

贵州产地火棘活性成分的聚类分析

谢国芳^{1,2}, 周晓珊^{1,2}, 韦开红^{1,2}, 罗桥兰^{1,2}, 刘志刚^{1,2}

(1. 贵阳学院食品与制药工程学院, 贵州 贵阳 550005; 2. 贵州省果品加工工程技术研究中心, 贵州 贵阳 550005)

摘要: 为了解不同地区野生火棘果实的抗氧化活性成分差异,以贵州贵阳、思南、长顺、习水等地采集的新鲜野生果实为材料,通过测定不同产地火棘果实的营养成分和抗氧化活性,利用 IBM SPSS Statistics 19 软件进行组内显著性分析、各指标间相关性、不同产地营养成分的主成分分析和聚类分析。结果表明:贵州不同产地火棘果实中营养成分及抗氧化活性差异显著,其中鱼梁河果实中抗坏血酸、蛋白质质量分数最高(分别为 AAE (7.35±0.08) mg/hg 和 BAE (10.48±0.30) mg/hg;花溪火棘果实中总酚和总黄酮含量最高(分别为 GAE(218.14±0.70) mg/hg 和 RE (159.80±0.45) mg/hg);岩上总酸含量最高,柠檬酸(7.18±0.00) g/kg;种获乡还原糖质量分数 4.91%±0.01%;花溪火棘提取物的总还原力最强,岩上火棘提取物对超氧自由基清除率的最强,中心村火棘提取物对过氧化氢清除率最强,总酚、总黄酮、蛋白质、总酸质量分数与总还原力和超氧自由基清除率有一定线性关系;通过主成分分析和聚类分析将不同产地火棘果实分为 3 类,揭示了贵州不同产地野生火棘果实营养成分和抗氧化活性地域分布的规律性和差异性。

关键词: 火棘;产地;营养成分;抗氧化活性

中图分类号: S 759 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-1689(2017)06-0642-07

Cluster Analysis on Antioxidant Composition of *Pyracantha fortuneana* (Maxim.) Li in Different Growing Regions of Guizhou

XIE Guofang^{1,2}, ZHOU Xiaoshan^{1,2}, WEI Kaihong^{1,2}, LUO Qiaolan^{1,2}, LIU Zhigang^{1,2}

(1. Food and Pharmaceutical Engineering Institute, Guiyang University, Guiyang 550005, China; 2. Guizhou Engineering Research Center for Fruit Processing, Guiyang 550005, China)

Abstract: To know the differences in antioxidant composition of *Pyracantha fortuneana*(Maxim.)Li from different growing regions of Guizhou Province, China, we investigated the nutritional composition and antioxidant activity of *Pyracantha fortuneana* (Maxim.)Li and evaluated the differences, correlation coefficient, principal component and clustering analysis by using the software IBM SPSS Statistics 20. The results indicated that the differences among the nutritional composition and antioxidant activity from different growing regions are significant. The highest contents of total ascorbic acid and protein content were detected in *Pyracantha fortuneana* (Maxim.)Li from

收稿日期: 2015-08-23

基金项目: 贵州省教育厅自然科学研究重点项目(黔教合 KY 字[2014]276);贵州省科技厅-贵阳市科技局-贵阳学院联合基金项目(黔科合 LH 字[2014]7179 号)。

作者简介: 谢国芳(1987—),男,贵州思南人,工学硕士,副教授,主要从事农产品贮藏与加工等方面的研究。E-mail: xieguofang616@sina.com

引用本文: 谢国芳,周晓珊,韦开红,等. 贵州产地火棘活性成分的聚类分析[J]. 食品与生物技术学报,2017,36(06):642-648.

Yulianghe AAE(7.35 ± 0.08 mg/hg and BAE(10.48 ± 0.30) mg/hg, respectively). The total polyphenol and total flavonoids of *Pyracantha fortuneana* (Maxim.)Li from Huaxi were highest GAE (218.14 ± 0.70) mg/hg and RE(159.80 ± 0.45) mg/hg, respectively). The total acidity of *Pyracantha fortuneana* (Maxim.)Li from Yanshang were highest, citric acid (7.18 ± 0.00) g/kg. The reducing sugar of *Pyracantha fortuneana* (Maxim.)Li from Zhonghuoxiang were highest (4.91 ± 0.01)%. The total reducing power of *Pyracantha fortuneana* (Maxim.)Li from Huaxi was the strongest, while *Pyracantha fortuneana* (Maxim.)Li from Yanshang possessed the highest superoxide radical scavenging activity and *Pyracantha fortuneana* (Maxim.)Li from Zhongxincun possessed the highest hydrogen peroxide scavenging activity. The contents of total polyphenol, total flavonoids, protein and total acidity highly correlated with total reducing power and superoxide radical scavenging activity. The *Pyracantha fortuneana*(Maxim.)Li of different growing regions were classified into three groups by principal component and cluster analysis. The regularity and difference of *Pyracantha fortuneana* (Maxim.)Li from different growing regions in Guizhou was revealed by principal component and cluster analysis.

Keywords: *Pyracantha fortuneana* (Maxim.)Li, growing regions, nutritional composition, antioxidant activity

火棘(*Pyracantha fortuneana*(Maxim.)Li)为蔷薇科苹果亚科火棘属常绿灌木野生果树, 俗称红子、救军粮、红刺泡等, 主要分布在海拔 250~2 500 m 之间, 分布在亚洲东部至欧洲南部地区, 国内主要分布在西南地区, 以四川、贵州、陕西、云南、湖南、湖北等省产量较大。随着对火棘营养成分、功效作用的深入研究, 发现火棘果实含有多种维生素、氨基酸、脂肪酸、淀粉、蛋白质、黄酮、原花青素、多酚、多糖、果胶、膳食纤维及微量元素等^[1-5], 具有较好的体外抗氧化、抑菌、美白、降血脂、促进血凝、抗衰老、抗疲劳抗炎等作用^[6-13]。研究显示: 不同产地火棘果实中多酚、黄酮、原花青素、淀粉含量等营养成分差异极大, 侯建军和李伟等系统对比研究了湖北不同产地火棘果实中营养成分的差异, 贵州省不同产地火棘果实营养成分的差异仅从单一的指标进行评价^[14-18]。

作者以贵州贵阳、思南、长顺、习水等产地火棘果实为试验材料, 测定果实中总酸、还原糖、多酚、黄酮、VC、可溶性蛋白质等营养成分, 并对其 SOD、总还原力、超氧自由基、过氧化氢清除能力等抗氧化活性进行测定, 对不同产地火棘果实的各项指标进行相关性、主成分分析和聚类分析, 旨在进一步开发利用贵州野生火棘资源, 以及在功能食品和药品领域中应用开发提供科学依据和理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 原料 实验用火棘于 2014 年 12 月分别采自贵州省内清镇市、思南县、习水县、花溪区、长顺县、龙洞堡等地, 详见表 1。新鲜果实采摘后转入 PE 保鲜袋, 封口, 运回实验室, 贮藏于 -20°C 低温冰箱。

表 1 火棘产地信息

Table 1 Growing regions of *Pyracantha fortuneana* (Maxim.)Li

编号	产地	海拔高度/m	经度、纬度
HFH	清镇市红枫湖边	1 200	E 106°44', N26°55'
PB	思南县塘头镇坪坝村	500	E 108°17', N 27°72'
YS	习水县程寨乡岩上	550	E 106°31', N 28°41'
HX	花溪区贵州大学南校区内	1 140	E 106°68', N 26°43'
ZH	长顺县种获乡	1 280	E 106°39', N 26°07'
ZX	习水县程寨乡中心村	600	E 106°32', N 28°40'
MT	思南县塘头镇麻坨村	516	E 108°17', N 27°76'
YLH	龙洞堡鱼梁河岸	1 280	E 106°78', N 26°56'

1.1.2 试剂 甲醇: 色谱级; 其他试剂均为分析纯。

1.1.3 主要仪器设备 UV-2550 型紫外分光光度计 日本岛津公司; LC-20A 型高效液相色谱: 日本岛津公司; PHS-25 数显酸度计: 上海仪电科学仪器

股份有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 提取液制备 随机取 50 g 冻果,用研磨机磨成浆,称取 2 g 匀浆,置于 250 mL 三角锥形瓶中,用 20 mL 60% 乙醇在 40 °C 下超声波辅助提取 1 h,用快速滤纸过滤,重复提取 3 次,合并滤液,定容至 100 mL,低温保存待测。

1.2.2 营养指标及测定方法 抗坏血酸质量分数:采用高效液相色谱法测定参照刘志刚等方法,以 100 g 鲜样所含 VC 量(mg)表示,即 AAE mg/hg^[19];总酚质量分数:采用福林-酚比色法测定,以 100 g 鲜样中所含芦丁量(mg)表示,即 GAE mg/hg^[20];总黄酮质量分数:采用比色法,以 100 g 鲜样所含没食子酸量(mg)表示,即 RE mg/hg^[21];蛋白质质量分数:采用考马斯亮蓝法测定,以 100 g 鲜样中所含牛血清蛋白量(mg)表示,即 BAE mg/hg^[22];总酸质量分数:参照 GB/T 12456—2008《食品中总酸的测定方法》测定,以每千克样品中所含柠檬酸质量(g)表示;还原糖质量分数:采用 3,5-二硝基水杨酸(DNS)进行测定,以 100 g 鲜样中所含葡萄糖质量(g)表示,即 g/hg^[23]。

1.2.3 抗氧化活性指标测定方法 SOD 活性:GB/T 5009.171—2003《保健食品中超氧化物歧化酶活性测定》;超氧自由基清除能力:采用邻苯三酚自氧化法测定^[23];总还原力:采用比色法测定,以每克茶样中所含 VC 的当量(mg/g)来表示^[24];清除 H₂O₂ 能力:参照解利利方法测定^[25]。

1.3 数据处理

试验数据采用 IBM SPSS Statistics 19 统计软件对各项指标进行 Duncan 新复极差法、相关性分析、主成分分析和系统聚类分析, $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 不同产地火棘果实中营养成分含量差异分析

由表 2 可知,火棘果实中营养成分在不同产地间差异显著,说明不同产地火棘的营养成分差异很大,其中不同产地间蛋白质质量分数离散程度最大,变异系数高达 50.42%,鱼梁河果实中蛋白质质量分数最高(BAE(10.48±0.30) mg/hg),中心村果实中蛋白质质量分数最低(BAE(2.81±0.09) mg/hg),鱼梁河、坪坝、麻坨火棘果实中蛋白质质量分数显著高于其他产地,花溪、岩上、中心村等地火棘果实

中蛋白质质量分数差异不显著;总酚、总黄酮、还原糖质量分数的离散程度相对较大,变异系数大于 20%,花溪果实中总酚、总黄酮质量分数最高,分别为 GAE (218.14±0.70) mg/hg 和 RE (37.60±0.47) mg/hg,与王磊和陈庆富报道的结果基本一致^[18],中心村果实总酚、总黄酮质量分数最低,分别为 GAE (62.69±1.13) mg/hg 和 RE (159.80±0.45) mg/hg,种获乡果实中还原糖质量分数最高,为(4.91±0.01)%,显著高于其他产地果实,鱼梁河岸果实中还原糖质量分数最低(2.11%),不足种获乡果实中的一半,红枫湖、坪坝、岩上、花溪、中心村、麻坨等果实还原糖质量分数差异不显著;总酸质量分数变异系数为 19.02%,岩上果实中总酸质量分数最高,柠檬酸 7.18 g/kg。中心村果实总酸最低,柠檬酸 (3.88±0.02) g/kg。不同产地果实中总酸质量分数差异极显著($P < 0.05$);抗坏血酸质量分数离散程度最小,变异系数仅 8.68%,说明不同产地果实中抗坏血酸质量分数的变异最小。种获乡、鱼梁河火棘果实中抗坏血酸质量分数最高,AAE (7.30±0.17)、(7.35±0.08) mg/hg,岩上火棘果实中抗坏血酸质量分数最低,AAE(5.84±0.10) mg/hg,红枫湖、坪坝、花溪、麻坨等地果实中抗坏血酸质量分数差异不显著。

2.2 不同产地火棘果实中抗氧化活性分析

由图 1 可知,不同产地火棘果实间抗氧化活性差异显著($P < 0.05$),说明产地对火棘果实的抗氧化活性影响差异。红枫湖火棘果实的 SOD 活性最高(864.41±3.26) U/g,中心村果实 SOD 活性最低(713.67±0.89) U/g,坪坝、花溪、鱼梁河果实的 SOD 活性差异不显著,但显著高于中心村、种获和岩上;花溪火棘果实的总还原力最高,AAE (48.10±0.44) mg/hg,其次是麻坨火棘果实,红枫湖火棘果实的总还原力最低,AAE(32.05±0.78) mg/hg。产地间果实的总还原力差异显著($P < 0.05$);岩上果实对超氧自由基的清除率 (37.82±0.25)%显著高于其他产地果实。中心村果实对超氧自由基的清除率最低,为(18.47±0.40)%,仅花溪、麻坨两地果实对超氧自由基清除率差异不显著;中心村火棘果实对过氧化氢的清除率(81.00±0.66)%显著高于其他产地,其次是红枫湖(72.24±1.20)%,其他产地果实对过氧化氢差异不显著。

2.3 不同产地火棘果实指标间相关性分析

利用 IBM SPSS Statistics 19 软件对火棘果实的

表 2 10 个产地火棘果实中活性成分分析

Table 2 Antioxidant composition of *Pyracantha fortuneana* (Maxim.) Li from different growing regions

产地	抗坏血酸质量分数 AAE/(mg/hg)	总酚质量分数 GAE/(mg/hg)	总黄酮质量分数 RE/(mg/hg)	蛋白质质量分数 BAE/(mg/hg)	总酸质量分数 柠檬酸/(g/kg)	还原糖质量分数/ %
HFH	6.96±0.03 ^b	79.76±0.87 ^d	61.05±0.78 ^e	3.21±0.11 ^e	5.22±0.04 ^e	3.87±0.09 ^b
PB	6.72±0.03 ^b	106.22±1.28 ^b	107.81±1.81 ^e	8.96±0.09 ^e	4.75±0.03 ^f	3.16±0.04 ^e
YS	5.84±0.10 ^e	82.12±1.19 ^d	88.35±1.25 ^d	4.38±0.21 ^d	7.18±0.00 ^a	3.37±0.01 ^{de}
HX	6.96±0.04 ^b	218.14±0.70 ^a	159.80±0.45 ^a	4.38±0.09 ^d	6.63±0.01 ^b	3.58±0.01 ^{cd}
ZH	7.30±0.17 ^a	110.49±1.61 ^b	102.02±0.16 ^e	4.68±0.00 ^d	6.21±0.01 ^c	4.91±0.01 ^a
ZX	6.14±0.03 ^e	62.69±1.13 ^e	37.60±0.47 ^f	2.81±0.09 ^e	3.88±0.02 ^g	3.68±0.19 ^{bc}
MT	6.07±0.08 ^{cd}	124.56±1.12 ^b	139.11±1.82 ^b	9.97±0.06 ^b	5.64±0.02 ^d	3.33±0.00 ^e
YLH	7.35±0.08 ^a	93.34±1.43 ^c	100.48±1.68 ^e	10.48±0.30 ^a	4.80±0.01 ^f	2.11±0.05 ^f
变异系数/%	8.68	43.55	38.05	50.42	19.08	22.00
显著性	**	**	**	**	**	**

注:同一列不同字母表示差异显著($P<0.05$);*表示差异显著,**表示差异极显著。

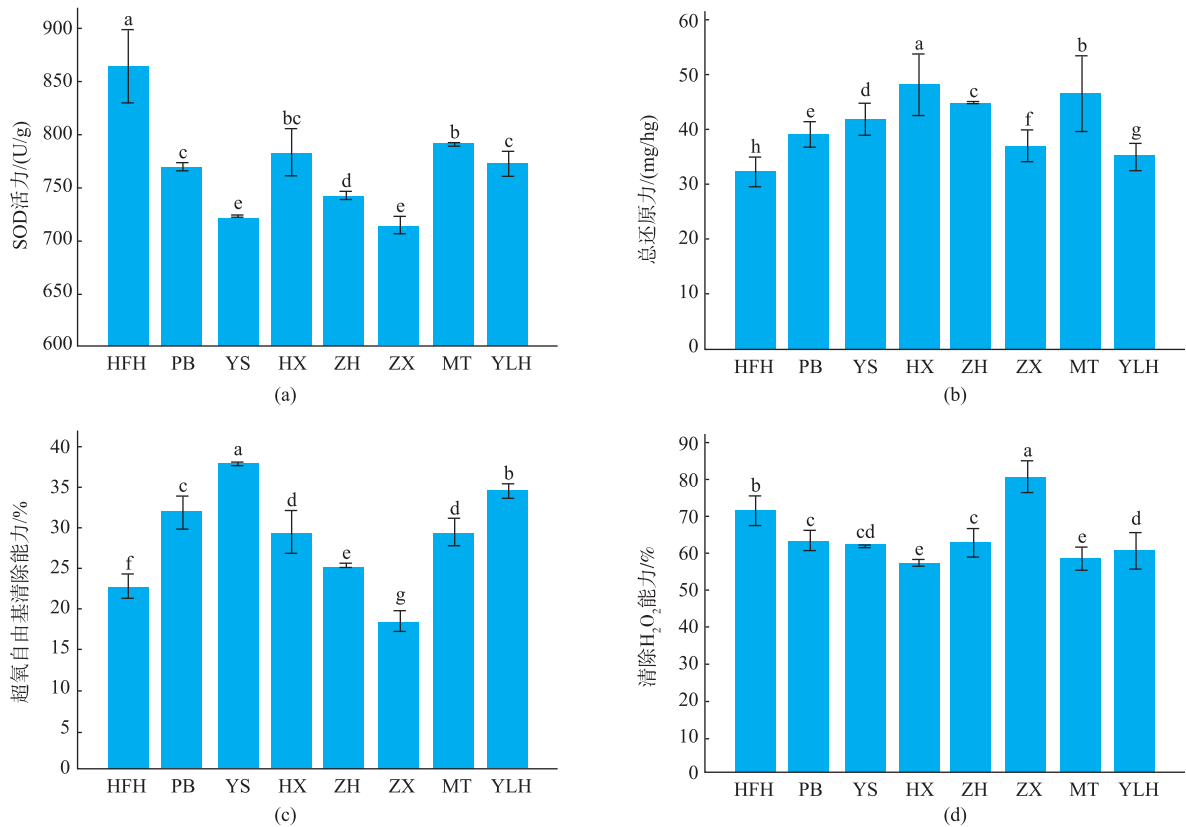


图 1 不同产地火棘果实抗氧化活性分析

Fig. 1 Antioxidant activities analysis of different growing regions

各项指标进行相关性分析,结果见表3。由表3可知,抗坏血酸与总酚、总黄酮、蛋白质质量分数和SOD活性呈正相关;总酚与总黄酮、总酸、总还原力呈极显著正相关,与过氧化氢清除率呈极显著负相

关;总黄酮质量分数与总还原力呈极显著正相关,与总酸呈显著正相关,与过氧化氢清除率呈极显著负相关;蛋白质质量分数与超氧自由基清除率呈显著正相关,与还原糖质量分数和过氧化氢清除率呈

极显著负相关;总酸质量分数与总还原力、超氧自由基清除率呈显著正相关,与过氧化氢清除率呈极显著负相关;还原糖质量分数与超氧自由基清除率呈显著负相关;总还原力与过氧化氢清除呈显著负

相关;超氧自由基清除率与过氧化氢清除率呈极显著负相关。由各指标间相关性分析可知,部分指标反映的信息存在重叠,有必要对其归类和简化,以提高对比的准确性。

表 3 10 项指标的相关性分析

Table 3 Correlation coefficient of 10 indices

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 抗坏血酸质量分数	1									
2 总酚质量分数	0.301	1								
3 总黄酮质量分数	0.168	0.870**	1							
4 蛋白质质量分数	0.125	0.133	0.467	1						
5 总酸质量分数	-0.094	0.521*	0.533*	-0.182	1					
6 还原糖质量分数	0.044	0.000	-0.121	-0.649**	0.279	1				
7 总还原力	-0.163	0.622*	0.704**	0.052	0.598*	0.304	1			
8 SOD 酶活/(U/g)	0.363	0.219	0.141	0.087	-0.60	-0.044	-0.259	1		
9 超氧自由基清除率/%	-0.078	0.260	0.488	0.533*	0.533*	-0.543*	0.218	-0.155	1	
10 过氧化氢清除率/%	-0.187	-0.690**	-0.897**	-0.560**	-0.645**	0.205	-0.597*	-0.094	-0.742**	1

注:*表示显著($P<0.05$);**表示极显著相关($P<0.01$)。

2.4 不同产地火棘果实中营养成分的主成分分析

利用 IBM SPSS Statistics 19 软件对火棘果实的活性成分进行主成分分析,结果见表 4。由表 4 可知,前 3 个主成分的特征值大于 1,方差贡献率累计达到 86.69%,可代表原始数据的大部分信息。第一主成分的方差贡献率为 35.49%,主要综合了总酚、总黄酮及总酸的信息,并呈正相关关系;第二主成分的方差贡献率为 30.50%,主要综合了还原糖质量分数、蛋白质质量分数、SOD 活性,与还原糖质量分数和 SOD 活性呈现很大的正相关,与蛋白质呈现很大的负相关;第三主成分的方差贡献率为 20.70%,主要综合了抗坏血酸含量,并有很大的正相关性。由主成分分析结果可知,在系统聚类分析时,将指标类聚为 5 类具有可行性。

2.5 不同产地火棘果实中营养成分的聚类分析

通过 IBM SPSS Statistics 20 软件对不同产地火棘果实的各项指标标准化转化后进行组间聚类分析,结果见图 2。根据主成分分析的结果,在聚类时将 7 项指标分为 3 类。以 7 项指标类别划分距离,将 7 项指标聚为 3 类,与主成分分析结果一致;第一类聚集了 4 个产地即坪坝、麻坨、鱼梁河和花溪,这一类类聚了总酚、总黄酮相对较高,总酸质量分数适中的火棘果实,从地域上主要类聚了思南 2 个产地和贵阳市市郊 2 个产地;第二类聚集了 2 个产

表 4 主成分分析旋转后的成分载荷矩阵

Table 4 Rotated component matrix of principal component analysis

指标	因子权重		
	1	2	3
抗坏血酸质量分数	0.460	0.148	0.797
总酚质量分数	0.849	-0.267	-0.184
总黄酮质量分数	0.838	-0.510	-0.111
蛋白质质量分数	0.090	-0.795	0.427
总酸质量分数	0.669	0.082	-0.564
还原糖质量分数	0.308	0.880	-0.157
SOD 活性	0.547	0.608	0.493
特征值	2.484	2.135	1.449
累计贡献率/%	35.490	65.993	86.689

地即红枫湖和种获乡,这一类类聚了还原糖质量分数较高,蛋白质质量分数适中的产地,从地域上类聚了红枫湖和长顺县种获乡 2 个产地;第三类聚集了岩上和中心村,还原糖质量分数适中,抗坏血酸质量分数低的火棘果实,从地域上类聚了习水县境内 2 个产地。虽然聚类分析结果与主成分分析存在一定差异,但聚类分析使相同海拔高度、地域不同产地火棘果实类聚在一起,说明海拔高度和地域对火棘果实的营养成分的影响较大。

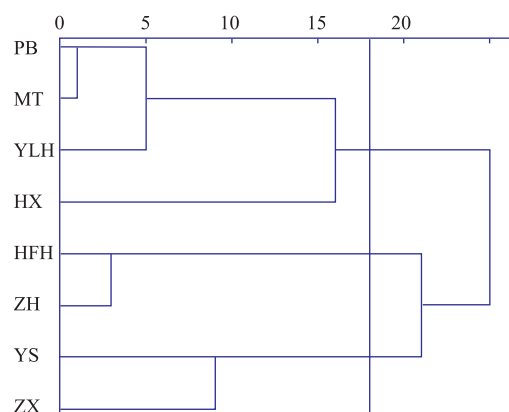


图 2 7 项指标的系统聚类谱系图
Fig. 2 Dendrogram of seven indices

3 结 语

1)不同产地火棘果实中营养成分变化:不同产地火棘果实大部分指标的变异系数大于 20%,其中蛋白质质量分数变异系数最大,高达 50.42%;抗坏血酸质量分数变异系数最小,仅 8.68%;鱼梁河果实中抗坏血酸、蛋白质质量分数最高,还原糖质量分数最低;花溪火棘果实中总酚和总黄酮质量分数均最高;岩上总酸质量分数最高,抗坏血酸质量分数却很低;中心村果实总酚、总黄酮、蛋白质和总酸质量分数均最低,种获乡还原糖质量分数高。

2)火棘果实营养成分与抗氧化活性相关性:火棘果实提取物的总还原力与总酚、总黄酮和总酸质量分数显著正相关,说明火棘提取物对总还原力主要由总酚、总黄酮、总酸贡献,花溪火棘果实对总还原力最高;火棘果实提取物对超氧自由基清除率与蛋白质和总酸质量分数显著正相关,说明火棘提取物对超氧自由基清除率主要是蛋白质和总酸贡献,还原糖质量分数对其有抵消作用,岩上果实提取物对超氧自由基清除率最高;火棘果实提取物对过氧化氢清除率与总酚、总黄酮、总酸呈极显著负相关,与蛋白质呈显著负相关,说明火棘果实提取物中存在其他对过氧化氢有较好清除率的活性成分,中心村火棘果实对过氧化氢清除率最高。

3)产地对火棘果实营养成分及抗氧化活性影响明显:通过主成分分析和聚类分析将不同产地火棘果实范围 3 类,即思南 2 个产地和贵阳市市郊 2 个产地、红枫湖和长顺县种获乡 2 个产地及习水县境内 2 个产地,也证明了地域差异对火棘果实的营养成分的影响较大,地域差异主要体现在海拔高度和特殊的小气候环境。

贵州境内不同产地野生火棘果实均含有较高的营养成分和抗氧化活性,但不同海拔高度和地域间具有一定差异,有待进一步深入利用开发。

参考文献:

- [1] MON Junfu, CAI Jinteng, LI Shujiu, et al. Changes of nutrients and the use of fruit of *Pyracantha reom*[J]. **Southwest China Journal of Agricultural Sciences**, 1992(3):42-47. (in Chinese)
- [2] HUANG Rong, FU Xiaohong. Advances on research of functional composition of *Pyracantha fortuneana*[J]. **Chinese Wild Plant Resources**, 2014, 33(5):37-41. (in Chinese)
- [3] YI D, ZHOU G X, HIROSHI K, et al. A biphenyl glycoside from *Pyracanthaf fortuneana*[J]. **Natural Product Research**, 2009, 23(13):1163-1167.
- [4] DAI Y, HE X J, ZHOU G X, et al. Acylphloroglucinol glycosides from the fruits of *Pyracantha fortuneana*[J]. **Journal of Asian Natural Products Research**, 2008, 10(2):111-117.
- [5] LI Jiaxing, LIANG Xianchang, HUANG Cheng, et al. Optimization of extraction technology for insoluble dietary fiber from *Fortuneana pyracantha* fruits by response surface methodology[J]. **Food Sciences**, 2011, 32(14):118-123. (in Chinese)
- [6] HUANG Rong, FU Xiaohong. Research on the extraction of flavonoids from the fruits of *pyracantha fortuneana* and their whitening activity[J]. **Chemical Research and Application**, 2015, 27(3):324-328. (in Chinese)
- [7] LI Pengxiao, MAO Guanghua, ZHAO Ting, et al. Extraction and antioxidant activity of red pigments from *Pyracantha fortuneana* [J]. **Food Sciences**, 2013, 34(17):116-119. (in Chinese)
- [8] WANG Xiaojing, CHEN Lihua, HUANG Yulong. Antioxidant activity of flavonoids from *Pyracantha fortuneana* to oils and fats [J]. **Nat Prod Res Dev**, 2015, 27(5):909-914. (in Chinese)
- [9] YAN Youyu, SHEN Danhua, WANG Hongjuan, et al. *Pyracantha fortuneana* procyanidins preparation and their correlation

- research with antioxidant activity[J]. **Food Research And Development**, 2015, 36(4):35-39, 148. (in Chinese)
- [10] WENG Wenjiang, GAO Xue. Study on antioxidant activity in vitro about different solvent extracts of fruits of *Pyracantha fortuneana*[J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2015, 36(1):77-80, 96. (in Chinese)
- [11] YUAN C, WANG C, BU Y, et al. Antioxidative and immunoprotective effects of *Pyracantha fortuneana* (Maxim.) Li polysaccharides in mice[J]. **Immunology Letters**, 2010, 133(1):14-18.
- [12] ZHAO C F, LEI D J, SONG G H, et al. Characterisation of water-soluble proanthocyanidins of *Pyracantha fortuneana* fruit and their improvement in cell bioavailable antioxidant activity of quercetin[J]. **Food Chemistry**, 2015, 169:484-491.
- [13] ZHAO C F, LI S, LI S J, et al. Extraction optimization approach to improve accessibility of functional fraction based on combination of total polyphenol, chromatographic profiling and antioxidant activity evaluation: *Pyracantha fortuneana* fruit as an example[J]. **Journal of Functional Foods**, 2013, 5(2):715-728.
- [14] CAI Jinteng, DING Zhuhong. Study on the nutritive composition of *Pyracantha* spp fruit[J]. **Journal Agric Coll**, 1994, 13(1):49-54. (in Chinese)
- [15] HOU Jianjun, QIN Hongbin, WEI Wenke. Analysis and evaluation on nutritive composition of *Pyracantha fortuneana* fruit in different producing areas[J]. **Hubei Agricultural Sciences**, 2003(2):83-85. (in Chinese)
- [16] LI Wei, CHENG Chao, ZHANG Yingtuan, et al. Clustering analysis of functional components in different *Pyracantha fortuneana* (Maxim.) Li Fruits[J]. **Food Sciences**, 2008(9):207-210. (in Chinese)
- [17] TIAN Juan, WANG Lei, CHEN Qingfu. The variation of starch content in *Pyracantha Fortuneana* of different regions[J]. **Journal of Henan Agricultural Sciences**, 2011, 40(11):109-112. (in Chinese)
- [18] WANG Lei, CHEN Qingfu. Karst mountain populations in different parts of the fruit of *Pyracantha fortuneana* difference of flavonoid content [J]. **Northern Horticulture**, 2011(19):8-10. (in Chinese)
- [19] LIU Zhigang, HOU Lang, WANG Rui, et al. Determination of Vitamin C in Blueberry and Blackberry by RP-HPLC[J]. **Food Research and Development**, 2015, 36(1):96-98. (in Chinese)
- [20] DRAGOVIC U V, SAVIC Z, BRALA A, et al. Evaluation of phenolic content and antioxidant capacity of blueberry cultivars (*Vaccinium corymbosum* L.) grown in the Northwest Croatia[J]. **Food Technology and Biotechnology**, 2010, 48(2):214-221.
- [21] NUNCIO J N, MUNERA P S, CALIN S A, et al. Bioactive compound composition of pomegranate fruits removed during thinning[J]. **Journal of Food Composition and Analysis**, 2015, 37:11-19.
- [22] XIE G F, TAN S M, YU L. Effect of calcium chloride treatment on quality of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) [J]. **European Journal of Horticultural Science**, 2014, 79(1):16-21.
- [23] XU C, LIU S, LIU Z, et al. Superoxide generated by pyrogallol reduces highly water-soluble tetrazolium salt to produce a soluble formazan: A simple assay for measuring superoxide anion radical scavenging activities of biological and abiological samples[J]. **Analytica Chimica Acta**, 2013, 793:53-60.
- [24] OLIVEIRA I, BAPTISTA P, MALHEIRO R, et al. Influence of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) fruit ripening stage on chemical composition and antioxidant activity[J]. **Food Research International**, 2011, 44(5):1401-1407.
- [25] XIE Lili, ZHANG M, SUN J C. Study on antioxidant activities of freezing blueberry polyphenol[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2011, 30(6):818-821.