

树莓叶茶和嫩尖茶抗氧化活性成分研究

赵慧芳, 马 丽, 刘洪霞, 黄正金, 阎连飞, 吴文龙*

(江苏省中国科学院植物研究所, 南京 210014)

摘 要: **目的** 研究树莓叶茶和嫩尖茶的抗氧化活性成分。**方法** 对树莓叶茶和嫩尖茶的鞣花酸、黄酮和多酚含量进行了测定, 并与绿茶炒青进行了比较, 在此基础上考察了不同种类茶叶对 DPPH 和 ABTS 自由基的清除能力。**结果** 树莓叶茶和嫩尖茶的鞣花酸含量较为丰富, 最高达 26.75 mg/g, 是特级炒青 6.8 倍, 黄酮含量也较绿茶炒青高, 达 18~22 mg/g; 树莓嫩尖茶的多酚含量同炒青接近, 均超过 180 mg/g, 两者的抗氧化活性均较强, 而树莓叶茶的总多酚含量较低, 仅为绿茶和树莓嫩尖茶 36%~39%, 抗氧化活性较弱。相关性分析发现茶叶样品的抗氧化活性与多酚含量呈极显著正相关。**结论** 树莓叶茶抗氧化性较弱, 而嫩尖茶具有较强的抗氧化活性, 可以加以推广。

关键词: 树莓叶茶; 树莓嫩尖茶; 鞣花酸; 黄酮; 多酚; 抗氧化

Analysis on the antioxidant components of raspberry leaf and tender tip tea

ZHAO Hui-Fang, MA Li, LIU Hong-Xia, HUANG Zheng-Jin, LV Lian-Fei, WU Wen-Long*

(Institute of Botany, Jiangsu Province and Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014, China)

ABSTRACT: Objective To study the antioxidant components of raspberry leaf tea and tender tip tea. **Methods** The ellagic acid, flavonoid and polyphenol contents of raspberry leaf and tender tip tea were estimated and compared with a green tea chaoqing. Moreover DPPH and ABTS free radical scavenging abilities of the tea samples were investigated. **Results** The ellagic acid content of raspberry leaf and tender tip tea were up to 26.75 mg/g, which was 6.8 times of the green tea, and the flavonoid contents ranged from 18 to 22 mg/g, which were also higher than green tea. The polyphenol content of raspberry tender tip tea was corresponding to the green tea, which were both up to 180 mg/g. The raspberry leaf tea had lower total polyphenol content and weak antioxidant activity, it was just 36%~39% of green tea and raspberry tender tip tea. The results of correlation analysis indicated a significant positive correlation between antioxidant activity and polyphenol content. **Conclusion** Raspberry leaf tea has weak antioxidant activity, while tender tip tea has strong antioxidant activity, which can be popularized.

KEY WORDS: raspberry leaf tea; raspberry tender tip tea; ellagic acid; flavonoid; polyphenol; antioxidant

基金项目: 江苏省农业科技自主创新项目(CX(18)2018)、江苏现代农业产业技术体系项目(JATS[2019]465)

Fund: Supported by the Jiangsu Independent Innovation Project of Agricultural Science and Technology (CX(18)2018) and Jiangsu Modern Agricultural Industrial Technology System Project (JATS[2019]465).

*通讯作者: 吴文龙, 研究员, 主要研究方向为黑莓、蓝莓、薄壳山核桃等果树的引种栽培与加工利用研究。E-mail: 1964wwl@163.com

*Corresponding author: WU Wen-Long, Professor, Institute of Botany, Jiangsu Province and the Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014, China. E-mail: 1964wwl@163.com

1 引言

树莓是蔷薇科悬钩子属植物,为多年生落叶小灌木,果实柔软多汁,风味独特,深受欧美消费者的喜爱。树莓叶中富含黄酮、鞣花酸、水杨酸、皂苷、多酚等成分^[1-3],也具有较高的营养价值以及抗氧化^[4-6]、抗菌^[7,8]、降糖^[9]、预防癌变^[10]等生理活性。

树莓叶的利用在国内外历史悠久,可被制成食品补充剂、茶叶、茶饮料等。我国利用传统的制茶技艺,开发多款树莓叶茶产品,具有较为广阔的应用前景^[11-13]。其中树莓叶茶和嫩尖茶的加工方法与绿茶相近,主要包括摊放、杀青、揉捻和干燥 4 个步骤^[11],已有研究报道树莓叶茶主要含有多酚、黄酮和鞣花酸等成分^[12,13],但是对树莓嫩尖茶和两者的活性研究报道较少。本研究比较了树莓叶茶、树莓嫩尖茶和绿茶炒青 3 种茶叶的鞣花酸、黄酮和多酚含量,并对其体外抗氧化活性进行了考察,以期对树莓叶产品的开发提供参考。

2 材料与方法

2.1 材料、试剂与仪器

树莓叶茶及嫩尖茶样品:湖北金莓科技发展有限公司生产,其中树莓叶茶样品为 2 个批次;绿茶炒青(特级,南京溧水生产)。

鞣花酸标准品(98%)、没食子酸标准品(99%)、芦丁标准品(99%)、福林酚(2 mol/L)(上海 Sigma 公司);乙醇、甲醇(色谱纯)、三氯化铝、丙酮、浓盐酸、碳酸钠、浓硫酸、醋酸-醋酸钠缓冲液、过硫酸钾、蒽酮、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH 溶液)、2,2-联氮-二(3-乙基-苯并噻唑-6-磺酸)二铵盐(ABTS 溶液)(分析纯,上海 Sigma 公司)

EX-200A 型电子天平(慈溪天东衡器厂);759 型紫外可见分光光度计(上海菁华科技有限公司);PL-5-B 型低速离心机(上海安亭科学仪器厂);KQ-100DE 数控超声波清洗机(昆山超声仪器有限公司)。

2.2 实验方法

2.2.1 总黄酮含量测定

(1) 样品处理

准确称取 0.50 g 干燥并研碎的茶叶于锥形瓶中,按 1:80(*m*:*V*, g/mL)的料液比,加入 40 mL 50%乙醇溶液,70 °C 水浴回流提取 5 h,滤纸过滤,残渣用 8 mL 50%乙醇洗涤,定容至 50 mL 备用^[14-16]。

(2) 标准曲线

精密称取芦丁标准品 16.8 mg,用 50%的乙醇溶液溶解,定容至 50 mL,分别吸取上述芦丁标准液 160、200、240、280、320、360 μ L 至 10 mL 试管中,加水补至 2.6 mL,加入 1.5% AlCl_3 1.6 mL 和 pH 5.4 的醋酸-醋酸钠缓冲液

0.8 mL,摇匀,室温避光静置 30 min,于 415 nm 下测定其吸光度值,以吸光度值为纵坐标,芦丁的含量(mg)为横坐标,绘制标准曲线。

(3) 样品的测定

吸取样品液 400 μ L 进行测定。方法同 2.2.1(2),根据回归方程计算总黄酮含量(mg/g,以芦丁计)。

2.2.2 总多酚含量测定

(1) 样品处理

方法同 2.2.1(1)。

(2) 标准曲线

准确称取 17.0 mg 没食子酸,用纯净水溶解,定容至 10 mL,混匀,稀释 3 倍后备用。分别移取 40、60、80、100、120、140 μ L 至 10 mL 试管中,加水补至 500 μ L,再加入 2.5 mL 0.2 mol/L 福林酚试剂混合,在 0.5~8 min 内加入 2 mL 7.5%碳酸钠溶液,充分混合。将上述混合标准溶液在室温下避光放置 60 min 后,在 765 nm 波长下测定吸光值。以吸光度值为纵坐标,没食子酸浓度(mg/mL)为横坐标,绘制标准曲线^[17]。

(3) 样品的测定

将样品液稀释适当的倍数(5~10)进行测定。方法同 2.2.1(2),根据回归方程计算总多酚含量(mg/g,以没食子酸计)。

2.2.3 鞣花酸含量测定

(1) 样品处理

精确称取树莓叶茶 0.50 g,加入 50%甲醇溶液 100 mL(内含 1 mL 浓 HCl 及 0.2 g Vc),浸提 12 h,然后 90 °C 回流 3 h,过滤,残渣用 10 mL 甲醇洗涤,滤液 60 °C 减压浓缩至干,残渣用色谱纯甲醇溶解,定容至 25 mL 容量瓶中。经 0.45 μ m 的微孔膜过滤备用^[18-20]。

(2) 色谱条件

柱型号: Inertsil ODS-SP-C₁₈ 柱(4.6 mm \times 250 mm, 5 μ m);柱温: 30 °C;流速: 1 mL/min;检测波长 254 nm;梯度洗脱程序: A 为甲醇, B 为 1%乙酸水: 0~25 min, 50%A; 25~30 min, 50%~60%A; 35~36 min, 60%~100%A; 36~45 min, 100%A; 45~50 min, 50%A; 进样体积 10 μ L。

(3) 标准曲线

精密称取鞣花酸标准品 0.95 mg 于 10 mL 容量瓶中,用色谱纯甲醇溶解,超声 5 min,冷却至室温,定容至刻度,摇匀。经 0.45 μ m 的微孔膜过滤,制成 0.095 mg/mL 的标准品溶液。按色谱条件对鞣花酸标准品溶液进行检测,以鞣花酸质量(μ g)为横坐标,峰面积为纵坐标,绘制标准曲线。根据标准曲线计算样品鞣花酸含量。

2.2.4 抗氧化活性测定

(1) 清除 ABTS 自由基活性测定

配制 2 mL 7 mmol/L 的 ABTS 溶液,吸取 35 μ L 140 mmol/L 的过硫酸钾溶液至 ABTS 溶液中,室温避光放置 12~16 h,形成 ABTS 储备液。将 ABTS 储备液用超纯水

稀释约 120 倍即为 ABTS 工作液, 酶标仪测定其 734 nm 下的吸光度值为 0.550。取 2.2.1 的备用样液稀释 25~100 倍, 在 96 孔板中, 分别加入稀释后的样品液 5、10、15、20 μL , 用超纯水补至每孔 50 μL , 然后再加入 200 μL ABTS 工作液, 反应体系 250 μL , 振荡混匀, 30 min 后测定其 734 nm 下的吸光度(A_i); 取 50 μL 50%乙醇溶液代替样品溶液测得空白吸光度(A_C); 以 200 μL 超纯水代替 ABTS 混合液测得样品本底吸光度(A_j), 按公式(1)计算样品的清除率, 并根据不同浓度样品清除率的曲线计算 IC_{50} 值^[21]。

(2) 清除 DPPH 自由基活性测定:

配制 10 mL 0.1 mmol/L 的 DPPH 溶液, 置于棕色瓶中备用。取 2.2.1 的备用样品母液稀释 10 倍, 在 96 孔板中, 分别加入稀释后的样品液 5、10、20、30、40 μL , 用超纯水补至每孔 100 μL , 加 100 μL DPPH 工作液, 振荡混匀, 室温避光放置 30 min 后测定其 517 nm 下的吸光度(A_i); 取 100 μL 50%乙醇代替样品溶液测得空白吸光度(A_C); 以 100 μL 无水乙醇代替 DPPH 工作液测得样品本底吸光度(A_j), 按公式(1)计算清除率, 每个样品设置 4 个以上的浓度, 每个浓度重复 3 次, 取平均值, 计算 IC_{50} 值^[22]。

$$\text{清除率}(\%) = \left[1 - \frac{(A_i - A_j)}{A_C} \right] \times 100\% \quad (1)$$

3 结果与分析

3.1 总多酚含量测定标准曲线

总多酚标准曲线如图 1, 由图可知, 总多酚含量 X (以没食子酸计) 与 765 nm 下的吸光度值 Y 的回归方程为 $Y=10.796X+0.0232$, $r^2=0.9993$, 表明没食子酸浓度在 0~0.159 mg/mL 范围内线性良好。

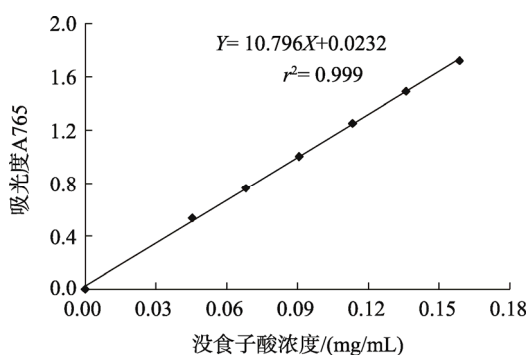


图 1 总多酚标准曲线

Fig.1 Standard curve of total polyphenols

3.2 总黄酮含量的标准曲线

总黄酮标准曲线如图 2, 由图可知, 反应液中芦丁质量 X 与 415 nm 下的吸光度值 Y 的回归方程为 $Y=5.5635X-0.0002$, $r^2=0.9984$, 表明芦丁质量在 0~0.121 mg 范围内线性良好。

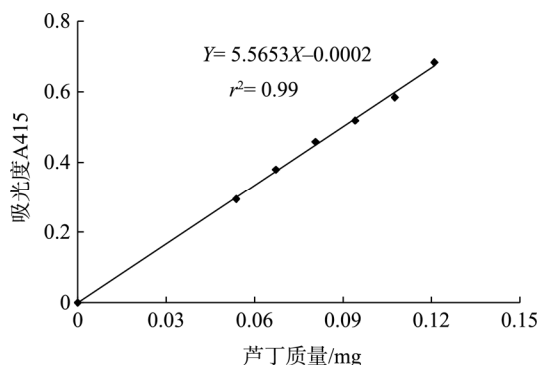
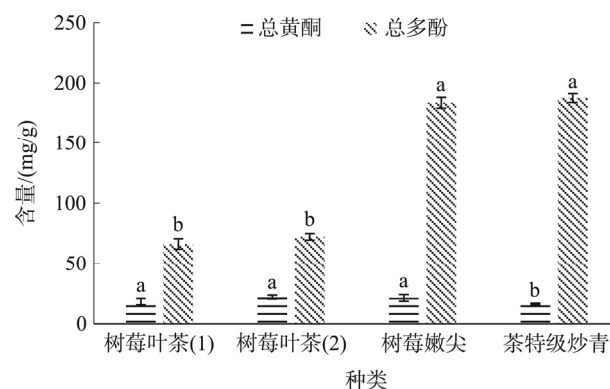


图 2 总黄酮标准曲线

Fig.2 Total flavonoids standard curve

3.3 总多酚和总黄酮含量的差异

对几种茶叶的总黄酮和总多酚含量进行了比较, 结果见图 3, 树莓叶茶(2)的总黄酮含量最高达 22.02 mg/g, 其次为树莓嫩尖茶, 分别高出炒青 34%和 29%。总多酚含量绿茶和树莓嫩尖茶最高均超过 180 mg/g, 树莓叶茶的总多酚含量仅为前两者的 36%~39%, 可见黄酮类成分在树莓叶中的积累量显著高于嫩尖, 而多酚类成分则在嫩尖中含量最高。比较 2 个批次的树莓叶茶, 第 1 批的总黄酮和总多酚含量相比较第 2 批分别降低了 17%和 8%, 这可能是由于 2 个年份原料的差异或贮存时间长短不同引起的。



注: 树莓叶茶(1)表示第 1 批原料; 树莓叶茶(2)表示第 2 批原料。

图 3 树莓叶茶和嫩尖茶总多酚和总黄酮含量的比较($n=3$)

Fig.3 The total polyphenol and flavonoid content of raspberry leaf and tender tip tea ($n=3$)

3.4 鞣花酸含量的差异

鞣花酸标品在该色谱条件下出峰时间在 9.59 min, 见表 1, 通过绘制标准曲线发现峰面积 Y 与鞣花酸质量(μg) X 的回归方程为 $Y=88.684X$, $r^2=0.9999$, 鞣花酸质量在 0~1.9 μg 范围内与峰面积线性关系良好。

鞣花酸成分在树莓叶中含量较高, 比较不同样品鞣花酸含量的差异可以看出, 树莓叶茶和嫩尖茶含有较丰富的鞣花酸成分, 树莓叶茶(1)鞣花酸含量最高达 26.75 mg/g,

是炒青的 6.8 倍, 树莓嫩尖茶的鞣花酸含量略低于叶茶, 为 17.88 mg/g, 可见, 鞣花酸在树莓成熟叶片中的积累量比嫩尖多。

表 1 树莓叶茶和嫩尖茶鞣花酸含量的差异($n=3$)

Table 1 The ellagic acid content of raspberry leaf and tender tip tea ($n=3$)

样品	出峰时间/min	峰面积/mAu	鞣花酸含量/(mg/g)
树莓叶茶(1)	9.64	284.4	26.75
树莓叶茶(2)	9.65	202.9	18.71
树莓嫩尖茶	9.66	189.8	17.88
特级炒青	9.67	42.22	3.895

3.5 体外抗氧化活性的差异

由表 2 可以看出, 树莓嫩尖茶清除 DPPH 自由基的活性最强, 半数有效浓度仅为 69.3 $\mu\text{g/mL}$ 其次为特级炒青, 2 个树莓叶茶样品清除 DPPH 自由基的活性相近, 均显著低于树莓嫩尖茶, 半数有效浓度为树莓嫩尖茶的 5.4 倍。特级炒青清除 ABTS 自由基的活性最强, 半数有效浓度仅为 8.41 $\mu\text{g/mL}$, 其次为树莓嫩尖茶, 树莓叶茶清除 ABTS 自由基的活性较低, 半数有效浓度为树莓嫩尖茶的 11~12 倍。这可能主要是由于不同种类茶叶的多酚含量决定的。

表 2 树莓叶茶和嫩尖茶的体外抗氧化活性比较($n=3$)

Table 2 The antioxidant activity of raspberry leaf and tender tip tea ($n=3$)

样品	DPPH IC_{50} /($\mu\text{g/mL}$)	ABTS IC_{50} /($\mu\text{g/mL}$)
树莓叶茶(1)	378.8	116.7
树莓叶茶(2)	376.3	113.0
树莓嫩尖茶	69.3	9.68
特级炒青	81.7	8.41

3.6 相关性分析

对样品清除 DPPH 和 ABTS 自由基的半数有效浓度和总黄酮、总多酚和鞣花酸含量进行了两两相关性分析, 结果见表 3, 4 个茶叶样品的抗氧化活性与总多酚含量呈极显著正相关, 由此可见, 多酚类物质是茶叶中最重要的抗氧化活性成分, 因此, 多酚含量较高的树莓嫩尖茶和炒青的抗氧化活性较高, 而多酚含量较低的树莓叶茶抗氧化活性较低, 这与张燕等^[23]的研究结果相一致。此外由表 3 还可以看出, 多酚与黄酮含量具有显著的负相关性。

4 结论与讨论

树莓叶茶和嫩尖茶的鞣花酸含量较为丰富, 最高达 26.75 mg/g, 是特级炒青 6.8 倍以上。树莓叶茶和嫩尖茶的

总黄酮含量达 18~22 mg/g, 也略高于绿茶特级炒青 (16.44 mg/g)。树莓嫩尖茶的总多酚含量同特级炒青接近, 均超过 180 mg/g。树莓叶茶的总多酚含量较低, 仅为绿茶和树莓嫩尖茶 36~39%。

表 3 相关性分析表

Table 3 Correlation analysis table

相关系数	DPPH IC_{50}	ABTS IC_{50}	总多酚	总黄酮	鞣花酸
DPPH IC_{50}	1	-	-	-	-
ABTS IC_{50}	1.00**	1	-	-	-
总多酚	-1.00**	-1.00**	1	-	-
总黄酮	0.96**	0.95*	-0.95*	1	-
鞣花酸	0.7	0.73	-0.75	0.6	1

注: *表示 $P<0.05$, **表示 $P<0.01$; -表示无。

在活性成分含量测定的基础上, 采用体外清除 DPPH 和 ABTS 自由基能力的方法评价了树莓叶茶和嫩尖茶的抗氧化活性, 结果表明树莓嫩尖茶和绿茶的具有较强的体外抗氧化活性, 而树莓叶茶的抗氧化活性较弱, 进一步通过相关性分析发现, 抗氧化活性与总多酚含量呈极显著正相关, 总多酚与总黄酮含量呈显著负相关。

本研究对树莓叶茶和嫩尖茶的鞣花酸、多酚、黄酮成分的含量及体外抗氧化活性进行了考察, 并与绿茶炒青进行了比较, 结果发现树莓叶茶和嫩尖茶的鞣花酸和黄酮含量均较绿茶高, 嫩尖茶的多酚含量与绿茶接近, 叶茶的多酚含量较低。抗氧化活性分析发现树莓嫩尖茶 > 炒青 > 树莓叶茶。由此可见, 树莓茶营养丰富, 具有较高的开发利用价值。

参考文献

- [1] 杨国慧, 张岩, 于洋, 等. 树莓叶果黄酮类化合物含量及抗氧化性分析[J]. 湖北农业科学, 2015, 54(18): 4514-4518.
Yang GH, Zhang Y, Yu Y, et al. Analysis on the content and antioxidant activity of flavones in leaf and fruit of raspberry [J]. Hubei Agric Sci, 2015, 54(18): 4514-4518.
- [2] 刘卉, 杨国伟, 兰蓉, 等. 树莓叶中鞣花酸提取工艺的研究[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(18): 55-58.
Liu H, Yang GW, Lan R, et al. Study on the extraction technology of ellagic acid in raspberry leaf [J]. Food Res Dev, 2015, 36(18): 55-58.
- [3] 杨国慧, 范婷婷, 陈效杰, 等. 树莓叶果中水杨酸含量测定及其抑菌性分析[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(23): 181-183.
Yang GH, Fan TT, Chen XJ, et al. Determination of salicylic acid in leaves and fruits of raspberry and its bacteriostasis [J]. Jiangsu Agric Sci, 2017, 45(23): 181-183.
- [4] 韩红娟, 杨静, 陈晓, 等. 树莓叶片中主要抗氧化物质提取工艺优化研究[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2018, 40(2): 321-331.
Han HJ, Yang J, Chen X, et al. Study on optimization of extraction technology of main antioxidant substances in raspberry leaves [J]. J Yunnan Univ (Nat Sci Ed), 2018, 40(2): 321-331.

- [5] Ku CS, Mun SP. Antioxidant activities of ethanol extracts from seeds in fresh Bokbunja (*Rubus coreanus* Miq.) and wine processing waste [J]. *Bioresour Technol*, 2008, 99(10): 4503–4509.
- [6] Noratto GD, Chew BP, Atienza LM. Red raspberry (*Rubus idaeus* L.) intake decreases oxidative stress in obese diabetic (db/db) mice [J]. *Food Chem*, 2017, 227(15): 305–314.
- [7] Martini S, Daddario C, Colacevich A, et al. Antimicrobial activity against *Helicobacter pylori* strains and antioxidant properties of blackberry leaves (*Rubus ulmifolius*) and isolated compounds [J]. *Int J Antimicrob Agents*, 2009, 34(1): 50–59.
- [8] Dragana D, Četojević S, Aleksandra S, et al. Bioactivity of meeker and willamette raspberry (*Rubus idaeus* L.) pomace extracts [J]. *Food Chem*, 2015, 166(166): 407–413.
- [9] Gomar A, Hosseini A, Mirazi N. Preventive effect of rubus fruticosus on learning and memory impairment in an experimental model of diabetic neuropathy in male rats [J]. *Pharm Nutr*, 2014, 2(4): 155–160.
- [10] 张津宁, 李国东, 陈洪生, 等. 鞣花酸及其肠道代谢产物在大肠癌中的研究进展[J]. *实用肿瘤学杂志*, 2016, 30(3): 262–265.
Zhang JN, Li GD, Chen HS, et al. Research progress of the effect and mechanisms of ellagic acid and its gut microbiota metabolite on colorectal cancer [J]. *Pract Oncol J*, 2016, 30(3): 262–265.
- [11] 闫玉滢. 树莓叶茶加工工艺及其品质形成研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2013.
Yan YH. Study on processing technology and quality formation of raspberry leaf tea [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2013.
- [12] 夏美茹, 辛秀兰, 郭淑文, 等. 树莓叶茶中主要成分测定[J]. *食品研究与开发*, 2013, (24): 209–211.
Xia MR, Xin XL, Guo SW, et al. The main components determination of raspberry leaf tea [J]. *Food Res Dev*, 2013, (24): 209–211.
- [13] 臧慧明, 吴林, 张强, 等. 树莓籽与树莓叶副产物的开发进展[J]. *食品工业科技*, 2017, 38(24): 325–330.
Zang HM, Wu L, Zhang Q, et al. The development of raspberry seeds and raspberry leaves by-products [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2017, 38(24): 325–330.
- [14] 张国权, 罗崧方, 黄建蓉, 等. 三氯化铝比色法检测桑叶提取物总黄酮的研究[J]. *农产品加工*, 2018, (4): 52–54.
Zhang GQ, Luo SF, Huang JR, et al. Determination of total flavonoids in mulberry leaf extract by aluminium trichloride colorimetric method [J]. *Acad Period Farm Prod Proc*, 2018, (4): 52–54.
- [15] 王苗苗, 于文蛟, 严欢, 等. 不同方法测定柳花中总黄酮含量的比较[J]. *广州化工*, 2018, (22): 87–89.
Wang MM, Yu WJ, Yan H, et al. Comparison of total flavonoids in flowers of willow with different assay methods [J]. *Guangzhou Chem Ind*, 2018, (22): 87–89.
- [16] 何书美, 刘敬兰. 茶叶中总黄酮含量测定方法的研究[J]. *分析化学研究简报*, 2007, 35(9): 1365–1368.
He SM, Liu JL. Study on the determination method of flavone content in tea [J]. *Chin J Anal Chem*, 2007, 35(9): 1365–1368.
- [17] GB/T 8313-2018 茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法[S].
GB/T 8313-2018 Determination of tea polyphenols and catechins in tea leaves [S].
- [18] Gema F, Maria L Ruiz DC. Variations in ellagic acid, quercetin and myricetin in berry cultivars after preharvest methyl jasmonate treatments [J]. *J Food Compos Anal*, 2015, (39): 55–61.
- [19] 王瑞生, 张振凌, 王胜超, 等. HPLC 法同时测定五倍子发酵百药煎中没食子酸和鞣花酸含量[J]. *中国现代中药*, 2016, 18(7): 831–836.
Wang RS, Zhang ZL, Wang SC, et al. Determination of gallic acid and ellagic acid in gallnut fermented Chinese gall leaven by HPLC [J]. *Mod Chin Med*, 2016, 18(7): 831–836.
- [20] 刘艳, 宋立秋, 范俊娟, 等. HPLC 法测定蓝莓中鞣花酸含量[J]. *江苏农业科学*, 2008, (3): 217–219.
Liu Y, Song LQ, Fan JJ, et al. HPLC method for determination of ellagic acid in blueberries [J]. *Jiangsu Agric Sci*, 2008, (3): 217–219.
- [21] 赵慧芳, 吴文龙, 马丽, 等. 基于抗氧化活性分析的蓝莓多酚提取工艺[J]. *食品工业科技*, 2015, 36(5): 251–254, 266.
Zhao HF, Wu WL, Ma L, et al. Separation of polyphenols from blueberry based on antioxidative activities [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2015, 36(5): 251–254, 266.
- [22] 陈梅春, 张海峰, 潘志针, 等. 陈年普洱茶香气成分及清除 DPPH 自由基活性研究[J]. *中国农学通报*, 2015, 31(4): 274–279.
Chen MC, Zhang HF, Pan ZZ, et al. Analysis of aroma components and DPPH scavenging activity of aged pu-erh tea [J]. *Chin Agric Sci Bull*, 2015, 31(4): 274–279.
- [23] 张燕, 余根益, 高敏, 等. 4 种茶的多酚含量、抗氧化性及抑制 α -淀粉酶活性的比较[J]. *河南工业大学学报(自然科学版)*, 2019, (1): 29–83.
Zhang Y, Yu GY, Gao M, et al. Polyphenol content, antioxidative and anti- α -amylase activities of four tea extracts [J]. *J Henan Univ Technol (Nat Sci Ed)*, 2019, (1): 29–83.

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介



赵慧芳, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为黑莓、蓝莓等植物功能性营养物质的研究与利用。

E-mail: nzhenzi_1984@163.com



吴文龙, 研究员, 主要研究方向为黑莓、蓝莓、薄壳山核桃等果树的引种栽培与加工利用研究。

E-mail: 1964wwl@163.com