

毛酸浆的研究进展

杨炳友, 李晓毛, 刘 艳, 匡海学*

黑龙江中医药大学 教育部北药基础与应用研究重点实验室, 黑龙江省中药及天然药物药效物质基础研究重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150040

摘要: 毛酸浆 *Physalis pubescens* 作为药食两用植物, 已有 1 200 多年的悠久历史。目前研究发现, 毛酸浆主要含黄酮类、甾体类、苯丙素类、生物碱类、脂肪酸类等多种化学成分, 具有抗肿瘤、抗菌、抗氧化、利尿、免疫抑制等多种药理活性。查阅近 30 年国内外文献, 针对毛酸浆的化学成分、药理作用等方面进行综述, 并对毛酸浆的开发利用前景进行展望, 为进一步合理开发和综合利用毛酸浆的药用资源提供参考。

关键词: 茄科; 毛酸浆; 黄酮类; 醉茄内酯类; 抗肿瘤; 抗菌; 食品开发

中图分类号: R282.71 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2017)14-2979-10

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2017.14.029

Research progress on *Physalis pubescens*

YANG Bing-you, LI Xiao-mao, LIU Yan, KUANG Hai-xue

Key Laboratory of Chinese Materia Medica, Heilongjiang University of Chinese Medicine, Ministry of Education, Harbin 150040, China

Abstract: *Physalis pubescens* is used as both food and medicine over 1 200 years. From the phytochemical view, the second metabolites such as flavonoids, sterols, phenylpropanoids, alkaloids, fatty acid and so on have been reported from this species. And this plant shows the activities of antitumor, antimicrobial, anti-oxidant, diuresis, immunosuppressive and so on in the recent studies. This paper reviews the researches on the chemical constituents and pharmacological activities of this plant in recent 30 years, by which the prospect of development and utilization of *P. pubescens* could be prospected. It provides the reference for the further rational development and comprehensive utilization of the resources of *P. pubescens*.

Key words: Solanaceae; *Physalis pubescens* L.; flavonoids; withanolides; antitumor activity; antimicrobial activity; food development

毛酸浆 *Physalis pubescens* L. 为茄科 (Solanaceae) 酸浆属一年生草本植物, 又名菇娘, 俗名“黄菇娘”, 还被称为“吉祥果”^[1-5]。毛酸浆在我国吉林省、黑龙江省均有野生或栽培, 多生于草地或田边路旁, 其既可食用, 又兼药用, 还可作观赏花卉^[6-11]。毛酸浆始载于《神农本草经》, 药用历史悠久^[12-13]。其味苦、性寒, 有清热解毒、利尿消肿之功效, 主治咽喉肿痛、感冒、肺热咳嗽、肺脓疡、腮腺炎、湿热黄疸、小便不利、痢疾、睾丸炎、尿道炎、血尿, 外用治脓疱疮、疔疮^[14-23]。现代药理研究表明毛酸浆具有显著的抗肿瘤、抗菌、抗氧化、利尿、免疫等药理活性。本文就毛酸浆的化学成分、药理作用、食品开发等方面的研究进展

进行综述, 梳理毛酸浆的活性成分和已明确的药理作用及机制, 为毛酸浆的进一步研究开发保健品提供科学依据。

1 化学成分

目前从毛酸浆中分离得到的化学成分已超过 120 种, 包括黄酮类、甾体类、苯丙素类、糖类、生物碱类以及脂肪酸类等, 其中黄酮类和醉茄内酯类为其特征性化学成分。

1.1 黄酮类

黄酮类化合物是毛酸浆中报道最多的一类化学成分。20 世纪 80 年代至今已从毛酸浆中分离得到 36 种黄酮类化合物, 尤以黄酮苷类居多。其名称及结构见表 1 和图 1。

收稿日期: 2017-02-18

作者简介: 杨炳友 (1970—), 男, 博士生导师, 教授, 研究方向为中药及复方药效物质基础。Tel: (0451)82193456 E-mail: ybywater@163.com

*通信作者 匡海学 (1955—), 男, 博士生导师, 教授, 研究方向为中药及复方药效物质基础。Tel: (0451)82110803 E-mail: hxkuang56@163.com

表 1 毛酸浆中的黄酮类化合物
Table 1 Flavonoids in *P. pubescens*

| 序号 | 化合物名称 | 取代基 | 文献 |
|----|--|---|----|
| 1 | 槲皮素 | $R_1=R_3=R_4=R_6=R_7=OH, R_2=R_5=H$ | 24 |
| 2 | 3,7-二甲基槲皮素 | $R_1=R_3=R_4=R_7=OH, R_2=R_5=H, R_6=OCH_3$ | 24 |
| 3 | 山柰酚 | $R_1=R_4=R_6=R_7=OH, R_2=R_3=R_5=H$ | 24 |
| 4 | 3,7,3'-三甲基槲皮素 | $R_1=R_3=R_6=OCH_3, R_2=R_5=H, R_4=R_7=OH$ | 24 |
| 5 | 3,7-二甲基山柰酚 | $R_1=R_6=OCH_3, R_2=R_3=R_5=H, R_4=R_7=OH$ | 24 |
| 6 | 7-甲基山柰酚 | $R_1=OCH_3, R_2=R_3=R_5=H, R_4=R_6=R_7=OH$ | 24 |
| 7 | 3,7,4'-三甲氧基杨梅黄酮 | $R_1=R_4=R_6=OCH_3, R_2=H, R_3=R_5=R_7=OH$ | 24 |
| 8 | 羟基阿亚黄酮 | $R_1=R_4=R_6=OCH_3, R_2=R_5=R_7=OH, R_3=H$ | 24 |
| 9 | 山柰素 | $R_1=R_6=R_7=OH, R_2=R_3=R_5=H, R_4=OCH_3$ | 24 |
| 10 | 商陆素 | $R_1=R_4=OCH_3, R_2=R_5=H, R_3=R_6=R_7=OH$ | 24 |
| 11 | 毛酸浆黄酮醇 A | $R_1=R_2=R_4=OCH_3, R_3=R_6=R_7=OH, R_5=H$ | 24 |
| 12 | 5,3',5'-三羟基-3,7,4'-三甲氧基黄酮 | $R_1=R_4=R_6=OCH_3, R_2=H, R_3=R_5=R_7=OH$ | 25 |
| 13 | 3',5'-二羟基-3,7,4'-三甲氧基黄酮 | $R_1=R_4=R_6=OCH_3, R_2=R_5=H, R_3=R_7=OH$ | 26 |
| 14 | 3,5,3',4'-四羟基-7-甲氧基黄酮 | $R_1=OCH_3, R_2=H, R_3=R_4=R_5=R_6=R_7=OH$ | 26 |
| 15 | 木犀草素 | $R_1=R_3=R_4=R_7=OH, R_2=R_5=R_6=H$ | 27 |
| 16 | 7,3',4'-三甲基槲皮素 | $R_1=R_3=R_4=OCH_3, R_2=R_5=H, R_6=R_7=OH$ | 27 |
| 17 | 5,4'-二羟基-3,7-二甲氧基黄酮 | $R_1=R_5=OCH_3, R_2=R_4=H, R_3=R_6=OH$ | 27 |
| 18 | 金圣草黄素 | $R_1=R_4=R_7=OH, R_2=R_5=R_6=H, R_3=OCH_3$ | 28 |
| 19 | 3'-methoxy-ombuine | $R_1=R_3=R_4=OCH_3, R_2=R_5=H, R_6=R_7=OH$ | 29 |
| 20 | 槲皮素-3-O-β-D-吡喃葡萄糖苷 | $R_1=R_3=R_4=R_7=OH, R_2=R_5=H, R_6=OGlc$ | 28 |
| 21 | 山柰酚-3-葡萄糖-7-鼠李糖苷 | $R_1=ORha, R_2=R_3=R_5=H, R_4=R_7=OH, R_6=OGlc$ | 26 |
| 22 | 山柰酚-7-O-α-L-鼠李糖苷 | $R_1=ORha, R_2=R_3=R_5=H, R_4=R_6=R_7=OH$ | 26 |
| 23 | 山柰酚-3-O-α-L-鼠李糖苷 | $R_1=R_4=R_7=OH, R_2=R_3=R_5=H, R_6=ORha$ | 26 |
| 24 | 山柰酚-7-O-β-D-葡萄糖-3-O-β-D-葡萄糖基-(1→2)-β-D-葡萄糖苷 | $R_1=OGlc, R_2=R_3=R_5=H, R_4=R_7=OH, R_6=OGlc-Glc(2→1)$ | 26 |
| 25 | 山柰酚-3-O-β-D-半乳糖苷 | $R_1=R_4=R_7=OH, R_2=R_3=R_5=H, R_6=OGal$ | 26 |
| 26 | 山柰酚-3-O-β-D-葡萄糖苷 | $R_1=R_4=R_7=OH, R_2=R_3=R_5=H, R_6=OGlc$ | 26 |
| 27 | 槲皮素-3-O-β-D-葡萄糖苷 | $R_1=R_3=R_4=R_7=OH, R_2=R_5=H, R_6=OGlc$ | 26 |
| 28 | 槲皮素-3-O-β-D-半乳糖苷 | $R_1=R_3=R_4=R_7=OH, R_2=R_5=H, R_6=OGal$ | 26 |
| 29 | 槲皮素 3-O-β-D-吡喃阿拉伯糖苷 | $R_1=R_3=R_4=R_7=OH, R_2=R_5=H, R_6=OAra$ | 26 |
| 30 | 槲皮素-3-O-α-L-鼠李糖苷 | $R_1=R_3=R_4=R_7=OH, R_2=R_5=H, R_6=ORha$ | 26 |
| 31 | 芦丁 | $R_1=R_3=R_4=R_7=OH, R_2=R_5=H, R_6=OGlc-Glc(6→1)$ | 26 |
| 32 | 槲皮素-3,5,7-三甲氧基-3'-O-β-D-吡喃葡萄糖苷 | $R_1=R_4=R_5=R_6=R_7=OCH_3, R_2=H, R_3=OGlc$ | 28 |
| 33 | 槲皮素-3-O-(6'-O-反式对香豆酰基)-β-D-吡喃葡萄糖苷 | $R_1=R_3=R_4=R_7=OH, R_2=R_5=H, R_6=OGlc-COO-CHCH-C_6H_5OH$ | 28 |
| 34 | 山柰酚-3-O-β-D-芸香糖苷 | $R_1=R_4=R_7=OH, R_2=R_3=R_5=H, R_6=orutinoside$ | 28 |
| 35 | 4,4'-二羟基-2'-甲氧基查耳酮 | | 28 |
| 36 | 染料木素-7-O-β-D-葡萄糖苷-4'-O-α-L-鼠李糖基-(1→2)-β-D-葡萄糖苷 | | 26 |

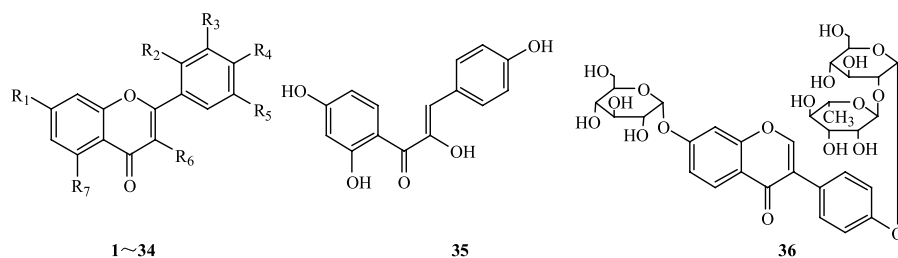


图 1 化合物 1~36 的结构

Fig. 1 Structures of compounds 1—36

1.2 甾体类

毛酸浆中含有的甾体类成分主要分为醉茄内酯类和甾醇类，其中以醉茄内酯类为主，且酸浆苦素是醉茄内酯中最丰富的化学成分，占毛酸浆干质量的 0.033%^[23]。

1.2.1 醉茄内酯类 醉茄内酯类化合物是一类麦角甾烷 C-26 羧酸内酯类甾体化合物，共由 28 个碳原子组成，分子中含 A、B、C、D 4 个环及 1 个侧链 E 环，醉茄内酯类化合物主要是由不同的

环 A/B、环 C、环 D 和侧链 E 环衍生出来的一系列化合物。醉茄内酯类化合物名称和结构见表 2 和图 2。

1.2.2 甾醇类及其他甾体类 毛酸浆中甾体类化合物除醉茄内酯化合物，还从其宿萼中分离得到 3 个甾醇类化合物，依次为毛酸浆甾醇 A (66)、毛酸浆甾醇 B (67)、β-谷甾醇 (68)^[24]。毛酸浆营养丰富，通过对其营养物质的分析得到了 β-胡萝卜素 (69)^[35]。结构见图 2。

表 2 毛酸浆中醉茄内酯类化合物

Table 2 Withanolides in *P. pubescens*

| 序号 | 化合物名称 | 文献 | 序号 | 化合物名称 | 文献 |
|----|--|----|----|--|----|
| 37 | withaferin A | 30 | 53 | (20S,22R,24R,25S,26S)-15α-acetoxy-5,6β:22,26-diepoxy-3β,4β,24,25,26-pentahydroxy-ergost-1-one | 6 |
| 38 | pubesenolide | 30 | 54 | (20S,22R,24R,25S,26R)-15α-acetoxy-5,6β:22,26-diepoxy-3β,4β,-24,25,26-pentahydroxy-ergost-1-one | 6 |
| 39 | pubesenolide triacetate | 30 | 55 | (20S,22R,24S,25S,26R)-15α-acetoxy-6α-chloro-22,26:24,25-diepoxy-4β,5β,26-trihydroxyergost-2-en-1-one | 6 |
| 40 | physalolactone B | 30 | 56 | 毛酸浆酯 A | 26 |
| 41 | deacetylphysalolactone B | 31 | 57 | nic-2 lactone | 32 |
| 42 | physalolactone B monoacetate | 30 | 58 | physapubescin E | 33 |
| 43 | pubescenin | 32 | 59 | 26S-physapubescin F | 33 |
| 44 | physapubescin A | 29 | 60 | 26R-physapubescin F | 33 |
| 45 | physapubescin B | 29 | 61 | (20S,22R,24R,25S,26R)-22,26-epoxy-24,26-dimethoxy-1α,3β,25-trihydroxyergost-5-ene | 33 |
| 46 | physapubescin C | 29 | 62 | philadelphicalactones A | 26 |
| 47 | physapubescin G | 33 | 63 | physapubescin D | 29 |
| 48 | physapubescin H | 33 | 64 | nic-2 | 32 |
| 49 | physapubescin I | 33 | 65 | phyalin P | 34 |
| 50 | (20S,22R,24S,25S,26R)-15α-acetoxy-5,6β:22,26:24,25-triepoxy-26-methoxy-4β-hydroxyergost-2-en-1-one | 6 | | | |
| 51 | (20S,22R,24R,25S,26S)-15α-acetoxy-5,6β:22,26-diepoxy-24-methoxy-4β,25,26-trihydroxyergost-2-en-1-one | 32 | | | |
| 52 | (20S,22R,24R,25S,26R)-15α-acetoxy-5,6β:22,26-diepoxy-24-methoxy-4β,25,26-trihydroxyergost-2-en-1-one | 32 | | | |

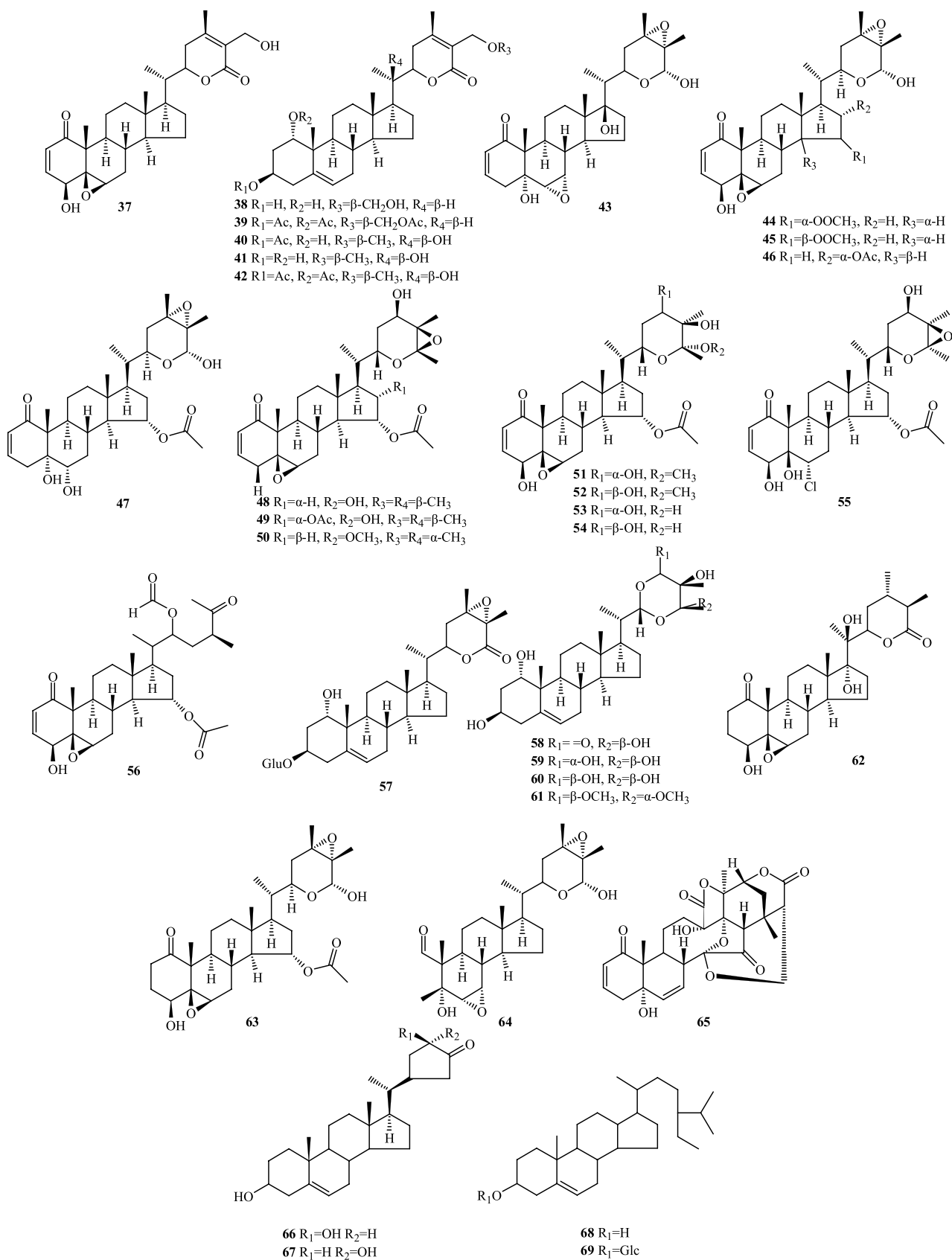


图 2 化合物 37~69 的结构

Fig. 2 Structures of compounds 37—69

1.3 苯丙素类

迄今从毛酸浆中分离出丰富的苯丙素类化合物，其主要分为简单苯丙素类和木脂素类。

1.3.1 简单苯丙素类 简单苯丙素类化合物包括 1'-O-β-D-(3,4-二羟基苯乙基)-4'-O-咖啡酰基葡萄糖苷(70)、1-O-咖啡酰基-β-D-吡喃葡萄糖(71)、1-O-p-阿魏酰基-β-D-吡喃葡萄糖苷(72)、对羟基肉桂酸吡喃葡萄糖苷(73)、咖啡酰基奎宁酸正丁酯(74)、5-O-(E-feruloyl) blumenol(75)、反式对羟基肉桂酸乙酯(76)、反式肉桂酸甲酯(77)、methyl (E)-

cinnamate(78)、咖啡酸乙酯(79)^[12,25,28-29]。结构见图 3。

1.3.2 木脂素类 毛酸浆中的木脂素类化合物分别为桉皮树脂醇(80)、松脂醇(81)、去甲络石昔元(82)以及新橄榄脂素(83)^[12]。其结构见图 3。

1.4 糖类

至今报道的毛酸浆糖类化合物分别为纤维素(84)、α-D-葡萄糖(2→1)β-D-葡萄糖(85)、蔗糖(86)、α-D-葡萄糖(87)^[25,27,35-36]。结构见图 4。

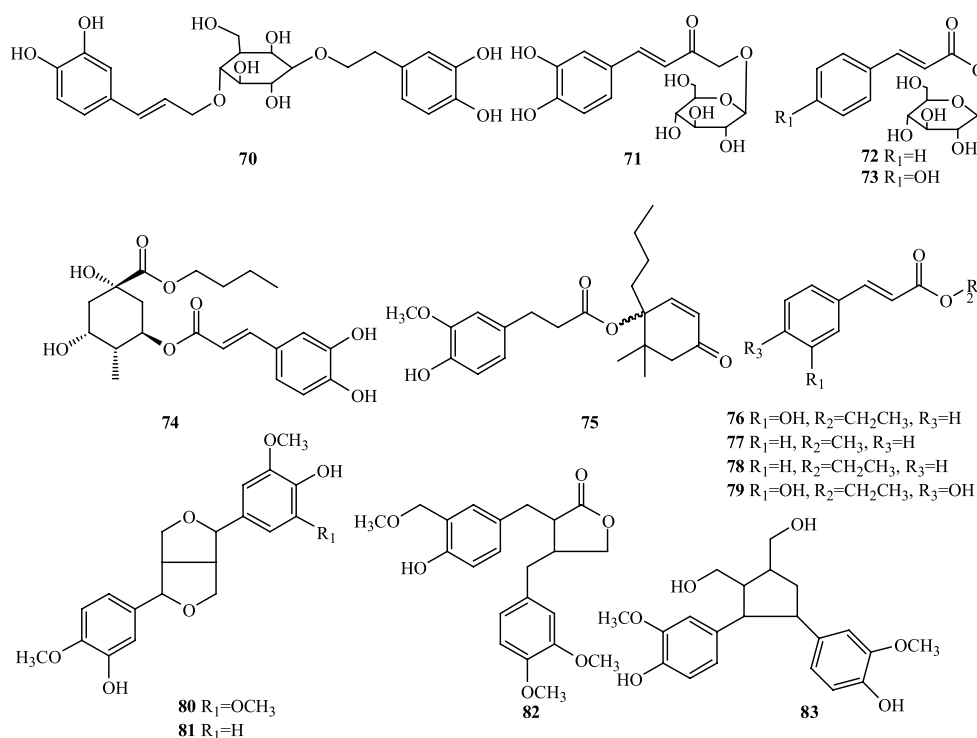


图 3 化合物 70~83 的结构

Fig. 3 Structures of compounds 70—83

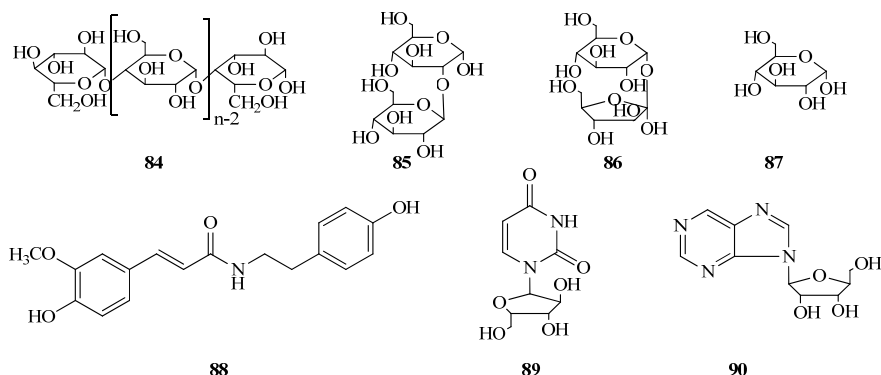


图 4 化合物 84~90 的结构

Fig. 4 Structures of compounds 84—90

1.5 生物碱类

目前从毛酸浆中只分离得到 3 个生物碱类化合物, 且皆为从酸浆属中首次分离得到, 即 *N*-反式-对羟基苯乙基阿魏酸酰胺 (88)、尿苷 (89)、腺苷 (90) [12]。其结构见图 4。

1.6 其他类

另外从毛酸浆中还分离得到三萜类 (91~93)、环烯醚萜类 (94)、有机酸类 (95~101) 以及羧酸衍生物类 (102~125) 等化学成分 (表 3 和图 5), 并且还富含维生素、人体必需的氨基酸以及微量元素^[38-43]。

表 3 毛酸浆中的其他类化学成分
Table 3 Other constituents in *P. pubescens*

| 序号 | 化合物名称 | 文献 | 序号 | 化合物名称 | 文献 |
|-----|--|----|-----|--|----|
| 91 | 2 α ,3 β ,23-三羟基-12-烯-28-齐墩果酸 | 12 | 109 | blumenol A | 12 |
| 92 | 白头翁皂苷 A | 12 | 110 | 3,5-二羟基- γ -吡喃酮 | 24 |
| 93 | 白头翁皂苷 D | 12 | 111 | 3,5-二羟基-2-羟甲基- γ -吡喃酮 | 24 |
| 94 | 橄榄苦苷 | 12 | 112 | 2-羟甲基-5-羟基- γ -吡喃酮 | 24 |
| 95 | 咖啡酸 | 12 | 113 | 5-羟基麦芽酚 | 24 |
| 96 | 3-甲氧基-4-羟基苯甲酸 | 24 | 114 | danielone | 29 |
| 97 | 3,4-二羟基苯甲酸 | 24 | 115 | 4-hydroxy-5-methoxy benzaldehyde | 29 |
| 98 | 酒石酸 | 26 | 116 | 5-羟甲基糠醛 | 28 |
| 99 | 柠檬酸 | 26 | 117 | α -丁氧基-丙烯醛 | 36 |
| 100 | 苹果酸 | 26 | 118 | 3-丙氧基-4-甲氧基苯甲醛 | 36 |
| 101 | 琥珀酸 | 26 | 119 | 5-hydroxybenzaldehyde | 29 |
| 102 | β -D-吡喃葡萄糖氧基丁香酸酯 | 12 | 120 | 4-methyl phenol | 29 |
| 103 | 银杏内酯 A | 26 | 121 | 毛酸浆呋喃素 | 24 |
| 104 | 银杏内酯 B | 26 | 122 | 3,6,11-三甲基-3-羟基-1,6 <i>E</i> ,10-十二碳三烯-8- <i>O</i> - β -D-葡萄糖苷 | 26 |
| 105 | 己二酸-甲基二丙酯 | 37 | 123 | 丙基环己六醇醚 | 35 |
| 106 | 丁二酸-甲基二丙酯 | 37 | 124 | 5,5'-diisobutoxy-2,2'-bifuran | 29 |
| 107 | 乙基丙二酸二丁酯 | 37 | 125 | 毛酸浆苷 | 35 |
| 108 | 亚油酸乙酯 | 37 | | | |

1.7 脂肪酸类

据报道, 毛酸浆中脂肪酸类成分最多的是亚油酸 (53.26%)、棕榈酸 (15.21%) 和油酸 (14.25%) [44]。王建刚等^[45]采用 GC-MS 分析鉴定了毛酸浆中 21 个脂肪酸类成分, 分别是辛酸、9-酮基壬酸、十二烷酸、十四烷酸、十五烷酸、14-甲基十五烷酸、(Z)-十六烯酸、13-十八碳烯酸、亚麻酸、14-甲基-十六烷酸、2-己基-环丙烷辛酸、十七烷酸、11-十八碳烯酸、硬脂酸、10-十九烯酸、花生酸、山萘酸、木蜡酸、7,10,13-二十碳三烯酸、8,11-十八碳二烯酸、Z,Z-己二烯酸。

2 药理作用

毛酸浆被《神农本草经》最早收录, 并列为中品, 其全草及果实均可入药, 具有清热解暑、化痰利尿的作用, 是常用的清热解毒药^[6]。其可用于治疗咽喉肿痛、感冒、肺热咳嗽、肺脓疡、腮腺炎、

湿热黄疸、小便不利、痢疾、睾丸炎、尿道炎、血尿, 外用治脓疱疮、疔疮^[14-23]。

现代药理研究表明, 毛酸浆具有显著的抗肿瘤、抗菌、抗氧化、利尿、免疫调节等药理作用。

2.1 抗肿瘤作用

毛酸浆的抗肿瘤活性研究主要集中在其黄酮类和醉茄内酯类化合物^[46]。

张辉等^[24]对毛酸浆宿萼中的黄酮类物质的抗肿瘤活性进行研究, 结果表明, 槲皮素 (1) 与山柰酚 (3) 均对肝癌细胞 SMMC-7721 增殖有抑制作用, 对白血病细胞 K562 有一定的抑制作用; 3,7,3'-三甲基槲皮素 (4) 对宫颈癌细胞 HeLa 增殖有明显的抑制作用。贾远敏^[12]进一步开展毛酸浆果实抗肿瘤活性研究, 研究发现松脂醇 (81) 对 SMMC-7721 肝癌细胞增殖有抑制作用且抑制作用呈剂量依赖关系, 同时其对肺癌细胞 A549 增殖也有一定的抑制

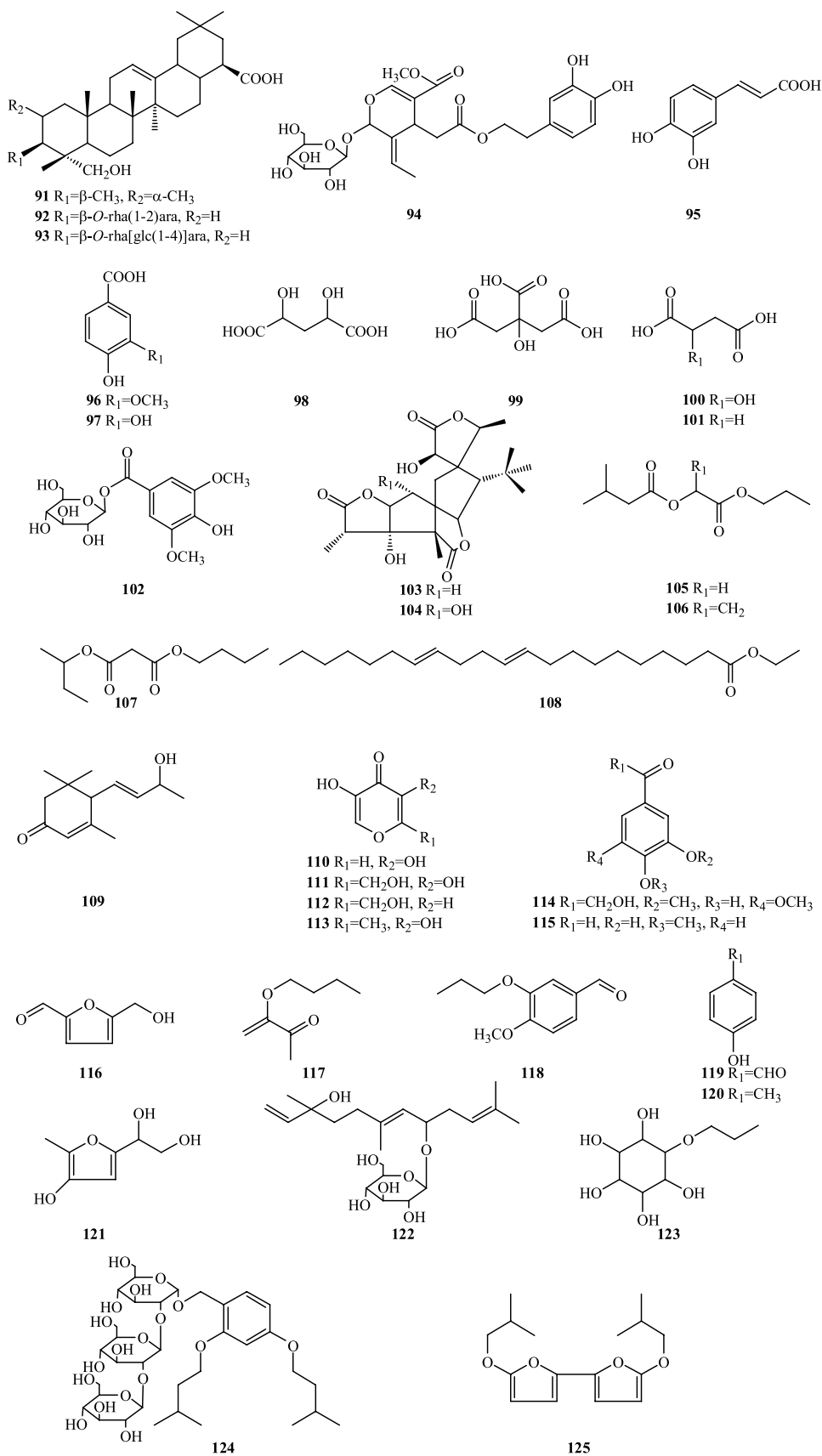


图 5 毛酸浆中其他类化学成分的结构 (91~125)

Fig. 5 Structures of other constituents in *P. pubescens* (91—125)

作用。对毛酸浆所含成分的抗肿瘤活性研究显示, 醉茄内酯类成分对肿瘤细胞有显著的抑制活性, 其能有效抑制肾癌细胞 786-O、A-498、Caki-2、ACHN 的生长, 还对前列腺癌细胞、黑色素瘤细胞 A375 和 A375-S2 有一定的抑制作用。

2.2 抗菌作用

黄酮类成分为毛酸浆抑制病原微生物的主要活性成分。郑敬彤等^[47]通过琼脂稀释法实验证实, 毛酸浆果提取物对大肠埃希菌有较强的抑菌作用。有学者对毛酸浆果提取物进行深入研究, 发现其从大肠埃希菌生长曲线的对数生长期开始能有效抑制细菌的生长, 从对数中期开始, 空泡样变减少, 细菌出现死亡现象^[48]。

近年来, 有研究采用纸片法对毛酸浆黄酮类化合物槲皮素(1)、山柰酚(3)与 3,7,3'-三甲基槲皮素(4)及吡喃酮类化合物 2-羟甲基-5-羟基- γ -吡喃酮(112)进行体外单独抑菌活性实验, 结果显示它们均对金黄色葡萄球菌、肠杆菌、绿脓杆菌、肺炎克雷伯菌有抑制作用^[24]。

2.3 抗氧化作用

毛酸浆中含有丰富的黄酮类物质, 此类化合物往往具有还原性, 从而表现出一定的抗氧化作用^[49-51]。张辉^[24]通过自由基清除能力的测试发现, 毛酸浆果醇提物对 ABTS 自由基和 DPPH 自由基清除率最高。贾远敏等^[12]对毛酸浆的黄酮单体和吡喃酮单体进行活性筛选, 发现槲皮素(1)与山柰酚(3)具有较强的抗氧化活性, 3,7,3'-三甲基槲皮素(4)具有一定的抗氧化活性, 2-羟甲基-5-羟基- γ -吡喃酮(112)有中等强度的抗氧化活性。有学者证实毛酸浆可以通过改善氨基酸和能量代谢紊乱减轻大鼠疲劳症状, 减轻氧化应激, 证明其是一个有开发前景的具有天然抗疲劳和抗氧化作用的功能产品^[52]。由于毛酸浆具有强大的抗氧化潜力, 使其对血糖的降低, 以及多巴胺、5-羟色胺和血清胰岛素水平的增加起到重要作用, 因此可被视为一种新型治疗糖尿病的候选药物^[53]。

2.4 利尿作用

文献记载毛酸浆传统功效具有利尿的作用。王放等^[54]研究表明, 毛酸浆果提取物有较为明显的利尿作用, 并且与氢氯噻嗪比较, 毛酸浆具有利尿起效快、持续时间短的特点, 但其作用机制尚不十分明确。有学者对毛酸浆乙醇提取物的利尿活性开展进一步实验, 结果显示毛酸浆乙醇提取物对生理盐

水负荷的正常大鼠具有明显的利尿作用^[36,54]。

2.5 免疫调节作用

据报道, 毛酸浆果皮、果肉和种子可显著地增强非特异性免疫功能^[55]。张英蕾等^[37]通过检测小鼠脏器指数、迟发型超敏反应、碳廓清实验和血清凝集实验对毛酸浆免疫活性进行深入研究, 研究结果表明毛酸浆的醇提取物具有最强的免疫调节活性, 且毛酸浆果浆的 40%乙醇提取物具有较强的免疫调节活性, 并通过对免疫活性物质的精制初步推断其有效成分为黄酮类化合物。

2.6 其他作用

除上述活性外, 毛酸浆果乙醇提取物还具有较好的抗炎活性, 其作用机制可能与下调核转录因子- κ B (NF- κ B) p65 基因和蛋白的表达以及抑制炎症因子白细胞介素-6(IL-6)、肿瘤坏死因子- α (TNF- α)的释放有关, 且毛酸浆果醇提取物可有效治疗大鼠急性肾盂肾炎(APN)^[35,54,56]。

3 食品开发

毛酸浆果实酸甜可口, 鲜美多汁, 已被开发为多种类型的果酱、果酒、蜜饯等, 并且随着科技的发展, 生产技术也在不断进行优化^[57-58]。

毛酸浆富含维生素、微量元素以及人体所需的氨基酸, 与富含矿物质的番茄混合在一起制成毛酸浆番茄复合调味酱, 具有一定的保健功效^[59-65]。王文利等^[66]通过正交试验等方法, 得到了毛酸浆果酒的最佳发酵工艺条件, 酿出的果酒风味别具一格, 经济价值广阔。姜晓坤等^[67]还对不同原料处理方式对影响毛酸浆果酒的质量因素进行研究, 发现最佳方式是用带皮破碎果汁来发酵果酒。若将毛酸浆果实制成果脯, 口感和营养成分的保留很关键。姚旭等^[65]优选出较佳的毛酸浆果脯生产工艺条件, 拓宽了毛酸浆果实的食用范围。在毛酸浆果实开发过程中, 有大量果籽作为副产物产生, 最新研究表明, 果籽中富含不饱和脂肪酸及亚油酸, 有很大的开发前景^[68]。毛酸浆果实还可制成罐头, 张庆钢等^[19]研究毛酸浆糖水罐头的生产工艺, 确定了最佳抽空条件及杀菌条件。此外, 还有毛酸浆及其复合果汁饮料也将陆续上市^[69-78]。

4 结语

本文较系统地归纳总结了从毛酸浆中分离得到的化学成分, 且对其药理及其可能的作用机制亦进行了总结和探讨。毛酸浆作为药食两用植物, 对其药理作用研究较多, 但对其药效物质基础和作用机

制还需进一步深入研究,此外对于从中分离得到单一成分的药理作用更有待深入研究,为更合理、更有效地开发利用药用植物资源奠定基础。

毛酸浆富含脂肪酸及人体所需的 18 种氨基酸、多种维生素和矿物质,具有较高的营养价值,是一种很有开发前景的保健品,可以通过进一步药理实验研究,开发具有抗肿瘤、抗衰老及增强免疫力等作用的保健品,提高其经济价值,发挥更大的社会效益。

参考文献

[1] 姚旭,孙强,吴小亮,等.毛酸浆果涂膜保鲜技术的探讨[J].保鲜研究,2005,5(6):33-34.
 [2] 朱家楠.拉汉英种子植物名称[M].北京:科学出版社,2001.
 [3] 张庆钢,姚旭,孙强,等.毛酸浆果采后生理的研究[J].食品科学,2007,28(3):341-344.
 [4] 宋丽敏.毛酸浆冰温保鲜的研究[D].长春:吉林大学,2007.
 [5] 《全国中草药汇编》编写组.全国中草药汇编[M].北京:人民卫生出版社,1990.
 [6] Chen L X, Xia G Y, He H, et al. New withanolides with TRAIL-sensitizing effect from *Physalis pubescens* L. [J]. *RSC Adv*, 2016, 58(6): 52925-52936.
 [7] 许亮.茄科酸浆属两种药用植物生药学研究[D].沈阳:辽宁中医药大学,2004.
 [8] 姚旭,孙强,张庆刚,等.毛酸浆果果脯的研制[J].现代食品科技,2005,22(1):55-57.
 [9] 许亮,王荣祥,杨燕云,等.中国酸浆属植物药用资源研究[J].中国野生植物资源,2009,28(1):21-23.
 [10] 李艳成,张慧.毛酸浆地膜覆盖栽培技术[J].特种经济动植物,2014(2):48-49.
 [11] 邓淑芬,张文修,李光旭.菇娘高产栽培技术[J].现代化农业,2014(1):41-42.
 [12] 贾远敏.毛酸浆浆果的化学成分研究[D].苏州:苏州大学,2013.
 [13] 孙星衍.神农本草经[M].太原:山西科学出版社,1990.
 [14] 中国科学院中国植物志编辑委员会.中国植物志[M].北京:科学出版社,1984.
 [15] 李金昶,赵晓亮,崔秀君,等.黄姑娘浆果的营养成分分析[J].营养学报,1997,19(4):487-489.
 [16] 李卫,张春广,郭光沁,等.ABA诱导毛酸浆下胚轴体细胞胚状结构的直接发生[J].西北植物学报,2003,23(2):309-313.
 [17] 许亮,王冰.毛酸浆染色体的核型分析[J].中药材,2007,27(4):238-239.
 [18] 许亮.茄科酸浆属两种药用植物生药学研究[D].沈阳:辽宁中医学院,2004.
 [19] 张庆钢,余善鸣.糖水毛酸浆罐头生产技术的研究[J].

食品科学,2006,27(9):178-180.
 [20] 马艳丽.酸浆的化学成分分析及其利用价值的研究[J].长春大学学报,2002,12(3):21-22.
 [21] 王颖,张英蕾,马伟.毛酸浆宿萼多糖提取工艺条件优化[J].江苏农业科学,2010(3):383-384.
 [22] 李良,何畔,傅礼玮.响应面法优化毛酸浆黄色素的提取[J].东北农业大学学报,2014,45(7):112-116.
 [23] Chen L X, Xia G Y, Qiu F, et al. Physapubescine selectively induces apoptosis in VHL-null renal cell carcinoma cells through downregulation of HIF-2 α and inhibits tumor growth [J]. *Sci Rep*, 2016, 6: 1-12.
 [24] 张辉.毛酸浆宿萼的化学成分研究[D].苏州:苏州大学,2010.
 [25] 骆丽萍,成凡钦,季龙,等.毛酸浆的化学成分研究[J].中国中药杂志,2015,40(22):4424-4427.
 [26] 杨蒙.毛酸浆宿萼的化学成分研究[D].苏州:苏州大学,2013.
 [27] 张辉,陈重,李夏,等.毛酸浆宿萼的化学成分研究[J].中草药,2010,41(11):1787-1790.
 [28] 朱海林,王振洲,郑炳真,等.毛酸浆果实的化学成分研究[J].中草药,2016,47(5):732-735.
 [29] 季龙.两种酸浆属植物中活性迈克尔反应受体分子的发现及作用靶点[D].杭州:浙江大学,2013.
 [30] Sahai M. Pubesanolide, a new withanolide from *Physalis pubescens* [J]. *J Nat Prod*, 1985, 48(3): 474-476.
 [31] Glotter E, Sahai M, Kirson I. Physapubescenolide and pubescenin, two new ergostane-type steroids from *Physalis pubescens* L. (Solanaceae) [J]. *J Chem Soc Perkin Trans*, 1985, 17(8): 2241-2245.
 [32] 潘娟.醉茄内酯类化学成分研究[D].哈尔滨:黑龙江中医药大学,2015.
 [33] Xia G Y, Li Y, Sun J W, et al. Withanolides from the stems and leaves of *Physalis pubescens* and their cytotoxic activity [J]. *Steroids*, 2016, 115: 36-146.
 [34] Kawai M, Matusmoto A, Makino B, et al. The structure of physalin P, a neophysalin from *Physalis alkekengi* [J]. *Phytochemistry*, 1987, 26(12): 3313-3317.
 [35] 张斯文.毛酸浆化学成分及其生物活性的研究[D].长春:吉林大学,2007.
 [36] 阴俊杰.菇娘高效栽培技术[J].北方园艺,2009(10):178-179.
 [37] 张英蕾.毛酸浆免疫活性物质的精制及评价[D].哈尔滨:东北林业大学,2010.
 [38] 张天民,付波.牡丹江市应大力发展毛酸浆栽培[J].中国林副特产,2006(4):109-110.
 [39] 张宝香,闫玲玲.甜菇娘的营养成分及开发利用[J].特种经济动植物,2005(1):38-39.
 [40] 宋晓宏,李景富.毛酸浆的组织培养植物[J].生理学通讯,2006,42(3):488.
 [41] 陈萍,穆文娟,王建刚.微波消解 ICP-AES 法测定酸浆、毛酸浆中的微量元素[J].化学工程师,2009(11):25-27.

- [42] 王 萍, 彭冬香, 王 颖, 等. 毛酸浆果实黄色素的提取及其稳定性研究 [J]. 哈尔滨商业大学学报: 自然科学版, 2010, 126(3): 271-273.
- [43] 丰 利, 高倩倩. 酸浆和甜姑娘的营养成分分析 [J]. 安徽农业科学, 2012, 40(33): 16113-16114.
- [44] 陆占国, 郑国臣, 齐 典, 等. 毛酸浆籽的超临界 CO₂ 流体萃取及成分分析 [J]. 食品科技, 2007(2): 130-132.
- [45] 王建刚, 穆文娟. 气相色谱-质谱法分析毛酸浆果实中脂肪酸成分 [J]. 理化检验: 化学分册, 2010, 46: 1465-1466.
- [46] Kawai M, Ogura T, Nakamishi M, *et al.* Structure of physalin isolated from *Physalis alkekengi* var. *francheti* [J]. *Bull Chem Soc JPN*, 1988, 61(7): 2696-2698.
- [47] 郑敬彤, 时景伟, 王 放. 毛酸浆果提取物的抑菌活性研究 [J]. 中国实验诊断学, 2010, 14(6): 796-797.
- [48] 郑敬彤, 尚捷婷, 石 玥, 等. 毛酸浆果醇提物抑菌机理的初步研究 [J]. 特产研究, 2011(3): 44-47.
- [49] 高新新, 位 珍, 常 晨, 等. 毛酸浆多酚氧化酶的酶学特性研究 [J]. 食品与生物技术学报, 2015, 34(1): 102-107.
- [50] 朱 丹, 李世燕, 任跃英, 等. 毛酸浆发酵过程中的非酶褐变原因解析 [J]. 食品科学, 2016, 37(15): 204-208.
- [51] 王晶晶, 韩 雪, 田 野, 等. 毛酸浆对酸羊奶感官品质的影响 [J]. 食品工业科技, 2015, 36(21): 214-217.
- [52] Chu H, Sun H, Yan G L, *et al.* Metabolomics analysis of health functions of *Physalis pubescens* L. using by ultra-performance liquid chromatography/electrospray ionization quadruple time-of-flight mass spectrometry [J]. *World J Tradit Chin Med*, 2015, 1(3): 9-20.
- [53] Hassan A I, Ghoneim M A M. A Possible Inhibitory effect of physalis (*Physalis pubescens* L.) on diabetes in male rats [J]. *World Appl Sci JI*, 2013, 21(5): 681-688.
- [54] 王 放, 张斯文, 李平亚. 毛酸浆果醇提物对大鼠的利尿和抗肾盂肾炎作用的研究 [J]. 特产研究, 2007(4): 35-38.
- [55] Wang P, Zhang Y L, Li S S, *et al.* Effect on the immunological competence of *Physalis pubescens* L. in mice [J]. *Food Agric Immunol*, 2009, 20(2): 165-172.
- [56] 陈 芳, 王宇晨, 关雪娃, 等. 毛酸浆果乙醇提取物抗炎作用及其机制研究 [J]. 药物评价研究, 2016, 39(5): 747-742.
- [57] 王 萍, 付 勇, 苗 雨. 毛酸浆果实多糖的提取 [J]. 食品工业科技, 2008, 129(2): 204-205.
- [58] 杜汉军. 毛酸浆果实中果胶的提取 [J]. 黑龙江农业科学, 2011(2): 98-100.
- [59] 李鸿恩, 张建新. “洋姑娘”的营养成份及其利用价值 [J]. 植物学通报, 1988, 5(4): 240-242.
- [60] Tannenbaun S R. *Nutritional and Safety Aspect of Food Processing* [M]. New York: Marce Deddkker, Inc., 1979.
- [61] White P L. *Nutrition in Processed Foods: Proteins* [M]. Chicago: American Medical Association, 1974.
- [62] Sarma A D, Sreelakshmi Y, Sharma R. Antioxidant ability of anthocyanins against ascorbic acid oxidation [J]. *Phytochemistry*, 1997, 45(4): 671-674.
- [63] Li F, Gao Q Q. Analysis of the nutritional components of *Physalis alkekengi* var. *francheti* and *P. pubescens* L. [J]. *Med Plant*, 2012, 3(12): 82-84.
- [64] 孙海涛, 高玉超. 毛酸浆番茄复合调味酱的研制 [J]. 中国调味品, 2013, 38(12): 58-59.
- [65] 姚 旭, 孙 强, 张庆刚, 等. 毛酸浆果脯的研制 [J]. 现代食品科技, 2005, 22(1): 55-57.
- [66] 王文利, 谢春阳. 毛酸浆果酒的发酵工艺研究 [J]. 农产品加工·学刊, 2011(8): 55-58.
- [67] 姜晓坤, 牛春艳, 李 扬, 等. 原料处理方法对毛酸浆发酵果酒质量的影响 [J]. 中国酿造, 2011, (8): 98-100.
- [68] 李 栋, 李少鹏, 田美荣, 等. 毛酸浆酶解工艺条件的优化 [J]. 食品工业, 2013, 34(11): 141-143.
- [69] 刘志明, 孙 靖, 张 瑞. 毛酸浆柠檬蜜酒的研制 [J]. 农产品加工·学刊, 2008(8): 39-42.
- [70] 姜晓坤, 张文英, 王喜萍. 毛酸浆果酒香气成分 GC/MS 分析 [J]. 酿酒科技, 2013(3): 101-103.
- [71] 刘志明, 赵思祥, 张 瑞. 毛酸浆山楂复合果汁饮料的研制 [J]. 试验报告与理论研究, 2008, 11(8): 17-20.
- [72] 王国军. 黄姑娘儿饮料制作工艺 [J]. 现代化农业, 1996(8): 40-41.
- [73] El Sheikha A F, Zaki M S, Bak A A, *et al.* Biochemical and sensory quality of physalis (*Physalis pubescens* L.) juice [J]. *J Food Process Preserv*, 2010, 34(3): 541-555.
- [74] 徐 伟, 王贵新. 均质对毛酸浆果汁稳定性的影响及其粒径形态表征 [J]. 食品科学, 2016, 37(4): 68-72.
- [75] 段连海, 王晓英, 霍 岩. 毛酸浆胡萝卜复合果蔬汁饮料的研制 [J]. 中国酿造, 2014, 33(8): 168-171.
- [76] 李世燕, 朱 丹, 牛广财, 等. 毛酸浆果醋饮料的研制 [J]. 食品工业, 2016, 37(3): 24-26.
- [77] 李世燕, 朱 丹, 牛广财, 等. 毛酸浆果醋发酵工艺的优化 [J]. 中国调味品, 2016, 41(2): 88-92.
- [78] 王晓英, 刘长姣, 段连海, 等. 毛酸浆开发利用的研究进展 [J]. 中国酿造, 2014, 33(2): 5-8.