, China; 2. Forestry College, Shandong Agricultural University, Tai'an, 271018, Shandong, China)

Abstract: [Objective] Taking *Sorbus pohuashanensis* as object to study the discrepancy among different parts of *S. pohuashanensis* and the impact of different habitat conditions on the content of the substances. [Method] The nutritive and medicinal substances of different parts of *S. pohuashanensis* (twigs, young leaves, mature leaves, fresh fruits and dried fruits) were extracted by organic solvent and the compositions were determined by liquid chromatography. [Result] Different parts of *S. pohuashanensis* are rich in nutritive and medicinal substances. The contents of vitamin C, carotenoids, flavonoids in mature leaves and protein, soluble sugar, total phenols, anthocyanin, tannin in dried fruits are higher than that in other parts. Compared with *S. discolor*, the contents of protein, anthocyanin, flavonoids and total phenols in *S. pohuashanensis* are higher. The contents of anthocyanin and carotenoids in fruits of *S. pohuashanensis* are about 3 times and 5 times of that in *S. discolor* respectively. The contents of flavonoids and total phenols in mature leaves of *S. pohuashanensis* are about 2 times of that in *S. discolor*. The fresh fruit of *S. pohuashanensis* is rich in flavonoids and phenolic compositions, of which the contents of quercetin and epicatechin are the highest, and about 1.5 times and 3 times of that in *S. discolor* respectively. The contents of various substances in fresh fruits of *S. pohuashanensis* are different in different habitats. [Conclusion] *S. pohuashanensis* is of higher nutritive and medicinal components than *S. discolor*, and the flavonoid and phenols contents in leaves and fruits is worth to be further exploited and utilized.

Keywords: *Sorbus pohuashanensis*; nutritive substances; medicinal components