

藤茶抗氧化活性成分及其应用研究进展

吴海顺, 李伟业, 于华忠* (吉首大学, 林产化工工程湖南省重点实验室, 湖南张家界 427000)

摘要 藤茶具有抗氧化、抗感染、抗肿瘤、保肝、调节血脂和血糖等药理功效, 可以预防肥胖、高血压等疾病。目前关于藤茶化学成分、药理作用等方面的研究很多, 尤其是对其抗氧化活性的研究具有很大的发展前景。从藤茶抗氧化活性成分及其提取、测定方法和应用等方面研究情况进行综述, 为更好地开发利用藤茶药用、食用价值提供一定的科学依据。

关键词 藤茶; 抗氧化活性成分; 提取; 测定方法; 应用

中图分类号 R284 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)17-0026-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2021.17.007

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Research Progress of Antioxidant Active Components and Their Application of Vine Tea

WU Hai-shun, LI Wei-ye, YU Hua-zhong (Hunan Provincial Key Laboratory of Forest Products and Chemical Engineering, Jishou University, Zhangjiajie, Hunan 427000)

Abstract Vine tea has pharmacological effects such as anti-oxidation, anti-infection, anti-tumor, liver protection, regulation of blood lipids and blood sugar, and can prevent obesity, hypertension and other diseases. At present, there are many researches on the chemical components and pharmacological effects of vine tea, especially the research on its antioxidant activity has great development prospects. This article reviewed the research status of the antioxidant active components of vine tea and its extraction, determination methods and applications, and provided a scientific basis for the better development and utilization of the medicinal and edible value of vine tea.

Key words Vine tea; Antioxidant active ingredients; Extraction; Determination method; Application

藤茶 *Ampelopsis grossedentata* (Hand-Mazz) W. T. Wang 为葡萄科蛇葡萄属显齿蛇葡萄的嫩茎叶^[1]加工而成, 富含二氢杨梅素(DMY)为主的黄酮类^[2]、多糖类、多酚类等活性成分^[3], 具有抗菌^[4]、降血压、降血脂、抗肿瘤、抗血栓等药理功效^[5-7], 藤茶作为代用茶因其功效及回甘味逐渐被多数现代人接受和喜爱^[8]。其中藤茶的抗氧化活性近年来研究较多, 涉及生物医药、食品行业、畜禽养殖等。笔者总结了藤茶抗氧化活性成分的研究概况及应用研究进展, 以期对藤茶的下一步深度开发提供参考。

1 藤茶的抗氧化活性成分

藤茶的抗氧化活性成分主要有黄酮类、多糖类和多酚类。秦振华等^[9]研究发现, 藤茶具有比绿茶更优异和稳定的抗氧化活性。王元等^[10]验证了藤茶具有确切的体外抗氧化活性, 发现藤茶 80% 醇提取物对 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼自由基(DPPH·)、羟基自由基(·OH)和超氧阴离子自由基(O₂^{·-})均显示出明显的清除或抑制作用, 且作用均呈一定的剂量依赖性。

1.1 藤茶黄酮 欧贤红等^[11]研究发现, 藤茶中主要抗氧化活性成分为藤茶黄酮中的杨梅素和 DMY, 其均有不同程度的体外抗氧化效果, 其中杨梅素对 DPPH·和·OH 的清除作用最强, 红细胞溶血率 IC₅₀ 为(2.91±0.28)mg/L; DMY 对 O₂^{·-}清除作用最强, IC₅₀ 为(3.88±0.99)mg/L。甘小娜等^[12]和李峰^[13]也明确了藤茶中主要抗氧化活性成分为 DMY。李峰^[13]还发现二氢杨梅素的抗氧化性呈现良好的剂量效应关系, 且其抗氧化能力相当或略低于阳性对照 V_c, 对金属离子的螯合能力较弱, 小鼠试验发现 DMY 能够剂量依赖性提

高衰老小鼠各脏器指数以及衰老小鼠体内各抗氧化酶表达水平, 降低脂质过氧化水平。秦亚茹^[14]评价了 DMY 和二氢杨梅素降解产物混合物的体外抗氧化和促氧化活性, 结果表明, DMY、藤茶总黄酮和二氢杨梅素降解产物混合物对 ABTS(2,2-联氮-二(3-乙基-苯并噻唑-6-磺酸)二铵盐)和 DPPH·均有一定的清除能力, 且 DMY 的自由基清除能力更强。

藤茶总黄酮有很好的抗氧化和降血脂效果, 并能有效抑制肝脏脂肪变性^[15]。研究表明, 茶作为抗氧化剂, 与体内脂质代谢具有密切联系, 具有调节血脂代谢的作用, 与血脂和相关疾病关系密切^[16]。李自强等^[17]研究发现, 藤茶中的总黄酮和二氢杨梅素通过调节血脂和切断炎症机制防止动脉粥样硬化来保障血管健康, 通过抗血栓、降低血液黏度改善血液流变异常, 通过控制血糖、降低红细胞与血小板聚集指数调节血液成分, 通过降低高血压维持正常血流动力, 通过防止心肌损伤与减少细胞凋亡来保护心肌细胞。

藤茶中 DMY 能够显著改变肠道微生物群落的丰富度和多样性, 并调节肠道微生物群落的组成。目前藤茶活性成分 DMY 主要作用于胃肠道, 口服生物利用度较低^[18]。Xie 等^[19]对藤茶提取物进行了小鼠试验, 通过对小鼠的肝和肠组织分析、蛋白质印迹分析、肝硫代巴比妥酸活性物质的定量分析、肠道微生物分析以及血清和肝脏生化指标的测定, 结果表明, 藤茶提取物可以降低血脂积聚和血清转氨酶水平、血清和肝脏的脂质水平、胰岛素抵抗作用, 提高肝脏抗氧化酶的水平, 从而调节肝脏脂质代谢, 还可以改良肠道微生物群落组成来增强肠道屏障功能, 对小肠结构有保护作用。这说明含有高含量二氢杨梅素的藤茶是预防非酒精性脂肪性肝病的潜在资源。

1.2 藤茶多糖 多糖也是植物中一种重要的抗氧化活性成

作者简介 吴海顺(1998—), 女, 山东威海人, 硕士研究生, 研究方向: 林业工程。* 通信作者, 高级实验师, 硕士生导师, 从事林产化学与工程研究。

收稿日期 2021-04-23

分之一^[20],藤茶中含有丰富的多糖,老叶总糖含量可达 13.12%^[21-22]。王慧宾等^[22]研究发现,藤茶多糖是一种富含糖醛酸的多糖,其中性糖含量为 40.11%,糖醛酸含量为 41.37%,在超声功率 1 000 W、提取温度 50 ℃、提取时间 15 min、液料比 30:1 的工艺条件下,藤茶嫩叶粗多糖得率最高,可达 6.74%。罗祖友等^[23-24]探讨藤茶多糖的体内外抗氧化作用,发现藤茶多糖具有一定的还原能力,一定浓度范围内具有显著的体外抗活性氧能力并能抑制小鼠肝组织及肝线粒体丙二醛(MDA)的生成,还可减少红细胞诱导溶血和肝线粒体肿胀程度,对小鼠体内肝组织 MDA 的生成产生显著的抑制作用。

1.3 藤茶多酚 植物中的多酚类物质也具有较好的抗氧化活性^[25-27],藤茶富含多酚类物质。肖浩等^[28]研究发现,在一定质量浓度条件下,藤茶多酚对·OH 和 O₂·⁻清除能力比 V_c 强。王岚等^[29]研究发现,在 80% 乙醇、70 ℃ 恒温水浴浸提 45 min、浸提 3 次的工艺条件下,梵净山野生藤茶多酚含量为 23.64 mg/g。杨天友等^[30]采用超声波法提取藤茶多酚,发现在超声功率 300 W、超声温度 50 ℃、超声时间 25 min、乙醇体积浓度 60% 的工艺条件下,藤茶多酚得率为 6 146.4 mg/kg。蒋旭东等^[26]研究优选出 HPD-100 型树脂,在藤茶多酚质量浓度 2.4 g/L、流速 2.0 BV/h、体积 6.5 BV;洗脱剂乙醇体积浓度 60%、流速 3 BV/h、用量 7.5 BV 的纯化条件下,藤茶多酚质量分数由 29.9% 提高至 69.8%。

2 藤茶的抗氧化活性作用

藤茶与葛根、玉米低聚肽复合组方后具有解酒功能和保护肝脏的功效^[31]。其作用机理可能与其中的抗氧化活性和抑制炎症的相关成分有关。

藤茶抗氧化活性成分可以研发具有替代抗生素的新型饲料添加剂。陈丽等^[32]研究藤茶提取物对小鼠生长性能、腹泻率和抗氧化性能的影响,发现日粮中添加藤茶提取物能够提高小鼠的生长性能及抗氧化性能,降低小鼠的腹泻率,对小鼠生长性能有改善作用,与抗生素组结果接近。

3 藤茶抗氧化活性的稳定性研究

藤茶抗氧化活性稳定性会受培育繁殖方式、藤茶不同组织、藤茶冲泡方式、提取条件(提取溶剂浓度、酸碱环境、金属离子等)、体内作用时间等因素的影响。

陈耀兵等^[33]测定普通扦插、两段式扦插和组织培养藤茶叶片的抗氧化酶活性,综合藤茶有效成分的含量和抗氧化酶活性,结果表明两段式扦插法最佳。Jia 等^[34]研究发现藤茶叶提取物表现出较高的抗氧化能力,显示出与合成抗氧化剂 BHT 相似的活性,其次是果实提取物。由此可以看出藤茶不同组织部位其抗氧化能力不同。秦振华等^[9]研究不同冲泡方式和条件对藤茶抗氧化活性的影响,发现采用去离子水在 80 ℃ 条件下单次冲泡 20 min,此时藤茶茶汤具有最优的抗氧化活性,对羟基自由基的清除率可以达到 81.9%。

提取条件对藤茶提取物的活性有较大影响。Muhammad 等^[35]研究发现萃取剂极性、提取时间和提取温度等萃取参数对藤茶中活性物质多酚类的提取效果及其药理活性有显

著影响。提取溶剂浓度会影响藤茶活性物质溶解度进而影响活性成分的功效。江丹等^[36]以乙醇为溶剂溶解藤茶提取物 DMY,发现不同浓度溶解性不同,即藤茶提取物在 60%~95% 乙醇中有较好的溶解性,在 70%~80% 的乙醇中溶解性最好。因此,可将藤茶提取物应用于酒中。藤茶抗氧化活性成分 DMY 活性会受酸碱条件的影响,姚元勇等^[37]研究发现在有氧且碱性溶液中,DMY 分子结构不稳定,产生 O₂·⁻。黄酮类抗氧化活性物质具有时间依赖性,Zheng 等^[38]以 100 mg/kg 剂量大鼠给药 DMY 后,其血清抗 DPPH· 的还原水平在第 4 小时达到最高,第 4 小时后下降,总黄酮也具有同样的时间依赖性,且抗氧化活性更高。藤茶抗氧化活性物质二氢杨梅素还会与金属离子相互作用进而影响抗氧化活性,Wang 等^[39]采用紫外吸收和荧光猝灭光谱法研究了藤茶中提取的 DMY 在 pH 3.0、5.0、7.0 条件下与铁离子(Fe(II)和 Fe(III))的相互作用,研究了 DMY 对铁离子稳定性和溶解度的影响,结果发现,铁离子的存在改变了 DMY 紫外吸收光谱,铁离子对 DMY 有荧光增强效应,DMY 还能够保护 Fe(II)免受氧化,提高 Fe(III)的溶解度。藤茶中抗氧化活性成分 DMY 还原能力强、安全性高、稳定性好,适合于食品添加剂和保健药物的研发,在食品工业和医药领域有广阔的发展前景。

4 抗氧化活性成分提取及其测定方法

目前有关藤茶抗氧化活性成分提取方法很多,相比传统单纯的溶剂萃取方法,与酶解、微波、超声波等物理方法联合使用成为趋势。已有研究表明,超声提取藤茶中二氢杨梅素含量较高,微波提取用时短,破壁式提取批次处理量大^[40]。超声微波双辅助提取藤茶中抗氧化活性物质的最佳提取工艺参数为乙醇质量分数 67%~68%、超声提取温度 45~48 ℃、时间 27~28 min、料液比 1:25,在此工艺下藤茶活性成分提取率最高^[13]。70% 乙醇超声提取藤茶,该方法获得的生物活性成分有较强的 DPPH· 清除能力和氧化自由基吸收能力(ORAC)^[41]。Gao 等^[42]运用高速逆流色谱(HSCCC)与高效液相色谱-二极管阵列检测器-四极杆飞行时间串联质谱(HPLC-DAD-QTOF-MS/MS)的方法,对不同极性藤茶提取物中总黄酮含量及其抗氧化活性进行了研究,首次报道藤茶中具有 4 种微量藤茶黄酮抗氧化剂,分别为 Quercetin-3-O-β-D-xyloridzin、Phloridzin、Phloretin、Kaempferol-3-O-α-L-rhamnoside,该方法有效地从复杂的天然草药中综合开发抗氧化剂,为生物活性物质的研究提供了一条从复杂体系中分离化合物的有效途径,尤其是微量化合物的分离方法和手段为其他植物微量成分的分离提供参考。Wang 等^[43]开发了新的绿色提取方法,采用 β-环糊精(β-CD)和离子液体(IL)替代藤茶中二氢杨梅素传统的提取方法,该方法(β-CD-UAE 和 IL-UAE)对藤茶 DMY 的提取效果优于水和 70% 乙醇水溶液等常规溶剂,且容易应用于食品或功能性食品的实验,以 β-环糊精(β-CD)和离子液体(IL)为萃取剂,采用单因素和响应面法优化提取 DMY 的最佳工艺条件为 3.6%β-CD、超声时间 8 min、液固比 33:1、超声功率 360 W,DMY 的

提取率可达40%左右。

藤茶抗氧化活性物质含量测定方法较多,主要有分光光度法、高效液相色谱法。秦亚茹^[14]运用差示分光光度法检测藤茶总黄酮含量发现,此方法能较准确测定藤茶原料中总黄酮的含量,当存在单一干扰物时,直接测定法和硝酸铝比色法较好;当存在复合干扰物时,三氯化铝比色法测定结果较准确。王晓琴等^[44]建立反相高效液相色谱(RP-HPLC)法可同时测定二氢杨梅素、杨梅素等成分含量,此方法专属性强、准确、重复性良好。张红芹^[45]采用氢核磁共振定量法测定二氢杨梅素的绝对含量,此方法操作简单、测试时间短。

5 藤茶抗氧化活性物质的应用

5.1 食品中的应用 藤茶提取物抗氧化性在食品中已有较为广泛的应用。张喻等^[46]综述了二氢杨梅素调节糖脂代谢在食品中的应用。张焯等^[47]研究发现一定剂量的藤茶提取物可以显著抑制素肉丸在冷藏期间的脂质氧化和蛋白质氧化。Zhang等^[48]研究发现在冷冻肉饼中也有同样的抑制效果。Ye等^[49]研究发现在防止大豆油氧化方面,二氢杨梅素的效果比丁基羟基茴香醚(BHA)强。藤茶提取物在大豆油方面不如BHA或二氢杨梅素有效,在熟牛肉中,3种抗氧化剂均显著降低其氧化水平,三者之间无差异。倪书干等^[50]总结出二氢杨梅素在pH≤4、低温以及避光条件下能稳定存在,在高温、金属离子、光线以及碱性条件下均可加速二氢杨梅素的氧化,并研究了添加藤茶的酒类产品的货架期,结果表明,添加藤茶提取物的酒体颜色在不同环境下变化趋势不同,酒在避光及室内相对恒定条件下,色度值呈现出先较快速上升,然后长时间维持在较高水平,在高温、光照条件下,稳定性非常差,由此,在不采用其他抑制或防护藤茶稳定性的前提下,藤茶提取物是不适合作配剂酒。

藤茶提取物二氢杨梅素还可以显著抑制面包中丙烯酰胺的形成,尤其是低剂量藤茶提取物(1.25 g/kg),使丙烯酰胺的形成减少了58.23%,且对面包的色泽和质构有显著影响^[51]。添加藤茶提取物可用于开发低丙烯酰胺含量的新型健康面包产品,并可将其应用于开发添加藤茶提取物的低丙烯酰胺含量的新型健康食品。

5.2 畜禽生产上的应用 藤茶抗氧化活性物质对于脂肪合酶的粗酶活性抑制作用较强,能够预防氧化性损伤,用它作为天然抗氧化剂,可以提高动物鸡肉的品质,防止热反应、高温所带来的动物肌肉品质下降,强化抑菌杀菌作用^[52]。已有研究发现,日粮中长期添加0.03%藤茶提取物可以显著改变肥育猪血清游离氨基酸组成,并一定程度改善猪肉嫩度^[53]。

5.3 与纳米材料联用 藤茶提取物可以与纳米材料联用,呈现出更好的抗氧化活性。罗帆等^[54]以藤茶黄酮为原料,研究了采用溶液燃烧法绿色制备纳米氧化锌(Nano ZnO)粉末的抗氧化性能和抑菌性能,结果发现,以藤茶黄酮为生物模板制备的Nano ZnO粒子结晶度良好,且具有良好的抗氧化活性,2.5 g/L的Nano ZnO溶液对DPPH·的清除率为98.24%。

6 展望

食品抗氧化剂可以阻止或延缓食品氧化变质、提高食品稳定性、延长贮存期等功能。抗氧化剂分为天然抗氧化剂和合成抗氧化剂,目前,食品中应用的合成抗氧化剂有丁基羟基茴香醚(BHA)、二丁基羟基甲苯(BHT)和特丁基对苯二酚(TBHQ)等。合成抗氧化剂具有一系列的安全性问题,例如自身氧化生成过氧化氢等有害物质,使得消费者更青睐于天然抗氧化剂。由此开发更多的天然抗氧化剂显得尤为重要。

目前天然抗氧化剂有维生素A、C、E、P、多酚等,藤茶中含有丰富的黄酮类、多酚类、多糖类等抗氧化活性物质,且具有很好的抗超氧阴离子能力^[55],将这些抗氧化活性物质加以充分开发利用,开发新的天然食品抗氧化剂,对丰富食品添加剂种类、满足消费者对绿色天然产物的健康追求具有重要意义。

二氢杨梅素是藤茶中重要的抗氧化活性物质,目前对其的研究主要集中于提取、功效分析等方面,需进一步对其进行更深入的基础研究。Li等^[56]对藤茶二氢杨梅素高产相关基因进行了转录组分析,为深入研究二氢杨梅素生物合成相关基因在藤茶中表达提供了参考依据。但目前对藤茶活性成分二氢杨梅素代谢机制研究不清楚,因此对藤茶中抗氧化活性成分的深入研究显得尤为重要。

参考文献

- [1] 中国科学院植物研究所. 中国高等植物图鉴: 补编 第二册[M]. 北京: 科学出版社, 1983.
- [2] 刘建兰, 郑红岩, 于华忠, 等. 双波长分光光度法检测藤茶中的总黄酮[J]. 分析科学学报, 2013, 29(6): 876-878.
- [3] 熊伟, 李雄辉, 胡居吾, 等. 藤茶活性成分的同时提取分离研究[J]. 食品研究与开发, 2011, 32(10): 183-186.
- [4] 周茜雅, 陈婧, 方建国, 等. 藤茶抗菌作用研究进展[J]. 中草药, 2017, 48(22): 4819-4825.
- [5] 谭锦荣. 藤茶的有效成分及药用价值研究进展[J]. 华夏医学, 2016, 29(5): 158-161.
- [6] 高瞻, 林原, 荆常锋. 蛇葡萄素药理活性研究进展[J]. 现代实用医学, 2020, 32(1): 132-134.
- [7] 谢蓉蓉, 孙福强. 天然产物二氢杨梅素的研究进展[J]. 广东药科大学学报, 2019, 35(3): 470-474.
- [8] 杨芝干. 叫茶不是“茶”之藤茶[J]. 生命世界, 2019(8): 74-83.
- [9] 秦振华, 兰奎, 刘梁, 等. 发酵型藤茶冲泡工艺及其抗氧化性能研究[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(21): 120-125.
- [10] 王元, 徐新, 李佳川. 土家药食资源藤茶黄酮类化合物体内外抗氧化活性研究[J]. 食品科技, 2020, 45(1): 274-279.
- [11] 欧贤红, 叶勇, 黄秋洁, 等. 藤茶抗氧化活性研究[J]. 天然产物研究与开发, 2013, 25(2): 245-248.
- [12] 甘小娜, 彭博, 李廷钊, 等. UPLC-PDA-MS-ABTS 阳离子自由基在线分析藤茶的抗氧化活性成分[J]. 食品科学, 2020, 41(18): 245-250.
- [13] 李峰. 藤茶中抗氧化活性物质的提取及其二氢杨梅素生理活性分析[D]. 镇江: 江苏大学, 2017.
- [14] 秦亚茹. 藤茶中二氢杨梅素的降解行为及其产物生物活性研究[D]. 广州: 广东药科大学, 2020.
- [15] 左雪媚, 刘倩, 廖芳帆, 等. 藤茶黄酮对高脂大鼠的降血脂作用研究[J]. 湖南农业科学, 2019(6): 18-22.
- [16] 陈小莉, 袁静珏, 蔡东联. 茶抗氧化性与血脂代谢[C]//徐友才. 上海国际茶文化节论文集. 上海: 第七届上海国际茶文化节组织委员会, 2000.
- [17] 李自强, 覃丽, 牛丽, 等. 藤茶对心血管保护作用的研究进展[J]. 食品科技, 2019, 44(5): 97-101.
- [18] FAN L, ZHAO X Y, TONG Q, et al. Interactions of dihydromyricetin, a flavonoid from vine tea (*Ampelopsis grossedentata*) with gut microbiota[J]. Journal of food science, 2018, 83(5): 1444-1453.
- [19] XIE K, HE X, CHEN K Y, et al. Ameliorative effects and molecular mech-

- anisms of vine tea on western diet-induced NAFLD[J]. Food & function, 2020, 11(7):5976-5991.
- [20] 曾小燕,李鸿霞,梁纪强,等. 中药多糖体外抗氧化作用研究进展[J]. 亚太传统医药,2020,16(7):181-188.
- [21] 陈倩,张雨林,刘赫男,等. 藤茶不同部位制茶后功能性成分的含量比较[J]. 中国现代应用药学,2017,34(11):1542-1545.
- [22] 王慧宾,熊伟,韩晓丹,等. 超声辅助提取藤茶多糖的工艺优化及其成分分析[J]. 生物化工,2016,2(1):7-11.
- [23] 罗祖友,严奉伟,胡筱波,等. 藤茶多糖组分 AGP-3 的体外抗氧化活性研究[J]. 湖北民族学院学报(自然科学版),2006,24(4):313-317.
- [24] 罗祖友,严奉伟,薛照辉,等. 藤茶多糖的抗氧化作用研究[J]. 食品科学,2004,25(11):291-295.
- [25] 段宙位,李鹏,陈婷,等. 鹧鸪茶多酚的提取及抗氧化性研究[J]. 食品科技,2020,45(3):218-223.
- [26] 蒋旭东,杨卫豪,周传检,等. 藤茶多酚分离纯化及其对口腔变形链球菌抑制作用研究[J]. 口腔护理用品工业,2019,29(3):17-21.
- [27] 王燕. 日照绿茶茶多酚提取物抗氧化性研究[D]. 烟台:烟台大学,2020.
- [28] 肖浩,郑小江,朱玉婷. 藤茶多酚体外抗氧化作用[J]. 食品与生物技术学报,2011,30(5):679-682.
- [29] 王岚,王霞,吴定军,等. 梵净山野生藤茶多酚提取工艺的优化[J]. 贵州农业科学,2014,42(1):188-190.
- [30] 杨天友,孙秋婷,王琴,等. 响应面超声波法提取藤茶多酚工艺优化[J]. 粮食与油脂,2020,33(6):77-80.
- [31] 罗安玲,陈心馨,郑有丽,等. 葛根、藤茶、玉米低聚肽复合物对小鼠慢性酒精性肝损伤的保护作用[J]. 现代食品科技,2019,35(6):70-76,69.
- [32] 陈丽,孙云子. 藤茶提取物对小鼠生长性能、腹污率及抗氧化性能的影响[J]. 中国畜牧兽医,2017,44(4):1027-1031.
- [33] 陈耀兵,江念,孙紫薇,等. 藤茶不同繁殖方式有效成分测定及抗氧化酶活性分析[J]. 中成药,2018,40(2):399-403.
- [34] JIA C H,ZHANG M X,MA W B,et al. Evaluation of antioxidant properties of the different tissues of vine tea (*Ampelopsis grossedentata*) in stripped canola oil and sunflower oil[J]. Journal of food science,2020,85(4):1082-1089.
- [35] MUHAMMAD U,ZHU X Y,LU Z X,et al. Effects of extraction variables on pharmacological activities of vine tea extract (*Ampelopsis grossedentata*) [J]. International journal of pharmacology,2018,14(4):495-505.
- [36] 江丹,陈志元,王鹏,等. 藤茶提取物溶解性及在不同度数基酒中的应用研究[J]. 食品与发酵科技,2020,56(1):27-32.
- [37] 姚元勇,王云洋,何来斌,等. 藤茶中抗氧化成分——二氢杨梅素在碱性溶液中的自氧化作用机理[J]. 化学试剂,2020,42(3):295-300.
- [38] ZHENG X J,XIAO H,ZENG Z,et al. Composition and serum antioxidant activity of the main flavonoids from fermented vine tea (*Ampelopsis grossedentata*) [J]. Journal of functional foods,2014,9:290-294.
- [39] WANG L L,QIN Y C,WANG Y B,et al. Interaction between iron and dihydromyricetin extracted from vine tea [J]. Food science & nutrition, 2020,8(11):5926-5933.
- [40] 郑琳,刘盼盼,王雪萍,等. 天然抗氧化剂二氢杨梅素的提取工艺比较研究[J]. 湖北农业科学,2019,58(20):137-142.
- [41] XIE K,HE X,CHEN K Y,et al. Antioxidant properties of a traditional vine tea, *Ampelopsis grossedentata* [J]. Antioxidants,2019,8(8):1-12.
- [42] GAO Q P,MA R Y,CHEN L,et al. Antioxidant profiling of vine tea (*Ampelopsis grossedentata*): Off-line coupling heart-cutting HSCCC with HPLC-DAD-QTOF-MS/MS[J]. Food chemistry,2017,225:55-61.
- [43] WANG L L,ZHOU Y F,WANG Y B,et al. Two green approaches for extraction of dihydromyricetin from Chinese vine tea using β -Cyclodextrin-based and ionic liquid-based ultrasonic-assisted extraction methods [J]. Food and bioproducts processing,2019,116:1-9.
- [44] 王晓琴,杨倩,丁艳霞. 反相高效液相色谱法同时测定文冠木中 6 个活性成分的含量[J]. 中药新药与临床药理,2020,31(4):464-468.
- [45] 张红芹. 基于氢核磁共振定量法测定二氢杨梅素绝对含量[J]. 中国药品标准,2020,21(6):521-525.
- [46] 张瑜,田静. 二氢杨梅素调节糖脂代谢及其在食品中的应用[J]. 食品安全导刊,2020(3):147-148.
- [47] 张焯,徐玉,薛海,等. 藤茶提取物对素肉丸冷藏期间脂质和蛋白质氧化的抗氧化活性影响[J]. 食品科学,2020,41(3):212-217.
- [48] ZHANG X,XU Y,XUE H,et al. Antioxidant activity of vine tea (*Ampelopsis grossedentata*) extract on lipid and protein oxidation in cooked mixed pork patties during refrigerated storage [J]. Food science & nutrition, 2019,7(5):1735-1745.
- [49] YE L Y,WANG H J,DUNCAN S E,et al. Antioxidant activities of vine tea (*Ampelopsis grossedentata*) extract and its major component dihydromyricetin in soybean oil and cooked ground beef [J]. Food chemistry, 2015,172:416-422.
- [50] 倪书干,杨强,童国强,等. 添加藤茶提取物的配制酒货架期稳定性研究[J]. 酿酒科技,2020(3):57-60.
- [51] MA Q,CAI S B,JIA Y J,et al. Effects of hot-water extract from vine tea (*Ampelopsis grossedentata*) on acrylamide formation, quality and consumer acceptability of bread [J]. Foods,2020,9(3):1-17.
- [52] 肖兵,洪壮志. 藤茶的生理功能及其在畜禽生产中的应用[J]. 农家参谋,2019(2):3.
- [53] 熊云霞,王丽,易宏波,等. 长期添加藤茶提取物对肥育猪血清游离氨基酸、胴体性状和肉品质的影响[J]. 中国畜牧兽医,2019,46(11):3252-3261.
- [54] 罗帆,唐风志,许艳萍,等. 藤茶黄酮绿色制备纳米氧化锌及其抗氧化和抗菌性能[J]. 精细化工,2020,37(9):1793-1798,1832.
- [55] 汪健仁. 茶与代用茶抗氧化能力及其主要成分比较[J]. 中国茶叶,2020,42(3):44-47.
- [56] LI X H,CAO M H,MA W B,et al. Annotation of genes involved in high level of dihydromyricetin production in vine tea (*Ampelopsis grossedentata*) by transcriptome analysis [J]. BMC Plant Biology,2020,20(6):416-422.