

紫娟茶化学成分及其抗炎抗氧化活性研究

李明超¹, 桂浩鑫¹, 李晓蕾², 刘莹¹, 李宇倩¹, 徐天瑞¹, 郝倩^{1*}¹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;²昆明理工大学分析测试中心, 昆明 650093

摘要: 本文对紫娟茶的化学成分进行分离纯化及其抗炎、抗氧化活性进行考察。实验采用现代分离纯化方法, 从紫娟茶中共分离得到 12 个化合物, 根据波谱学数据进行结构鉴定为: 山柰酚(1)、(+)-表儿茶素(2)、(-)-表儿茶素-3-O-没食子酸酯(3)、杨梅素(4)、表没食子儿茶素-3-O-(3"-O-甲基)没食子酸酯(5)、槲皮素(6)、没食子酸(7)、表没食子儿茶素没食子酸酯(8)、3-O-没食子酰基奎宁(9)、小木麻黄素(10)、1,4,6-三-O-没食子酰基-β-D-葡萄糖(11)、咖啡因(12), 其中化合物 9 为首次从紫娟茶中分离得到。化合物 11 表现出良好的抗氧化活性, 化合物 1,3,4,6,8~11 均具有显著的抗炎活性。

关键词: 紫娟茶; 化学成分; 抗氧化活性; 抗炎活性

中图分类号: R93

文献标识码: A

文章编号: 1001-6880(2020)3-0414-06

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2020.3.009

Study on chemical constituents and their anti-inflammatory and antioxidative activities in Zijuan tea

LI Ming-chao¹, GUI Hao-xin¹, LI Xiao-lei², LIU Ying¹, LI Yu-qian¹, XU Tian-rui¹, HAO Qian^{1*}

¹Key Laboratory of Screening and Utilization of Targeted Drugs, Faculty of Life

Science and Technology, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China;

²Research Center for Analysis and Measurement, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China

Abstract: This paper reported the chemical constituents and their anti-inflammatory and antioxidative activity of biological of Zijuan tea. Zijuan tea is known for purple-colored buds, leaves, stems, calices, peduncles and tea infusion. It was bred from an individual Yunnan Daye *Camellia sinensis* var. *assamica* in Yunnan province of China. In this study, column chromatography and high-performance liquid chromatography (HPLC) analysis were used for isolation and purification, 12 known compounds were isolated. The structures of them were determined by detailed analysis of their NMR spectra and chemical evidences. The known compounds were identified as kaempferol (1), quercetin (2), (-)-epicatechin-3-O-gallate (3), (+)-epicatechin (4), myricetin (5), epigallocatechin-3-O-(3"-O-methyl) gallate (6), gallic acid (7), epigallocatechin gallate (8), 3-O-galloyl quinine (9), strictinin (10), 1,4,6-tri-O-galloyl-β-D-glucose (11), caffeine (12), which compound 9 were the first reported from Zijuan tea. Among of them, compound 11 showed favorable antioxidant activity, and compounds 1,3,4,6,8-11 all had significant anti-inflammatory activities.

Key words: Zijuan tea; chemical composition; anti-inflammatory activity; antioxidant activity

“紫娟”为山茶科(Theaceae)山茶属(*Camellia*)茶组植物(*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze), 是云南大叶茶变种, 因其芽尖、叶、茎、花萼、花梗呈紫色, 其茶汤呈淡紫色而得名^[1]。紫娟有云南大叶群体

国家级茶树良种单株培育而成^[2], 与常规大叶绿茶相比, 其所含花青素、黄酮类、咖啡碱、锌的含量较高^[3]。研究发现紫娟茶具有抗氧化^[4]、抗炎^[5]、降压^[6]、降脂^[7]、抗增殖^[8]及抑菌^[9]等功效, 其化学成分主要含有花青素类、黄酮及其苷类和儿茶素类^[2,3]。本文对紫娟甲醇提取物进行分离纯化, 旨在丰富该植物的化学成分研究。此外, 对分离得到的化合物进行了抗炎和抗氧化活性测定, 为紫娟茶

收稿日期: 2019-12-11 接受日期: 2020-04-01

基金项目: 国家自然科学基金(31660099); 云南省科技计划(2017FD100); 云南省教育厅科学研究基金(2019Y0039)

* 通信作者 Tel: 86-871-65957024; E-mail: haoqian26@126.com

的进一步开发利用提供理论参考。

1 仪器与材料

Avance III 600 MHz 超导核磁共振仪(瑞士 Bruker BioSpin 公司), ODS(日本 YMC 维美希公司), Sephadex LH-20(美国 Pharmacia 公司), Diaion HP 20SS(日本三菱公司), Toyopearl HW40F(日本东曹公司), 高效液相色谱仪(日本岛津制作所), 80~100 目和 200~300 目柱色谱硅胶(青岛海洋化工厂), 硅胶 GF254 薄层预制板(青岛海洋化工厂), 超纯水仪(南京权坤生物科技有限公司), 超声波清洗机(宁波新芝生物科技股份有限公司), 三用紫外分析仪(上海力辰仪器科技有限公司), 氘代试剂(美国剑桥 CIL(同位素标准品)公司), 色谱纯甲醇和乙腈(美国 BCR 公司), 其他试剂为分析纯(西陇化工公司(四川)), 一氧化氮测定试剂盒(碧云天生物技术公司)。

紫娟茶 2017 年购买于云南省西双版纳傣族自治州勐海县, 样品由昆明理工大学生命科学与技术学院郝倩博士鉴定, 样品标本(ZJ-1701)存于昆明理工大学基础化学实验中心 403 实验室。

2 实验方法

2.1 提取和分离

紫娟茶 1.5 kg, 用 3 倍量的 70% 的甲醇水(含 1% 的 TFA)超声提取 4 次, 过滤, 减压浓缩后经乙酸乙酯萃取, 得乙酸乙酯相(AcOEt Fr.)182.4 g, 水相(Aq Fr.)256.5 g。取乙酸乙酯部分(14.2 g), 经过 Diaion HP 20SS 柱色谱甲醇水(0%→100%)梯度洗脱, 得到 6 个组分 Fr. 1~Fr. 6。Fr. 2(0.21 g)采用 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱乙醇-水-丙酮(1:0:0, 9:1:0, 8:2:0, 6:4:0, 0:1:1)洗脱, 得到化合物 1(10.7 mg)(图 1)。Fr. 4(1.20 g)经 Diaion HP 20SS 柱色谱甲醇-水(0%→100%)梯度洗脱, 得到 Fr. 4-1~Fr. 4-9。其中 Fr. 4-3(651.8 mg)经 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱乙醇-水-丙酮(1:0:0, 9:1:0, 8:2:0, 6:4:0, 0:1:1)洗脱, 分离得到化合物 2(3.1 mg)和化合物 3(40.4 mg), Fr. 4-5(66.4 mg)经 ODS 柱色谱甲醇-水(20%→100%)得到化合物 4(2.8 mg)和化合物 5(2.1 mg); Fr. 4-9 经硅胶柱色谱(氯仿-甲醇)纯化得到化合物 6(31.5 mg)。Fr. 5(3.39 g)Toyopearl HW40F 柱色谱甲醇-水(20%→100%)梯度洗脱, 合并相同流分得到 Fr. 5-1~Fr. 5-3, Fr. 5-1 经 ODS 柱色谱甲醇-水(20%→100%)洗脱得化合物 7(9.7 mg), Fr. 5-2 分别经 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱乙

醇-水-丙酮(1:0:0, 9:1:0, 8:2:0, 6:4:0, 0:1:1)和 ODS 柱色谱甲醇-水(20%→100%)进行洗脱, 分离得到化合物 8(182.9 mg)。取水相部分(46.5 g), 经 Diaion HP 20SS 柱色谱甲醇-水(0%→100%)梯度洗脱, 得到 9 个组分 Fr. w1~Fr. w9。Fr. w2(4.72 g)依次经 Toyopearl HW40F 柱色谱甲醇-水(20%→100%), ODS 柱色谱甲醇-水(20%→100%)梯度洗脱得到化合物 9(12.1 mg)。Fr. w5(1.87 g)经 Toyopearl HW40F 柱色谱甲醇-水(20%→100%), ODS 柱色谱甲醇-水(20%→100%)梯度洗脱得到化合物 10(10.8 mg)和化合物 11(2.2 mg)。Fr. w7(2.31 g)经 Diaion HP 20SS 柱色谱甲醇-水(20%→100%)得到化合物 12(12.0 mg)。Fr. w9(10.79 g)经 Sephadex LH-20 葡聚糖凝胶柱色谱尿素-丙酮洗脱得到聚合物(Polymer Fr.)3.01 g。

2.2 活性测定

2.2.1 抗炎活性测定

将小鼠巨噬细胞 RAW264.7 按照 6×10^4 /mL 的浓度铺于 96 孔板, 37 °C、5% CO₂ 的培养箱中常规培养于 DMEM 培养基中, 18 h 后加入浓度 0.8 μg/mL 脂多糖(LPS), 反应 24 h 后, 用磷酸盐缓冲液(PBS)洗去 LPS, 清洗两遍, 之后加药处理。药物配置方法如下:紫娟茶粗提物、乙酸乙酯相、水相和聚合物按照 5 或 50 μg/L 的浓度溶解于无血清培养基; 化合物 1~12 按照 5 和 50 μmol/L 的浓度溶解于无血清培养基。处理 24 h 后, 使用碧云天生物技术公司生产的一氧化氮检测试剂盒(货号: 062119191005), 按步骤操作, 使用酶标仪在 540 nm 下进行测定并计算出样品中的 NO 浓度。

2.2.2 抗氧化活性测定

将人肺泡上皮细胞 A549 按照 6×10^4 /mL 的浓度铺于 96 孔板, 37 °C、5% CO₂ 的培养箱中常规培养于含有 10% 的血清的 DMEM 培养基中, 18 h 后加入浓度 0.8 μg/mL 过氧化氢(H₂O₂), 反应 24 小时后, 用磷酸盐缓冲液(PBS)洗去 H₂O₂, 清洗两遍, 之后加药处理。药物配置方法如下:紫娟茶粗提物、乙酸乙酯相、水相和聚合物按照 5 或 50 μg/L 的浓度溶解于无血清培养基; 化合物 1~12 按照 5 μmol/L 和 50 μmol/L 的浓度溶解于无血清培养基。

加药处理 24 h 后, 1 000 rpm 离心 5 min, 收集细胞沉淀。用活性氧特异性探针 DCFH-DA(无血清培养基 1:1 000 稀释)重悬细胞, 每 5 min 混匀 1 次, 共染色 20 min, 用荧光酶标仪检测荧光强度(激发光

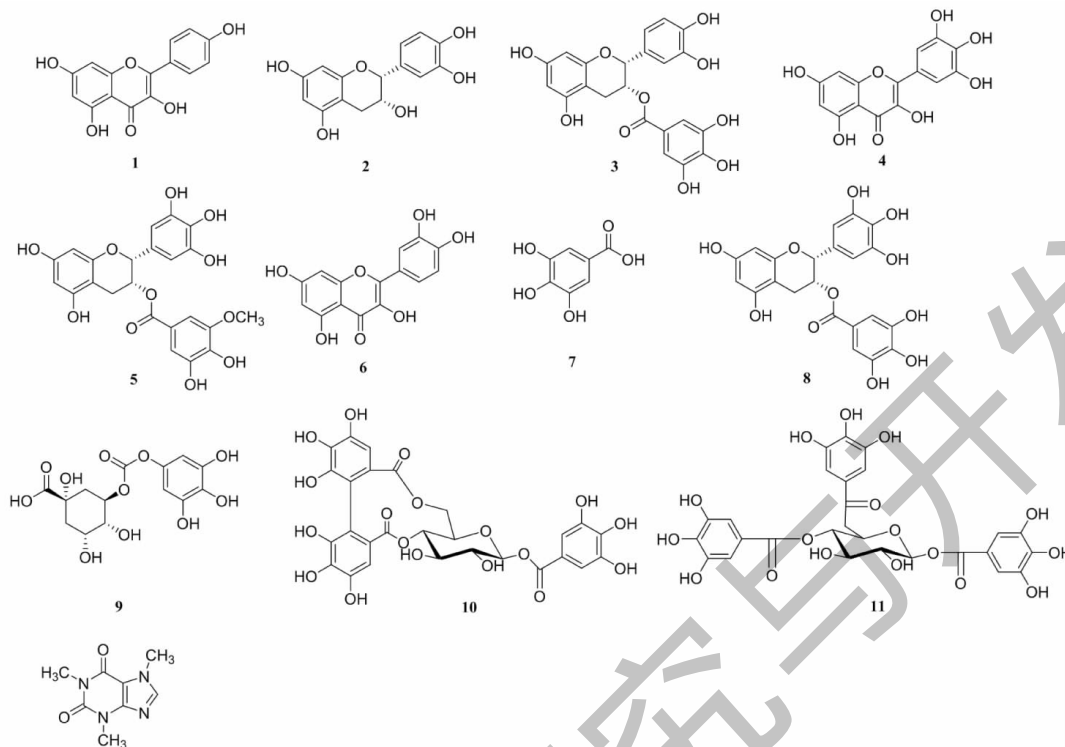


图1 化合物1~12的结构

Fig. 1 The structures of compounds 1-12

波长 488 nm, 发射光波长 525 nm)。

3 实验结果

3.1 结构鉴定

化合物 1 黄色粉末; 分子式为: $C_{15}H_{10}O_6$; 1H NMR (600 MHz, CD_3OD) δ : 8.08 (2H, d, $J = 8.7$ Hz, H-2', H-6'), 6.90 (2H, d, $J = 8.8$ Hz, H-3', H-5'), 6.38 (1H, s, H-6), 6.18 ~ 6.15 (1H, m, H-8)。以上数据与文献^[10]报道一致, 故鉴定化合物 1 为山柰酚。

化合物 2 灰白色粉末; 分子式为 $C_{15}H_{14}O_6$; 1H NMR (600 MHz, CD_3OD) δ : 6.87 (1H, d, $J = 1.8$ Hz, H-2'), 6.70 (1H, dd, $J = 8.2, 1.8$ Hz, H-5'), 6.65 (1H, d, $J = 8.1$ Hz, H-6'), 5.84 (1H, d, $J = 2.3$ Hz, H-8), 5.81 (1H, d, $J = 2.3$ Hz, H-6), 4.09 ~ 4.06 (1H, m, H-2), 3.25 (1H, s, H-3), 2.78 ~ 2.74 (1H, m, H-4a), 2.63 (1H, dd, $J = 16.7, 2.8$ Hz, H-4b)。以上数据与文献^[11]报道一致, 故鉴定化合物 2 为 (+)-表儿茶素。

化合物 3 白色无定形粉末; 分子式为 $C_{22}H_{18}O_{10}$; 1H NMR (600 MHz, CD_3OD) δ : 6.85 (2H, s, H-2'', 6''), 6.84 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-2'), 6.71 (1H,

dd, $J = 8.3, 1.9$ Hz, H-5'), 6.60 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-6'), 5.87 (2H, q, $J = 2.3$ Hz, H-6, 8), 5.42 (1H, m, $J = 4.2, 2.3$ Hz, H-3), 4.91 (1H, s, H-2), 2.89 (1H, dd, $J = 17.3, 4.6$ Hz, H-4a), 2.75 (1H, dd, $J = 17.4, 2.1$ Hz, H-4b)。以上数据与文献^[12]报道一致, 故鉴定化合物 3 为 (-) 表儿茶素没食子酸酯。

化合物 4 黄色粉末; 分子式为 $C_{15}H_{10}O_8$; 1H NMR (600 MHz, CD_3OD) δ : 7.34 (2H, s, H-2', 6'), 6.37 (1H, d, $J = 2.1$ Hz, H-8), 6.17 (1H, d, $J = 2.1$ Hz, H-6); ^{13}C NMR (150 MHz, CD_3OD) δ : 175.8 (C-4), 164.1 (C-7), 161.1 (C-5), 156.7 (C-9), 146.5 (C-2), 145.3 (C-3', 5'), 135.9 (C-4'), 135.5 (C-3), 107.0 (C-2', 6'), 103.0 (C-10), 121.6 (C-1'), 97.7 (C-5), 92.9 (C-8)。以上数据与文献^[13]报道一致, 故鉴定化合物 4 为杨梅素。

化合物 5 白色粉末; 1H NMR (600 MHz, CD_3OD) δ : 6.97 (1H, d, $J = 1.9$ Hz, H-2''), 6.92 (1H, d, $J = 1.9$ Hz, H-6''), 6.86 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-2'), 6.71 (1H, dd, $J = 8.3, 1.9$ Hz, H-6'), 6.61 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-5'), 5.92 ~ 5.79 (2H,

m, H-6, 8), 5.41 (1H, dt, $J = 4.3, 2.6$ Hz, H-2), 4.97 (1H, s, H-3), 3.72 (3H, s, -OCH₃), 2.91 (1H, dd, $J = 17.3, 4.6$ Hz, H-4a), 2.79 (1H, dd, $J = 17.4, 2.5$ Hz, H-4b), ¹³C NMR (150 MHz, CD₃OD) δ : 166.1 (C=O), 155.8 (C-9), 156.5 (C-5, 7), 147.6 (C-3'', 5''), 144.6 (C-3, 4'), 139.1 (C-4''), 130.1 (C-1'), 120.0 (C-1''), 117.7 (C-6'), 114.5 (C-5'), 113.6 (C-2'), 110.4 (C-2'', 6''), 97.89 (C-10), 95.0 (C-6), 94.3 (C-8), 77.1 (C-2), 68.9 (C-3), 25.2 (C-4)。以上数据与文献^[14]报道一致,故鉴定化合物**5**为表没食子儿茶素-3-*O*-(3''-*O*-甲基)没食子酸酯。

化合物 6 黄色粉末;分子式为 C₁₅H₁₀O₇; ¹H NMR (600 MHz, CD₃OD) δ : 7.73 (1H, d, $J = 2.1$ Hz, H-2'), 7.63 (1H, dd, $J = 8.5, 2.1$ Hz, H-6'), 6.88 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5'), 6.39 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-8), 6.18 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-6); ¹³C NMR (150 MHz, CD₃OD) δ : 175.9 (C-4), 164.1 (C-7), 161.1 (C-5), 156.8 (C-2), 147.3 (C-9), 146.5 (C-3'), 144.8 (C-4'), 135.8 (C-3), 122.7 (C-3), 120.2 (C-6'), 114.8 (C-2'), 114.5 (C-5'), 103.1 (C-10), 97.8 (C-6), 92.9 (C-8)。以上数据与文献^[15]报道一致,故鉴定化合物**6**为槲皮素。

化合物 7 无色针状结晶;分子式为 C₇H₆O₅; ¹H NMR (600 MHz, Methanol-*d*₄) δ : 6.87 (2H, s, H-2, 6)。以上数据与文献^[15]报道一致,故鉴定化合物**7**为没食子酸。

化合物 8 白色粉末;分子式为 C₂₂H₁₈O₁₁; ¹H NMR (600 MHz, CD₃OD) δ : 6.96 (2H, s, H-2'', 6''), 6.52 (2H, s, H-2', 6'), 5.98 (1H, s, H-6), 5.56 ~ 5.49 (1H, m, H-3), 2.99 (1H, dd, $J = 17.2, 4.6$ Hz, H-4a), 2.86 (1H, dd, $J = 17.4, 2.2$ Hz, H-4b)。以上数据与文献^[16]报道一致,故鉴定化合物**8**为表没食子儿茶素-3-*O*-没食子酸酯。

化合物 9 白色粉末;分子式为 C₁₄H₁₆O₁₀; ¹H NMR (600 MHz, CD₃OD) δ : 7.00 (2H, s, H-2'', 6''), 5.28 (1H, q, $J = 6.4$ Hz, H-3), 4.16 (1H, dt, $J = 7.2, 3.5$ Hz, H-5), 2.28 (2H, dd, $J = 12.7, 3.6$ Hz, H-2), 2.15 (1H, dd, $J = 13.4, 3.6$ Hz, H-6a), 1.97 (1H, dd, $J = 13.0, 8.5$ Hz, H-6b)。以上数据与文献^[17]报道一致,故鉴定化合物**9**为3-*O*-没食子酰基奎宁。

化合物 10 浅棕色粉末;分子式为 C₂₇H₂₂

O₁₈; ¹H NMR (600 MHz, CD₃OD) δ : 7.14 (2H, s, H-2'', 6''), 6.69 (1H, s, HHDP-H), 6.55 (1H, s, HHDP-H), 5.67 (1H, d, $J = 8.1$ Hz, H-1), 5.23 (1H, dd, $J = 13.3, 6.4$ Hz, H-6), 4.88 ~ 4.82 (1H, s, H-4), 4.08 ~ 4.02 (1H, m, H-5), 3.82 (1H, d, $J = 12.7$ Hz, H-3), 3.75 ~ 3.69 (1H, m, H-6), 3.62 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-2)。以上数据与文献^[18]报道一致,故鉴定化合物**10**为小木麻黄素。

化合物 11 淡黄色粉末;分子式为 C₂₇H₂₄O₁₈; ¹H NMR (600 MHz, CD₃OD) δ : 7.14 (2H, s, H-2''', 6'''), 7.09 (2H, s, H-2'', 6''), 7.06 (2H, s, H-2', 6'), 5.78 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-4), 5.22 (1H, t, $J = 9.7$ Hz, H-4), 4.43 (1H, dd, $J = 12.4, 2.1$ Hz, H-6), 4.21 (1H, dd, $J = 12.4, 4.8$ Hz, H-1), 4.05 (1H, ddd, $J = 10.0, 4.8, 2.2$ Hz, H-3), 3.83 (1H, t, $J = 9.3$ Hz, H-5); ¹³C NMR (150 MHz, CD₃OD) δ : 166.6 (C-7'), 166.0 (C-7'''), 165.5 (C-7'), 145.1 (C-5'), 145.1 (C-5'''), 145.0 (C-5''), 139.0 (C-4''), 138.6 (C-4'), 138.4 (C-4'''), 119.7 (C-1''), 119.5 (C-1'), 119.1 (C-1'''), 109.1 (C-2', 6'), 108.9 (C-2'', 6''), 108.8 (C-2''', 6'''), 94.4 (C-1), 74.6 (C-5), 73.0 (C-3), 72.8 (C-2), 70.4 (C-4), 62.1 (C-6)。以上数据与文献^[19]报道一致,故鉴定化合物**11**为1,4,6-三-*O*-没食子酰基- β -D-葡萄糖。

化合物 12 白色粉末;分子式为 C₈H₁₀N₄O₂; ¹H NMR (600 MHz, CD₃OD) δ : 7.76 (1H, s), 3.90 (3H, s)。以上数据与文献^[20]报道一致,故鉴定化合物**12**为咖啡因。

3.2 活性测定结果

3.2.1 抗炎活性测定结果

本实验运用脂多糖(LPS)诱导的小鼠巨噬细胞生成的NO细胞模型对紫娟茶粗提物、乙酸乙酯相、水相和聚合物进行了抗炎活性测定,以LPS为阳性对照,测试浓度为5和50 μ g/L;同时,对化合物**1**~**12**进行了抗炎活性测定,以LPS为阳性对照,测试浓度为5和50 μ mol/L,通过测定粗提物或化合物抑制NO的生成来评价其抗炎活性。

结果(见图2)显示,5或50 μ g/L浓度下粗提物、乙酸乙酯相,50 μ g/L的聚合物均有一定的抗炎活性。在5和50 μ mol/L的浓度下,化合物**1**、**3**、**4**、**6**、**8**~**11**均对NO抑制率显著,表明其具有显著的抗炎活性。

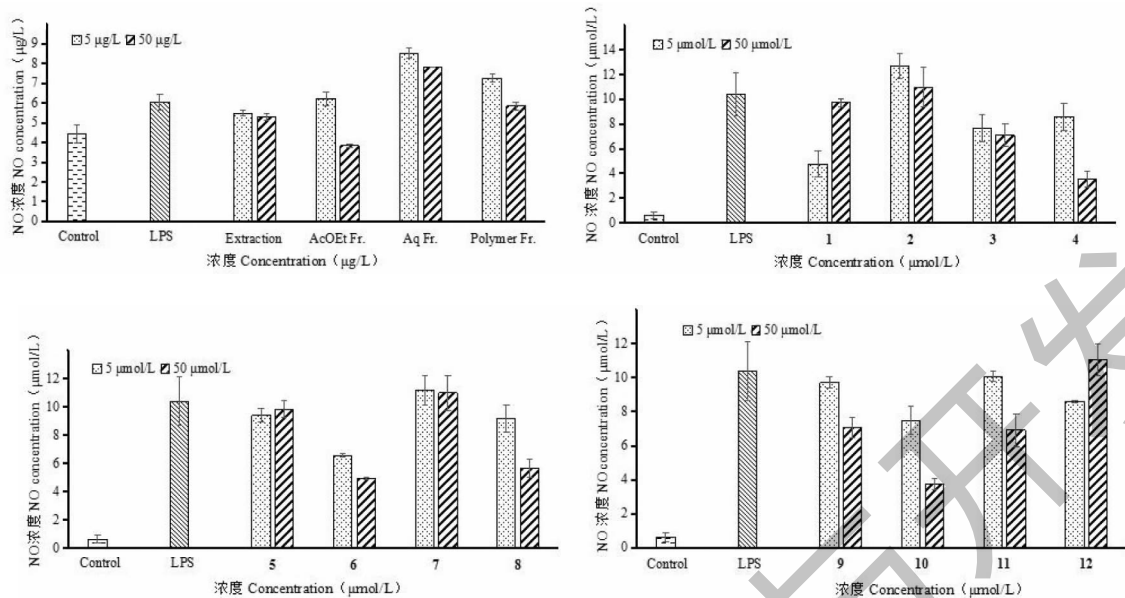


图2 紫娟茶提取物和化合物1~12抗炎活性测定

Fig. 2 Anti-inflammatory activity of Zijuan tea extract and compounds 1-12

3.2.2 抗氧化活性测定结果

结果见图3, 5 $\mu\text{g/L}$ 的粗提物、乙酸乙酯相, 50 $\mu\text{g/L}$ 乙酸乙酯相、聚合物均具有显著的抗 ROS 活

性, 表明其具有明显的抗氧化活性。化合物 1~3、11~12 抗 ROS 活性均显著, 表现出明显的抗氧化活性。其中化合物 11 的抗氧化活性最明显。

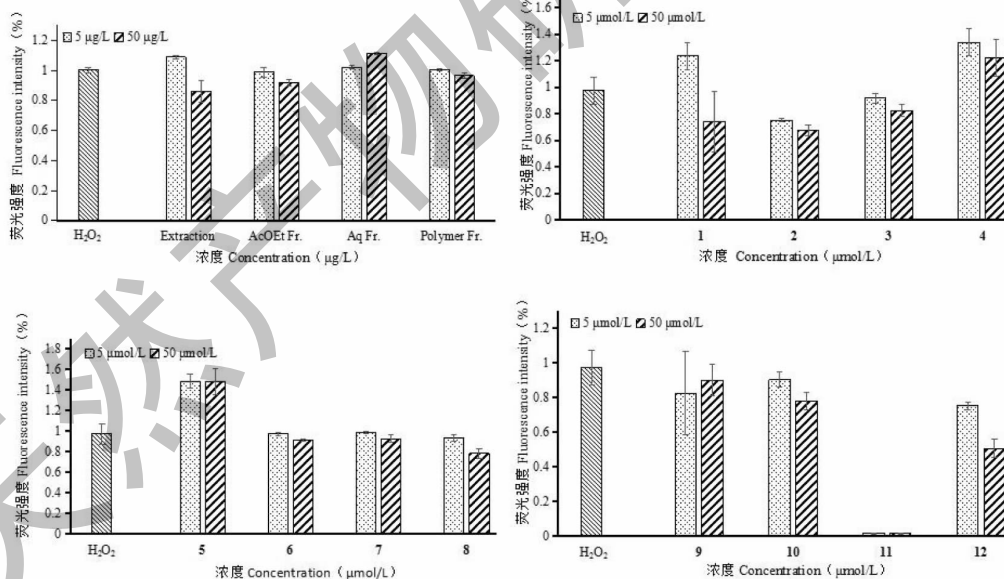


图3 紫娟茶提取物和化合物1~12抗氧化活性测定

Fig. 3 Determination of antioxidative activity of Zijuan tea extract and compounds 1-12

4 结论

目前, 对紫娟茶中的功能性成分研究较少, 因此本文对紫娟茶的化学成分进行了系统研究。从中共分离鉴定了 12 个化合物以及大量聚合物, 其中 3 个

黄酮类化合物(1、4、6)、4 个儿茶素类化合物(2、3、5、8)、2 个单宁类化合物(10 和 11)、1 个奎宁类化合物(9)、1 个没食子酸(7)以及 1 个咖啡因(12)。通过抗炎、抗氧化活性实验发现化合物 11 表现出良

好的抗氧化活性,化合物 **1**、**3**、**4**、**6**、**8** ~ **11** 均具有显著的抗炎活性。此外,从紫娟茶水相分离得到的聚合物中含有抗炎、抗氧化活性成分,今后可深入研究其组成及药理活性。本文为紫娟茶的综合开发和利用提供了一定理论基础和依据。

参考文献

- Dai MM, Wang TT, Ma Z, et al. The study on antioxidation of anthocyanins from Zijuan tea[J]. Chin Food Add(中国食品添加剂), 2015, 7:117-122.
- Yang XR, Bao YX, Huang M. The botanical and quality characteristics of the tea cultivar Zi-Juan in Yunnan Province [J]. J Tea(茶叶), 2009, 35(1):17-18.
- Bao YX, Xia LF, Li YY, et al. A new tea tree cultivar 'Zi-juan' [J]. Acta Horti Sin(园艺学报), 2008, 6:934.
- Fan JP, 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.
- Lin X. The anti-inflammatory and antioxidant activities of Zijuan green tea extracts [D]. Guangzhou: South Chin Agr Univ(华南农业大学), 2016.
- Nan ZD, Ji PZ, Nong GF, et al. Bioactive substances of Zijuan for Yunnan unique tea resource [J]. Food Sci Tech(食品科技), 2013, 38:229-231.
- 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.
- Gao X, Ho CT, Li X, et al. Phytochemicals, anti-inflammatory, antiproliferative, and methylglyoxal trapping properties of Zijuan tea [J]. J Food Sci, 2018, 83:517-524.
- Dai MM, Ma HQ, Wang TT, et al. The study on the antibacterial activity of anthocyanins from Zijuan tea [J]. Food Res Dev(食品研究与开发), 2017, 38(3):28-31.
- Cui HQ, Peng CY, Huang YZ, et al. Flavonoids from leaves of *Psidium littorale* [J]. Acta Pharm Sin(药学学报), 2016, 51:1745-1750.
- Yang L, Wang K, Wang F, et al. Phenolic constituents from *Uncaria lancifolia* [J]. Nat Prod Res Dev(天然产物研究与开发), 2018, 30:1558-1564.
- Zhou ZH, Yang CR. Phenolic constituents of the fresh leaves of *Myrica nana* [J]. Acta Bot Yunnan(云南植物研究), 2000, 2:219-224.
- Liu JH, Xiao XL, Peng YT, et al. Chemical constituents from *Elaeocarpus braceanus* [J]. Nat Prod Res Dev(天然产物研究与开发), 2016, 28:1176-1180.
- Saijo R. Isolation and chemical structures of two new catechins from fresh tea leaf [J]. Agr Bio Chem, 1982, 46:1969-1970.
- Zhou ZH, Yang CR. Chemical constituents of crude green tea, the material of Pu-er tea in Yunnan [J]. Acta Bot Yunnan(云南植物研究), 2000, 3:343-350.
- Zhu HB, Li BM, Liu C, et al. Chemical constituents of *Camellia sinensis* var. *assamica* [J]. China J Chin Mater Med(中国中药杂志), 2013, 38:1386-1389.
- Yang LP. Studies on chemical constituent of *Cauarium album* (Lour.) raeusch frit and their antivirus activities [D]. Guangzhou: Southern Medical University(南方医科大学), 2018.
- Jin ZX, Qu ZY. Studies on chemical constituents of rhizome of *Matteuccia struthiopteris* (III) [J]. Chin Tradit Pat Med(中成药), 2011, 33:715-717.
- Li X. Novel flavoalkaloids from Bai-Mudan tea with Inhibitory activity against formation of advanced glycation end products [D]. Hefei: Anhui Agr Univ(安徽农业大学), 2018.
- Zhang CL, Xu GB, Liu J, et al. Chemical constituents of *Pseudostellaria heterophylla* [J]. Nat Prod Res Dev(天然产物研究与开发), 2017, 29:1132-1135.
- Hu JX, Wu JJ, Wang QX. Study on purification process of total alkaloids from *Corydalis yanhusuo* by macroporous adsorption resin [J]. Chin Tradit Herb Drugs(中草药), 2018, 18:14.
- Jin GZ, Zhou QT, Chen LJ, et al. New pharmacological action of thpb on DA receptor [J]. Bull Nat Sci Found Chin, 1997, 5:300-304.
- Zhang Y, Long QJ, Xu XQ. Content determination and quality analysis of alkaloids in *Corydalis yanhusuo* from different habitats [J]. J Chin Med Mater(中药材), 2017, 40(1):73-76.
- Wang H, Bi FJ, Lin T, et al. RP-HPLC fingerprint of *Corydalis yanhusuo* and content determination of nine alkaloids [J]. J Chin Med Mater(中药材), 2017, 40:624-629.

(上接第 514 页)