

桃花中营养及功能性成分分析

刘杰超, 杨文博, 张春岭, 刘 慧, 吕真真, 焦中高*

(中国农业科学院郑州果树研究所, 郑州 450009)

摘要: **目的** 对不同颜色桃花的营养物质和功能性成分进行分析测定, 以明确桃花的化学组成。**方法** 对桃花水提液、乙醇提取液和石油醚提取液中组分进行系统定性鉴定, 并在此基础上对白色、粉色、红色三种桃花中的蛋白质、还原糖、总酚、总黄酮、花色苷含量和氨基酸及酚类物质组成进行分析。**结果** 桃花中含有糖、蛋白质(氨基酸)、有机酸、酚类物质、游离黄酮及其苷类、皂苷、生物碱等, 其中总糖含量为 31.99%~34.53%, 还原糖含量为 18.20%~24.44%, 可溶性蛋白含量为 6.48%~8.19%, 氨基酸含量为 9.68%~12.02%, 总酚含量为 7.30%~9.03%, 总黄酮含量为 3.89%~4.69%, 粉色和红色桃花中含有花色苷, 含量为 2.35%~9.29%, 白色桃花不含花色苷; 不同种类桃花具有不同的氨基酸组成和酚类物质组成。**结论** 桃花富含营养物质与功能性成分, 是一种很有开发利用价值的植物资源。

关键词: 桃花; 营养成分; 功能性成分

Analysis of nutritional and functional constituents in the petals of peach blossom

LIU Jie-Chao, YANG Wen-Bo, ZHANG Chun-Ling, LIU Hui, LV Zhen-Zhen, JIAO Zhong-Gao

(Zhengzhou Fruit Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450009, China)

ABSTRACT: Objective To analyze the nutritional and functional constituents in the petals of peach blossom in order to obtain explicit understanding of the chemical constituents of peach flower. **Methods** The water extract, ethanol extract and petroleum ether extract from peach blossom were systematically analyzed to identify their constituents. The content of total sugar, reducing sugar, protein, total phenol, total flavonoids and anthocyanidin as well as the profiles of amino acids and phenolic compounds of 3 kinds of peach blossoms with different colors were determined. **Results** The peach blossom was weakly acidic and contained sugar, protein, phenolic compounds, flavonoid and glycoside, saponin, alkaloid and other compounds. The content of total sugar, reducing sugar, protein, amino acid, total phenol and total flavonoids were 31.99%~34.53%, 18.20%~24.44%, 6.48%~8.19%, 9.68%~12.02%, 7.30%~9.03%, 3.89%~4.69%, respectively. The content of anthocyanidin in pink and red peach blossom were 2.35%~9.29%. The compositions of amino acids and phenolic compounds were different among the 3 kinds of peach blossoms with different colors. **Conclusion** Peach blossom is rich in nutritional and functional constituents and may be a kind of plant resource with high value of exploitation.

KEY WORDS: peach blossom; nutrient; functional constituent

基金项目: 河南省基础与前沿技术研究计划项目(142300410046)

Fund: Supported by Henan Province Research Program of Foundation and Advanced Technology (142300410046)

*通讯作者: 焦中高, 副研究员, 主要研究方向为果品营养与加工。E-mail: jiaozhonggao@caas.cn

*Corresponding author: JIAO Zhong-Gao, Associate Professor, Zhengzhou Fruit Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Hanghai East Road, Zhengzhou 450009, China. E-mail: jiaozhonggao@caas.cn

1 引言

桃树为蔷薇科李属桃亚属植物, 由于其果实美味、多汁而深受人们喜爱, 在温带国家和地区广泛种植。我国是世界上最大的桃生产国, 桃树栽培面积和桃产量均居世界第一位。桃花为桃树的花朵, 其色泽艳丽、花姿优美, 具有很高的观赏价值, 因此广受人们喜爱。同时, 桃花还被作为保健和药用原料, 用于美容养颜和减肥、治疗便秘等, 不仅可制成花粉涂抹于面部, 还可用来浸酒、泡茶等, 制作具有一定保健功效的食品^[1,2]。现代研究也证实桃花提取物具有抗氧化^[3,4]、酪氨酸酶抑制活性^[5]、防止紫外线辐射引起的表皮细胞 DNA 损伤和皮肤癌变^[6-8]等作用, 但有关桃花中的营养与功能性成分的研究, 国内外的报道极少。柳琪等^[9]分析了肥城桃桃花中蛋白质、氨基酸、维生素和微量元素的含量情况, Liu 等^[10]对不同发育期桃花中多酚物质的组成与含量进行了测定, 但都是采用单一品种的桃花, 关于不同品种、不同类型桃花营养物质与功能性成分的比较分析未见报道。本研究在对桃花不同极性溶剂提取液中的化学组成进行系统定性鉴定的基础上, 选用白色、粉色、红色 3 种桃花, 进一步对其中的部分营养与功能性成分进行分析测定, 并与雪菊、栀子花、玫瑰茄、金银花、桂花等常见花茶或药食两用植物花资源进行比较, 以期对桃花的综合开发利用提供科学依据。

2 材料与方法

2.1 材料

所采桃花均为盛花期, 采自中国农业科学院郑州果树研究所国家果树种质郑州桃资源圃。选用白色、粉色、红色 3 种桃花, 采摘后取花瓣备用。测定水分含量用鲜花, 测定其他成分用阴干桃花。

2.2 试剂与仪器

2.2.1 试剂

Folin-酚试剂、考马斯亮蓝 G250、牛血清白蛋白、氨基酸标准品和多酚标准品(绿原酸、芦丁、金丝桃苷、山奈酚-3-半乳糖苷、槲皮苷、山奈酚-4-葡萄糖苷等)购自美国 Sigma 公司; 其他试剂均为国产分析纯。

2.2.2 主要仪器

GS101-2EB 电热鼓风干燥箱(重庆四达试验设备有限公司); Specord 50 紫外/可见分光光度计(德国 Analytic Jena 公司); 1525-2998 液相色谱系统(美国 Waters 公司); L-8900 氨基酸自动分析仪(日本日立公司); Milli-Q Academic 超纯水机(美国 Millipore 公司); BS214D 电子分析天平(德国赛多利斯公司); DZKW 型电子恒温水浴锅(北京市光明医疗仪器); SHA-C 数显水浴恒温振荡器(江苏省金坛市荣华仪器制造有限公司)。

2.3 实验方法

2.3.1 水提取液的制备

2 g 桃花粉末用 30 mL 蒸馏水冷浸 24 h, 过滤出一部分滤液用于氨基酸、多肽、蛋白质的检验, 剩余的滤液和滤渣 60 °C 水浴提取 30 min, 过滤, 滤液用于糖、多糖和苷类、皂苷、鞣质、有机酸等的定性检验。

2.3.2 乙醇提取液的制备

3 g 桃花粉末用无水乙醇 30 mL 冷浸 24 h, 取滤液 3 mL 沸水浴至无醇味, 加 1.5 mL 5% 盐酸, 过滤, 所得溶液用于生物碱的检验。其他用于黄酮、蒽醌、酚类化合物、苷类、香豆素、内酯、萜类、强心苷、甾体化合物的定性检验。

2.3.3 石油醚提取液的制备

取桃花粉末 1 g 用 5 mL 石油醚提取 3 h 后过滤, 滤液用于挥发油、油脂的定性检验。

2.3.4 营养成分测定

水分含量按 GB5009.3-2010《食品中水分的测定》^[11]用直接干燥法测定; 总糖含量用苯酚-硫酸法^[12]测定; 还原糖含量按 GB/T 5009.7-2008《食品中还原糖的测定》^[13]用直接滴定法测定; 可溶性蛋白含量用考马斯亮蓝比色法^[14]测定; 氨基酸组成按照 GB/T 5009.124-2003《食品中氨基酸的测定》^[15]方法测定。

2.3.5 酚类物质含量测定

总酚含量用 FC 法^[16]测定, 以绿原酸为标样绘制标准曲线, 含量以绿原酸计。总黄酮含量用硝酸铝比色法^[17]测定, 以芦丁为标样绘制标准曲线, 含量以芦丁计。花色苷含量用 pH 示差法^[18]测定。

桃花中酚类物质组成的液相色谱分析按照参考文献^[10]方法测定。

2.3.6 数据处理

水分、蛋白质、总糖、还原糖和酚类物质含量测定重复 3 次, 试验数据用 SPSS 19.0 软件进行统计处理和差异显著性分析。

3 结果与分析

3.1 桃花中化学成分的初步鉴别与定性分析

为了对桃花中的化学组成有一个全面认识, 分别用蒸馏水、无水乙醇、石油醚提取桃花中的化学物质, 制备不同极性溶剂的提取液, 按照植物化学成分的系统预试方法^[19,20]对不同提取液中可能存在的组分进行初步鉴别和定性分析, 结果见表 1、表 2 和表 3。

根据表中所述的系统定性预试结果可初步判断, 桃花中含有糖(多糖)、蛋白质(氨基酸)、有机酸、皂苷、酚类物质、游离黄酮及其苷类、皂苷、生物碱、挥发油等成分, 其中的多糖、氨基酸、酚类物质等都具有多种保健功能与药用价值。

表1 桃花水提液中化学组成的定性鉴定
Table 1 Qualitative identification of chemical constituents in water extract from peach blossom

物质类别	所用试液或方法	正反应指标	反应现象	结果
氨基酸、多肽、蛋白质	茚三酮试液	蓝紫色	蓝紫色	+
	双缩脲试验	紫红色	紫红色	+
皂苷	泡沫实验	大量泡沫, 10 min 后不消失, 且不因加热而消失	泡沫放置 10 min 后不消失	+
	醋酐-浓硫酸反应	呈黄→红→蓝→紫→绿等颜色变化, 最后褪色	溶液颜色由黄色变为浅黄稍带粉色	+
	氯仿-浓硫酸反应	氯仿层呈现红色或蓝色, 硫酸层有绿色的荧光	上层为粉色, 下层为绿色	+
糖、多糖	酚醛缩合反应	界面处呈现棕色、蓝色或紫红环	下层为红棕色	+
	斐林试剂	棕色或砖红色沉淀	红棕色沉淀	+
	碱性酒石酸铜试剂	红色沉淀	棕色沉淀	+
鞣质	三氯化铁试验	绿、蓝或暗紫色	黄棕色溶液	—
	氯化钠白明胶	白色沉淀或浑浊	黄色溶液	—
有机酸	pH 试纸	试纸颜色在 pH7 以下	pH5 左右	+
	溴酚蓝	加入溴酚蓝后变为蓝色	加入溴酚蓝后变为蓝色	+

表2 桃花乙醇提取液中化学组成的定性鉴定
Table 2 Qualitative identification of chemical constituents in ethanol extract from peach blossom

物质类别	所用试液或方法	正反应指标	反应现象	结果
酚类	三氯化铁试验	绿、蓝或暗紫色	绿色	+
	氯化钠白明胶	浑浊或沉淀	浑浊	+
黄酮及其苷类	盐酸-锌粉试验	泡沫处呈红色或紫红色	红色	+
	1%三氯化铝试剂	鲜黄色荧光	黄色	+
生物碱	碘化汞钾试液	白色或淡黄色浑浊	淡黄色浑浊	+
蒽醌类	碱液反应	红色	大量黄色沉淀	—
甾体和萜类	醋酐浓硫酸法	黄-红-紫-污绿	绿色变深, 后褪去为浅蓝色	—
	氯仿-浓硫酸	氯仿层红、蓝色, 硫酸层绿色荧光	上层绿色, 下层为黄色	—
	三氯乙酸反应	红-紫	60 °C 为黄绿色, 100 °C 时黄绿色褪去	—
香豆素-萜类内酯	开闭环反应	加碱澄清, 加酸混浊	大量黄色沉淀	—
	异羟肟酸铁反应	红色	浅黄色	—

表3 桃花石油醚提取液中化学组成的定性鉴定
Table 3 Qualitative identification of chemical constituents in petroleum ether extract from peach blossom

物质类别	所用试液或方法	正反应指标	反应现象	结果
油脂、挥发油	滤纸试验	滤纸上有油斑, 挥发或不挥发	滤纸上有油斑, 室温下挥发	+

3.2 桃花中部分营养与功能性成分的测定结果

为了进一步了解桃花中各种成分的含量, 本研究选用白色、粉色、红色 3 种桃花, 对其中的糖、蛋白质、氨基酸、酚类物质等营养与功能性成分进行分析测定。

3.2.1 总糖、还原糖和蛋白质

糖和蛋白质是人体两大类重要的营养物质, 也是桃花中的主要代谢产物, 因此对桃花中的糖类和蛋白质含量进行测定, 结果见表 4。由表 4 可见, 试验所测 3 种桃花中总糖含量差异不大, 为 31.99%~34.53%, 而还原糖含量差

异较大,为 18.20%~24.44%,蛋白质含量则为 6.48%~8.19%。

表 4 不同颜色桃花中总糖、还原糖和可溶性蛋白含量($n=3$)
Table 4 Content of total sugar, reducing sugar and soluble protein in peach blossoms with different colors ($n=3$)

成分	花色		
	白色	粉色	红色
水分(%)	85.64±0.31 ^a	85.05±0.46 ^{ab}	84.00±0.60 ^b
总糖(%)	33.23±1.25 ^{ab}	34.53±0.86 ^a	31.99±0.91 ^b
还原糖(%)	18.20±0.35 ^c	22.11±0.88 ^b	24.44±0.73 ^a
可溶性蛋白(%)	8.19±0.36 ^a	6.48±0.43 ^b	7.06±0.16 ^b

注:表中同一行有相同字母表示差异不显著,即 $P > 0.05$ 。下同。

3.2.2 氨基酸

不同颜色桃花中均可检出 17 种氨基酸(表 5),其中有 7 种必需氨基酸,这 7 种必需氨基酸含量为 3.56%~3.93%,占总氨基酸总量(E/T 值)的 32.70%~36.78%。桃花的 E/T 值虽稍低于家禽肉蛋白的 E/T 值(39%~43%)^[21],但桃花中必需氨基酸含量、总氨基酸含量均高于栀子花(分别为 2.67%和 7.3%)^[22],与昆仑雪菊(分别为 4.05%和 10.81%)^[23]相当。其中赖氨酸和亮氨酸含量均可达总氨基酸含量的约 7%左右,因此桃花具有较高的营养价值。

3.2.3 酚类物质

不同颜色桃花中总酚、黄酮和花色苷含量的测定结果见表 6。可以看出,不同颜色桃花中总酚、总黄酮和花色苷含量均存在着一定的差别,尤其是花色苷含量的差异最大。红色桃花具有较高的总酚和总黄酮含量,而白色桃花中含量相对较低。白色桃花中不含花色苷,红色桃花中花色苷含量可达粉色桃花的 4 倍,较富含花色苷的玫瑰茄(含量为 5.38 mg/g)^[24]高 72.67%。

另外,从桃花乙醇提取液的可见光吸收光谱图(图 1)中可以看到,在 pH=1.0 时,白色桃花不具有花色苷的典型吸收光谱,粉色和红色桃花具有典型的花色苷的吸收光谱,但粉色桃花的最大吸收在 515 nm,而红色桃花的最大吸收在 519 nm,提示二者不仅在花色苷含量上有较大差别,可能在花色苷组成上也存在差异,桃花中花色苷的组成还需要进一步研究。

对桃花中酚类物质组成的进一步分析结果(表 7)表明,除花色苷外,3 种桃花中酚类物质的种类基本相同,均含有绿原酸、金丝桃苷、山奈酚-3-半乳糖苷、槲皮苷、山奈酚-4-葡萄糖苷等酚酸类和黄酮糖苷类物质,但含量有较大差异,其中红色桃花具有较高的绿原酸含量,而白色桃花中具有较高含量的黄酮糖苷类物质。

表 5 不同颜色桃花中氨基酸含量
Table 5 Content of amino acids in peach blossoms with different colors

成分	花色		
	白色	粉色	红色
天冬氨酸(%)	2.54	2.28	1.41
苏氨酸(%)	0.50	0.47	0.42
丝氨酸(%)	0.73	0.72	0.58
谷氨酸(%)	1.36	1.35	1.34
甘氨酸(%)	0.57	0.54	0.50
丙氨酸(%)	0.61	0.56	0.51
胱氨酸(%)	0.10	0.10	0.10
缬氨酸(%)	0.68	0.65	0.62
蛋氨酸(%)	0.10	0.10	0.09
异亮氨酸(%)	0.47	0.46	0.45
亮氨酸(%)	0.75	0.76	0.70
酪氨酸(%)	0.30	0.29	0.26
苯丙氨酸(%)	0.57	0.53	0.50
赖氨酸(%)	0.86	0.84	0.78
组氨酸(%)	0.30	0.29	0.26
精氨酸(%)	0.55	0.54	0.48
脯氨酸(%)	1.03	1.06	0.68
必需氨基酸(%)	3.93	3.81	3.56
非必需氨基酸(%)	8.09	7.73	6.12
总氨基酸(%)	12.02	11.54	9.68
必需氨基酸/总氨基酸(E/T, %)	32.70	33.02	36.78

表 6 不同颜色桃花中酚类物质含量($n=3$)
Table 6 Content of phenolic compounds in peach blossoms with different colors ($n=3$)

成分	花色		
	白色	粉色	红色
总酚含量(mg/g)	73.01±2.64 ^b	77.81±3.61 ^b	90.31±1.07 ^a
总黄酮含量(mg/g)	38.85±1.00 ^b	46.21±2.91 ^a	46.88±1.56 ^a
花色苷含量(mg/g)	-	2.35±0.06 ^b	9.29±0.21 ^a

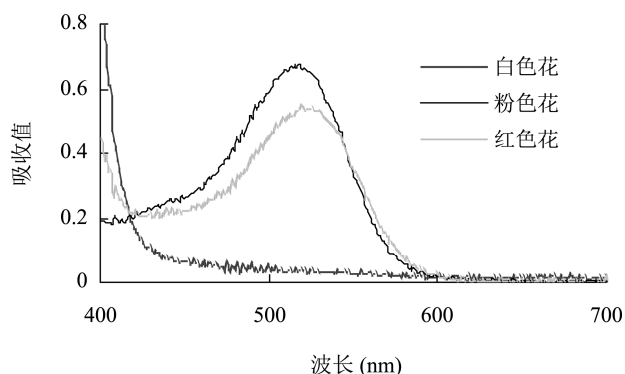


图 1 桃花乙醇提取液可见吸收光谱(pH=1.0)
Fig. 1 Visible absorption spectrum of ethanol extract of peach blossoms with different colors(pH=1.0)

3.3 桃花与常见花茶的营养与功能性成分比较

花茶的饮用在我国具有悠久的历史, 为女人的经典饮品, 如经典的桂花、菊花, 新兴的玫瑰、洛神花、雪菊等。将桃花的化学成分与常见的花茶以及具有清热解暑、疏散风热功能的常用中药金银花等的化学成分做一比较(表 8), 可以发现桃花中的总糖含量与桂花相当, 而高于雪菊、玫瑰; 粗蛋白含量仅次于雪菊和金银花, 高于玫瑰和桂花; 总酚含量稍低于玫瑰, 高于杭白菊; 总黄酮含量低于雪菊和桂花, 但与金银花相当, 并高于杭白菊。从整体来看, 与

常见的花茶相比, 桃花中含有较高含量的营养物质与功能性成分, 如总酚、总黄酮和花色苷等, 具有较高的营养价值和保健价值。

4 结 论

系统预试结果显示, 桃花中含有糖(多糖)、蛋白质(氨基酸)、有机酸、酚类物质、游离黄酮及其苷类、皂苷、生物碱、挥发油等化学组分, 其中的多糖、氨基酸、酚类物质等都具有多种保健功能与药用价值。因此, 桃花是一种营养丰富并具有多种保健功能的植物资源。

不同颜色桃花具有不同的化学组成, 红色桃花具有较高的总酚和总黄酮含量, 而白色桃花中含量相对较低。白色桃花中不含花色苷, 红色桃花中花色苷含量可达粉色桃花的 4 倍。为获得具较佳营养与保健功能的桃花原料, 须对不同品种、类型的桃花的化学组成与功能进行全面的分析和比较, 以筛选最适宜的品种。

目前桃在我国的栽培面积和产量已居世界第一位。在桃的生产过程中, 为了保证果品的品质, 每年要疏掉大量的桃花, 这些桃花目前通常被废弃, 造成资源的严重浪费。本文的研究结果表明桃花是一种含有较高营养物质与功能性成分的重要植物资源, 对桃花中化学成分的进一步深入研究和功能性评价, 将为桃花的进一步开发利用奠定基础。

表 7 不同颜色桃花中酚类物质组成(n=3)
Table 7 Composition of phenolic compounds in peach blossoms with different colors (n=3)

成分	花色		
	白色	粉色	红色
绿原酸(mg/g)	38.50±1.05 ^b	32.53±2.30 ^c	55.25±1.82 ^a
金丝桃苷(mg/g)	3.15±0.11 ^a	0.81±0.03 ^b	0.50±0.03 ^c
山奈酚-3-半乳糖苷(mg/g)	25.26±0.92 ^a	6.52±0.29 ^b	2.33±0.09 ^c
槲皮苷(mg/g)	4.80±0.12 ^a	3.36±0.26 ^b	1.28±0.05 ^c
山奈酚-4-葡萄糖苷(mg/g)	11.47±0.46 ^a	5.99±0.17 ^b	1.14±0.06 ^c

表 8 桃花与常见花茶的营养成分比较
Table 8 Comparison of nutritional constituents in peach blossom with those in common flower teas

花茶种类	总糖	还原糖	可溶性蛋白	总酚	总黄酮
桃花	31.99%~34.53%	18.20%~24.44%	6.48%~8.19%	7.30%~9.03%	3.89%~4.69%
金银花			14.51% ^[25]	0.74% ^[26]	1.15% ^[26] , 4.55% ^[25]
玫瑰花	25.1% ^[27]	3.82% ^[27]		12.51% ^[27]	
杭白菊				3.21~9.76% ^[28]	1.99%~4.46% ^[28]
桂花	1.09%~9.13% ^[29]		1.47%~5.93% ^[29]		6.19%~28.90% ^[29]
雪菊	26.81% ^[30]		13.32% ^[30]		12.28%~14.25% ^[31]

参考文献

- [1] 周玲. 桃花的药用食疗[J]. 山东食品科技, 2004, 6(11): 24.
Zhou L. Pharmaceutical and therapeutic food use of peach blossom [J]. Shandong Food Sci Technol, 2004, 6(11): 24.
- [2] 马建忠, 张有成, 徐小东, 等. 桃花的药用价值[J]. 中医学报, 2013, 28(7): 1020-1022.
Ma JZ, Zhang YC, Xu XD, et al. Medicinal value of peach blossom [J]. China J Chin Med, 2013, 28(7): 1020-1022.
- [3] Li C, Wang MH. Antioxidant activity of peach blossom extracts [J]. J Korean Soc Appl Biol Chem, 2011, 54(1): 46-53.
- [4] 刘杰超, 张春岭, 吕真真, 等. 桃花中总酚和总黄酮的提取及抗氧化活性研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2013, 4(6): 1750-1755.
Liu JC, Zhang CL, Lv ZZ, et al. Extraction of total phenolics and flavanoids from peach blossoms and their antioxidant activity [J]. J Food Saf Qual, 2013, 4(6): 1750-1755.
- [5] 刘杰超, 张巧莲, 焦中高, 等. 桃花提取物对酪氨酸酶的抑制作用及其动力学分析[J]. 果树学报, 2014, 31(5): 836-841.
Liu JC, Zhang QL, Jiao ZG, et al. Inhibitory effect of peach flower extract on tyrosinase and its kinetics analysis [J]. J Fruit Sci, 2014, 31(5): 836-841.
- [6] Heo MY, Kim SH, Kim JH, et al. Protection of the flowers of *Prunus persica* extract from ultraviolet B-induced damage of normal human keratinocytes [J]. Arch Pharm Res, 2000, 23(4):396-400.
- [7] Heo MY, Kim SH, Yang HE, et al. Protection against ultraviolet B- and C-induced DNA damage and skin carcinogenesis by the flowers of *Prunus persica* extract [J]. Mut Res, 2001, 496(1-2):47-59.
- [8] Kim YH, Yang HE, Park BK, et al. The extract of the flowers of *Prunus persica*, a new cosmetic ingredient, protects against solar ultraviolet-induced skin damage *in vivo* [J]. J Cosmet Sci, 2002, 53(1): 27-34.
- [9] 柳琪, 滕薇, 苏本玉, 等. 桃花营养元素的分析与开发[J]. 氨基酸和生物资源, 1996, 18(4): 31-33.
Liu Q, Teng W, Su BY, et al. Analysis of nutrition elements in peach blossom and its potential application [J]. Amino Acids Biotic Res, 1996, 18(4): 31-33.
- [10] Liu JC, Jiao ZG, Yang WB, et al. Variation in phenolics, flavanoids, antioxidant and tyrosinase inhibitory activity of peach blossoms at different developmental stages [J]. Molecules, 2015, 20(11): 20460-20472.
- [11] GB 5009.3-2010 食品安全国家标准 食品中水分的测定[S].
GB 5009.3-2010 National food safety standard-Determination of moisture in foods [S].
- [12] 张惟杰. 糖复合物生化研究技术(第二版)[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 1999.
Zhang WJ. Technology for biochemical research on glycoconjugates. 2nd edition [M]. Hangzhou: Zhejiang University Publishers, 1999.
- [13] GB/T 5009.7-2008 食品中还原糖的测定[S].
GB/T 5009.7-2008 Determination of reducing sugar in foods [S].
- [14] Bradford MM. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding [J]. Anal Biochem, 1976, 72(1): 248-252.
- [15] GB/T 5009.124-2003 食品中氨基酸的测定[S].
GB/T 5009.124-2003 Determination of amino acids in foods [S].
- [16] 李静, 聂继云, 李海飞, 等. Folin-酚法测定水果及其制品中总多酚含量的条件[J]. 果树学报, 2008, 25(1):126-131.
Li J, Nie JY, Li HF, et al. Determination conditions for total polyphenols in fruits and its derived products by Folin-phenol methods [J]. J Fruit Sci, 2008, 25(1): 126-131.
- [17] Yang L, Cao YL, Jiang JG, et al. Response surface optimization of ultrasound-assisted flavonoids extraction from the flower of *Citrus aurantium* L. var. *amara* Engl [J]. J Sep Sci, 2010, 33(9): 1349-1355.
- [18] Giusti MM, Wrolstad RE. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. In: Wrolstad RE, ed. Current protocols in food analytical chemistry [M]. New York: John Wiley & Sons, 2001.
- [19] 董小萍, 吴赵云, 潘超美, 等. 中药品种品质与化学成分实验[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2003.
Dong XP, Wu ZY, Pan CM, et al. Experiment on quality and chemical composition of traditional Chinese medicine [M]. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 2003.
- [20] 甄汉深, 莫缓恒, 周燕园, 等. 青天葵化学成分定性鉴别的试验研究[J]. 广西中医学院学报, 2007, 10(1): 53-55.
Zhen HS, Mo HH, Zhou YY, et al. Experimental research on qualitative identification of chemical composition of *Ford nervillea* leaf [J]. J Guangxi Trad Chin Med Univ, 2007, 10(1): 53-55.
- [21] 钱爱萍, 颜孙安, 林香信, 等. 家禽肉中氨基酸组成及营养评价[J]. 中国农学通报, 2010, 26(13): 94-97.
Qian AP, Yan SA, Lin XX, et al. The content of amino acid in the poultry meats and its nutritive evaluation [J]. Chin Agric Sci Bull, 2010, 26(13): 94-97.
- [22] 李开泉, 陶华蕾. 栀子花氨基酸成分的分析测定[J]. 氨基酸和生物资源, 2011, 33(4): 45-46.
Li KQ, Tao HL. Determination of amino acids component from *Gardenia flower* [J]. Amino Acids Biotic Res, 2011, 33(4): 45-46.
- [23] 木合布力阿不力孜, 张兰, 张敏. 昆仑雪菊中氨基酸的含量分析[J]. 医药导报, 2011, 30(4): 431-432.
Mourboul A, Zhang L, Zhang M. Determination of amino acids in *Coreopsis tinctoria* flower from Kunlun Mountain [J]. Herald Med, 2011, 30(4): 431-432.
- [24] 张赛男, 陈毅勇, 宗俊. 响应面法优化微波提取玫瑰茄花色苷工艺研究[J]. 粮油食品科技, 2005, 23(6):57-61.
Zhang SN, Chen YY, Zong J. Optimization of microwave extraction of roselle anthocyanin by response surface method [J]. Sci Technol Cereals Oils Foods, 2005, 23(6): 57-61.
- [25] 景小琦, 武雪芬, 雷敬卫. 金银花枝叶中粗黄酮、无机元素和蛋白质含量测定[J]. 河南中医, 2001, 21(4): 66-67.
Jing XQ, Wu XF, Lei JW. Content of flavonoids, mineral element and protein in branches and leaves of *Lonicerae japonicae* [J]. Henan Tradit Chin Med, 2001, 21(4): 66-67.
- [26] 张美霞, 任晓霞. 超微粉碎过程对金银花中功能成分的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(8): 51-56.
Zhang MX, Ren XX. Effect of superfine grinding on functional components of *Flos Lonicerae*[J]. Food Sci, 2016, 37(8): 51-56.
- [27] 洪旻祺. 玫瑰花营养成分分析及花青素稳定性研究[J]. 中国食物与营养, 2011, 17(10): 74-77.

- Hong MZ. Nutrition and functional components analysis of rose and stability research of anthocyanins [J]. Food Nutr China, 2011, 17(10): 74-77.
- [28] 于善凯, 张英. 不同品种杭白菊中酚类物质含量和清除自由基活性的比较[J]. 食品科学, 2001, 22(4): 84-87.
- Yu SK, Zhang Y. Studies on phenolic compound content and anti-free radical capacity of several chrysanthemums [J]. Food Sci, 2001, 22(4): 84-87.
- [29] 杨秀莲, 赵飞, 王良桂. 25 个桂花品种花瓣营养成分分析[J]. 福建林学院学报, 2014, 34(1): 5-10.
- Yang XL, Zhao F, Wang LG. Analysis of nutrients in the petals of 25 cultivars of *Osmanthus fragrans* [J]. J Fujian Coll For, 2014, 34(1): 5-10.
- [30] 兰卫, 赵保胜, 李玉清, 等. 昆仑雪菊中多种成分的含量测定[J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(10): 101-103.
- Lan W, Zhao BS, Li YQ, et al. Determination of ingredients in *Coreop Sistictria* [J]. Chin J Exp Tradit Med Form, 2012, 18(10): 101-103.
- [31] 王艳, 张彦丽. 分光光度法测定新疆昆仑雪菊中总黄酮的含量[J]. 新疆医科大学学报, 2011, 34(8): 817-819.

Wang Y, Zhang YL. Determination on total flavonoids content in Kunlun *Chrysanthemum* by visible spectrophotometry method [J]. J Xinjiang Med Univ, 2011, 34(8): 817-819.

(责任编辑: 杨翠娜)

作者简介



刘杰超, 硕士, 副研究员, 主要研究方向为果品化学与营养。

E-mail: liujiechao@caas.cn



焦中高, 博士, 副研究员, 主要研究方向为果品营养与保鲜加工。

E-mail: jiaozhonggao@caas.cn