

金花茶不同时期花瓣营养与生物活性成分分析

张蕾^{1,2}, 倪穗^{1*}, 李纪元^{2*}, 范正琪², 蒋昌杰³, 陈德龙⁴

(1. 宁波大学, 浙江 宁波 315832; 2. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 杭州 311400;

3. 南宁市金花茶公园, 广西 南宁 530022; 4. 广西源之源生态农业投资有限公司, 广西 南宁 530212)

摘要: [目的] 研究金花茶花瓣 4 个典型发育期 3 大类化学成分的时序动态变化, 以确定金花茶花瓣营养与活性成分最适采收期, 为金花茶开发利用提供依据。 [方法] 总黄酮、总多酚采用比色法分析, 膳食纤维采用酶解法分析, 抗坏血酸、可溶性糖采用色谱法分析, 氨基酸采用柱后衍生离子交换色谱法分析, 矿质元素采用原子吸收分光光度法分析。 [结果] 不同发育时期金花茶花瓣总黄酮、总多酚、总膳食纤维、可溶性糖、水解氨基酸和抗坏血酸平均含量分别为 11.1%、1.59%、54.8%、22.9%、2.57% 和 0.294 mg·g⁻¹; 在检测的 7 种常量元素中, 主要常量元素为 K(12.7 g·kg⁻¹)、Ca(2.97 g·kg⁻¹)、Mg(1.78 g·kg⁻¹), 在检测的 8 种矿质微量元素中, 主要微量元素包括 Mn(188 mg·kg⁻¹)、Fe(38.4 mg·kg⁻¹)、Zn(5.93 mg·kg⁻¹); Fe 和 Zn 在初谢期最高, 而 Se 在盛花期最高(0.048 9 mg·kg⁻¹)。生物活性成分含量排序为盛花期 > 花蕾期 > 半开期 > 初谢期, 其它营养成分排序为盛花期 > 初谢期 > 半开期 > 花蕾期。 [结论] 金花茶盛花期花瓣营养及活性成分全面, 协同性好, 适宜开发多种功能性保健食品。

关键词: 金花茶; 不同发育时期; 花瓣; 生物活性成分; 营养成分

中图分类号: S718.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-1498(2019)02-0032-07

金花茶 (*Camellia nitidissima* Chi) 是山茶科 (Theaceae) 山茶属 (*Camellia* L.) 的常绿灌木或小乔木, 主要分布于我国西南部和越南, 集中分布于我国广西南部地区^[1]。金花茶是山茶属中唯一具有金黄色花瓣的珍稀植物类群, 被誉为“茶族皇后”和“植物王国的大熊猫”^[2]。金花茶不仅是名贵的观赏植物, 也是一种新兴的药食兼用植物。近年来, 广西南宁、防城港、北海等地加强金花茶资源的保护和开发, 大力种植金花茶, 发展金花茶的花叶精深加工业, 促进了当地经济发展。

金花茶花、叶均含有丰富的黄酮、多酚、多糖等生理活性成分以及营养成分, 具有抗肿瘤^[3]、抗氧化^[4]、降血脂血糖^[5]、抗过敏、免疫调节^[6]等功效。苏建睦等^[7]、李石容等^[8]、唐前等^[9]分别检测了金花茶的花蕾、花、叶片、种仁中总皂苷、总多酚和总黄酮含量。林华娟等^[10]系统分析了金花茶物种盛花期花朵的主要营养成分及生理活性成分。唐建民

等^[11]报道了金花茶花蕾、开放及初谢期花朵的主要营养成分。目前, 针对金花茶不同发育期花瓣主要营养成分、矿质成分以及生物活性成分的系统研究尚未见报道。本研究测定分析金花茶花 4 个典型发育期 3 大类化学成分的时序动态变化, 揭示金花茶盛花期花瓣营养成分及活性成分特征, 为进一步开发利用金花茶资源食品提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2018 年 1 月于广西南宁市金花茶公园采集金花茶花朵, 分别用锡箔纸包裹, 于液氮中速冻带回实验室, -80℃超低温冰箱保存备用。根据金花茶发育过程中花蕾和花朵典型形态特征, 将其划分为花蕾期、半开期、盛花期和初谢期(表 1、图 1)。

1.2 主要仪器

安捷伦 1290 液相色谱仪(美国 Agilent 公司);

收稿日期: 2018-10-04 修回日期: 2018-12-04

基金项目: 国家政府间国际科技创新合作重点专项(2016YFE0126100); 中国林科院中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(CAFYBB2017ZF001); 宁波市科技富民项目(2017C10050)

* 通讯作者: 倪穗, E-mail: nbnisui@126.com; 李纪元, E-mail: jiyuan_li@126.com。

表1 金花茶花朵不同发育时期划分

Table 1 Classification of the floral development stage of *C. nitidissima*

时期 Stage	直径 Diameter/cm	高度 Height/cm	主要形态特征 Main characteristics
花蕾期 Floral bud	1.99 ± 0.19	2.41 ± 0.15	闭合 Closure
半开期 Half open	2.93 ± 0.36	3.43 ± 0.26	半开 Half-open
盛花期 Full blossom	5.20 ± 0.30	3.26 ± 0.08	盛开 Blossom
初谢期 Early withering	5.12 ± 0.57	3.01 ± 0.43	盛开 Blossom

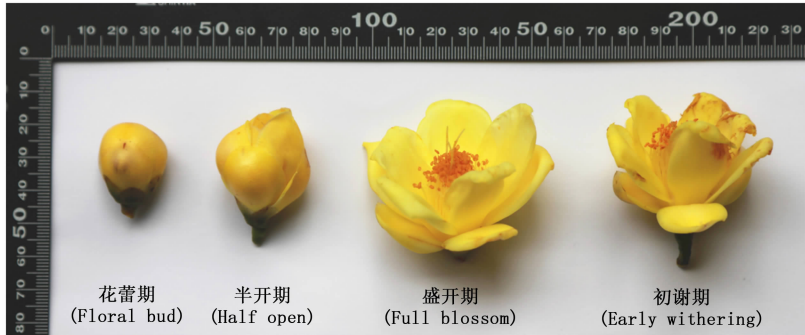


图1 金花茶不同发育时期花蕾和花朵

Fig.1 Floral buds and flowers of *C. nitidissima*

1.3 实验方法

1.3.1 总黄酮含量测定 参考文献[12-13],采用亚硝酸钠-硝酸铝比色法测定,根据样品及实验情况略有修改。精确称取金花茶花瓣干燥样品0.2 g,放入15 mL离心管中,加入65%乙醇提取液10 mL,65℃恒温浸提4 h,4℃、3 500 r·min⁻¹离心10 min,吸取上清液,残渣重复浸提2次至样品颜色泛白,合并3次上清液,混匀备用。准确移取样品提取液1 mL,放置于10 mL的具塞试管中,进行显色反应。按照芦丁标准曲线绘制方法于510 nm测定吸光度,计算总黄酮的含量。

1.3.2 多酚含量测定 参照GB/T 8313-2008^[14],采用比色法测定,以没食子酸为标准品计算样品中多酚含量。

1.3.3 可溶性糖含量测定 参照GB/T 5009.8-2016^[15],采用高效液相色谱法测定。色谱条件:流动相为乙腈:水=70:30(v/v),流速:1.0 mL·min⁻¹,柱温:35℃,示差折光检测器:温度35℃,进样量:20 μL,色谱柱:Inertsil ODS-SP(250 mm×4.6 mm,5 μm)。

1.3.4 抗坏血酸含量测定 参照GB/T 5009.86-2016^[16],采用高效液相色谱法测定。色谱条件:流动相为0.1%磷酸:100%甲醇=98:2(v/v),流速:1.0 mL·min⁻¹,柱温:30℃,二极管阵列检测器,检

测波长:245 nm,进样量:20 μL,色谱柱:Inertsil ODS-SP(250 mm×4.6 mm,5 μm)。

1.3.5 总膳食纤维含量测定 参照GB/T 5009.88-2014^[17],采用酶解法测定。金花茶花瓣粉末经冷冻干燥、脱脂、脱糖处理后进行酶解反应去除蛋白质和淀粉,将所得酶解液进行沉淀、抽滤、洗涤,得残渣质量,去除蛋白质和灰分质量,得总膳食纤维含量。

1.3.6 水解氨基酸含量测定 参照GB/T 5009.124-2016^[18],采用茚三酮柱后衍法测定。金花茶花瓣试样匀浆后用6 mol·L⁻¹盐酸溶液水解,将水解液浓缩蒸干,加柠檬酸钠缓冲液溶解后测定。

1.3.7 矿质元素含量测定 参照LY/T 1270-1999^[19],采用湿灰化法测定Ca、Mg、K、Na、Fe、Cu、P、S、Zn、Mn含量,试样加硝酸与高氯酸消煮后测定。Cr、Se、Ni、Sn含量参考文献[20]采用电感耦合等离子体质谱法测定,试样加硝酸和30%过氧化氢于消解罐内,经微波消解炉消解后测定。Cl⁻含量参考文献[21]采用离子色谱法测定,试样用甲醛和0.01 mol·L⁻¹氢氧化钠溶液提取,上清液过膜测定。

1.4 数据分析

每个样品重复测定3次,均以干物质质量计算含量,结果表示为平均值±标准差。用Excel 2003软件对实验数据进行平均值、标准差和变异系数(Coefficient of variance, CV)计算, CV = 标准差/平

均值 $\times 100\%$ [22]; 利用 SPSS19.0 软件进行差异显著性分析, 运用 Origin 8.0 软件绘图。

2 结果与分析

2.1 金花茶不同时期花瓣生物活性成分与营养素分析

从表 2 可以看出, 从花蕾期到初谢期, 金花茶花瓣总黄酮含量变化幅度为 10.9%~11.5%, 平均值

表 2 金花茶不同时期花瓣生物活性成分与营养素含量

Table 2 Bioactive contents and nutrients of petals in floral development stages of *C. nitidissima*

时期 Stage	总黄酮 Total flavonoids/%	多酚 Total polyphenols/%	总膳食纤维 Total dietary fibers/%	抗坏血酸 Ascorbic acid/($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)
花蕾期 Floral bud	11.5 \pm 0.15a	1.48 \pm 0.10c	54.5 \pm 0.36b	0.411 \pm 0.21a
半开期 Half open	11.0 \pm 0.57b	1.47 \pm 0.17c	53.2 \pm 0.41b	0.346 \pm 0.24b
盛花期 Full blossom	11.0 \pm 0.22b	1.73 \pm 0.25a	57.3 \pm 0.44a	0.243 \pm 0.13c
初谢期 Early withering	10.9 \pm 0.35b	1.68 \pm 0.19b	54.4 \pm 0.49b	0.174 \pm 0.11d
平均值 Mean	11.1 \pm 0.30	1.59 \pm 0.11	54.9 \pm 0.34	0.294 \pm 0.26
变异系数 CV/%	2.44	8.45	3.17	36.0

注: 不同的小写字母表示在 0.05 水平上差异显著, 下同。

Note: Different lowercase letters indicate significant difference at 0.05 level, the same below.

2.2 金花茶不同时期花瓣可溶性糖组分与含量分析

不同时期的金花茶花瓣可溶性糖组分及其含量见图 2。金花茶花瓣中可溶性糖包括蔗糖、葡萄糖、果糖 3 种。可溶性糖总量 4 个时期的平均值 22.86%, 排序为盛花期 (30.41%) > 花蕾期 (21.23%) > 半开期 (20.72%) > 初谢期 (19.06%), 盛花期达到峰值。果糖含量最高且变化较大, 变化幅度 11.50%~18.57%, 平均值 13.42%; 花蕾期、半开期和初谢期果糖较低, 在盛花期达到最大; 葡萄糖含量次之, 变化幅度 6.21%~10.80%, 平均值 8.15%, 不同时期的变异趋势与果糖一致; 蔗糖含量最低, 平均值 1.28%, 变化幅度 1.04%~1.64%, 含量较稳定, 半开期略高。

2.3 金花茶不同时期花瓣氨基酸组成与含量分析

在金花茶 4 个不同发育时期花瓣中共检测出 17 种水解氨基酸, 包括人体必需氨基酸 7 种 (表 3)。从花蕾期到初谢期, 花瓣中氨基酸总量 (Total amino acid, TAA) 依次为 2.92%、2.61%、2.52%、2.23%。在金花茶花蕾生长、盛开及凋谢过程中, TAA 随之降低, 初谢期与花蕾期相比, 降幅达 23.63%。其中含量较高的氨基酸组分是谷氨酸 (0.307%)、天冬氨酸 (0.277%)、亮氨酸 (0.267%) 和赖氨酸 (0.211%)。17 种水解氨基酸在 4 个不同发育时期的变化趋势可归为以下 3 种类型: 初低-中高-后低下降型 (胱氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸); 起伏缓慢

11.1%, 4 个时期含量比较稳定, 呈平缓下降趋势; 花瓣总多酚含量变化幅度为 1.47%~1.73%, 平均值 1.59%, 花蕾期和半开期较低, 在盛花期和初谢期达到峰值; 总膳食纤维含量比较稳定, 变化幅度 53.2%~57.3%, 平均值 54.9%, 盛花期达到峰值; 抗坏血酸含量变异系数较大, 为 36.0%, 随着花蕾不断生长、张开, 其从 0.411 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 急剧降至 0.174 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$, 降幅达 57.7%。

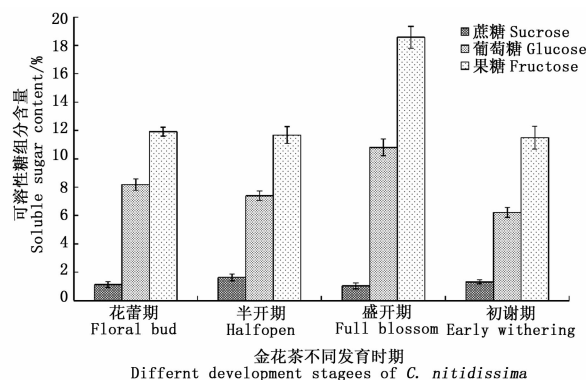


图 2 金花茶不同时期花瓣可溶性糖组成及其含量

Fig. 2 Compositions and contents of soluble sugars in petals at different stages of *C. nitidissima*

下降型 (脯氨酸、丝氨酸、酪氨酸、赖氨酸); 线性平缓下降型 (谷氨酸、天冬氨酸、亮氨酸等 10 种)。金花茶花蕾期、半开期、盛花期和初谢期花瓣中必需氨基酸/总氨基酸变化幅度 40.9%~41.8%, 非常稳定; 必需氨基酸/非必需氨基酸也十分稳定, 其含量平均高达 70.9%。

2.4 金花茶不同时期花瓣矿质营养元素含量分析

在金花茶不同发育时期花瓣中共检测了 15 种矿质营养元素的含量, 包括 7 种常量元素和 8 种微量元素。由表 4 可以看出, 从花蕾期到初谢期, 金花茶花瓣中含量最高的常量元素为 K, 平均值高达 11.6 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 变化幅度 10.3~12.7 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 在盛花期达到峰值; 其次是 Ca, 平均值 2.66 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 在

表3 金花茶不同时期花瓣水解氨基酸组成与含量

Table 3 Compositions and contents of hydrolyzed amino acid of petals in different stages of *C. nitidissima*

水解氨基酸 Hydrolyzed amino acids/%	花蕾期 Floral bud	半开期 Half open	盛花期 Full blossom	初谢期 Early withering	平均值 Mean	变异系数 CV/%
异亮氨酸 Ile *	0.173 ± 0.01a	0.144 ± 0.02b	0.125 ± 0.01c	0.142 ± 0.00b	0.146 ± 0.01	13.6
亮氨酸 Leu *	0.315 ± 0.03a	0.277 ± 0.01b	0.257 ± 0.03c	0.220 ± 0.06d	0.267 ± 0.04	14.8
赖氨酸 Lys *	0.246 ± 0.06a	0.196 ± 0.02c	0.209 ± 0.06b	0.191 ± 0.02d	0.211 ± 0.04	11.8
蛋氨酸 Met *	0.004 93 ± 0.00b	0.014 50 ± 0.00a	—	—	0.004 86 ± 0.00	141
苯丙氨酸 Phe *	0.141 ± 0.01b	0.152 ± 0.02a	0.139 ± 0.01b	0.111 ± 0.03c	0.136 ± 0.02	12.9
苏氨酸 Thr *	0.153 ± 0.01a	0.133 ± 0.03ab	0.136 ± 0.01ab	0.120 ± 0.02b	0.136 ± 0.01	10.0
缬氨酸 Val *	0.184 ± 0.02a	0.169 ± 0.01ab	0.164 ± 0.02ab	0.147 ± 0.01b	0.166 ± 0.02	9.19
丙氨酸 Ala	0.176 ± 0.01a	0.173 ± 0.02a	0.154 ± 0.01b	0.154 ± 0.01b	0.164 ± 0.01	7.24
精氨酸 Arg	0.139 ± 0.05a	0.127 ± 0.03b	0.116 ± 0.02c	0.103 ± 0.01d	0.121 ± 0.03	12.7
天冬氨酸 Asp	0.325 ± 0.04a	0.276 ± 0.06b	0.273 ± 0.07b	0.235 ± 0.08c	0.277 ± 0.06	13.3
胱氨酸 Cys	0.010 4 ± 0.00b	0.033 1 ± 0.00a	—	—	0.010 9 ± 0.00	144
甘氨酸 Gly	0.170 ± 0.01a	0.157 ± 0.01b	0.159 ± 0.02b	0.149 ± 0.01c	0.159 ± 0.01	5.45
谷氨酸 Glu	0.358 ± 0.07a	0.311 ± 0.04bc	0.296 ± 0.05c	0.264 ± 0.05d	0.307 ± 0.05	12.7
组氨酸 His	0.085 0 ± 0.01a	0.070 8 ± 0.01b	0.078 0 ± 0.00ab	0.074 0 ± 0.00b	0.077 0 ± 0.01	7.96
脯氨酸 Pro	0.152 ± 0.03a	0.138 ± 0.01b	0.141 ± 0.05ab	0.064 ± 0.00c	0.124 ± 0.04	32.5
丝氨酸 Ser	0.187 ± 0.02a	0.165 ± 0.01ab	0.177 ± 0.01ab	0.161 ± 0.02b	0.173 ± 0.02	6.85
酪氨酸 Tyr	0.099 0 ± 0.02a	0.077 0 ± 0.01c	0.097 0 ± 0.01ab	0.095 0 ± 0.00b	0.092 0 ± 0.01	11.0
必需氨基酸 EAA	1.22 ± 0.09	1.09 ± 0.05	1.03 ± 0.03	0.931 ± 0.07	1.07 ± 0.06	11.3
总氨基酸 TAA	2.92 ± 0.12	2.61 ± 0.08	2.52 ± 0.10	2.23 ± 0.15	2.57 ± 0.012	11.1
非必需氨基酸 NEAA	1.70 ± 0.07	1.53 ± 0.09	1.49 ± 0.06	1.30 ± 0.11	1.51 ± 0.09	10.9
必需氨基酸 EAA/非 必需氨基酸 NEAA/%	71.8	71.2	69.1	71.5	70.9	1.73
必需氨基酸 EAA/ 总氨基酸 TAA/%	41.8	41.8	40.9	41.7	41.6	1.05

注: *: EAA; —: 未测定,下同。

Note: *: EAA; —: Not detected, the same below.

初谢期达到峰值 $2.97 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,但变化幅度较小;然后是 Mg,变化幅度 $1.53 \sim 1.78 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,平均值为 $1.67 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,4个时期的含量稳定。花瓣中含量较低的常量元素是 Na、Cl,Na 低至 $0.126 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,变化幅度 $0.094 2 \sim 0.160 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$;金花茶花蕾发育成熟、盛开及凋谢过程中,Cl 从 $0.149 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 降至 $0.097 9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。花瓣中 K 含量约为 Na 含量的 80 倍,表现为高 K 低 Na 的特征。

由表 5 可以看出,金花茶花瓣中的主要微量元素为 Mn、Fe 和 Zn。从花蕾期到初谢期,Mn 含量变

化呈起伏上升趋势,变化幅度 $141 \sim 227 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,平均值 $188 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$;Fe 含量变化最大,呈“V”变化趋势,其幅度为 $19.4 \sim 76.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,平均值 $38.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,变异系数高达 67.96%;Zn 含量变化较大,也呈“V”变异趋势,其幅度为 $4.42 \sim 8.67 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,平均值 $5.93 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$;3 种主要微量元素均在初谢期达到峰值。花瓣中 Se 含量最稳定,变化幅度 $0.040 2 \sim 0.048 9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,平均值 $0.044 7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,在盛花期达到峰值。

表4 金花茶不同时期花瓣矿质常量元素含量

Table 4 Macroelement contents of petals in different development stages of *C. nitidissima*

时期 Stage	常量元素 Macro elements/($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)							总含量 Total
	K	Ca	Na	Mg	Cl	P	S	
花蕾期 Floral bud	10.3 ± 1.02c	2.51 ± 0.33c	0.094 ± 0.00cd	1.67 ± 0.05b	0.149 ± 0.04a	1.11 ± 0.10a	1.38 ± 0.09b	17.2 ± 0.97
半开期 Half open	11.4 ± 1.29b	2.31 ± 0.27d	0.109 ± 0.02c	1.53 ± 0.03c	0.144 ± 0.02a	0.761 ± 0.06c	1.17 ± 0.10c	17.4 ± 1.04
盛花期 Full blossom	12.7 ± 1.24a	2.86 ± 0.46b	0.160 ± 0.05a	1.69 ± 0.05ab	0.098 7 ± 0.01b	0.894 ± 0.09b	1.50 ± 0.13a	19.9 ± 1.18
初谢期 Early withering	12.0 ± 1.31ab	2.97 ± 0.51a	0.139 ± 0.03b	1.78 ± 0.06a	0.097 9 ± 0.01b	0.831 ± 0.07bc	1.39 ± 0.10b	19.2 ± 1.06
平均值 Mean	11.6 ± 1.13	2.66 ± 0.29	0.126 ± 0.04	1.67 ± 0.06	0.122 0 ± 0.03	0.899 ± 0.08	1.36 ± 0.11	18.4 ± 0.83
变异系数 CV/%	8.76	11.50	23.56	6.20	22.80	16.77	10.14	—

表5 金花茶不同时期花瓣矿质微量元素含量

Table 5 Trace element contents of petals in different development stages of *C. nitidissima*

时期 Stage	微量元素 Trace elements/(mg · kg ⁻¹)								
	Fe	Zn	Mn	Cu	Cr	Se	Ni	Sn	总含量 Total
花蕾期 Floral bud	19.4 ± 1.81d	5.33 ± 0.34b	216 ± 21.0a	2.82 ± 0.14b	0.326 ± 0.05d	0.046 6 ± 0.00b	2.56 ± 0.11c	0.020 9 ± 0.00d	247 ± 10.0
半开期 Half open	35.8 ± 2.27b	5.30 ± 0.32b	141 ± 13.2c	3.76 ± 0.21a	0.876 ± 0.12a	0.043 2 ± 0.00c	2.63 ± 0.14b	0.029 9 ± 0.00b	189 ± 8.64
盛花期 Full blossom	22.3 ± 1.22c	4.42 ± 0.29c	169 ± 16.4b	2.15 ± 0.09c	0.535 ± 0.06c	0.048 9 ± 0.01a	2.55 ± 0.09c	0.023 2 ± 0.00c	201 ± 9.89
初谢期 Early withering	76.0 ± 2.61a	8.67 ± 0.74a	227 ± 21.6a	3.65 ± 0.19a	0.688 ± 0.08b	0.040 2 ± 0.00d	4.20 ± 0.22a	0.056 7 ± 0.01a	320 ± 15.2
平均值 Mean	38.4 ± 1.92	5.93 ± 0.53	188 ± 14.7	3.10 ± 0.18	0.606 ± 0.09	0.044 7 ± 0.01	2.99 ± 0.12	0.032 7 ± 0.01	239 ± 10.9
变异系数 CV/%	67.96	31.62	21.41	24.46	38.46	8.54	27.16	50.39	—

3 讨论

金花茶4个特征发育时期中,花瓣的总黄酮含量排序为花蕾期>盛花期>半开期>初谢期,随着花蕾生长和张开,呈现平缓下降趋势;总多酚、可溶性糖含量和总膳食纤维含量均在盛花期最高;总多酚、可溶性糖和总膳食纤维在金花茶植株内随着花芽的发育成熟逐渐积累,在盛花期达到峰值,待花朵开始凋谢,这些成分的分解量大于积累量,且花朵含水量上升,所以整体含量均呈现下降趋势。抗坏血酸容易氧化分解,其含量则急剧下降;水解氨基酸不同种类的变异类型虽有差异,但17种氨基酸总含量仍呈现明显线性下降趋势;7种常量元素含量在盛花期达到峰值;8种微量元素总含量在初谢期达到峰值,明显高于前3个时期,与常量元素相比表现一定的滞后现象。考虑到花蕾较小,而盛花期花朵质量达到最大,因此,金花茶在盛花期营养成分及生理活性成分达到峰值,无论从营养成分含量,还是花朵质量衡量,均是最适采摘期。金花茶花蕾营养丰富,特别是花蕾期抗坏血酸含量最高,8种微量元素含量仅次于初谢期,比盛花期和半开期分别高22%~31%,考虑到花蕾的特殊形态,也是制作金花胎茶的理想采收期。

与扶绥中东金花茶(*C. achrysantha* Chang et S. Y. Liang)花朵相比^[7],金花茶总黄酮含量高于扶绥中东金花茶,但总多酚要低于扶绥中东金花茶;与毛瓣金花茶(*C. pubipetalata* Wan et Huang)花朵相比^[23],金花茶的总黄酮高于毛瓣金花茶,但多酚和抗坏血酸含量较毛瓣金花茶低。本研究中金花茶花瓣总黄酮、总膳食纤维和抗坏血酸含量均高于金花茶的叶片^[24-26],其中总黄酮含量是金花茶成熟叶的18倍,

但多酚含量较叶片低;与茶树(*C. sinensis* (L.) O. Ktze.)的花朵相比^[27-28],金花茶的总多酚含量(1.59%)低于茶树花朵总多酚含量(2.41%),但总黄酮含量(11.1%)、可溶性糖含量(22.86%)和氨基酸含量(2.57%)远高于茶树花朵(3类成分含量分别为0.62%、0.63%、0.503%);除多酚外,金花茶花瓣其它营养成分及生物活性成分含量也较高。李石容^[8]测定金花茶花朵总黄酮含量为13.7%,略高于本研究结果(11.1%),前者对黄酮类化合物进行了初步分离纯化,消去了些杂质。林华娟等^[10]测定了金花茶盛花期花朵的黄酮类、茶多酚、抗坏血酸含量分别为8.5%、4.42%、0.09%,比本研究中黄酮含量明显偏低,但多酚和抗坏血酸含量显著偏高,这可能与两者采用的测定方法不同有关。唐建民等^[11]测定金花茶花蕾、开放花和初谢花中的黄酮、多酚、可溶性糖、抗坏血酸及粗纤维含量,花蕾黄酮含量低于本研究结果,但开放花和初谢花黄酮含量、多酚、可溶性糖和抗坏血酸含量高于本结果,这些差异可能与两者样品采集时间、样品前处理方式,以及测定方法和计算基准(鲜质量与干鲜程度)的不同有关。

氨基酸是构成蛋白质的基本单位,是营养评价的主要指标^[29]。金花茶花瓣中氨基酸组分构成合理,含量丰富,其中谷氨酸、天冬氨酸、亮氨酸和赖氨酸组分含量较高。金花茶4个发育时期花瓣中必需氨基酸/总氨基酸均高于40%,必需氨基酸/非必需氨基酸均高于60%,已符合FAO/WHO规定的人体所需理想蛋白质模式^[30]。因此,可针对相应的功能,利用金花茶花瓣开发多种氨基酸复合剂,为人体补充所需的氨基酸。谷氨酸和天冬氨酸含量高可增加金花茶冲泡花茶的鲜爽口感;酚/氨比(茶多酚与氨基酸比值)也

是考察制茶适宜性的重要指标^[10],4个时期金花茶花瓣的酚/氮比为5.07、5.63、6.87、7.53,均低于8.00,与唐建民等^[11]研究一致,适宜制作天然清香味的花茶。

矿物质元素是人体不可或缺的营养物质。金花茶花瓣中含量较高的常量元素为K($12.7\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$)、Ca($2.97\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$)、Mg($1.78\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$)。K含量约为Na含量的80倍,与毛瓣金花茶花朵^[23]、金花茶叶片^[24-26]同样都具有高钾低钠的典型特征。金花茶花瓣中含有丰富的K、Ca、Mg,可开发电解质运动饮料,饮料中的电解质有益于调控运动后人体血液离子平衡和水平衡,维持水盐代谢平衡^[31]。微量元素也对人体有着不可忽视的作用,缺少微量元素会影响人体神经系统、免疫功能,造成内分泌失调等不良后果^[32]。金花茶初谢期花瓣中Fe元素含量较高($76.0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$),远高于毛瓣金花茶花朵($15.5\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)^[23]和金花茶叶片^[24-25],但Zn含量稍低于后者;金花茶花瓣中Se含量较为丰富($0.0489\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)且稳定,具有一定的富集硒元素的功能,是毛瓣金花茶($0.004\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)^[23]的10倍,使金花茶花瓣具有比其它金花茶物种更好的协同保健功能。

总黄酮、总多酚是金花茶花朵中最重要的生物活性成分,可以清除自由基,具有抗衰老、抗氧化、增强机体免疫力、抗菌除臭等功能^[33-34]。抗坏血酸具有较强的抗氧化功能,随着温度升高和光照增强均会引起其自身氧化分解,故在花朵生长过程中会有明显的流失。金花茶花瓣中含有较高的膳食纤维,膳食纤维不易被人体内的消化酶所消化^[35],高膳食纤维食品可促进肠道蠕动,因而具有改善人体消化系统的功能,可用于开发预防便秘等功能性食品。

4 结论

4个发育时期中,金花茶花瓣生物活性成分以及营养成分含量存在着差异,花瓣中生物活性成分含量排序为全开期>花蕾期>半开期>初谢期,而其它营养成分含量排序为全开期>初谢期>半开期>花蕾期。综合分析结果表明,金花茶盛开期花瓣的营养成分及生物活性成分丰富且全面,协同性好,能够满足人体的需要,利于机体吸收,有较高的营养价值,可用于研发对人体有益的多种功能性保健食品。

参考文献:

[1] 张宏达,任善湘. 中国植物志:第49卷第3分册[M]. 北京:科学出版社,1998.

[2] 梁盛业. 中国金花茶图谱[M]. 北京:中国林业出版社,2012.

[3] Dai L, Li J L, Liang X Q, et al. Flowers of *Camellia nitidissima* cause growth inhibition, cell-cycle dysregulation and apoptosis in a human esophageal squamous cell carcinoma cell line[J]. *Molecular Medicine Reports*, 2016,14(2):1117-1122.

[4] Song L X, Wang X S, Zheng X Q, et al. Polyphenolic antioxidant profiles of yellow camellia[J]. *Food Chemistry*, 2011,129(2):351-357.

[5] Wang W X, Liu H Y, Wang Z N, et al. Phytochemicals from *Camellia nitidissima* Chi inhibited the formation of advanced glycation end-products by scavenging methylglyoxal[J]. *Food Chemistry*, 2016,205(3):204-211.

[6] He D Y, Li X Y, Sai X, et al. *Camellia nitidissima* C. W. Chi: a review of botany, chemistry, and pharmacology[J]. *Phytochemistry Reviews*, 2017,17(2):327-349.

[7] 苏建睦,王小敏,莫昭展,等. 金花茶茶花中茶多酚和总黄酮含量分析[J]. 玉林师范学院学报:自然科学,2014,35(5):64-68.

[8] 李石容. 金花茶茶花黄酮类化合物的分离纯化及抗氧化活性的初步研究[D]. 广东湛江:广东海洋大学,2012.

[9] 唐前,罗燕英,黄连冬,等. 金花茶组植物化学成分的定量分析[J]. 时珍国医国药,2009,20(4):769-771.

[10] 林华娟,秦小明,曾秋文,等. 金花茶茶花的化学成分及生理活性成分分析[J]. 食品科技,2010,35(10):88-91.

[11] 唐健民,史艳财,廖玉琼,等. 金花茶茶花的营养成分分析[J]. 广西植物,2017,37(9):1176-1181.

[12] 林立,林乐静,毛阳正,等. 秀丽槭叶总黄酮的提取及其抗氧化能力研究[J]. 核农学报,2016,30(12):2373-2381.

[13] 尚志春,王宝昌,张微微,等. 正交试验优选南山茶花中总黄酮的提取工艺[J]. 中国药房,2013,24(27):2526-2528.

[14] 中华全国供销合作总社杭州茶叶研究院. GB/T 8313-2008 茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法[S]. 北京:中国标准出版社,2008.

[15] 国家食品药品监督管理总局. GB 5009.8-2016 食品安全国家标准 食品中果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖、乳糖的测定[S]. 北京:中国标准出版社,2016.

[16] 国家食品药品监督管理总局. GB 5009.86-2016 食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定[S]. 北京:中国标准出版社,2016.

[17] 国家食品药品监督管理总局. GB 5009.88-2014 食品安全国家标准 食品中膳食纤维的测定[S]. 北京:中国标准出版社,2014.

[18] 国家食品药品监督管理总局. GB 5009.124-2016 食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定[S]. 北京:中国标准出版社,2016.

[19] 中国林业科学研究院林业研究所森林土壤研究室. LY/T 1270-1999 森林植物与森林枯枝落叶层全硅、铁、铝、钙、镁、钾、钠、磷、硫、锰、铜、锌的测定[S]. 北京:中国标准出版社,1999.

[20] 李春盈,张玉英. 植物类中药材及饮片18种重金属及有害元素研究[J]. 分析测试学报,2016(12):1634-1638.

[21] 罗金辉,吕岱竹,潘永波. 离子色谱法测定蔬菜水果中氯离子、亚硫酸盐、硫酸盐含量[J]. 热带作物学报,2011,32(6):1176-1180.

[22] 耿乙文,靳婧,李庆鹏,等. 不同产地苹果渣营养成分差异性分析研究与评价[J]. 核农学报,2016,30(2):288-294.

[23] 柴胜丰,唐健民,陈宗游,等. 毛瓣金花茶花朵中化学成分及生

- 理活性物质分析[J]. 时珍国医国药, 2016,27(3):575-577.
- [24] 赵鸿杰, 罗昭润, 丁岳炼, 等. 金花茶老叶和嫩叶营养成分分析[J]. 内蒙古农业大学学报:自然科学版, 2016,37(5):52-56.
- [25] 韦记青, 漆小雪, 蒋运生, 等. 同群落金花茶与显脉金花茶叶片营养成分分析[J]. 营养学报, 2008,30(4):420-421.
- [26] 梁 机, 杨振德, 卢天玲, 等. 从茶多酚及氨基酸含量比较 8 种金花茶制茶适宜性[J]. 广西科学, 1999,6(1):72-74.
- [27] 田国政, 王东辉, 周光来, 等. 茶树花营养成分的分析与评价[J]. 湖北民族学院学报:自然科学版, 2004, 22(2):26-28.
- [28] 杨普香, 刘小仙, 李文金. 茶树花主要生化成分分析[J]. 中国茶叶, 2009, 31(7):24-25.
- [29] 李昌龙. 各种氨基酸的作用[C]//中国生物发酵产业协会. 2013 年国际氨基酸产业发展高峰论坛论文集, 上海: 国际氨基酸产业发展高峰论坛, 2013:109-114.
- [30] Food & Agriculture Organization, World Health Organization. Energy and Protein Requirements (Technical Report Series No. 52) [R]. Geneva: World Health Organization, 1973: 1.
- [31] 陈满斐. 电解质饮料对运动员水盐代谢影响的研究[D]. 上海: 上海体育学院, 2011.
- [32] 于朝云, 杨 慧. 微量元素与人体生理功能的关系[J]. 山东医药, 2009,49(9):113-114.
- [33] 贾旭东. 茶类黄酮类功能及其应用[J]. 国外医学:卫生学分册, 2001,28(6):369-371.
- [34] 杨贤强, 曹明富, 沈生荣, 等. 茶多酚生物学活性的研究[J]. 茶叶科学, 1993,13(1):51-59.
- [35] Esposito F, Arlotti G, Bonifati A M, et al. Antioxidant activity and dietary fibre in durum wheat bran by-products. [J]. Food Research International, 2005,38(10):1167-1173.

Analysis on the Nutrients and Bioactive Components of Petals in Different Floral Stages of *Camellia nitidissima*

ZHANG Lei^{1,2}, NI Sui¹, LI Ji-yuan², FAN Zheng-qi², JIANG Chang-jie³, CHEN De-long⁴

(1. Ningbo University, Ningbo 315832, Zhejiang, China; 2. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Hangzhou 311400, Zhejiang, China; 3. Nanning Golden Camellia Park, Nanning 530022, Guangxi, China; 4. Guangxi Yuanzhiyuan Eco-Agriculture Investment Co., Ltd, Nanning 530212, Guangxi, China)

Abstract: [Objective] To determine the best harvest period at the peak of nutrients and active ingredients and to provide solid basis for processing utilization of *Camellia nitidissima* by studying the dynamic patterns of three chemical components in 4 typical developmental stages of its petals. [Method] Total flavonoids and total polyphenols were determined by colorimetric method, dietary fiber by enzymatic method, ascorbic acid and soluble sugar by chromatography, amino acids by high performance ion exchange chromatography (HPIEC) with post-column derivatization, and mineral elements by atomic absorption spectrometry. [Result] The average content of total flavonoids, total polyphenols, total dietary fiber, soluble sugar, hydrolyzed amino acids and ascorbic acid in the petals of *C. nitidissima* at different developmental stages were 11.1%, 1.59%, 54.8%, 22.9%, 2.57% and 0.294 mg · g⁻¹, respectively. Among the seven major elements tested, the main macro-elements were K (12.7 g · kg⁻¹), Ca (2.97 g · kg⁻¹), Mg (1.78 g · kg⁻¹). Among the eight mineral trace elements detected, the main trace elements included Mn (188 mg · kg⁻¹), Fe (38.4 mg · kg⁻¹), Zn (5.93 mg · kg⁻¹). Fe and Zn reached their peaks in early withering, while Se had the highest value in blooming period (0.048 9 mg · kg⁻¹). The contents of bioactive components were ranked as below: full blossom > floral bud > half open > early withering. The rank of other nutrients were full blossom > early withering > half open > floral bud. [Conclusion] *C. nitidissima* petals are rich in the bioactive components and nutrients with good coordination in the full blossom, and are suitable for processing various kinds of functional food products.

Keywords: *Camellia nitidissima*; floral development stages; petals; bioactive contents; nutrients

(责任编辑:金立新)