

‘黑杞一号’与野生黑果枸杞的酚类物质分析

王 琴¹, 刘凤兰¹, 毛金梅¹, 王建友^{2*}, 韩宏伟¹, 李 勇¹

(1 新疆林科院经济林研究所, 乌鲁木齐 830063; 2 新疆林业科学院科技推广处, 乌鲁木齐 830063)

摘 要:以‘黑杞一号’和野生黑果枸杞为研究对象, 对其总酚、总花色苷、总单宁、单体花色苷和非花色苷单体酚类物质进行测定分析。结果表明: (1) 与野生黑果枸杞相比, ‘黑杞一号’的总酚、总花色苷、总单宁含量分别高出 14 250、390 和 3 330 $\mu\text{g/g}$ 。(2) ‘黑杞一号’和野生黑果枸杞中均检测出 4 种单体花色苷, 包括双葡萄糖苷 1 种、咖啡酰化葡萄糖苷 2 种和香豆酰化葡萄糖苷 1 种, 且‘黑杞一号’的 4 种单体花色苷均显著高于野生黑果枸杞, 其中单体花色苷总量比野生黑果枸杞高 116.88% (5 672.8 $\mu\text{g/g}$), 二甲花翠素咖啡酰化葡萄糖苷含量为野生黑果枸杞的 14.93 倍。(3) ‘黑杞一号’和野生黑果枸杞中均检测到 29 种非花色苷单体酚, 包括黄烷醇类 7 种、羟基苯甲酸类 4 种、黄酮醇类 18 种, 并以原儿茶酸含量最高, 但‘黑杞一号’非花色苷单体酚总量较野生黑果枸杞低 51.42% (2.71 $\mu\text{g/g}$)。

关键词:黑果枸杞; 黑杞一号; 野生黑果枸杞; 酚类物质

中图分类号: Q946.8 **文献标志码:** A

Analysis of Phenolic Compounds of ‘Heiqi No. 1’ and Wild *Lycium ruthenicum* Murr.

WANG Qin¹, LIU Fenglan¹, MAO Jinmei¹, WANG Jianyou^{2*}, HAN Hongwei¹, LI Yong¹

(1 Institute of Economic Forestry, Xinjiang Academy of Forestry Sciences, Urumqi 830063, China; 2 Department of Science and Technology Popularization, Xinjiang Academy of Forestry Sciences, Urumqi 830063, China)

Abstract: Taking ‘Heiqi No. 1’ and wild *Lycium ruthenicum* Murr. as research subjects, we determined and analyzed their total phenolics, total anthocyanins, total tannins, individual anthocyanins and individual nonanthocyanin phenolic compounds. The results showed that: (1) the total phenolics, total anthocyanins and total tannins of ‘Heiqi No. 1’ were 14 250, 390 and 3 330 $\mu\text{g/g}$ higher than those of wild *L. ruthenicum*. (2) There were 4 individual anthocyanins in ‘Heiqi No. 1’ and wild *L. ruthenicum*, including 1 diglucoside, 2 coffee acylated glucosides, and 1 coumaryl glucoside. The 4 individual anthocyanins of ‘Heiqi No. 1’ were all significantly higher than those of wild *L. ruthenicum*. The content of individual anthocyanins in ‘Heiqi No. 1’ was 116.88% (5 672.8 $\mu\text{g/g}$) higher than that of wild *L. ruthenicum*. The content of malvidin-3-O-(6-caffeoyl)-glucoside in ‘Heiqi No. 1’ was 14.93 times than that in wild *L. ruthenicum*. (3) There were 29 individual nonanthocyanin phenolic compounds in ‘Heiqi No. 1’ and wild *L. ruthenicum*, including 7 flavan-3-ols, 4 hydroxybenzoic acids, and 18 flavonols. And the content of protocatechuic acids was the highest. However, the content of individual nonanthocyanin phenolic compounds in

收稿日期: 2019-07-01; 修改稿收到日期: 2019-10-14

基金项目: 新疆维吾尔自治区科技计划项目(2016B01005-3); 中央财政林业科技推广示范项目(新[2018]TG17); 自治区公益性科研院所基本科研资助项目(KYGY2016061); 自治区公益性科研院所基本科研资助项目(KY201529)

作者简介: 王 琴(1988-), 女, 硕士, 助理研究员, 研究方向为经济林。E-mail: wangqin2567@126.com

* 通信作者: 王建友, 研究员, 现主要从事经济林等研究工作。E-mail: almonds@126.com

‘Heiqi No. 1’ was 51.42% (2.71 $\mu\text{g/g}$) lower than that of wild *L. ruthenicum*.

Key words: *Lycium ruthenicum* Murr; ‘Heiqi No. 1’; wild *Lycium ruthenicum* Murr.; phenolic compounds

黑果枸杞 (*Lycium ruthenicum* Murr.) 为茄科 (Solanaceae) 枸杞属 (*Lycium*) 落叶多棘刺灌木, 具有耐盐碱、耐严寒、抗旱等特性, 集中分布在中国新疆、青海、甘肃、宁夏等西北部干旱地区^[1-3]。在藏医中, 黑果枸杞又称“旁玛”^[4], 对心脏病、月经不调、心热病等疾病具有疗效。成熟的黑果枸杞呈紫黑色, 富含多酚类植物功能性成分^[5], 素有“软黄金”的美称。新疆地区不仅黑果枸杞野生资源丰富, 得天独厚的自然条件更赋予了其优良的果实品质。现阶段新疆黑果枸杞人工栽培已成规模, 是全国重要的黑果枸杞产区。‘黑杞一号’是目前新疆唯一通过自治区审认定的大果、丰产型黑果枸杞品种。刘凤兰^[6]研究了不同处理方法对‘黑杞一号’几种功能性成分的影响, 但目前针对‘黑杞一号’的酚类物质分析尚未见报道。本试验以‘黑杞一号’和野生黑果枸杞为研究对象, 对其果实总酚、总花色苷、总单宁、单体花色苷和非花色苷单体酚类物质进行测定分析, 以期对‘黑杞一号’的开发利用和新疆产区黑果枸杞的栽培育种提供参考依据。

1 材料和方法

1.1 材料与仪器

试验材料为新疆地区野生黑果枸杞, 以及由新疆林业科学院选育的栽培品种‘黑杞一号’ (良种编号: 新 R-SC-LR-018-2014)。其中, ‘黑杞一号’采于新疆巴州尉犁县墩阔坦乡琼库勒村黑杞一号示范推广基地; 野生黑果枸杞采于新疆巴州尉犁县塔里木乡老七大队。

试剂甲醇、盐酸、福林-肖卡试剂、碳酸钠、甲基纤维素、亚硝酸钠、氯化铝、氢氧化钠、氯化钾、醋酸钠、甲酸、乙腈等为分析纯, 均购自天津市博迪化工有限公司; 甲醇、甲酸、乙腈、花色苷标准物为色谱纯, 是美国 Sigma 公司与美国 Fluka 公司产品。

仪器主要有日本岛津 AUW220D 电子天平、日本岛津 UV-1800 分光光度计、德国 Ependoff 5804R 低温冷冻离心机、上海福玛 QYC-2102C 恒温摇床、北京博医康 FD-EC-50 冻干机、上海申生 R206 旋转蒸发仪和美国 Agilent 1200 系列 LC/MS 液相色谱-质谱联用仪。

1.2 测定方法

试验材料野生黑果枸杞和‘黑杞一号’果实经自

然晒干后, 液氮研磨, 冻干机冻干后取果粒干粉 2 g, 加入 20 mL 盐酸甲醇溶液 (60% 甲醇, 0.1% 盐酸) 制备提取液^[7], 用于测定果皮中总酚、总花色苷、总单宁含量。采用 Folin-Ciocalteu 分光光度检测法测定总酚含量^[8], 结果用没食子酸表示, 线性范围 0.5~8.0 mg/L。采用 pH 示差法测定总花色苷含量^[9], 结果以二甲花翠素-3-葡萄糖苷表示。采用甲基纤维素法测定单宁含量^[10], 结果用儿茶素表示, 线性范围 0.1~1.6 mg/L。参照陶宇翔^[11]方法, 采用 HPLC-MS/MS 法测定单体花色苷类物质、非花色苷单体酚类物质含量。

单体花色苷类物质检测的色谱条件: Kromasil 100-5C₁₈ 色谱柱 (250 mm×4.6 mm, 5 μm), 流速 1 mL/min, 柱温 50 $^{\circ}\text{C}$, 波长 525 nm, 样品 30 μL 。MSD 参数: 离子源为 ESI 源, 正离子模式; 雾化器压力为 30 psi; 干燥气流速为 12 L/min; 干燥器温度为 300 $^{\circ}\text{C}$; 离子扫描范围为 100~1 500 m/z。样品 0.45 μm 无机系膜过滤后直接进样分析, 每样品重复 3 次。根据保留时间, 参照“葡萄与葡萄酒酚类物质 HPLC-UV-MS/MS 指纹谱库”进行定性分析。使用二甲花翠素-3-O-葡萄糖苷标品做标准曲线, 按照标准曲线回归方程对单体花色苷定性定量分析^[12]。

非花色苷单体酚类物质检测的色谱条件: SB-C₁₈ 色谱柱 (150 mm×3 mm, 5 μm), 流速 1 mL/min, 柱温 30 $^{\circ}\text{C}$, 波长 280 nm, 样品 10 μL 。MSD 参数: 离子源为 ESI 源, 负离子模式; 雾化器压力为 30 psi; 干燥气流速为 10 L/min; 干燥器温度为 325 $^{\circ}\text{C}$; 离子扫描范围为 100~1 500 m/z。样品 0.22 μm 有机系膜过滤后直接进样分析, 每样品重复 3 次。根据保留时间及碎片离子, 并参照“葡萄与葡萄酒酚类物质 HPLC-UV-MS/MS 指纹谱库”进行定性分析。使用没食子酸、咖啡酸、槲皮素、儿茶素等为标品做标准曲线, 按照标准曲线回归方程进行定量分析^[12]。

1.3 数据处理

采用 Excel 2007 统计分析软件进行基础数据整理, 利用 DPS 7.55 中邓肯多重比较法对数据进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 两种黑果枸杞酚类物质含量比较

酚类物质是苯环上连有一个或多个羟基的有机

化合物^[13],具有清除人体自由基、抗氧化、延缓衰老、调节血脂、改善胃肠功能,可预防动脉粥样硬化、冠心病等疾病^[14-15]。花色素是一种水溶性植物色素,多以花色苷的形式存在于植物细胞液中,赋予黑果枸杞浓郁的紫黑色。单宁为一种无色多酚,具有鞣革能力,在果实中可引起涩感。多酚类物质不仅影响黑果枸杞的外观色泽、口感风味,还影响着其保健功能,具有重要地位。由表 1 可知,与野生黑果枸杞相比较,‘黑杞一号’的总酚含量高出 63.56%,总花色苷含量高出 3.65%,总单宁含量高出 119.35%。

2.2 两种黑果枸杞单体花色苷物质含量比较

由表 2 和图 1 可知,‘黑杞一号’和野生黑果枸杞均检测出 4 种单体花色苷。其中,双葡萄糖苷 1

种,咖啡酰化葡萄糖苷 2 种,香豆酰化葡萄糖苷 1 种,以甲基花翠素葡萄糖苷及其酰化衍生物含量最高。‘黑杞一号’和野生黑果枸杞中,同种单体花色苷含量存在差异。‘黑杞一号’中单体花色苷含量由高到低为:甲基花翠素咖啡酰化葡萄糖苷>二甲花翠素咖啡酰化葡萄糖苷>甲基花翠素二葡萄糖苷>花翠素香豆酰化葡萄糖苷,占总花色苷比例分别为 96.15%、2.49%、0.69%和 0.67%。其中,非酰化葡萄糖苷 72.90 $\mu\text{g/g}$,占总花色苷比例 0.69%;酰化葡萄糖苷 10 453.46 $\mu\text{g/g}$,占总花色苷比例 99.31%。野生黑果枸杞中单体花色苷含量由高到低为:甲基花翠素咖啡酰化葡萄糖苷>甲基花翠素二葡萄糖苷>花翠素香豆酰化葡萄糖苷>二甲花翠

表 1 ‘黑杞一号’和野生黑果枸杞的酚类物质含量比较

Table 1 The comparison of phenolic composition content in ‘Heiqi No. 1’ and wild *L. ruthenicum*

酚类物质 Phenolic composition	黑杞一号 Heiqi No. 1	野生黑果枸杞 wild <i>L. ruthenicum</i>
总酚(没食子酸计) Total Phenolics (Gallic acid, $\mu\text{g/g}$)	36 670 \pm 210a	22 420 \pm 1 820b
总花色苷(二甲花翠素-3-葡萄糖苷计) Total anthocyanins (Malvidin-3-O-glucoside, $\mu\text{g/g}$)	11 070 \pm 540a	10 680 \pm 340a
总单宁(儿茶素计) Total Tannins (Catechin, $\mu\text{g/g}$)	6 120 \pm 1 040a	2 790 \pm 370b

注:每一行不同的字母表示材料间差异显著($P < 0.05$),下同

Note: Different normal letters within same row indicate significant differences among materials according to Duncan’s multiple range test ($P < 0.05$), The same as below

表 2 ‘黑杞一号’和野生黑果枸杞的单体花色苷含量比较

Table 2 The comparison of individual anthocyanins content in ‘Heiqi No. 1’ and wild *L. ruthenicum*

单体花色苷 Individual anthocyanin	花色苷含量 Individual anthocyanin content($\mu\text{g/g}$)	
	黑杞一号 Heiqi No. 1	野生黑果枸杞 Wild <i>L. ruthenicum</i>
甲基花翠素二葡萄糖苷 Petunidin-3,5-O-diglucoside	72.90 \pm 3.31a	36.97 \pm 4.97b
甲基花翠素咖啡酰化葡萄糖苷 Petunidin-3-O-(6-caffeoyl)-glucoside	10 121.36 \pm 78.51a	4762.71 \pm 530.77b
二甲花翠素咖啡酰化葡萄糖苷 Malvidin-3-O-(6-caffeoyl)-glucoside	262.47 \pm 2.23a	17.58 \pm 1.74b
花翠素香豆酰化葡萄糖苷 Dephinidin-3-O-(6-coumaryl)-glucoside	69.63 \pm 0.80a	36.30 \pm 3.80b
总量 Total content	10 526.36a	4 853.56b

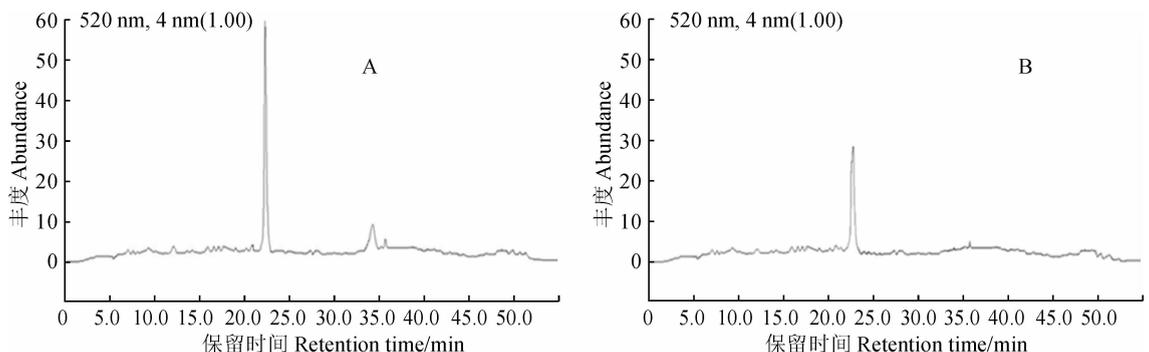


图 1 ‘黑杞一号’(A)和野生黑果枸杞(B)单体花色苷 HPLC 色谱图

Fig. 1 Determination diagram of individual anthocyanins in ‘Heiqi No. 1’(A) and wild *L. ruthenicum* (B) by HPLC

表3 ‘黑杞一号’和野生黑果枸杞的非花色苷单体酚类含量比较

Table 3 The comparison of individual nonanthocyanin phenolic compounds in ‘Heiqi No. 1’ and wild *L. ruthenicum*

分类 Category	非花色苷单体酚 Individual nonanthocyanin phenolic	单体酚含量 Individual nonanthocyanin phenolic content($\mu\text{g/g}$)	
		黑杞一号 Heiqi No. 1	野生黑果枸杞 Wild <i>Lycium ruthenicum</i> Murr.
黄烷醇类 Flavan-3-ols	原花色苷 Procyanidin B1	tr	tr
	槲儿茶素 Gallocatechin	0.04 \pm 0.00a	0.04 \pm 0.00a
	表槲儿茶素 Epigallocatechin	0.22 \pm 0.00a	0.22 \pm 0.00a
	儿茶素 Catechin	tr	tr
	原花色苷 Procyanidin C1	tr	tr
	原花色苷 Procyanidin B2	tr	tr
	表儿茶素 Epicatechin	tr	tr
	小计 Subtotal	0.26	0.26
羟基苯甲酸类 Hydroxybenzoic acids	原儿茶酸 Protocatechuic acid	0.95 \pm 0.02b	2.27 \pm 0.11a
	没食子酸酯 EGCG	0.53 \pm 0.00a	0.53 \pm 0.00a
	表儿茶素没食子酸酯 ECG	tr	tr
	水杨酸 2-Hydroxybenzoic acid	0.08 \pm 0.00b	1.11 \pm 0.08a
	小计 Subtotal	1.56	3.91
黄酮醇类 Flavonols	杨梅酮-半乳糖苷 Myricetin-galactoside	tr	tr
	杨梅酮-葡萄糖苷 Myricetin-glucoside	tr	tr
	二氢槲皮素 Dihydroquercetin	0.02 \pm 0.00b	0.10 \pm 0.02a
	槲皮素-3-O-葡萄糖醛酸酐 Quercetin-glucuronide	tr	tr
	槲皮素-3-O-半乳糖苷 Quercetin-galactoside	tr	tr
	槲皮素-葡萄糖苷 Quercetin-glucoside	tr	tr
	二氢山奈酚 Dihydrokaempferol	0.07 \pm 0.01b	0.12 \pm 0.04a
	丁香亭-半乳糖苷 Syringetin-galactoside	0.21 \pm 0.01a	0.20 \pm 0.01a
	丁香亭-3-O-葡萄糖苷 Syringetin-glucoside	tr	tr
	鼠李糖素 3-O-葡萄糖苷 Isorhamnetin-glucoside	tr	0.24
	槲皮素-3-O-鼠李糖苷 Quercetin-rhamnoside	tr	tr
	山奈酚-3-O-鼠李糖苷 Kaempferol-galactoside	tr	tr
	山奈酚-3-O-葡萄糖苷 Kaempferol-glucoside	tr	tr
	杨梅酮 Myricetin	0.17 \pm 0.00a	0.17 \pm 0.00a
	丁香亭 Syringetin	tr	tr
	西伯利亚落叶松黄酮 Laricitrin	tr	tr
	异鼠李亭 Isorhamnetin	0.27 \pm 0.00a	0.27 \pm 0.00a
槲皮素 Quercetin	tr	tr	
小计 Subtotal	0.74	1.10	
总量 Sum of nonanthocyanin	2.56	5.27	

注:tr 表示痕量

Note: The tr means trace

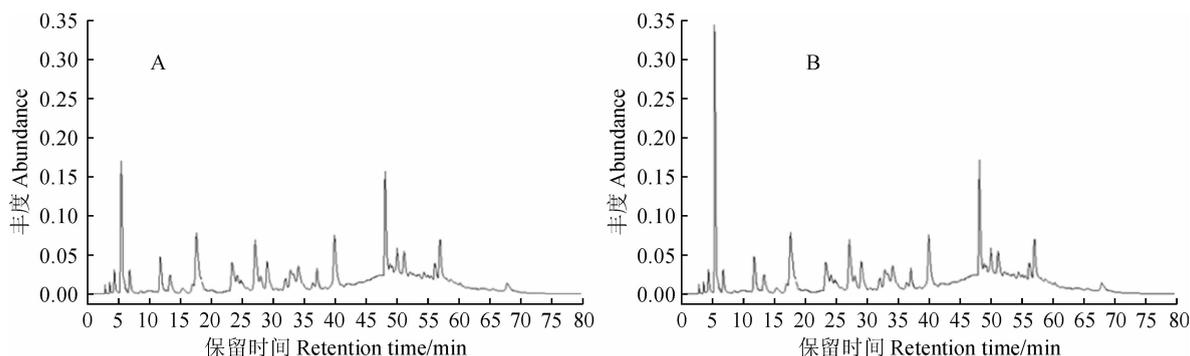


图2 ‘黑杞一号’(A)和野生黑果枸杞(B)非花色苷单体酚类物质 HPLC 色谱图

Fig. 2 Determination diagram of individual nonanthocyanin phenolic compounds in Heiqi No. 1(A) and wild *L. ruthenicum* (B) by HPLC

素咖啡酰化葡萄糖苷, 占总花色苷比例分别为 98.13%、0.76%、0.75% 和 0.36%。其中, 非酰化葡萄糖苷 36.97 $\mu\text{g/g}$, 占总花色苷比例 0.76%; 酰化葡萄糖苷 4 816.59 $\mu\text{g/g}$, 占总花色苷比例 99.24%。‘黑杞一号’的单体花色苷总量比野生黑果枸杞高 116.88%。‘黑杞一号’中各类型单体花色苷含量均明显高于野生黑果枸杞, 尤其二甲花翠素咖啡酰化葡萄糖苷含量为野生黑果枸杞的 14.93 倍。‘黑杞一号’和野生黑果枸杞中单体花色苷种类相同, 含量存在差异。表明黑果枸杞树种主要包含这 4 种单体花色苷, ‘黑杞一号’和野生黑果枸杞中多酚物质的合成路径一致, 然而在人工培育过程中, 由于受一些调控因子作用, 使得二者在含量方面产生差异。

2.3 两种黑果枸杞非花色苷单体酚类物质含量比较

由表 3 和图 2 可知, 在 2 种黑果枸杞中共检测到 29 种非花色苷单体酚, 其中黄烷醇类 7 种, 羟基苯甲酸类 4 种, 黄酮醇类 18 种。与野生黑果枸杞相比较, ‘黑杞一号’黄烷醇类单体酚总量均为 0.26 $\mu\text{g/g}$, 羟基苯甲酸类单体酚低 73.67%, 黄酮醇类低 32.73%, 单体酚总量比野生黑果枸杞低 57.12%。‘黑杞一号’中定量的非花色苷单体酚共 10 种, 含量由高到低为: 原儿茶酸 > 没食子酸酯 > 异鼠李亭 > 表棓儿茶素 > 丁香亭-半乳糖苷 > 杨梅酮 > 水杨酸 > 二氢山奈酚 > 棓儿茶素 > 二氢槲皮素, 其它 19 种为痕量。野生黑果枸杞中定量的非花色苷单体酚共 11 种, 含量由高到低为: 原儿茶酸 > 水杨酸 > 没食子酸酯 > 异鼠李亭 > 鼠李糖素 3-O-葡萄糖苷 > 表棓儿茶素 > 丁香亭-半乳糖苷 > 杨梅酮 > 二氢山奈酚 > 二氢槲皮素 > 棓儿茶素, 其他 18 种为痕量。非花色苷单体酚的积累受品种、环境、气候、土壤等因

素的影响。在‘黑杞一号’和野生黑果枸杞中, 除棓儿茶素、表棓儿茶素、没食子酸酯、杨梅酮、异鼠李亭的含量相同外, 其他非花色苷单体酚的含量均存在差异。

3 讨论与结论

与野生黑果枸杞相比较, ‘黑杞一号’的总酚、总花色苷、总单宁含量分别高出 14 250、390 和 3 330 $\mu\text{g/g}$ 。多酚类物质不仅影响黑果枸杞的外观色泽、口感风味, 还影响着其保健功能, 具有重要地位。‘黑杞一号’总酚含量丰富, 较酿酒葡萄赤霞珠^[16]高 830 $\mu\text{g/g}$, 较蓝莓^[17]高 25 620 $\mu\text{g/g}$, 较欧洲李^[18]高 20 370 $\mu\text{g/g}$ 。花色苷是由花色素和糖形成的糖苷, 属于类黄酮酚类物质。由于花色素的芳香环来源于糖, 所有利于果实糖分积累的因素都有利于花色素积累, 如强日照、高温等。汪洋^[19]对青海格尔木和诺木洪、内蒙古额济纳旗、新疆阿克苏和库尔勒等产区的黑果枸杞的花色苷进行测定, 结果表明含量范围为 690~8 400 $\mu\text{g/g}$ 。与汪洋研究相较, ‘黑杞一号’总花色含量较最大值高出 2 670 $\mu\text{g/g}$ 。类黄酮和非类黄酮的聚合物统称为单宁, 它能与口腔表皮蛋白发生反应而产生“涩”感, 对黑果枸杞的口感和风味起到决定作用。在新疆产区, ‘黑杞一号’比酿酒葡萄赤霞珠^[16]的总单宁含量低 10 500 $\mu\text{g/g}$, 口感更顺滑。

目前, 果实中常见的 5 种花色素为花青素(矢车菊素)、甲基花青素(芍药素)、花翠素(飞燕草素)、3-甲基花翠素(矮牵牛素)和二甲花翠素(锦葵素)。花色素形成糖苷时, 如果只与一个糖分子结合, 则形成单葡萄糖苷; 如果同时与两分子糖结合, 则形成双葡萄糖苷^[13]。花色苷通常会与乙酸、香豆酸、咖啡酸发生酰化反应, 从而增加果实颜色的稳定性。‘黑杞

一号’和野生黑果枸杞中均检测出甲基花翠素咖啡酰化葡萄糖苷、二甲花翠素咖啡酰化葡萄糖苷、甲基花翠素二葡萄糖苷和花翠素香豆酰化葡萄糖苷4种单体花色苷。以甲基花翠素葡萄糖苷及其酰化衍生物含量最高,分别占‘黑杞一号’和野生黑果枸杞单体花色苷总量的96.85%、98.89%,这与林丽^[20]和闫亚美^[21]的研究结果较一致。‘黑杞一号’的单体花色苷总量比野生黑果枸杞高5672.8 $\mu\text{g/g}$ 。不同品种由于基因型的差异,花色苷类生物合成相关基因的表达存在差异,所以品种间花色苷的组成和含量不同。

黄烷醇类、酚酸类、黄酮醇类3类非花色苷单体酚是黑果枸杞果实中重要的酚类化合物。黄烷醇类的单体是为果实提供苦味和收敛性,可助于血管舒张、降低血压^[22]。‘黑杞一号’和野生黑果枸杞均检测出7种黄烷醇类非花色苷单体酚,总量同为0.26

$\mu\text{g/g}$,均以表倍儿茶素和倍儿茶素为主。酚酸类化合物主要包括羟基肉桂酸类化合物和羟基苯甲酸类化合物。酚酸通过与有机酸、糖或醇结合,以酯的形式存在于果实中。两种黑果枸杞均检测出4种羟基苯甲酸类非花色苷单体酚,‘黑杞一号’和野生黑果枸杞的总量分别为1.56和3.91 $\mu\text{g/g}$,以原儿茶酸、没食子酸酯和水杨酸为主。其中,野生黑果枸杞中原儿茶酸的含量为‘黑杞一号’的2.39倍。黄酮醇类能够影响果实涩味,并且能保护皮肤免受紫外线伤害。两种黑果枸杞均能检测出18种黄酮醇类非花色苷单体酚。‘黑杞一号’和野生黑果枸杞的总量分别0.74和1.10 $\mu\text{g/g}$,主要为二氢槲皮素、二氢山奈酚、丁香亭-半乳糖苷、杨梅酮、异鼠李亭。此外,野生黑果枸杞中还含有0.24 $\mu\text{g/g}$ 鼠李糖素3-O-葡萄糖苷。

参考文献:

- [1] 曹有龙,巫鹏举. 中国枸杞种质资源[M]. 北京:中国林业出版社,2015: 87.
- [2] 李典鹏,孙涛,姚美思,等. 盐湖区生态系统碳密度及其分配格局[J]. 干旱区研究,2018,35(4): 984-991.
LI D P, SUN T, YAO M S, *et al.* Carbon density and its distribution pattern of ecosystem in saline region[J]. *Arid Zone Research*, 2018, 35(4): 984-991.
- [3] 韩丽娟,叶英,索有瑞. 黑果枸杞资源分布及其经济价值[J]. 中国野生植物资源,2014,33(6): 55-57, 63.
HAN L J, YE Y, SUO Y R. The resource and economic value of *Lycium ruthenicum* Murray[J]. *Chinese Wild Plant Resources*, 2014, 33(6): 55-57, 63.
- [4] 曹茸茸,杨晓磊,孙敏,等. 藏药黑果枸杞对运动疲劳小鼠的缓解作用[J]. 中国临床药理学杂志,2017,33(4): 351-354.
CAO R R, YANG X L, SUN M, *et al.* Relieving effects of *Lycium ruthenicum* Murr on exercise fatigue in mice[J]. *The Chinese Journal of Clinical Pharmacology*, 2017, 33(4): 351-354.
- [5] 张喜峰,刘晓燕,马银山,等. 黑果枸杞多酚的糖析萃取及其抑制糖基化终产物[J]. 精细化工,2018,35(3): 395-401.
ZHANG X F, LIU X Y, MA Y S, *et al.* Sugaring-out extraction of polyphenols from *Lycium ruthenicum* Murr. and their inhibitory effect on advanced glycation end products(AGEs) formation[J]. *Fine Chemicals*, 2018, 35(3): 395-401.
- [6] 刘凤兰,王建友,韩宏伟,等. 不同处理方法对‘黑杞1号’枸杞几种功能性成分的影响[J]. 北方园艺,2015,(21):158-160.
LIU F L, WANG J Y, HAN H W, *et al.* Different treatment methods on functional ingredients of ‘Heiqi No. 1’ *Lycium ruthenicum* Murray[J]. *Northern Horticulture*, 2015, (21): 158-160.
- [7] 宁鹏飞. 避雨栽培对酿酒葡萄果实品质及葡萄酒质量的影响[D]. 陕西杨陵:西北农林科技大学,2012.
- [8] 徐国前,张振文,郭安鹊,等. 微量、快速测定葡萄与葡萄酒总酚[J]. 食品科学,2010,31(18): 268-270.
XU G Q, ZHANG Z W, GUO A Q, *et al.* Rapid and micro-determination of total polyphenol in grape and grape wine[J]. *Food Science*, 2010, 31(18): 268-270.
- [9] 翦祎,韩舜愈,张波,等. 单一pH法、pH示差法和差减法快速测定干葡萄酒中总花色苷含量的比较[J]. 食品工业科技,2012,33(23): 323-325, 423.
JIAN Y, HAN S Y, ZHANG B, *et al.* Comparison of single pH method, pH-differential method and subtraction method for determining content of anthocyanins from red wine[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2012, 33(23): 323-325, 423.
- [10] 张振文,宁鹏飞,张军贤,等. 葡萄酒缩合单宁测定方法的比较研究[J]. 食品科学,2012,33(20): 233-237.
ZHANG Z W, NING P F, ZHANG J X, *et al.* Comparison

- of two methods for the determination of condensed tannins in wine[J]. *Food Science*, 2012, **33**(20): 233-237.
- [11] 陶宇翔. 渭北地区不同产量水平对酿酒葡萄与葡萄酒质量的影响[D]. 陕西杨陵: 西北农林科技大学, 2013.
- [12] 赵 权, 王 军, 段长青. 山葡萄果实发育过程中花色苷和非花色苷酚成分及其含量的变化[J]. 植物生理学通讯, 2010, **46**(1): 80-86.
- ZHAO Q, WANG J, DUAN C Q. Changes in components and content of anthocyanin and non-anthocyanin phenolic compounds during fruit development of *Vitis amurensis* Rupr [J]. *Plant Physiology Communications*, 2010, **46**(1): 80-86.
- [13] 李小龙. 酿酒葡萄果实生长发育过程中酚类物质变化规律的研究[D]. 陕西杨陵: 西北农林科技大学, 2015.
- [14] 孙爱东, 孙建霞, 白卫滨, 等. 苹果多酚抑菌作用的研究[J]. 北京林业大学学报, 2008, **30**(4): 150-152.
- SUN A D, SUN J X, BAI W B, *et al.* Anti-microbial functions of apple polyphenols[J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2008, **30**(4): 150-152.
- [15] NICOLETTI I, BELLO C, DE ROSSI A, *et al.* Identification and quantification of phenolic compounds in grapes by HPLC-PDA-ESI-MS on a semimicro separation scale [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2008, **56**(19): 8 801-8 808.
- [16] 郑立阳. 新疆不同小产区酿酒葡萄品质特性的研究[D]. 陕西杨陵: 西北农林科技大学, 2015.
- [17] 韩彩静, 王文亮, 陈相艳, 等. 响应面法优化超声波提取蓝莓多酚工艺[J]. 南方农业学报, 2014, **45**(2): 285-290.
- HAN C J, WANG W L, CHEN X Y, *et al.* Optimization of ultrasonic-assisted extraction process of blueberry polyphenols using response surface methodology [J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2014, **45**(2): 285-290.
- [18] 李 欧, 李卫东, 胡 璇, 等. 欧李果实多酚含量的差异比较[J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, **18**(22): 53-56.
- LI O, LI W D, HU X, *et al.* Difference comparison of content of polyphenol from fruit of *Cerasus humilis* [J]. *Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae*, 2012, **18**(22): 53-56.
- [19] 汪 洋, 丁 龙, 王四清. 不同产地黑果枸杞中原花青素和花青素含量研究[J]. 食品工业科技, 2016, **37**(13): 122-126.
- WANG Y, DING L, WANG S Q. Study on proanthocyanidins and anthocyanins contents of *Lycium ruthenicum* Murr. from different areas [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2016, **37**(13): 122-126.
- [20] 林 丽, 李 进, 丁成丽. 高效液相色谱法测定黑果枸杞果实中花色苷的含量[J]. 食品科学, 2013, **34**(6): 164-166.
- LIN L, LI J, DING C L. Determination of anthocyanins in fruits of *Lycium ruthenicum* Murr. by HPLC [J]. *Food Science*, 2013, **34**(6): 164-166.
- [21] 闫亚美, 戴国礼, 冉林武, 等. 不同产地野生黑果枸杞资源果实多酚组成分析[J]. 中国农业科学, 2014, **47**(22): 4 540-4 550.
- YAN Y M, DAI G L, RAN L W, *et al.* The polyphenols composition of *Lycium ruthenicum* Murr. from different places [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2014, **47**(22): 4 540-4 550.
- [22] QUIJADA M N, REGUEIRO J, SIMAL G J, *et al.* Relationship between the sensory and the flavanolic composition of red wines [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2012, **60**(50): 12 355-12 361.

(编辑:潘新社)