

人参花蕾中的酰化黄酮醇苷类化合物及其 α -葡萄糖苷酶抑制活性

李珂珂, 弓晓杰*

大连民族大学生命科学学院 生物工程系, 辽宁 大连 116600

摘要: 目的 研究人参花蕾中的黄酮类化学成分及其抑制 α -葡萄糖苷酶的活性。方法 采用 MCI gel、硅胶柱色谱及半制备高效液相色谱等方法进行分离、纯化, NMR、MS 等波谱数据进行结构鉴定。运用 96 微孔板测定化合物的体外抑制 α -葡萄糖苷酶活性。结果 从人参花蕾醇提物的醋酸乙酯层中分离得到了 5 个黄酮类化合物, 分别鉴定为山柰酚 3-*O*-(2'',3''-二-反式-对-香豆酰基)- α -L-鼠李糖苷 (1)、山柰酚 3-*O*-(3'',4''-二-反式-对-香豆酰基)- α -L-鼠李糖苷 (2)、山柰酚 3-*O*-(3''-顺式-对-香豆酰基,4''-反式-对-香豆酰基)- α -L-鼠李糖苷 (3)、山柰酚 3-*O*-(2'',4''-二-反式-对-香豆酰基)- α -L-鼠李糖苷 (4) 及山柰酚 3-*O*-(2'',4''-二-顺式-对-香豆酰基)- α -L-鼠李糖苷 (5)。 α -葡萄糖苷酶体外抑制活性测定结果表明, 化合物 3 对 α -葡萄糖苷酶有较强抑制作用。结论 化合物 1~5 均为首次从人参属中分离得到, 人参花蕾中的苯丙酰基酰化黄酮醇苷类成分对 α -葡萄糖苷酶有一定的抑制作用。

关键词: 人参属; 人参花蕾; 酰化黄酮醇苷; 苯丙酰基酰化黄酮醇苷; α -葡萄糖苷酶抑制活性

中图分类号: R284.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2019)10-2285-05

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2019.10.005

Acylated kaempferol glycosides from flower buds of *Panax ginseng* and their α -glucosidase inhibitory activity

LI Ke-ke, GONG Xiao-jie

Department of Biological Engineering, Life Science College of Dalian Minzu University, Dalian 116600, China

Abstract: Objective To study the chemical constituents of flavonoids and its α -glucosidase inhibitory activity from the flower buds of *Panax ginseng*. **Methods** The compounds were isolated and purified by MCI gel, silica gel and semi-preparative HPLC chromatography, and the structures were elucidated based on the NMR and MS data. The α -glucosidase inhibitory activities of the isolated compounds *in vitro* were determined by 96-well microtiter plate. **Results** From ethyl acetate fraction of alcohol extract of *P. ginseng* flower buds, five flavonoids were isolated and identified as kaempferol-3-*O*-(2'',3''-di-*E-p*-coumaroyl)- α -L-rhamnoside (1), kaempferol-3-*O*-(3'',4''-di-*E-p*-coumaroyl)- α -L-rhamnoside (2), kaempferol-3-*O*-(3''-*Z-p*-coumaroyl,4''-*E-p*-coumaroyl)- α -L-rhamnoside (3), kaempferol-3-*O*-(2'',4''-di-*E-p*-coumaroyl)- α -L-rhamnoside (4), and kaempferol-3-*O*-(2'',4''-di-*Z-p*-coumaroyl)- α -L-rhamnoside (5). The inhibitory activity of α -glucosidase *in vitro* showed that compound 3 had stronger inhibitory effect on α -glucosidase. **Conclusion** Compounds 1—5 are isolated from this genus for the first time, and the phenylpropionyl acylated flavonol glycosides in *P. ginseng* flower buds have some inhibitory effect on α -glucosidase *in vitro*.

Key words: *Panax* L.; flower buds of *Panax ginseng*; acylated flavonol glycosides; phenylpropionyl acylated flavonol glycosides; α -glucosidase inhibitory activity

人参花蕾为五加科(Araliaceae)植物人参 *Panax ginseng* C. A. Meyer 的花序, 6~7 月采摘后, 烘干。人参花性平, 味甘、微苦, 气清香, 解渴, 解毒, 善于生津又不耗气。人参花蕾中主要含有人参皂苷

类化学成分^[1], 《中华本草》记载, 人参花蕾皂苷具有抗肿瘤、抗溃疡、改善心血管系统微循环等药理作用^[2]。作为一种传统药物, 人参花蕾在民间主要以泡茶饮用, 具有增强机体免疫力、抗疲劳、延缓

收稿日期: 2019-01-09

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(81603272); 大连市高层次人才创新支持计划(2017RQ152); 辽宁省高等学校创新团队支持计划(LT2016017); 大连市科技创新基金(2018J12SN062); 大连市第二批领军人才资助项目

作者简介: 李珂珂, 博士, 副教授, 主要从事天然活性物质的发现及应用研究。E-mail: like905219@163.com

*通信作者 弓晓杰, 教授, 博士生导师, 主要从事中药新药开发研究。E-mail: gxjclr@163.com

衰老等功效。人参花蕾中除含有人参皂苷类化学成分以外,还含有多糖、挥发油、脂肪酸等^[3]。有关人参花蕾中的黄酮类化学成分尚未见报道,目前仅从与其同属的三七花蕾中分离得到了人参黄酮苷及槲皮素 3-*O*- β -D-半乳糖基 (2 $\rightarrow$ 1)-*O*- β -D-葡萄糖苷^[4];从西洋参花蕾中分离得到了山柰酚、人参黄酮苷^[5]、山柰酚 7-*O*-(2'',3''-二-反式-对香豆酰基)- α -L-吡喃鼠李糖苷、山柰酚 3-*O*- α -L-吡喃鼠李糖苷等^[6]。在对人参花蕾中化学成分系统研究的过程中,本课题组前期已经发现并报道了人参花蕾中的 1 个新黄酮苷 floralpanasenoside A^[7],本实验从人参花蕾中分离得到的 5 个化学结构极其相似的苯丙酰基酰化黄酮醇苷类成分,分别鉴定为山柰酚 3-*O*-(2'',3''-二-反式-对-香豆酰基)- α -L-鼠李糖苷 [kaempferol-3-*O*-(2'',3''-di-*E*-*p*-coumaroyl)- α -L-rhamnoside, **1**]、山柰酚 3-*O*-(3'',4''-二-反式-对-香豆酰基)- α -L-鼠李糖苷 [kaempferol-3-*O*-(3'',4''-di-*E*-*p*-coumaroyl)- α -L-rhamnoside, **2**]、山柰酚 3-*O*-(3''-顺式-对-香豆酰基,4''-反式-对-香豆酰基)- α -L-鼠李糖苷 [kaempferol-3-*O*-(3''-*Z*-*p*-coumaroyl,4''-*E*-*p*-coumaroyl)- α -L-rhamnoside, **3**]、山柰酚 3-*O*-(2'',4''-二-反式-对-香豆酰基)- α -L-鼠李糖苷 [kaempferol-3-*O*-(2'',4''-di-*E*-*p*-coumaroyl)- α -L-rhamnoside, **4**]、山柰酚 3-*O*-(2'',4''-二-顺式-对-香豆酰基)- α -L-鼠李糖苷 [kaempferol-3-*O*-(2'',4''-di-*Z*-*p*-coumaroyl)- α -L-rhamnoside, **5**]。同时研究了其体外 α -葡萄糖苷酶抑制活性,其中化合物 **3** 对 α -葡萄糖苷酶有较强抑制作用。

1 仪器与材料

Bruker AVANCE DRX-500 型核磁共振波谱仪 (Bruker 公司, ¹H-NMR 500 MHz/¹³C-NMR 125 MHz); 半制备型高效液相色谱仪 [LC 3000, C₁₈ 色谱柱 (250 mm $\times$ 20 mm, 5 μ m)]; LC-MS-2010EV 电喷雾离子阱质谱仪 (日本 Shimadzu 公司); BC MCI GEL 反相色谱 (F 型, 75~150 μ m, 成都科谱生物有限公司); 柱色谱硅胶 (200~300 目) 和薄层色谱 (TLC) 硅胶板 GF₂₅₄ (0.20~0.25 mm) 均为青岛海洋化工厂产品; 环己烷、三氯甲烷、醋酸乙酯、乙醇、甲醇、乙腈等试剂为分析纯 (天津科密欧化学试剂有限公司) 或色谱纯 (美国天地有限公司); α -葡萄糖苷酶 (来源于 *Saccharomyces cerevisiae*)、阿卡波糖及 4-硝基酚- α -D-吡喃葡萄糖苷 (PNPG) 购自 Sigma-Aldrich 公司。

人参花蕾样品于 2014 年 7 月采自吉林省通化

县,经大连民族大学弓晓杰教授鉴定为五加科人参属植物人参 *Panax ginseng* C. A. Mey. 的花蕾。凭证标本 (2014003) 存放于大连民族大学生命科学学院天然产物研究室。

2 提取与分离

取干燥的人参花蕾 4.1 kg, 70%乙醇回流提取 3 次 (3 $\times$ 16 L), 每次 2 h, 合并提取液, 减压浓缩, 回收乙醇, 得浸膏 892 g。浸膏用少量水混悬后分别用环己烷和醋酸乙酯进行萃取, 减压回收溶剂后得环己烷部位 200 g、醋酸乙酯部位 31 g、水部位 645 g。

取醋酸乙酯部位 31 g, 采用硅胶柱色谱分离, 以三氯甲烷-甲醇-水 (100:10:1 $\rightarrow$ 10:10:1) 梯度洗脱, 薄层色谱检识各个流分, 减压回收浓缩溶剂后得到 9 个流分 (Fr. E1~E9)。Fr. E5 (2.8 g) 通过 MCI gel 柱色谱, 75%乙醇洗脱, 得到 6 份洗脱物 (Fr. E5A~E5F)。Fr. E5B (162 mg) 经过半制备 HPLC 分离纯化, 以 (甲醇-水 60:40) 为流动相, 得到化合物 **1** (11 mg, t_R =20 min)、**2** (10 mg, t_R =27 min)、**3** (4 mg, t_R =35 min)、**4** (18 mg, t_R =40 min) 及 **5** (9 mg, t_R =49 min)。高效液相色谱图见图 1。

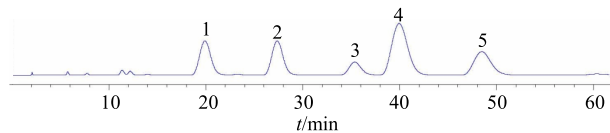


图 1 化合物 1~5 的 HPLC 色谱图

Fig. 1 HPLC of compounds 1—5

3 结构鉴定

化合物 **1**: 黄色粉末。ESI-TOF-MS m/z : 747 [M+Na]⁺, 分子式 C₃₉H₃₂O₁₄。¹H-NMR (500 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 7.82 (2H, d, J = 9.0 Hz, H-2', 6'), 6.74 (2H, d, J = 9.0 Hz, H-3', 5'), 6.44 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-8), 6.22 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-6), 5.70 (1H, m, H-2''), 5.53 (1H, d, J = 1.5 Hz, H-1''), 5.13 (1H, dd, J = 9.5, 3.5 Hz, H-3''), 3.54 (1H, m, H-4''), 3.39 (1H, m, H-5''), 0.94 (3H, d, J = 6.0 Hz, H-6''); 2''-*E*-对香豆酰基: 7.51 (1H, d, J = 16.0 Hz, H-3'''), 7.47 (2H, d, J = 8.5 Hz, H-5''', 9'''), 6.78 (2H, d, J = 8.5 Hz, H-6''', 8'''), 6.29 (1H, d, J = 16.0 Hz, H-2'''); 3''-*E*-对香豆酰基: 7.59 (1H, d, J = 16.0 Hz, H-3'''), 7.57 (2H, d, J = 8.5 Hz, H-5''', 9'''), 6.95 (2H, d, J = 8.5 Hz, H-6''', 8'''), 6.47 (1H, d, J = 16.0 Hz, H-2'''). ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO-*d*₆) 数据见表 1。以上数据与文献对照

表 1 化合物 1~5 的 ^{13}C -NMR 数据
Table 1 ^{13}C -NMR data of compounds 1—5

碳位	1 ^a	2 ^b	3 ^b	4 ^b	5 ^b
2	157.1	159.1	159.1	157.0	159.3
3	133.6	134.6	134.6	132.4	135.3
4	177.3	179.1	179.1	176.7	179.0
5	161.2	163.0	162.9	160.6	163.0
6	98.5	100.1	100.0	97.3	99.6
7	164.4	166.4	166.3	165.2	166.4
8	93.8	94.8	94.8	93.5	94.7
9	156.5	158.5	158.5	156.2	158.4
10	104.0	105.6	105.4	103.1	105.5
1'	120.2	122.4	122.5	119.7	122.2
2', 6'	130.6	131.9	132.0	130.1	131.6
3', 5'	115.5	116.6	116.6	115.3	116.5
4'	160.2	161.7	161.7	159.9	161.5
1''	98.8	101.2	101.2	98.7	100.8
2''	69.0	69.5	69.5	70.7	72.7
3''	71.1	72.5	72.0	65.5	68.3
4''	68.6	71.5	71.5	72.2	74.1
5''	70.8	69.7	69.8	67.5	69.6
6''	17.2	17.5	17.5	16.9	17.4
1''', 1'''	165.9, 165.5	168.3, 168.0	167.9, 167.0	165.5, 165.6	167.2, 166.8
2''', 2'''	113.8, 113.2	114.5, 114.3	115.6, 114.2	113.5, 113.1	115.8
3''', 3'''	146.0, 145.1	147.2, 147.1	147.0, 146.2	144.4, 144.2	145.7, 145.2
4''', 4'''	124.9	127.0	127.2, 127.0	124.5	127.2
5''', 9'''; 5''', 9'''	130.5, 130.3	131.2, 131.1	133.6, 131.0	130.1, 129.9	133.6
6''', 8'''; 6''', 8'''	115.7	116.6	116.4, 115.8	115.2	116.3
7''', 7'''	160.1, 159.9	161.2, 161.0	161.2, 160.1	159.7, 159.6	160.1, 160.2

a-DMSO-*d*₆, 125 MHz; b-MeOH-*d*₄, 125 MHz

基本一致^[8], 故鉴定化合物 **1** 为 3-*O*-(2'',3''-二-反式-对香豆酰基)- α -*L*-鼠李糖苷。

化合物 **2**: 黄色粉末。ESI-TOF-MS m/z : 747 $[\text{M}+\text{Na}]^+$, 分子式 $\text{C}_{39}\text{H}_{32}\text{O}_{14}$ 。 ^1H -NMR (500 MHz, MeOH-*d*₄) δ : 7.84 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-2', 6'), 6.76 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-3', 5'), 6.42 (1H, s, H-8), 6.21 (1H, s, H-6), 5.80 (1H, s, H-1''), 5.37 (1H, dd, $J = 10.0, 3.5$ Hz, H-3''), 5.19 (1H, t, $J = 10.0$ Hz, H-4''), 4.41 (1H, m, H-2''), 3.29 (1H, m, H-5''), 0.85 (3H, d, $J = 6.5$ Hz, H-6''); 3''-*E*-对香豆酰基: 7.61 (1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-3'''), 7.45 (2H, d, $J = 9.0$ Hz, H-5''', 9'''), 6.86 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-6''', 8'''), 6.27 (1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-2'''); 4''-*E*-对香豆酰基: 7.48 (1H, d, $J =$

16.0 Hz, H-3'''), 7.38 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5''', 9'''), 7.04 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-6''', 8'''), 6.18 (1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-2'''). ^{13}C -NMR (125 MHz, MeOH-*d*₄) 数据见表 1。以上数据与文献对照基本一致^[9], 故鉴定化合物 **2** 为山柰酚 3-*O*-(3'',4''-二-反式-对-香豆酰基)- α -*L*-鼠李糖苷。

化合物 **3**: 黄色粉末。ESI-TOF-MS m/z : 747 $[\text{M}+\text{Na}]^+$, 分子式 $\text{C}_{39}\text{H}_{32}\text{O}_{14}$ 。 ^1H -NMR (500 MHz, MeOH-*d*₄) δ : 7.84 (2H, d, $J = 9.0$ Hz, H-2', 6'), 6.78 (2H, d, $J = 9.0$ Hz, H-3', 5'), 6.42 (1H, s, H-8), 6.20 (1H, s, H-6), 5.76 (1H, s, H-1''), 5.36 (1H, dd, $J = 10.0, 3.0$ Hz, H-3''), 5.15 (1H, t, $J = 10.0$ Hz, H-4''), 4.38 (1H, m, H-2''), 3.24 (1H, m, H-5''), 0.82 (3H, d,

$J = 6.5$ Hz, H-6''); 3''-Z-对香豆酰基: 7.65 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5''', 9'''), 6.82 (1H, d, $J = 13.0$ Hz, H-3'''), 6.70 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-6''', 8'''), 5.74 (1H, d, $J = 13.0$ Hz, H-2'''); 4''-E-对香豆酰基: 7.49 (1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-3'''), 7.44 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5''', 9'''), 7.03 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-6''', 8'''), 6.16 (1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-2'''). ^{13}C -NMR (125 MHz, MeOH- d_4) 数据见表 1。以上数据与文献对照基本一致^[9], 故鉴定化合物 **3** 为山柰酚 3-*O*-(3''-顺式-对-香豆酰基, 4''-反式-对-香豆酰基)- α -L-鼠李糖苷。

化合物 **4**: 黄色粉末。ESI-TOF-MS m/z : 747 $[\text{M} + \text{Na}]^+$, 分子式 $\text{C}_{39}\text{H}_{32}\text{O}_{14}$ 。 ^1H -NMR (500 MHz, MeOH- d_4) δ : 7.75 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-2', 6'), 6.98 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-3', 5'), 6.36 (1H, s, H-8), 6.16 (1H, s, H-6), 5.56 (1H, brs, H-1''), 5.45 (1H, brs, H-2''), 4.84 (1H, t, $J = 10.0$ Hz, H-4''), 3.96 (1H, dd, $J = 10.0, 3.0$ Hz, H-3''), 3.16 (1H, m, H-5''), 0.75 (3H, d, $J = 6.0$ Hz, H-6''); 2''-E-对香豆酰基: 7.58 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5''', 9'''), 7.46 (1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-3'''), 6.80 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-6''', 8'''), 6.28 (1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-2'''); 4''-E-对香豆酰基: 7.58 (1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-3'''), 7.56 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5''', 9'''), 6.76 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-6''', 8'''), 6.42 (1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-2'''). ^{13}C -NMR (125 MHz, MeOH- d_4) 数据见表 1。以上数据与文献对照基本一致^[10], 故鉴定化合物 **4** 为山柰酚 3-*O*-(2'', 4''-二-反式-对-香豆酰基)- α -L-鼠李糖苷。

化合物 **5**: 黄色粉末。ESI-TOF-MS m/z : 747 $[\text{M} + \text{Na}]^+$, 分子式 $\text{C}_{39}\text{H}_{32}\text{O}_{14}$ 。 ^1H -NMR (500 MHz, MeOH- d_4) δ : 7.72 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-2', 6'), 6.95 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-3', 5'), 6.32 (1H, s, H-8), 6.16 (1H, s, H-6), 5.51 (1H, brs, H-1''), 5.50 (1H, brs, H-2''), 4.82 (1H, t, $J = 10.0$ Hz, H-4''), 4.09 (1H, dd, $J = 10.0, 3.0$ Hz, H-3''), 3.40 (1H, m, H-5''), 0.82 (3H, d, $J = 6.2$ Hz, H-6''); 2''-Z-对香豆酰基: 7.62 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5''', 9'''), 6.84 (1H, d, $J = 13.0$ Hz, H-3'''), 6.72 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-6''', 8'''), 5.72 (1H, d, $J = 13.0$ Hz, H-2'''); 4''-Z-对香豆酰基: 7.64 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5''', 9'''), 6.86 (1H, d, $J = 13.0$ Hz, H-3'''), 6.70 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-6''', 8'''), 5.83 (1H, d, $J = 13.0$ Hz, H-2'''). ^{13}C -NMR (125 MHz, MeOH- d_4) 数据见表 1。以上数据与文献对照基本一致^[10], 故鉴定化合物 **5** 为山柰酚 3-*O*-(2'', 4''-二-

顺式-对-香豆酰基)- α -L-鼠李糖苷。

4 α -葡萄糖苷酶抑制活性

参照文献的方法^[11], 以 4-硝基酚- α -D-吡喃葡萄糖苷 (PNPG) 为底物测定 α -葡萄糖苷酶的活性, 以阿卡波糖作为阳性对照, 在 96 微孔板上进行活性检测。75 μL PBS 缓冲溶液 (pH 7.4) 中加入 20 μL α -葡萄糖苷酶 (0.15 U/mL) 溶液, 加入 5 μL 一定浓度的样品溶液, 37 $^{\circ}\text{C}$ 恒温 15 min, 然后加入 20 μL PNPG (5 mmol/L), 37 $^{\circ}\text{C}$ 恒温反应 15 min, 再加入 80 μL 的 Na_2CO_3 溶液 (0.2 mol/L) 终止反应, 在 405 nm 波长下测定吸光度 (A) 值。 α -葡萄糖苷酶抑制率用公式计算: 抑制率 = $(A_{\text{空白}} - A_{\text{样品}}) / A_{\text{空白}}$ 。用 Origin 8.0 软件计算半数抑制浓度 (IC_{50}) 值, 结果见表 2。结果表明化合物 **3** 对 α -葡萄糖苷酶有较强的抑制活性。

表 2 化合物 1~5 对 α -葡萄糖苷酶的抑制作用

Table 2 α -Glucosidase inhibition by compounds 1—5

化合物	$\text{IC}_{50}/(\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$
1	4.51 ± 0.23
2	6.28 ± 0.16
3	1.14 ± 0.02
4	6.95 ± 0.28
5	2.62 ± 0.16
阿卡波糖	0.05 ± 0.01

5 讨论

本实验分得的 5 个苯丙酰基酰化黄酮醇苷类化合物, 为首次从人参属中分离得到, 均为山柰酚的黄酮母核, 并与鼠李糖成苷后连接反式或顺式对香豆酰基。类似的黄酮类成分在人参属植物西洋参花中曾分到过 1 个山柰酚 7-*O*-(2'', 3''-二-反式-对-香豆酰基)- α -L-吡喃鼠李糖苷^[6], 表明本属植物中的黄酮类化学成分的结构具有相似性。

有关酰化黄酮醇单糖苷类化合物的 α -葡萄糖苷酶抑制活性, 已有的报道表明, 酰化基团对 α -葡萄糖苷酶的抑制具有重要作用^[12]。此外, 酰化基团的构型及连接位置对活性也有重要影响, 比如具有 3''-顺式-对香豆酰基, 4''-反式-对香豆酰基的化合物 **3** 活性要明显强于具有 2'', 4''-二-反式-对香豆酰基的化合物 **4**, 结果与文献报道一致^[12-14]。由于本实验所得化合物的数量及其结构特征有限, 未能总结出构效关系。有关人参花蕾中的苯丙酰基酰化黄酮醇苷类化学成分详细的化学及活性应用研究, 本课

题组正在进一步研究, 以期为科学、全面阐明人参花蕾药用物质基础提供理论依据。

参考文献

- [1] Yang W Z, Hu Y, Wu W Y, *et al.* Saponins in the genus *Panax* L. (Araliaceae): A systematic review of their chemical diversity [J]. *Phytochemistry*, 2014, 106(10): 7-24.
- [2] 国家中医药管理局中华本草编委会. 中华本草 (第 15 卷) [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1999.
- [3] 杨慧洁, 杨世海, 庞立杰. 人参花蕾研究进展 [J]. 人参研究, 2013, 25(1): 56-57.
- [4] 张冰, 陈晓辉, 毕开顺. 三七花蕾化学成分的分离与鉴定 [J]. 沈阳药科大学学报, 2009, 26(10): 775-777.
- [5] Meng X Y, Li X G, Tian Y X, *et al.* Identification of the flavone in the flower bud of *Panax quinquefolium* and its content determination in the different parts [J]. *Chem Res Chin Univ*, 2001, 17(1): 121-126.
- [6] Nakamura S, Sugimoto S, Matsuda H, *et al.* Medicinal Flowers. XVII. new dammarane-type triterpene glycosides from flower buds of American ginseng, *Panax quinquefolium* L. [J]. *Chem Pharm Bull*, 2007, 55(9): 1342-1348.
- [7] Li K K, Li S S, Xu F, *et al.* A novel acylated quercetin glycoside and compounds of inhibitory effects on α -glucosidase from *Panax ginseng* flower buds [J/OL]. [2018-11-17] *Nat Prod Res*, <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1543685>.
- [8] Ibrahim M A, Mansoor A A, Gross A, *et al.* Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA)-active metabolites from *Platanus occidentalis* (American Sycamore) [J]. *J Nat Prod*, 2009, 72(12): 2141-2144.
- [9] Wang G J, Tsai T H, Lin L C. Prenylflavonol, acylated flavonol glycosides and related compounds from *Epimedium sagittatum* [J]. *Phytochemistry*, 2007, 68(19): 2455-2464.
- [10] Fiorini C, David B, Fourasté I, *et al.* Acylated kaempferol glycosides from *Laurus nobilis* leaves [J]. *Phytochemistry*, 1998, 47(5): 821-824.
- [11] Tao Y, Zhang Y, Cheng Y, *et al.* Rapid screening and identification of α -glucosidase inhibitors from mulberry leaves using enzyme-immobilized magnetic beads coupled with HPLC/MS and NMR [J]. *Biomed Chrom*, 2013, 27(2): 148-155.
- [12] Lee S S, Lin H C, Chen C K. Acylated flavonol monorhamnosides, α -glucosidase inhibitors, from *Machilus philippinensis* [J]. *Phytochemistry*, 2008, 69(12): 2347-2353.
- [13] Matsui T, Ueda T, Oki T, *et al.* α -Glucosidase inhibitory action of natural acylated anthocyanins. 2. α -Glucosidase inhibition by isolated acylated anthocyanins [J]. *J Agric Food Chem*, 2001, 49(4): 1952-1956.
- [14] Matsui T, Ebuchi S, Fujise T, *et al.* Strong antihyperglycemic effects of water-soluble fraction of *Brazilian Propolis* and its bioactive constituent, 3,4,5-tri-*O*-caffeoylquinic acid [J]. *Biol Pharm Bull*, 2004, 27(11): 1797-1803.