

紫娟茶主要化学成分及药理活性研究进展

李明超, 刘莹, 杨洋, 安输, 郭晓汐, 徐天瑞, 郝倩*

(昆明理工大学生命科学与技术学院, 云南省高校靶点药物筛选与利用重点实验室, 昆明 650500)

摘要: 紫娟茶为云南大叶群体茶树品种中的一种变种, 其化学成分包含花青素类、儿茶素类、黄酮及其苷类、氨基酸、微量元素等物质, 特别是含其有丰富的花青素成分。紫娟茶具有抗氧化、清除自由基、降压、抗炎、抑菌和降脂等作用, 其药理活性逐渐受到学者们的关注。与其他茶相比, 紫娟中含有丰富的花青素类成分, 其作为一种水溶性天然色素和抗氧化剂, 具有抗癌、抗肿瘤、抗炎、增强免疫能力等功能, 在保健品、饮料、药品等领域受到越来越多的重视。近年来, 对紫娟茶的研究逐渐增多, 本文概述了紫娟茶的化学成分以及主要药理活性研究进展, 以期对紫娟茶更深入的研究和开发提供理论依据。

关键词: 紫娟茶; 化学成分; 花青素; 药理活性

Research advance in chemical constituents and pharmacological activities of Zijuan tea

LI Ming-Chao, LIU Ying, YANG Yang, AN Shu, GUO Xiao-Xi, XU Tian-Rui, HAO Qian*

(Key Laboratory of Screening and Utilization of Targeted Drugs, Faculty of Life Science and Technology, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China)

ABSTRACT: Zijuan tea is a kind of tea tree variety in Yunnan Daye tea (*Camellia sinensis* var. *assamica* (Mast.)). Its chemical compositions include anthocyanins, catechins, flavonoids and their glycosides, amino acids and traces trace elements and other substances, especially its abundant anthocyanins. Zijuan tea has anti-oxidation, free radical scavenging, antihypertensive, antibacterial and lipid-lowering effects, and its pharmacological activity has gradually attracted the attention of scholars. Compared with other teas, Zijuan tea is rich in anthocyanin, which acts as a water-soluble natural pigment and antioxidant, and has anti-cancer, anti-tumor and anti-inflammatory functions. More and more attention is paid in the fields of health care products, beverages, and medicines. In recent years, the research on Zijuan tea has gradually increased. This paper summarized the research progress of the chemical constituents and main pharmacological activities of Zijuan tea, in order to provide a theoretical basis for the more in-depth research and development of Zijuan tea.

KEY WORDS: Zijuan tea; chemical composition; anthocyanin; pharmacological activity

基金项目: 云南省科技计划项目(2017FD100)、国家自然科学基金项目(31660099)

Fund: Supported by the Project of Science and Technology of Yunnan (2017FD100) and National Natural Science Foundation of China (31660099)

*通讯作者: 郝倩, 博士, 主要研究方向为天然产物化学。E-mail: haoqian26@126.com

*Corresponding author: HAO Qian, Ph.D, Faculty of Life Science and Technology, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China. E-mail: haoqian26@126.com

1 引言

茶作为当今世界 3 大饮料之一,其化学成分与药理活性受到研究者的广泛关注。美国 FDA 于 2006 年批准上市的首例植物药,其主要成分为绿茶中多酚类混合物,用于局部(外部)治疗由人乳头瘤病毒引起的生殖疣。“紫娟”属山茶科(Theaceae)山茶属(*Camellia*)茶组植物(*Camellia sinensis*(L.) O. Kuntze),为云南大叶茶变种^[1]。1985 年初由云南省农业科学院茶叶研究所,利用云南大叶群体国家级茶树良种单株培育而成,紫娟茶因其芽尖、叶、茎、花萼、花梗、茶汤均呈紫色而得名^[2]。紫娟茶相比常规大叶绿茶,其所含花青素、黄酮类、咖啡碱、锌的含量较高,分别为 29.14、12.82、31.01、30.25 mg/kg^[1]。特别是花青素含量约为一般红芽茶的 3 倍,茶氨酸和儿茶素总量差异也较大,分别为 346.19、201.86 mg/g^[3-5]。此外,大量研究表明紫娟茶具有降压、降血糖、保护肝脏、提高记忆力、影响脂类代谢及抗氧化^[6,7]等功效。本文对近年来紫娟茶化学成分及其药理活性进行了综述,以期对紫娟茶的进一步开发和利用提供依据。

2 化学成分

紫娟茶中含有丰富的花青素类成分以及黄酮类、儿茶素类、氨基酸、微量元素等多种成分,其主要成分为花青素类、黄酮及其苷类和儿茶素类^[2,3]。

2.1 花青素类

花青素又称花色素(anthocyanin),是一种水溶性色素^[8],在深色花瓣、浆果、蔬菜、薯类和谷物种皮中的含量尤为丰富,可使花果呈红色、紫色乃至黑色。花青素基本母核结构是 2-苯基苯并吡喃,常与葡萄糖、鼠李糖、阿拉伯糖、半乳糖、木糖等单糖相连,或与龙胆二糖、槐二糖等二糖缩合形成苷类化合物又称花色苷^[9]。花青素作为目前人类发现最有效的天然抗氧化剂,安全无毒的营养型食用色素倍受瞩目。大量研究发现花青素具有预防心脑血管疾病防上高血压、保护肾和肝脏、增强免疫系统能力、缓解视疲劳保护视力、抗肿瘤等多种功效^[10-12]。

紫娟茶树芽、叶、茎呈紫色,主要因其花青素类成分含量较高,随着花青素含量增加,红紫化程度越高^[13]。作为目前茶叶中花青素含量最高的茶树品种,其新梢中花青素含量高达 2.7%~3.6%^[14]。花青素的颜色受 pH 的影响,大致可分为在碱性条件下呈蓝色,中性呈无色,酸性则呈红色^[15]。紫娟茶中花青素提取时需加酸,如三氟乙酸、乙酸、盐酸等,这是因为酸性条件下花青素保留率较高,而在碱性条件下花青素保留率会降低^[16]。

食物中最常见的 6 类花青素为矢车菊素(1)、花葵素(又名天竺葵素,2)、芍药素(3)、翠雀素(又名飞燕草素,4)、矮牵牛素(又名碧冬茄素,5)和锦葵素(6),紫娟茶中的花青素类成

分主要为花色苷类物质,目前已经发现有矢车菊-3-*O*-半乳糖苷(7)、矢车菊素-3-*O*-(6-*Z*)对香豆酸)吡喃半乳糖苷(8)、矢车菊素-3-*O*-(6-*E*)对香豆酸)吡喃半乳糖苷(9)、翠雀素-3-*O*- β -*D*-半乳糖苷(10)、翠雀素-3-*O*-(6-*Z*)对香豆酸)吡喃半乳糖苷(11)、翠雀素-3-*O*-(6-*E*)对香豆酸)吡喃半乳糖苷(12)、翠雀素-3-葡萄糖苷(13)、翠雀素-3-芸香糖苷(14)、花葵素-3-半乳糖苷(16)、花葵素-3, 5-二葡萄糖苷(17)等多种花青素类成分(见图 1)^[17-24]。紫娟茶中不仅含有丰富的花青素,还含有较多的原花青素,如原飞燕草色素-B-2(or 4)3'-*O*-没食子酸酯(20)、原矢车菊素 B-2(or 4)3'-*O*-没食子酸酯(21)(见图 1)^[25]等化学成分。涂云飞等^[26]利用(+)-儿茶素外标法所测得的“紫娟”茶提取物中的原花青素的质量分数平均为 64.11%。

2.2 黄酮及其苷类

紫娟茶中含有多种黄酮及其苷类化合物,主要包括山奈酚(22)、杨梅素(23)和槲皮素(24)黄酮苷及酰化黄酮。此外,还有山奈酚-3-*O*-葡萄糖苷(25)、山奈酚-3-*O*-半乳糖苷(26)、山奈酚-3-*O*-芸香糖苷(27)、山奈酚-3-*O*-木糖芸香苷(28)、kaempferol-3-*O*-acetyl-dirhamnosylhexoside(29)、山奈酚-3-葡萄糖芸香糖甙(30)、杨梅黄酮-3-*O*-葡萄糖苷(31)、杨梅黄酮-3-*O*-半乳糖苷(32)、杨梅黄酮-3-*O*-芸香糖苷(33)、槲皮素-3-*O*-葡萄糖苷(34)、槲皮素-3-*O*-半乳糖苷(35)、槲皮素-3-*O*-鼠李糖半乳糖苷(36)、槲皮素-3-*O*-半乳糖芸香糖甙(37)、槲皮素-3-*O*-葡萄糖芸香糖甙(38)、quercetin-3-*O*-dirhamnosylglucoside(39)、芦丁(40)、6,8-*C*-二葡萄糖基芹菜素(41)、牡荆素 2-葡萄糖苷或异构体(42)、牡荆素 2''-*O*-鼠李糖苷(43)等(见图 2)^[27,28]。

2.3 儿茶素类

从紫娟茶中分离鉴定的儿茶素类成分有儿茶素(44)、表儿茶素(45)、表儿茶素-3-*O*-没食子酸酯(46)、表没食子儿茶素(47)、表没食子儿茶素-3-*O*-没食子酸酯(48)、表儿茶素-3-*O*-(3'-*O*-甲基)没食子酸酯(49)、表没食子儿茶素-3-*O*-(3-*O*-甲基)没食子酸(50)、表没食子儿茶素 3-*O*-咖啡酸酯(51)、表没食子儿茶素 3-*O*-*p*-香豆酸酯(52)、表没食子儿茶素 3-*O*-阿魏酸酯(53)、theaflavate B(54)、茶黄素(55)、epigallocatechin-3-*O*-gallate-(4 β →8)-epicatechin-3-*O*-gallate(56)等(见图 3)^[27,29]。

3 药理活性

药理学活性实验表明紫娟茶具有抗氧化、降压、抗炎抗增殖、抑菌、降血糖、影响脂类代谢等作用。

3.1 抗氧化

紫娟茶中的花青素具有较强的抗氧化的作用^[30-32]。陈敬静^[33]利用 DPPH 法,以 VC 为阳性对照,紫娟茶、常规大叶茶和普通绿茶为研究对象,发现紫娟茶对 DPPH 抑制率最大可达到 89.82%。戴妙妙等^[3]对紫娟茶中花青素成分的研

究发现, 捕捉 DPPH 自由基能力: 紫娟茶中花青素提取物 > 丁基羟基茴香醚(butylated hydroxyanisole, BHA) > 丁基羟基甲苯(butylated hydroxytoluene, BHT), 清除 ABTS⁺阳离子自由基的能力和样品抗氧化活能力(ferric reducing antioxidant power, FRAP): BHA > 紫娟茶中花青素提取物 >

BHT。王燕等^[34]发现紫娟茶花青素的总抗氧化能力、清除 ABTS⁺和 DPPH 的能力均与花青素浓度呈正相关。此外, 吕海鹏等^[14]发现紫娟茶的总抗氧化活性与其茶多酚和儿茶素含量呈显著的正相关性关系。大部分学者认为紫娟茶具有较强的抗氧化活性, 是其所含花青素类成分起主要作用。

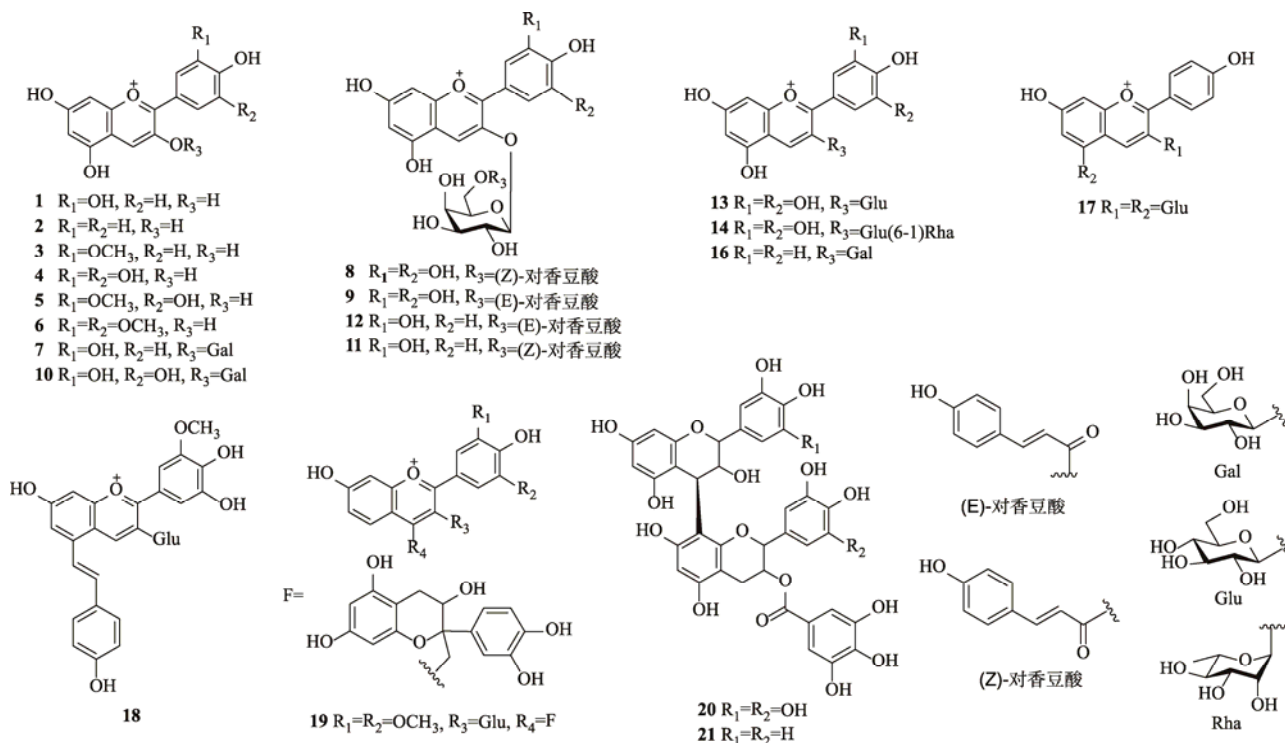


图 1 紫娟茶中花青素类化合物

Fig.1 Anthocyanin compounds from Zijuan tea

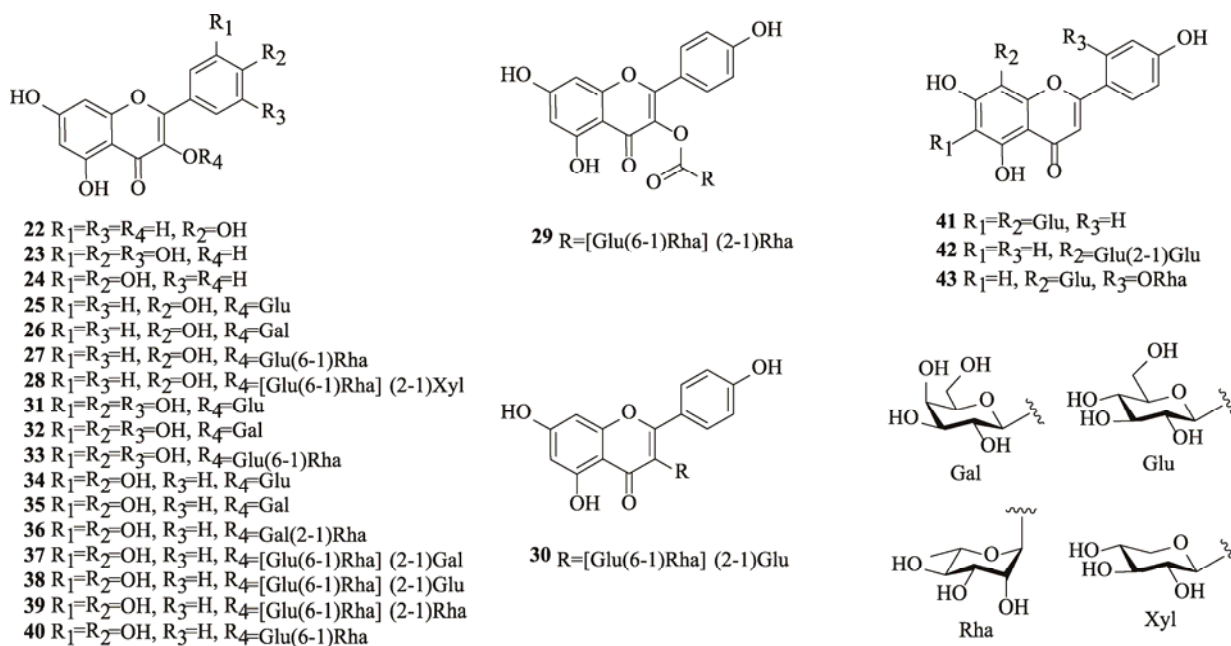


图 2 紫娟茶中黄酮及其苷类化合物

Fig.2 Flavones and flavone glycosides from Zijuan tea

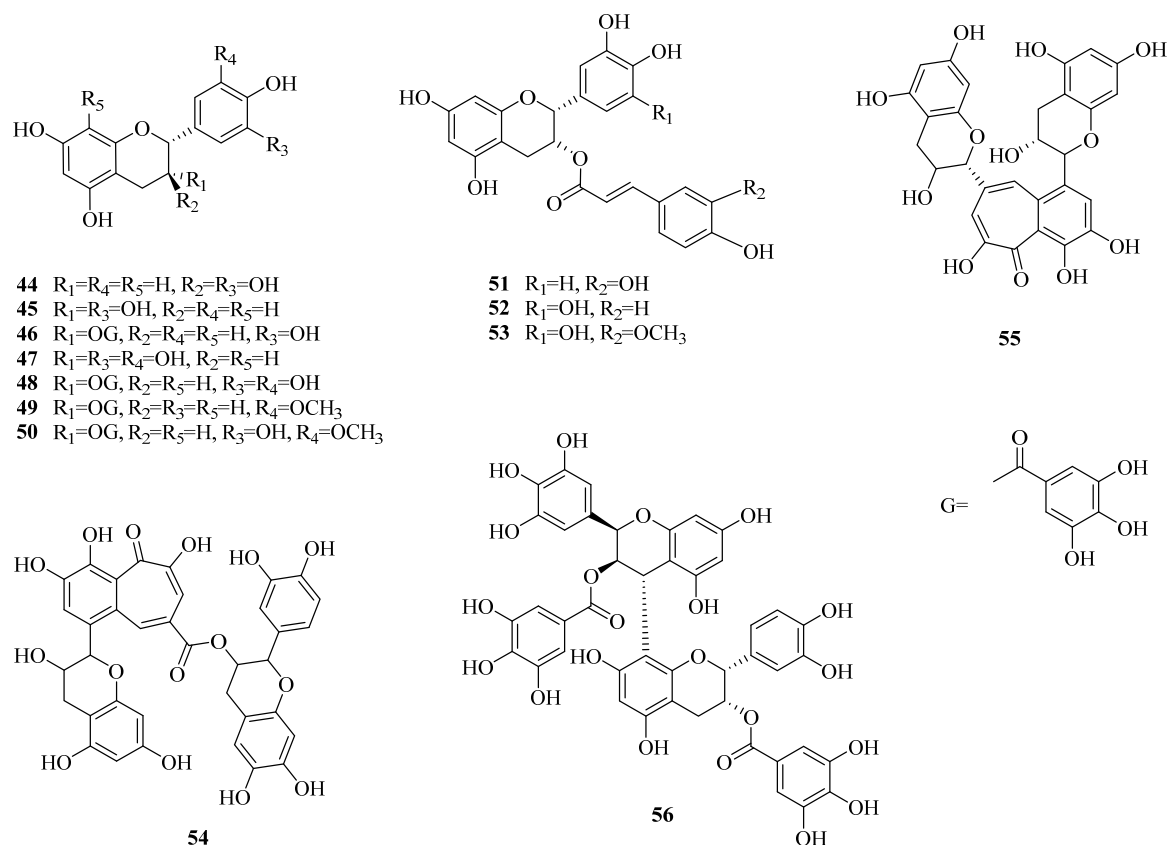


图 3 普洱茶中儿茶素类成分
 Fig.3 Catechins compounds from Zijuan tea

3.2 降 压

紫娟茶具有一定的降压效果。动物试验表明紫娟茶降压效果高于其他云南大叶绿茶, 降压幅度高达 35.53%, 维持时间 20 min^[1]。南占东等^[35]运用动物实验和人群对照实验表明, 紫娟茶的黄酮类、锌和花青素等生物活性物质具有显著的降压效果。大量研究表明茶叶中的儿茶素和茶氨酸类成分具有良好的降压功能^[36,37], 在对紫娟茶中多酚类物质进行定性定量分析时, 发现紫娟茶降压成分主要为儿茶素类成分, 因此, 紫娟茶中的降压生物活性物质可能儿茶素、茶氨酸、花青素类成分^[38]。

3.3 抗炎、抑菌

林协^[39]通过紫娟茶提取物抑制多糖(lipopolysaccharide, LPS)诱导 RAW 264.7 细胞炎症模型, 在炎症因子分泌水平、蛋白表达水平、mRNA 表达水平上, 阐明了紫娟茶提取物的抗炎的机理。Gao 等^[30]等发现紫娟水提物表现出比乙酸乙酯提取物更好的抗炎和抗增殖功能, 其可能是因水提取物总酚含量(特别是儿茶素含量)高于乙酸乙酯提取物($P<0.05$)。戴妙妙等^[40]通过抑菌试验表明紫娟茶中花青素具有一定的抑菌效果, 且紫娟茶花青素提取物浓度为 10%~20%时对金黄色葡萄

球菌(G^+ 菌)的抑菌效果明显。

3.4 降 脂

紫娟普洱茶具有降脂功效。王秋萍等^[41,42]从发酵紫娟茶中分离得到大分子聚合物(large molecular polymeric pigments, LMPP), 并研究其对大鼠脂代谢关键酶活性和 mRNA 表达的影响。当腹腔注射高剂量 LMPP(1.215 g/kg)时, 能有效抑制总胆固醇和低密度脂蛋白胆固醇($P<0.05$)的升高, 并阻止高密度脂蛋白胆固醇($P<0.05$)的降低, 该结果表明 LMPP 在一定程度上具有降血脂作用。Peng 等^[43]研究表明紫娟普洱茶茶褐素可有效调节动物的脂质代谢并降低血清总胆固醇和甘油三酯的水平, 而在一定时间内灌胃“紫娟”普洱茶茶褐素不影响大鼠基本生命体征。

3.5 其 他

紫娟茶提取物对酪氨酸酶具有较好的抑制作用, 通过对其抑制机制研究可知紫娟茶提取液可将细胞周期停滞于 G1 期, 并能诱导细胞凋亡^[44]。酪氨酸酶抑制剂在美容保健、色素型皮肤病治疗、病虫害防治以及食品保鲜等方面有非常重要的应用^[45], 紫娟茶提取物可作为一种潜在的酪氨酸酶抑制剂, 为新型安全酪氨酸酶抑制剂的开发提供

了一种新的植物资源。李光涛等^[46]发现紫娟茶对体外II型糖尿病、血液病和癌症等各种靶标具有很好的抑制作用,对食道上皮细胞癌与食道腺癌细胞皆有明显抑制增殖作用,效果均明显高于一般茶叶,此外有研究发现紫娟具有抑制肿瘤细胞增值的作用^[47]。赵瑜等^[48,49]通过从紫娟茶中分离得到的花青素,研究其对ACE酶、 α -淀粉酶和胰脂肪酶的体外抑制作用,证实了紫娟茶可能具有潜在的降血压、降血糖和减肥效果。

此外“紫娟”茶还具有抗阿尔兹海默症^[50]、养胃护胃、减缓肝功能障碍、预防心脑血管疾病等作用,以及具有改善视力、预防眼部疲劳等功效。

4 结 论

紫娟茶与传统的云南大叶群体茶树品种相比,因其含有丰富的花青素类成分以及药理活性,而备受人们关注。人们日常摄入的花青素成分主要来源于深色浆果、蔬菜和谷薯类等食物或其加工制品,受所在地区和季节影响,摄入量差异较大。而紫娟茶中花青素作为一种资源丰富的天然色素,色彩鲜艳,品质佳,可以作为天然安全的添加剂、着色剂。从紫娟茶中摄取花青素是一个可行的途径,但其花青素类成分极易受其自身结构和其他外在因素而影响稳定性,解决紫娟茶花青素成分的稳定性是关键因素之一。目前,紫娟茶化学成分以及药理活性研究已取得一定的进展,但与其他茶叶研究如绿茶、红茶、普洱茶相比还存在一定的差距。此外,随着人们生活质量、需求的提高,目前的功能性茶饮品已不能满足人们的需求。

参考文献

- [1] 包云秀,夏丽飞,李友勇,等. 茶树新品种“紫娟”[J]. 园艺学报, 2008, (6): 934.
Bao YX, Xia LF, Li YY, *et al.* A new tea variety “Zijuan” [J]. *Acta Horti Sin*, 2008, (6): 934.
- [2] 杨兴荣,包云秀,黄玫. 云南稀有茶树品种“紫娟”的植物学特性和品质特征[J]. 茶叶, 2009, 35(1): 17–18.
Yang XR, Bao YX, Huang M. Botanical characteristics and quality characteristics of rare tea tree variety “Zijuan” in Yunnan [J]. *J Tea*, 2009, 35(1): 17–18.
- [3] 戴妙妙,王婷婷,马壮,等. 紫娟茶中花青素的抗氧化性研究[J]. 中国食品添加剂, 2015, (7): 117–122.
Dai MM, Wang TT, Ma Z, *et al.* Antioxidant activity of anthocyanins in Zijuan tea [J]. *China Food Addit*, 2015, (7): 117–122.
- [4] 梁名志,夏涛. 特种紫茶降压活性物质初探[J]. 云南农业大学学报, 2003, 18(4): 378–381.
Liang MZ, Xia T. Preliminary study on antihypertensive active substances of special purple tea [J]. *J Yunnan Agric Uni*, 2003, 18(4): 378–381.
- [5] 姜东华,陈保,张怀志,等. 不同加工工艺紫娟茶中氨基酸及微量元素的比较研究[J]. 现代食品科技, 2013, (4): 872–875.
Jiang DH, Chen B, Zhang HZ, *et al.* Comparative study on amino acids and trace elements in Zijuan tea with different processing techniques [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2013, (4): 872–875.
- [6] 全佳音,杨毅坚,杨方慧,等. 紫娟茶花青素对“三高”的影响及其开发利用[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(10): 39–41.
Tong JY, Yang YJ, Yang FH, *et al.* The influence of zijuan anthocyanins on “three highs” and its development and utilization [J]. *Anhui Agric Sci*, 2018, 46(10): 39–41.
- [7] 王燕,杨晓萍,陈波伟,等. 紫娟茶花青素的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(11): 4253–4258.
Wang Y, Yang XP, Chen BW, *et al.* Research progress of anthocyanins in Zijuan tea [J]. *J Food Saf Qual*, 2017, 8(11): 4253–4258.
- [8] Kong JM, Chia LS, Goh NK, *et al.* Analysis and biological activities of anthocyanins [J]. *Phytochemistry*, 2003, (64): 923–933.
- [9] 汪慧华,赵晨霞. 花青素结构性质及稳定性影响因素研究进展[J]. 农业工程技术, 2009, (9): 32–35.
Wang HH, Zhao CX. Advances in research on structural properties and stability factors of anthocyanins [J]. *Agric Eng Technol*, 2009, (9): 32–35.
- [10] 蔚楚. 植物花青素研究进展[J]. 当代化工研究, 2018, (9): 183–185.
Wei C. Research progress of anthocyanins in plants [J]. *Con Chem Res*, 2018, (9): 183–185.
- [11] 崔建,李晓岩. 花青素抗肿瘤作用机制研究进展[J]. 食品科学, 2014, 35(13): 310–315.
Cui J, Li XY. Advances in research on anti-tumor mechanism of anthocyanins [J]. *Food Sci*, 2014, 35(13): 310–315.
- [12] 徐吉祥,代凤玲. 紫芽茶研究进展[J]. 中国茶叶, 2018, 40(7): 18–20.
Xu JX, Dai FL. Research progress of purple bud tea [J]. *J Chin Tea*, 2018, 40(7): 18–20.
- [13] 萧力争,苏晓倩,李勤,等. 紫芽品种茶树芽叶多酚类物质组成特征[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2008, 34(1): 77–79.
Xiao LZ, Su XQ, Li Q, *et al.* Composition characteristics of polyphenols in tea bud leaves of purple bud variety [J]. *J Hunan Agric Univ*, 2008, 34(1): 77–79.
- [14] 吕海鹏,费旭元,梁名志,等. 茶树特异品种“紫娟”中的花青素组分分析[J]. 食品科学, 2012, 33(22): 203–206.
Lv HP, Fei XY, Liang MZ, *et al.* Analysis of anthocyanin components in the special tea variety “Zijuan” [J]. *Food Sci*, 2012, 33(22): 203–206.
- [15] 季冬梅,杨雪莲. 植物花青素研究进展[J]. 绿色科技, 2017, (7): 150–151.
Ji DM, Yang XL. Research progress of plant anthocyanins [J]. *Green Sci*, 2017, (7): 150–151.
- [16] 王秋霜,凌彩金,刘淑娟,等. 红紫芽茶叶花青素提取分离及 pH 稳定性初探[J]. 中国农学通报, 2014, 30(9): 291–296.
Wang QS, Ling CJ, Liu SM, *et al.* Extraction, separation and pH stability of anthocyanins from red purple bud [J]. *Chin Agric Sci Bull*, 2014, 30(9): 291–296.
- [17] 吕海鹏,杨婷,梁名志,等. 紫娟茶中的EGCG3'Me成分研究[J]. 现代食品科技, 2014, 30(9): 286–296.
Lv HP, Yang T, Liang MZ, *et al.* Study on EGCG3'Me composition in Zijuan tea [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2014, 30(9): 286–296.
- [18] 费旭元. 紫娟茶中花青素的提取分离及抗氧化活性研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2012.
Fei XY. Extraction, separation and antioxidant activity of anthocyanins from Zijuan Tea [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2012.

- [19] 王帅. 紫娟茶中花青素提取方法及花青素生物学作用的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2011.
Wang S. Extraction method of anthocyanins and biological effects of anthocyanins in Zijuan tea [D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2011.
- [20] Lv HP, Dai WD, Tan JF, *et al.* Identification of the anthocyanins from the purple leaf coloured tea cultivar Zijuan (*Camellia sinensis* var. *assamica*) and characterization of their antioxidant activities [J]. *J Funct Food*, 2015, (17): 449–458.
- [21] 沈晓佳. 天然红色茶叶的化学分析[D]. 上海: 华东理工大学, 2013.
Shen XJ. Chemical analysis of natural red tea [D]. Shanghai: East China University of Science and Technology, 2013.
- [22] Jiang LH, Shen XJ, Toshihiko SJ, *et al.* Characterization and activity of anthocyanins in Zijuan tea (*Camelliasinensis* var. *kitamura*) [J]. *J Agric Food Chem*, 2013, 61(13): 3306–3310.
- [23] 解东超, 戴伟东, 李朋亮, 等. 基于 LC-MS 的紫娟烘青绿茶加工过程中花青素变化规律研究[J]. 茶叶科学, 2016, 36(6): 603–612.
Xie DC, Dai WD, Li PL, *et al.* Study on the variation of anthocyanins in the processing of Zijuan green tea based on LC-MS [J]. *J Tea Sci*, 2016, 36(6): 603–612.
- [24] 李燕丽, 罗琼仙, 杨雪梅, 等. “紫娟”茶花色苷的分离鉴定[J]. 食品科学[J]. 2017, 38(12): 125–130.
Li YL, Luo QX, Yang XM, *et al.* Isolation and identification of anthocyanin from Zijuan [J]. *Food Sci*, 2017, 38(12): 125–130.
- [25] Wang W, Fu XW, Dai XL, *et al.* Novel acetylcholinesterase inhibitors from Zijuan tea and biosynthetic pathway of caffeoylated catechin in tea plant [J]. *Food Chem*, 2017, (237): 1172–1178.
- [26] 涂云飞, 杨秀芳, 孔俊豪. “紫娟”茶原花青素提取与聚合度分析[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(12): 1–3, 22.
Tu YF, Yang XF, Kong JH. Extraction and polymerization analysis of proanthocyanidins from “Zijuan” tea [J]. *Anhui Agric Sci*, 2018, 46(12): 1–3, 22.
- [27] 龚加顺, 隋华嵩, 彭春秀, 等. “紫娟”晒青绿茶色素的 HPLC-ESI-MS 分离鉴定及其稳定性研究[J]. 茶叶科学, 2012, 32(2): 179–188.
Gong JS, Yan HS, Peng CX, *et al.* Separation and identification of “Zijuan” green tea pigment by HPLC-ESI-MS and its stability [J]. *J Tea Sci*, 2012, 32(2): 179–188.
- [28] 李家华, 赵明, 张广辉, 等. 茶树新品种“紫娟”茶中杨梅素、槲皮素和山柰酚的 HPLC 分析[J]. 云南农业大学学报, 2012, 27(2): 235–24.
Li JH, Zhao M, Zhang GH, *et al.* HPLC analysis of myricetin, quercetin and kaempferol in a new tea variety “Zijuan” tea [J]. *J Yunnan Agric Univ*, 2012, 27(2): 235–24.
- [29] 王秋萍, 龚加顺, 张惠. 云南“紫娟”晒青绿茶和大叶晒青绿茶的化学成分比较研究[J]. 中国食品学报, 2012, (1): 213–220.
Wang QP, Gong JS, Zhang H. Comparative study on chemical constituents of Yunnan “Zijuan” sun green tea and big leaf sun green tea [J]. *J Chin Food Sci*, 2012, (1): 213–220.
- [30] Gao X, Ho CT, Li XF, *et al.* Phytochemicals, anti-inflammatory, antiproliferative, and methylglyoxal trapping properties of Zijuan tea [J]. *J Food Sci*, 2018, 83(2): 517–524.
- [31] Ping FJ, Fan C, Dong WM, *et al.* Free radical scavenging and anti-oxidative activities of an ethanol-soluble pigment extract prepared from fermented Zijuan Pu-erh tea [J]. *Food Chem Toxicol*, 2013, (59): 527–533.
- [32] 范艺凡, 隋华嵩, 陈佑长, 等. “紫娟”晒青绿茶中花色苷与水提物体外抗氧化研究[J]. 食品与发酵科技, 2013, (6): 38–42.
Fan YF, Sui HS, Chen YC, *et al.* Antioxidation of anthocyanins and water extracts in “Zijuan” green tea [J]. *J Food Ferment Technol*, 2013, (6): 38–42.
- [33] 陈敬静. “紫娟”化学成分分析及抗氧化活性的研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2014.
Chen JJ. Chemical composition analysis and antioxidant activity of “Zijuan” [D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2014.
- [34] 王燕, 冯瑛, 杨晓萍, 等. 紫娟茶花青素的抗氧化活性及稳定性[J]. 食品工业科技, 2018, 39(18): 17–21.
Wang Y, Feng Y, Yang XP, *et al.* Antioxidant activity and stability of anthocyanins in Zijuan tea [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2018, 39(18): 17–21.
- [35] 南占东, 季鹏章, 农国富, 等. 云南特有茶树资源紫娟生物活性物质研究[J]. 食品科技, 2013, 38(11): 229–231.
Nan ZD, Ji PZ, Nong GF, *et al.* Study on the bioactive substances of Zijuan, a special tea resource in Yunnan province [J]. *Food Sci Technol*, 2013, 38(11): 229–231.
- [36] 张莹, 施兆鹏, 施玲. 茶氨酸的研究进展[J]. 天然产物研究与开发, 2003, 15(4): 369–372.
Zhang Y, Shi ZP, Shi L. Research progress of theanine [J]. *Nat Prod Res Dev*, 2003, 15(4): 369–372.
- [37] 毛清黎, 施兆鹏, 李玲, 等. 茶叶儿茶素保健及药理功能研究新进展[J]. 食品科学, 2007, 28(8): 584–589.
Mao QL, Shi ZP, Li L, *et al.* New progress in research on tea catechin health and pharmacological function [J]. *Food Sci*, 2007, 28(8): 584–589.
- [38] 赵瑜. 紫娟茶中多酚类物质的功能性探究[D]. 上海: 华东理工大学, 2017.
Zhao Y. Functional study of polyphenols in Zijuan tea [D]. Shanghai: East China University of Science and Technology, 2017.
- [39] 林协. 紫娟茶抗炎和抗氧化功能特性研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2016.
Lin X. Anti-inflammatory and anti-oxidative properties of Zijuan tea [D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2016.
- [40] 戴妙妙, 马红青, 王婷婷. 紫娟茶中花青素的抑菌性研究[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(3): 28–31.
Dai MM, Ma HQ, Wang TT. Antibacterial activity of anthocyanins in Zijuan tea [J]. *Food Res Dev*, 2017, 38(3): 28–31.
- [41] 王秋萍, 龚加顺. “紫娟”普洱茶茶褐素对高脂饮食大鼠生长发育的影响[J]. 茶叶科学, 2012, (1): 87–94.
Wang QP, Gong JS. Effect of theabrownin extracted from ‘Zijuan’ Pu-erh tea on growth of rats with hyperlipidemia food [J]. *J Tea Sci*, 2012, (1): 87–94.
- [42] Wang QP, Peng CX, Gao B, *et al.* Influence of large molecular polymeric pigments isolated from fermented Zijuan tea on the activity of key enzymes involved in lipid metabolism in rat [J]. *Exp Gerontol*, 2012, (47): 672–679.
- [43] Peng CX, Wang QP, Liu HR, *et al.* Effects of Zijuan pu-erh tea theabrownin on metabolites in hyperlipidemic rat feces by Py-GC/MS [J]. *J Anal Appl Pyrol*, 2013, (104): 226–233.
- [44] 沈晓佳, 赵黎明, 周家春, 等. 紫娟茶提取物对酪氨酸酶活性的抑制作用[J]. 食品工业科技, 2012, 33(24): 75–80.

- Shen XJ, Zhao LM, Zhou JC, *et al.* Inhibition of tyrosinase activity by Zijuan tea extract [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2012, 33(24): 75–80.
- [45] 胡泳华, 贾玉龙, 陈清西. 酪氨酸酶抑制剂的应用研究进展[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2016, 55(5): 760–768.
- Hu YH, Jia YL, Chen QX. Advances in the application of tyrosinase inhibitors [J]. *J Xiamen Univ (Nat Sci Ed)*, 2016, 55(5): 760–768.
- [46] 李光涛, 梁名志, 汪云刚, 等. 云南特有茶树品种——紫娟研究进展[J]. 中国茶叶, 2013, 35(9): 10–12.
- Li GT, Liang MZ, Wang YG, *et al.* Research progress of yunnan special tea variety-Zijuan [J]. *J Chin Tea*, 2013, 35(9): 10–12.
- [47] 高雄, 陈忠正, 林晓蓉, 等. 紫娟茶抗氧化、抗炎及抑制肿瘤细胞增殖的功能特性研究[C]. 中国食品科学技术学会第十二届年会暨第八届中美食品业高层论坛论文集, 2015, 90–91.
- Gao X, Chen ZZ, Lin XR, *et al.* Functional properties of Zijuan tea against oxidation, anti-inflammatory and inhibition of tumor cell proliferation [C]. The 12th Annual Meeting of China Food Science and Technology Society and the 8th China-US Proceedings of the High-Level Forum on the Food Industry, 2015, 90–91.
- [48] 赵瑜, 周家春, 张靖伟, 等. 紫娟茶提取物对血管紧张素转换酶、 α -淀粉酶和胰脂肪酶的体外抑制作用[J]. 食品工业科技, 2017, 38(19): 11–20.
- Zhao Y, Zhou JC, Zhang JW, *et al.* *In vitro* inhibition of angiotensin-converting enzyme, α -amylase and pancreatic lipase by Zijuan tea extract [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2017, 38(19): 11–20.
- [49] 徐歆, 姚其凤, 祝琳, 等. 紫娟茶原花青素的组分及活性评价[J]. 食品工业科技, 2018, 39(21): 235–240.
- Xu X, Yao QF, Zhu L, *et al.* Evaluation of the composition and activity of proanthocyanidins from Zijuan tea [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2018, 39(21): 235–240.
- [50] 杜方舟. 利用线虫模型研究紫娟普洱茶抗阿尔兹海默病的作用机制[D]. 长春: 吉林大学, 2017.
- Du FZ. Using nematode model to study the mechanism of Zijuan Pu'er tea against Alzheimer's disease [D]. Changchun: Jilin University, 2017.

(责任编辑: 武英华)

作者简介

李明超, 硕士, 主要研究方向为天然产物化学。
E-mail: 2717351607@qq.com

郝倩, 博士, 主要研究方向为天然产物化学。
E-mail: haoqian26@126.com