

新疆野生櫻桃李 (*Prunus cerasifera*) 叶黄酮类成分研究

刘伟¹, 李紫薇¹, 王航¹, 杨凤玲¹, 李明玺², 刘晓¹, 万春鹏²

(1. 伊犁师范学院, 自治区教育厅普通高校重点实验室, 新疆伊宁 835000) (2. 江西农业大学农学院, 江西省果蔬保鲜与无损检测重点实验室, 江西省果蔬采后处理关键技术与质量安全协同创新中心, 江西南昌 330045)

摘要: 此项目研究了新疆野生櫻桃李叶乙酸乙酯活性部位中的黄酮类化学成分。采用甲醇浸泡提取野生櫻桃李叶, 依次采用环己烷、乙酸乙酯和正丁醇萃取其醇提物。乙酸乙酯活性部分采用 MCI (Middle Chromatogram Isolated Gel) 大孔树脂柱粗分离, 后续进一步采用硅胶柱、Sephadex LH-20 凝胶柱, ODS (Octadecyl silane) 反向硅胶柱和制备 HPLC 等色谱技术对其进行分离纯化, 并根据化合物理化性质和核磁共振波谱(NMR)数据并与相关参考文献比对鉴定化合物结构。从野生櫻桃李叶中共分离并鉴定 11 个黄酮类化合物, 分别为: 槲皮素-3-O- α -L-呋喃阿拉伯糖苷(1), 槲皮素-3-O- β -D-木糖苷(2), 槲皮素-3-O- β -D-半乳糖苷(3), 槲皮素-3-O- α -L-鼠李糖苷(4), 山柰酚-3-O- α -L-呋喃阿拉伯糖苷(5), 山柰酚-3-O- β -D-木糖苷(6), 山柰酚-3-O- β -D-葡萄糖苷(7), 山柰酚-3-O- α -L-鼠李糖苷(8), 反式-二氢山柰酚-3-O- α -L-鼠李糖苷(9), 顺式-二氢山柰酚-3-O- α -L-鼠李糖苷(10), 顺式-二氢山柰酚-3-O- β -D-葡萄糖苷(11)。所有黄酮类成分均为首次从新疆野生櫻桃李叶中分离鉴定, 槲皮素和山柰酚糖苷是其主要的黄酮类成分。

关键词: 野生櫻桃李; 黄酮; 活性成分

文章编号: 1673-9078(2018)09-263-267

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.9.037

Study on the Flavonoids in the Leaves of *Prunus cerasifera* Grown in Xinjiang

LIU Wei¹, LI Zi-wei¹, WANG Hang¹, YANG Feng-ling¹, LI Ming-xi², LIU Xiao¹, WAN Chun-peng²

(1. Yili Normal University Key Laboratory at Universities of Education Department of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Yining 835000, China)(2. College of Agronomy, Jiangxi Agricultural University, Jiangxi Key Laboratory for Post-harvest Technology and Nondestructive Testing of Fruits & Vegetables / Collaborative Innovation Center of Post-harvest Key Technology and Quality Safety of Fruits and Vegetables in Jiangxi Province, Nanchang 330045, China)

Abstract: This study analyzed the chemical constituents of flavonoids in the active fraction of ethyl acetate in the leaves of *Prunus cerasifera*. The leaves were firstly soaked in methanol and the alcoholic extract was extracted sequentially using cyclohexane, ethyl acetate and n-butanol. The active fraction of ethyl acetate was roughly separated by MCI (Middle Chromatogram Isolated Gel) macroporous resin column, followed by further purification by chromatography using silica gel column, Sephadex LH-20 gel column, ODS (Octadecyl silane) reverse silica gel column and preparative HPLC. The isolated flavonol constituents were identified by ¹H-NMR and ¹³C-NMR analyses. Identification of compounds based on their physicochemical properties and nuclear magnetic resonance spectroscopy (NMR) data and through comparison with related references. Eleven flavonol flavonoids were isolated and identified: quercetin-3-O- α -L-arabinoside (1), quercetin-3-O- β -D-xyloside (2), quercetin-3-O- β -D-galactoside (3), quercetin-3-O- α -L-rhamnoside (4), kaempferol-3-O- α -L-arabinoside (5), kaempferol-3-O- β -D-xyloside (6), kaempferol-3-O- β -D-glucoside (7), kaempferol-3-O- α -L-rhamnoside (8), *trans*-dihydrokaempferol-3-O- α -L-rhamnoside (9), *cis*-dihydrokaempferol-3-O- α -L-rhamnoside (10), *cis*-dihydrokaempferol-3-O- β -D-glucoside (11). All flavonoids were isolated and identified from the leaves of *P. cerasifera* for the first time, with quercetin and kaempferol glycosides being the major flavonoids.

Key words: *Prunus cerasifera*; Flavonol; Chemical constituents

收稿日期: 2018-04-11

基金项目: 新疆维吾尔自治区自然科学基金项目(2017D01C421)

作者简介: 刘伟(1985-), 男, 博士生, 实验师, 研究方向: 天然产物化学

通讯作者: 万春鹏(1983-), 男, 博士, 研究员, 研究方向: 天然产物化学

野生櫻桃李(*Prunus cerasifera*), 也称野酸梅, 为蔷薇科李属落叶灌木或小乔木, 是一种极为珍贵和罕见的且濒危灭绝的原始野生林果, 主要分布于高加索、小亚细亚及巴尔干半岛, 在我国仅分布于新疆天山伊

犁河谷-大西沟和小西沟^[1]。目前,已有新疆野生樱桃李的扦插繁殖报道^[2],在新疆地区有多个人工栽培品种^[3,4]。文献报道新疆野生樱桃李果实营养成分种类齐全,还原性糖、总糖和氨基酸等初级代谢产物含量丰富^[5],多酚^[6]、花色苷^[7]和总黄酮^[8]等次级代谢产物及矿物质^[9]含量较高。野生樱桃李多酚、总黄酮和花色苷具有很好的抗氧化活性^[10,11],前期研究发现野生樱桃李枝、叶不同部位含有丰富的多酚和黄酮类化合物,他们具有较好的抗氧化和抑制 α -葡萄糖苷酶活性^[12,13];乙酸乙酯萃取部位多酚和总黄酮含量最高,且抗氧化和抑制 α -葡萄糖苷酶活性最强,乙酸乙酯萃取部位为活性部位。综上所述,目前对野生樱桃李的化学成分研究仅限于总黄酮、多酚等的提取方面,前期我们也发现野生樱桃李叶酸水解产物主要为山柰酚和槲皮素,说明山柰酚和槲皮素衍生物为野生樱桃李的主要成分^[14],但对其多酚及黄酮类成分的系统分离及结构鉴定方面的研究还未见报道。

本文采用各种柱层析技术对野生樱桃李叶甲醇提取物乙酸乙酯萃取部位进行系统分离纯化,采用核磁共振波谱技术鉴定了分离的化合物结构,从野生樱桃李叶乙酸乙酯萃取部位中共分离并鉴定了11个黄酮类化合物,所有黄酮类化合物均为首次从新疆野生樱桃李叶中分离鉴定,槲皮素和山柰酚糖苷类成分是野生樱桃李叶中主要的黄酮类成分。本研究为野生樱桃李的综合开发与利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

野生樱桃李叶于2015年10月采自新疆伊犁霍城县大西沟,经伊犁师范学院资源与生态研究所赵玉教授鉴定为蔷薇科野生樱桃李(*Prunus cerasifera*);环己烷、乙酸乙酯、正丁醇、甲醇、氯仿等有机溶剂均购自国药集团化学试剂有限公司;色谱甲醇为Sigma公司产品;聚苯乙烯型MCI GEL CHP20P(75~150 μm)填料为日本三菱化学公司产品;Sephadex LH-20凝胶为GE公司产品;ODS反向硅胶柱为YMC公司产品;所有色谱填料均购自北京慧德易科技有限责任公司;制备HPLC色谱柱为菲罗门Luna C18(250 mm \times 10 mm, 5 μm);氘代甲醇试剂购自青岛腾龙微波科技有限公司。

1.2 主要仪器

布鲁克400 MHz型核磁共振仪(TMS内标),旋转蒸发仪(瑞士步琪),冷冻干燥机(东京理化),日立制备

高效液相色谱仪系统包括L2130泵,L-2200自动进样器,L-2455二极管阵列检测器等。

1.3 提取分离方法

2 kg野生樱桃李叶,实验室摊放阴干后,60 $^{\circ}\text{C}$ 鼓风干燥箱中干燥2 h,粉碎机粉碎后,过60目筛。野生樱桃李叶粉末每次用10 L甲醇室温浸泡提取3次,合并3次提取液后过滤,减压浓缩,得甲醇提取物210 g。取200 g提取物浸膏溶解于4 L蒸馏水中,依次用等体积的环己烷、乙酸乙酯和正丁醇分别萃取三次,分别合并萃取液后减压浓缩。根据前期抗氧化和抑制 α -葡萄糖苷酶活性测试结果^[12,13],直接选取乙酸乙酯萃取部位进行后续黄酮类成分分离。

乙酸乙酯萃取物溶解于适量超纯水中,离心,取上清液上于MCI柱,依次采用超纯水、30%甲醇、50%甲醇和90%甲醇梯度洗脱,收集醇洗脱部位得到4个流分(EPA-EPD)。EPB流分采用硅胶柱分离,氯仿和甲醇混合溶剂梯度洗脱(100:1, 50:1, 30:1, 20:1, 10:1, 8:1, 6:1, 4:1, 2:1, V/V),经薄层层析及HPLC分析合并为7个流分(EPB1~EPB7)。EPB4流分经Sephadex LH-20凝胶柱色谱分离(甲醇洗脱)后相应流分再经半制备液相分离纯化得到化合物1, 2, 5, 6, 8, 9和10。EPB5流分经C₁₈中压色谱(MPLC)分离,甲醇:水梯度洗脱后再经半制备液相分离纯化得到化合物3, 4, 7和11。HPLC二极管阵列检测器采集化合物的紫外吸收光谱,化合物旋转蒸发去除溶剂后,冷冻干燥得到固体粉末,化合物溶解于氘代甲醇用于后续NMR测试。

2 结果与讨论

槲皮素-3-O- α -L-呋喃阿拉伯糖苷(1)黄色粉末;UV-vis (MeOH) $\lambda_{\text{max}}=256, 356 \text{ nm}$ 。¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD, δ , ppm, J/Hz): 7.51 (1H, d, J = 1.6 Hz, H-2'), 7.47 (1H, dd, J = 7.6, 1.6 Hz, H-6'), 6.88 (1H, d, J = 7.6 Hz, H-5'), 6.37 (1H, d, J = 1.4 Hz, H-8), 6.18 (1H, d, J = 1.4 Hz, H-6), 5.45 (1H, s, H-1"), 4.32 (1H, d, J = 2.4 Hz, H-5"), 3.88 (2H, m), 3.49 (2H, m)。化合物1的¹³C-NMR数据(见表1),根据¹H和¹³C-NMR数据确定化合物1为槲皮素糖苷,查阅文献,化合物1的NMR数据与文献^[15]报道的槲皮素呋喃阿拉伯糖苷一致,确定化合物1为槲皮素-3-O- α -L-呋喃阿拉伯糖苷。

槲皮素-3-O- β -D-木糖苷(2)黄色粉末;UV-vis (MeOH) $\lambda_{\text{max}}=255, 358 \text{ nm}$ 。¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD, δ , ppm, J/Hz): 7.59 (1H, brs, H-2'), 7.57 (1H, d, J = 8.5 Hz, H-6'), 6.84 (1H, d, J = 8.5 Hz, H-5'), 6.37 (1H,

brs, H-8), 6.18 (1H, brs, H-6), 5.16 (1H, d, $J = 7.2$ Hz, H-1"), 3.06-3.79 (5H, m, H-2"-5"). 化合物 2 的 $^1\text{H-NMR}$ 数据与化合物 1 类似, 也为槲皮素糖苷, 化合物 2 的 $^{13}\text{C-NMR}$ 数据(见表 1), 查阅文献, 化合物 2 的 NMR 数据与文献^[16]报道的槲皮素-3-*O*- β -D-木糖苷一致, 确定化合物 2 为槲皮素-3-*O*- β -D-木糖苷。

槲皮素-3-*O*- β -D-半乳糖苷(3)黄色粉末; UV-vis (MeOH) $\lambda_{\text{max}} = 257, 356$ nm。 $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, CD_3OD , δ , ppm, J/Hz): 7.82 (1H, d, $J = 1.8$ Hz, H-2'), 7.58 (1H, dd, $J = 1.8, 8.4$ Hz, H-6'), 6.85 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-5'), 6.39 (1H, d, $J = 1.6$ Hz, H-8), 6.19 (1H, d, $J = 1.6$ Hz, H-6), 5.15 (1H, d, $J = 7.8$ Hz, H-1"), 3.82 (1H, m), 3.78 (1H, d, $J = 7.8$ Hz), 3.64 (1H, m), 3.54 (2H, m), 3.45 (1H, m)。 化合物 3 的 $^1\text{H-NMR}$ 数据与化合物 1, 2 类似, 也为槲皮素糖苷, 化合物 3 的 $^{13}\text{C-NMR}$ 数据(见表 1), 查阅文献, 化合物 3 的 NMR 数据与文献^[15]报道的一致, 确定化合物 3 为槲皮素-3-*O*- β -D-半乳糖苷。

槲皮素-3-*O*- α -L-鼠李糖苷(4)黄色粉末; UV-vis (MeOH) $\lambda_{\text{max}} = 256, 356$ nm。 $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, CD_3OD , δ , ppm, J/Hz): 7.31 (1H, brs, H-2'), 7.29 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-6'), 6.89 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-5'), 6.36 (1H, d, $J = 1.0$ Hz, H-8), 6.17 (1H, d, $J = 1.0$ Hz, H-6), 5.33 (1H, s, H-1"), 4.20 (1H, s), 3.72 (1H, m), 3.58 (1H, brs), 3.39 (1H, m), 0.92 (3H, d, $J = 6.0$ Hz, CH_3)。 化合物 4 的 $^1\text{H-NMR}$ 数据与化合物 1, 2 类似, 也为槲皮素糖苷, δ 0.92 (3H, d, $J = 6.0$ Hz, CH_3) 提示为鼠李糖。 $^{13}\text{C-NMR}$ 数据进一步(见表 1)证实其为鼠李糖^[17], 确定化合物 4 为槲皮素-3-*O*- α -L-鼠李糖苷。

山柰酚-3-*O*- α -L-呋喃阿拉伯糖苷(5)黄色粉末; UV-vis (MeOH) $\lambda_{\text{max}} = 265, 347$ nm。 $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, CD_3OD , δ , ppm, J/Hz): 7.93 (2H, d, $J = 8.7$ Hz, H-2', 6'), 6.90 (2H, d, $J = 8.7$ Hz, H-3', 5'), 6.37 (1H, s, H-8), 6.18 (1H, s, H-6), 5.46 (1H, s, H-1"), 4.30 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, H-5"), 3.89 (1H, m), 3.79 (1H, m), 3.47 (2H, m)。 化合物 5 的 $^{13}\text{C-NMR}$ 数据(见表 1), 根据 ^1H 和 $^{13}\text{C-NMR}$ 数据确定化合物 5 为山柰酚糖苷, 化合物 5 的糖基与化合物 1 类似, 化合物 5 的 NMR 数据与文献^[17]报道一致, 确定化合物 5 为山柰酚-3-*O*- α -L-呋喃阿拉伯糖苷。

山柰酚-3-*O*- β -D-木糖苷(6)黄色粉末; UV-vis (MeOH) $\lambda_{\text{max}} = 265, 347$ nm。 $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, CD_3OD , δ , ppm, J/Hz): 8.01 (2H, d, $J = 8.6$ Hz, H-2', 6'), 6.86 (2H, d, $J = 8.6$ Hz, H-3', 5'), 6.38 (1H, s, H-8), 6.19 (1H, s, H-6), 5.17 (1H, d, $J = 7.2$ Hz, H-1"), 3.06-3.76

(5H, m, H-2"-5")。 化合物 6 的 $^1\text{H-NMR}$ 数据与化合物 5 类似, 也为山柰酚糖苷, 化合物 6 的 $^{13}\text{C-NMR}$ 数据(见表 1), 根据 $^{13}\text{C-NMR}$ 数据确定化合物 6 的糖基与化合物 2 类似, 也为木糖苷; 化合物 6 的 NMR 数据与参考文献^[18]中山柰酚-3-*O*- β -D-木糖的 NMR 数据一致, 确定化合物 6 为山柰酚-3-*O*- β -D-木糖苷。

山柰酚-3-*O*- β -D-葡萄糖苷(7)黄色粉末; UV-vis (MeOH) $\lambda_{\text{max}} = 265, 347$ nm。 $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, CD_3OD , δ , ppm, J/Hz): 8.04 (2H, d, $J = 8.7$ Hz, H-2', 6'), 6.87 (2H, d, $J = 8.7$ Hz, H-3', 5'), 6.39 (1H, s, H-8), 6.19 (1H, s, H-6), 5.24 (1H, d, $J = 7.2$ Hz, H-1"), 3.68 (1H, dd, $J = 1.8, 11.8$ Hz, H-6"), 3.51 (1H, dd, $J = 5.4, 11.8$ Hz, H-6"), 3.31-3.42 (3H, m, H-2", 3", 4"), 3.19 (1H, m, H-5")。 化合物 7 的 $^1\text{H-NMR}$ 数据与化合物 5 类似, 也为山柰酚糖苷, 化合物 7 的 $^1\text{H-NMR}$ 数据与参考文献^[18]中山柰酚-3-*O*- β -D-葡萄糖苷的 $^1\text{H-NMR}$ 数据一致, 确定化合物 7 为山柰酚-3-*O*- β -D-葡萄糖苷。

山柰酚-3-*O*- α -L-鼠李糖苷(8)黄色粉末; UV-vis (MeOH) $\lambda_{\text{max}} = 265, 347$ nm。 $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, CD_3OD , δ , ppm, J/Hz): 7.75 (2H, d, $J = 7.2$ Hz, H-2', 6'), 6.91 (2H, d, $J = 7.2$ Hz, H-3', 5'), 6.36 (1H, s, H-8), 6.18 (1H, s, H-6), 5.36 (1H, s, H-1"), 4.20 (1H, brs), 3.70 (1H, m), 3.60 (1H, brs), 3.33 (1H, m), 0.90 (3H, brs, CH_3) 提示为鼠李糖苷; 化合物 8 的 $^{13}\text{C-NMR}$ 数据(见表 1), 化合物 8 的 NMR 数据与文献^[18]报道的山柰酚-3-*O*- α -L-鼠李糖苷一致, 确定化合物 8 为山柰酚-3-*O*- α -L-鼠李糖苷。

反式-二氢山柰酚-3-*O*- α -L-鼠李糖苷(9)白色粉末; UV-vis (MeOH) $\lambda_{\text{max}} = 220, 286$ nm。 $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, CD_3OD , δ , ppm, J/Hz): 7.34 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-2', 6'), 6.77 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-3', 5'), 6.22 (1H, d, $J = 1.8$ Hz, H-8), 6.19 (1H, d, $J = 1.8$ Hz, H-6), 5.47 (1H, s, H-1"), 5.38 (1H, d, $J = 2.2$ Hz, H-2), 4.21 (1H, d, $J = 2.2$ Hz, H-3), 3.77 (1H, dd, $J = 3.2, 9.4$ Hz), 3.53 (1H, m), 3.43 (1H, t, $J = 9.4$ Hz), 3.29 (1H, m), 1.22 (3H, d, $J = 6.0$ Hz, CH_3) 提示为鼠李糖苷; 化合物 9 的 $^1\text{H-NMR}$ 数据与化合物 8 类似, 化合物 9 多两个质子信号 5.38 (1H, d, $J = 2.2$ Hz, H-2), 4.21 (1H, d, $J = 2.2$ Hz, H-3), 化合物 9 的 $^{13}\text{C-NMR}$ 数据(见表 1), 提示化合物 9 为二氢山柰酚糖苷。 化合物 9 的 NMR 数据与参考文献^[19]中二氢山柰酚-3-*O*- α -L-鼠李糖苷的 NMR 数据基本一致, 根据 H-2 和 H-3 的耦合常数($J = 2.2$ Hz), 确定其为反式结构^[20], 化合物 9 为反式-二氢山柰酚-3-*O*- α -L-鼠李糖苷。

顺式-二氢山柰酚-3-*O*- α -L-鼠李糖苷(10)白色粉

末; UV-vis (MeOH) λ_{\max} =220, 286 nm。 $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, CD_3OD , δ , ppm, J/Hz) 7.34 (2H, d, J = 8.5 Hz, H-2', 6'), 6.82 (2H, d, J = 8.5 Hz, H-3', 5'), 6.20 (1H, d, J = 1.9 Hz, H-8), 6.15 (1H, d, J = 1.9 Hz, H-6), 5.46 (1H, d, J = 1.2 Hz, H-1''), 5.01 (1H, d, J = 11.7 Hz, H-2), 4.56 (1H, d, J = 11.7 Hz, H-3), 3.77 (1H, dd, J = 3.2, 9.4 Hz), 3.53 (1H, m), 3.43 (1H, t, J = 9.4 Hz), 3.29 (1H, m), 1.21 (3H, d, J = 6.1 Hz, CH_3) 提示为鼠李糖苷; 化合物 10 的 $^1\text{H-NMR}$ 数据与化合物 9 非常类似, 主要的区别在于 H-2 和 H-3 的耦合常数不同, 化合物 10 中 H-2 和 H-3 的耦合常数为 J = 11.7, 确定其为顺式结构^[20]。确定化合物 10 为顺式-二氢山柰酚-3- O - α -L-鼠李糖苷。

顺式-二氢山柰酚-3- O - β -D-葡萄糖苷(11)白色粉

表 1 黄酮类化合物 1-6 和 8 的 $^{13}\text{C-NMR}$ 数据 (100 MHz, CD_3OD)

Table 1 $^{13}\text{C-NMR}$ data of flavonol compounds 1-6 and 8 (100 MHz, CD_3OD)

No.	δC								
	1	2	3	4	5	6	8	9	
2	157.9	157.5	157.6	157.1	157.9	157.5	157.8	81.3	
3	133.5	134.0	134.3	134.8	133.5	133.9	134.8	81.2	
4	178.5	177.9	178.1	178.2	178.5	178.0	178.2	195.5	
5	161.6	161.6	161.5	161.8	161.6	161.6	161.8	163.6	
6	98.4	98.4	98.4	98.4	98.4	98.5	98.4	96.0	
7	164.5	164.5	164.6	164.4	164.5	164.5	164.4	164.1	
8	93.3	93.3	93.3	93.3	93.4	93.3	93.3	95.1	
8a	157.1	157.0	157.0	157.9	157.1	157.0	157.1	162.4	
4a	104.2	104.2	104.2	104.5	104.2	104.2	104.5	104.5	
1'	121.7	121.8	121.8	121.5	121.3	121.2	121.2	126.1	
2'	115.4	115.8	116.3	114.9	130.5	130.7	130.4	128.0	
3'	144.9	144.6	144.5	145.0	115.1	114.7	115.1	114.1	
4'	148.4	148.4	148.5	148.4	160.1	160.2	160.1	156.9	
5'	115.0	114.5	114.6	115.5	115.1	114.7	115.1	114.1	
6'	121.5	121.6	121.5	121.4	130.5	130.7	130.4	128.0	
1''	108.1	103.2	103.9	102.1	108.2	103.2	102.1	97.7	
2''	81.9	73.8	71.7	70.6	81.9	73.9	70.6	70.2	
3''	77.3	76.1	73.7	70.7	77.2	76.1	70.7	71.3	
4''	86.6	69.6	68.6	71.8	86.6	69.6	71.7	71.7	
5''	61.1	65.8	75.7	70.5	61.1	65.7	70.5	69.8	
6''			60.5	16.2			16.2	16.2	

3 结论

采用各种柱层析技术从野生櫻桃李叶醇提取物乙酸乙酯萃取部分中共分离并鉴定了 11 个黄酮类化合物, 他们分别为: 槲皮素-3- O - α -L-呋喃阿拉伯糖苷(1), 槲皮素-3- O - β -D-木糖苷(2), 槲皮素-3- O - β -D-半乳糖苷(3), 槲皮素-3- O - α -L-鼠李糖苷(4), 山柰酚-3- O - α -L-

末; UV-vis (MeOH) λ_{\max} =220, 286 nm。 $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, CD_3OD , δ , ppm, J/Hz) 7.35 (2H, d, J = 8.1 Hz, H-2', 6'), 6.82 (2H, d, J = 8.1 Hz, H-3', 5'), 6.17 (1H, d, J = 1.8 Hz, H-8), 6.14 (1H, d, J = 1.8 Hz, H-6), 5.02 (1H, dd, J = 4.3, 11.7 Hz, H-2), 4.58 (1H, d, J = 3.5, 11.7 Hz, H-3), 4.91 (1H, d, J = 7.2 Hz, H-1''), 3.98 (1H, m), 3.89 (1H, dd), 3.52 (1H, m), 3.38 (3H, m)。化合物 11 的 $^1\text{H-NMR}$ 数据与化合物 10 类似, 也为顺式-二氢山柰酚糖苷类化合物, 化合物 11 的 $^1\text{H-NMR}$ 数据与参考文献^[21]中二氢山柰酚-3- O - β -D-葡萄糖苷的 $^1\text{H-NMR}$ 数据一致, 确定化合物 11 为顺式-二氢山柰酚-3- O - β -D-葡萄糖苷。

呋喃阿拉伯糖苷(5), 山柰酚-3- O - β -D-木糖苷(6), 山柰酚-3- O - β -D-葡萄糖苷(7), 山柰酚-3- O - α -L-鼠李糖苷(8), 反式-二氢山柰酚-3- O - α -L-鼠李糖苷(9), 顺式-二氢山柰酚-3- O - α -L-鼠李糖苷(10), 顺式-二氢山柰酚-3- O - β -D-葡萄糖苷(11)。所有黄酮类成分均为首次从新疆野生櫻桃李叶中分离鉴定, 槲皮素和山柰酚糖苷是其主要的黄酮类成分。本研究为野生櫻桃李的综合

开发与利用提供理论依据。

参考文献

- [1] 武红旗,范燕敏,王磊,等.伊犁大、小西沟野生櫻桃李分布区的土壤条件[J].干旱区地理,2006,29(2):287-291
WU Hong-qi, FAN Yan-min, WANG Lei, et al. Study on the evaluation of ecological frangibility of the wetlands in the Bosten Lake Region [J]. Arid Land Geography, 2006, 29(2): 287-291
- [2] 乔峰,李虎,朱翔,等.新疆野生櫻桃李扦插繁殖不定根的形成及生长调节剂对扦插成活率的影响[J].中国农业大学学报,2014,19(5):73-79
QIAO Feng, LI Hu, ZHU Xiang, et al. Formation of adventitious roots and effect of plant growth regulator on the survival rate of Xinjiang wild Myrobalan plum cuttings [J]. Journal of China Agricultural University, 2014, 19(5): 73-79
- [3] 沈静,李东雨,阿力亚·阿不来提,等.新疆野生櫻桃李与栽培品种果肉中总黄酮含量的测定及抗氧化活性的研究[J].食品科技,2015,40(9):320-323
SHEN Jing, LI Dong-yu, Aliya Ablat, et al. Determination of the content of total flavonoids and the activity of antioxidant in the flesh of *Prunus cerasifera* and its cultivars [J]. Food Science and Technology, 2015, 40(9): 320-323
- [4] 沈静,武钰,阿维代·迪力夏提,等.新疆野生櫻桃李及栽培品种果肉中总酚含量测定及抗氧化活性研究[J].应用化工,2015,44(11):2145-2147
SHEN Jing, WU Yu, Aweidai Dilixiati, et al. Determination of the content of total phenol and the activity of antioxidant in the flesh of *Prunus cerasifera* and its cultivars [J]. Applied Chemical Industry, 2015, 44(11): 2145-2147
- [5] 李君,许正,周龙,等.新疆野生櫻桃李营养成分测定[J].新疆农业科学,2010,47(11):2145-2149
LI Jun, XU Zheng, ZHOU Long, et al. Determination of nutrition in *Agrestal prunus divaricator* of Xinjiang Yili [J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2010, 47(11): 2145-2149
- [6] 张静茹,孙海龙,陆致成,等.野生櫻桃李(*Prunus cerasifera*)果实多酚多样性分析[J].果树学报,2017,34(5):567-575
ZHANG Jing-ru, SUN Hai-long, LU Zhi-cheng, et al. Diversity analysis of phenolic in wild myrobalan plums (*Prunus cerasifera*) [J]. Journal of Fruit Science, 2017, 34(5): 567-575
- [7] 王玮,沈静,姚军.新疆野生櫻桃李果皮中花色苷纯化工艺及体外抗氧化活性[J].食品科技,2018,43(2):247-252
WANG Wei, SHEN Jing, YAO Jun. Purification process and antioxidant activity of anthocyanins from *Prunus cerasifera* peel [J]. Food Science and Technology, 2018, 43(2): 247-252
- [8] 范维刚,荣群.新疆野生櫻桃李果肉中总黄酮含量的测定[J].光谱实验室,2009,26(2):258-261
FAN Wei-gang, RONG Qun. Determination of total flavanone in xinjiang wild prunes divaricator fruit [J]. Chinese Journal of Spectroscopy Laboratory, 2009, 26(2): 258-261
- [9] 沈静,薛海燕,李改茹,等.新疆野生櫻桃李及栽培品种果肉中17种元素含量ICP-MS法测定(英文)[J].光谱学与光谱分析,2014,34(9):2557-2560
SHEN Jing, XUE Hai-yan, LI Gai-ru, et al. Measuring the content of 17 elements in the flesh of *Prunus Cerasifera* and its cultivars by ICP-MS [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2014, 34(9): 2557-2560
- [10] Wang Y, Chen X, Zhang Y, et al. Antioxidant activities and major anthocyanins of myrobalan plum (*Prunus cerasifera* Ehrh.) [J]. Journal of Food Science, 2012, 77(4): C388-C393
- [11] Gündüz, Kazim, Onur Saraçoğlu. Variation in total phenolic content and antioxidant activity of *Prunus cerasifera* Ehrh. selections from Mediterranean region of Turkey [J]. Scientia Horticulturae, 2012, 134: 88-92
- [12] 刘伟,李紫薇,陈文强,等.新疆野生櫻桃李枝、叶不同萃取部位抗氧化活性研究[J].食品工业科技,2016,37(3):119-122
LIU Wei, LI Zi-wei, CHEN Wen-qiang, et al. Study on antioxidant activity of different parts partitioned from *Prunus divaricata* Ldb branches and leaves in Xinjiang [J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(3): 119-122
- [13] 刘伟,腊萍,杨如箴,等.野生櫻桃李清除DPPH自由基能力及抑制 α -葡萄糖苷酶活性[J].江苏农业科学,2017,45(17):183-185
LIU Wei, LA Ping, YANG Ru-zhen, et al. Scavenging DPPH radical activity and α -glucosidase inhibitory activity of *Prunus divaricata* Ldb leaves [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2017, 45(17): 183-185
- [14] 刘伟,高红艳,李紫薇,等.野生櫻桃李叶总黄酮含量测定方法比较研究[J].江西农业大学学报,2016,38(1):192-197
LIU Wei, GAO Hong-yan, LI Zi-wei, et al. Comparison of the determination methods for total flavonoids in *Prunus divaricata* Ldb leaves [J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2016, 38(1): 192-197
- [15] Zhang X, Thuong P T, Jin W Y, et al. Antioxidant activity of anthraquinones and flavonoids from flower of *Reynoutria sachalinensis* [J]. Archives of Pharmacal Research, 2005, 28(1): 22-27
- [16] 张健,孔令义.萎蒿叶的化学成分研究[J].中国药学杂志,

- 2005,40(23):1778-1780
- ZHANG Jian, KONG Ling-yi. Study on chemical constituents from *Artemisia selengensis* leaves [J]. Chinese Pharmaceutical Journal, 2005, 40(23): 1778-1780
- [17] 刘普,邓瑞雪,段宏泉,等.委陵菜化学成分的研究[J].中国药学杂志,2009,44(7):493-495
- LIU Pu, DENG Rui-xue, DUAN Hong-quan, et al. Studies on chemical constituents of *potentilla chinensis* [J]. Chinese Pharmaceutical Journal, 2009, 44(7): 493-495
- [18] 罗镭,张琳,田景奎,等.乌药叶化学成分的研究[J].中草药, 2009,40(6):856-858
- LUO Lei, ZHANG Lin, TIAN Jing-kui, et al. Chemical constituents from leaves of *Lindera aggregate* [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2009, 40(6): 856-858
- [19] 冯锋,柳文媛,陈优生,等.菝葜中黄酮和芪类成分的研究[J].中国药科大学学报,2003,34(2):23-25
- FENG Feng, LIU Wen-yuan, CHEN You-sheng, et al. Flavonoids and Stilbenes from *Smilax china* [J]. Journal of China Pharmaceutical University, 2003, 34(2): 23-25
- [20] Chosson E, Chaboud A, Chulia A J, et al. Dihydroflavonol glycosides from *Rhododendron ferrugineum* [J]. Phytochemistry, 1998, 49(5): 1431-1433
- [21] Taira J, Nanbu H, Ueda K. Nitric oxide-scavenging compounds in *Agrimonia pilosa* Ledeb on LPS-induced RAW264. 7 macrophages [J]. Food Chemistry, 2009, 115(4): 1221-1227