

# 代茶冬青不同季节叶片营养成分分析

邹 薛<sup>1</sup>, 扈嘉鑫<sup>1</sup>, 袁虎威<sup>1</sup>, 章建红<sup>2</sup>, 郑炳松<sup>1</sup>, 闫道良<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>浙江农林大学亚热带森林培育国家重点实验室, 杭州 311300;

<sup>2</sup>宁波市农业科学研究院, 宁波 315040

**摘要:**为了解代茶冬青(*Ilex vomitoria*)叶片主要营养物质的含量,开展代茶冬青的多元化利用,本研究以代茶冬青春季嫩叶、夏季成熟叶和秋季老叶为材料,对不同季节新鲜叶片采用冷冻干燥法,测定和分析评价了叶片中的矿质元素、可溶性糖、可溶性蛋白、粗脂肪、维生素 C 和氨基酸含量,以期为开发利用代茶冬青提供科学依据。研究结果表明:代茶冬青叶片含有丰富的矿质营养元素。春季叶片中矿质元素含量最高,其中 N、P、Fe、Mn 含量显著高于夏季和秋季( $P < 0.05$ )。春季叶片中可溶性糖、可溶性蛋白、粗脂肪最高,同样显著高于夏季和秋季。代茶冬青叶片总氨基酸含量最高的是春季,为 1 645.139  $\mu\text{g/g}$ ,其次是夏季,为 1 425.104  $\mu\text{g/g}$ ,最低的是秋季,为 554.806  $\mu\text{g/g}$ 。叶片中必需氨基酸含量最高的是春季,为 571.620  $\mu\text{g/g}$ ,其次是夏季,为 394.809  $\mu\text{g/g}$ ,最低的是秋季,为 225.185  $\mu\text{g/g}$ 。方差分析表明,不同季节代茶冬青叶片氨基酸含量差异显著。同时,利用主成分分析提取 2 个主成分,依据各主成分得分值与方差贡献率建立综合评价模型,得到 3 个季节代茶冬青叶片氨基酸含量的综合得分,由高到低依次为夏季、春季、秋季。综上所述,代茶冬青春季嫩叶中含有较为丰富的矿质元素和可溶性糖等有机营养物质,是采摘加工利用的适宜时期。

**关键词:**代茶冬青;营养成分;差异比较

中图分类号:Q946

文献标识码:A

文章编号:1001-6880(2023)10-1747-08

DOI:10.16333/j.1001-6880.2023.10.011

## Analysis of nutritional components of *Ilex vomitoria* leaf in different seasons

ZOU Xue<sup>1</sup>, HU Jia-xin<sup>1</sup>, YUAN Hu-wei<sup>1</sup>, ZHANG Jian-hong<sup>2</sup>, ZHENG Bing-song<sup>1</sup>, YAN Dao-liang<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>State Key Laboratory of Subtropical Silviculture, Zhejiang A&F University, Hangzhou 311300, China;

<sup>2</sup>Ningbo Academy of Agricultural Sciences, Ningbo 315040, China

**Abstract:** In order to clarify the content of main nutrients in the leaves of *Ilex vomitoria* to carry out the diversified utilization, this study took young leaves of *I. vomitoria* in spring, mature leaves in summer and old leaves in autumn as materials, and used freeze-drying method to measure and analyze the content of mineral elements, soluble sugars, soluble proteins, crude fats, vitamin C and amino acids in leaves in different seasons, providing scientific basis for its development and utilization. The results showed that the leaves of *I. vomitoria* were rich in mineral nutrients. The content of mineral elements in spring leaves was the highest, and the contents of N, P, Fe and Mn were significantly higher than those in summer and autumn ( $P < 0.05$ ). The soluble sugar, soluble protein and crude fat in the leaves of *I. vomitoria* in spring were the highest, and significantly higher than those in summer and autumn. The highest total amino acid content in the leaves of *I. vomitoria* was 1 645.139  $\mu\text{g/g}$  in spring, followed by 1 425.104  $\mu\text{g/g}$  in summer, and the lowest was 554.806  $\mu\text{g/g}$  in autumn. The highest essential amino acid in leaves was 571.620  $\mu\text{g/g}$  in spring, followed by 394.809  $\mu\text{g/g}$  in summer, and the lowest was 225.185  $\mu\text{g/g}$  in autumn. Analysis of variance showed that there were significant differences in amino acid content of *I. vomitoria* leaves in different seasons. At the same time, principal component analysis was used to extract two principal components, and a comprehensive evaluation model was established according to the score value of each principal component and variance contribution rate. The comprehensive scores of amino acid content of *I. vomitoria* leaves in three seasons were obtained, which were summer, spring and autumn in order from high to low. In summary, the spring leaves of *I. vomitoria* contain relatively

收稿日期:2023-03-07

接受日期:2023-05-29

基金项目:宁波市“科技创新 2025”重大专项(2019B10014);中央财政林业科技推广示范资金([2020]TS 07 号)

\*通信作者 Tel:86-015088796090;E-mail:liangsie@zafu.edu.cn

rich mineral elements and soluble sugars, making it a suitable period for picking, processing, and utilization.

**Key words:** *Ilex vomitoria*; nutrient composition; difference comparison

代茶冬青 (*Ilex vomitoria*) 隶属于冬青科冬青属, 是一种富含咖啡因和抗氧化成分的常绿灌木, 其原产于美国东南部, 其叶和嫩枝传统上用来制作健康饮料<sup>[1,2]</sup>。咖啡因是茶等饮料植物中含有的活性物质, 寻找新的富含咖啡因植物资源, 以代替茶等常规饮料植物, 是保护和减轻原料植物压力的重要途径。代茶冬青因具有独特的活性物质咖啡因, 近年来成为“茶”替代品的明星之物, 具有巨大的经济和社会效益, 开发和利用前景广阔。目前, 国内外学者对代茶冬青的研究多集中于叶片化学成分方面<sup>[3,4]</sup>, 对其年生长周期营养成分含量及其变化鲜有报道。因此, 本文以不同季节代茶冬青新鲜叶片为研究对象, 采用冷冻干燥法, 对其矿质元素和主要有机营养物质含量进行了测定和分析评价, 以期为代茶冬青的产业化开发利用提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 仪器与试剂

凯式定氮仪 (KND04A, 上海昕瑞仪器仪表有限公司); 石墨消解仪 (HCA-100, 上海叶拓科技有限公司); 分光光度计 (UV-1600, 苏州赛力威仪器有限公司); 电感耦合等离子体发射光谱仪 (Elan DRC-e, 赛默飞世尔科技有限公司); 千分之一天平 (JE1002, 上海浦春计量仪器有限公司); 脂肪测定仪 (SZF-06A, 上海秋佐科技有限公司); 高效液相色谱仪 (Agilent 1100, 赛默飞世尔科技有限公司); 酶标仪 (800TS-SN, 安捷伦科技 (中国) 有限公司); 色谱柱 (250 mm × 4.6 mm, 5 μm, Amethyst C18-H, Sepax); 浓硫酸、过氧化氢、高氯酸、盐酸、浓硝酸 (化学纯, 扬州华富化工有限公司); 蒽酮、无水葡萄糖、牛血清蛋白、考马斯亮蓝 G-250、5 mg/L 磷标准溶液、乙醇、磷酸、正亮氨酸内标溶液、17 种氨基酸标准品 (分析纯, 国药集团化学试剂有限公司); 石油醚、乙腈、苯酚、冰醋酸、维生素 C、无水乙酸钠 (化学纯, 上海泰坦化学有限公司)。

### 1.2 植物材料

选取经分类专家鉴定、健壮生长的 6 年生代茶冬青植株。栽植地位于浙江农林大学东湖校区茶园, 土质为疏松的有机黄壤, 海拔 96 m。以代茶冬青植株当年生枝条上的叶为材料, 分别采摘春季 (4 月) 嫩叶、夏季 (7 月) 成熟叶和秋季 (10 月) 老叶, 置

于低温盒中, 并迅速带回实验室, 经低温冷冻干燥、粉碎后用于检测各项指标。

### 1.3 测定方法

代茶冬青叶片营养元素的测定按照国家标准或者行业标准。矿质元素中氮含量的测定采用凯式定氮法, 磷含量的测定采用钼锑抗比色法, 钾、钙、镁、硫、铁、锰、锌、铜含量的测定参照 GB/T 5009.268-2016《食品中多元素的测定》; 可溶性糖的测定采用蒽酮比色法<sup>[5]</sup>; 可溶性蛋白的测定参照 GB/T 5009.5-2016《食品中蛋白质的测定》; 粗脂肪的测定参照 GB/T 5009.6-2016《食品中粗脂肪的测定》; 维生素 C 的测定参照 GB/T 5009.86-2016《食品中抗坏血酸的测定》。

氨基酸的测定采用高效液相色谱法: 称取约 1.0 g 样本, 加入 25 mL 0.1% 苯酚和 5 mol/L 盐酸, 进行研磨, 烘干之后, 加入 2 mL 0.1 mol/L 盐酸水溶液, 过滤膜待衍生, 再分别将 100 μL 上述待衍生的清液和 100 μL 氨基酸标准品溶液分别置于 2 mL EP 管中; 向每个离心管中依次加入 20 μL 正亮氨酸内标溶液、100 μL (确保 pH > 7) 三乙胺乙腈溶液、100 μL 异硫氰酸苯酯乙腈溶液, 混匀后在 25 °C 环境下放置 1 h, 分别往每个离心管里面加入 1 mL 正己烷, 混合均匀后放置 10 min。取稀释 5 倍的下层溶液经过滤后上机检测; 色谱仪: Agilent 1100 高效液相色谱仪, 紫外检测器波长为 254 nm, 色谱柱: 赛分 Amethyst C<sub>18</sub>-H (250 mm × 4.6 mm, 5 μm), 柱温: 40 °C, 流速: 1 mL/min, 进样体积: 10 μL, 流动相 A: 由 6.6 g 无水乙酸钠、950 mL 蒸馏水、70 mL 冰醋酸、70 mL 乙腈组成的混合溶液, 流动相 B: 80% 乙腈水溶液。按下列洗脱梯度洗脱: 0 ~ 2 min, 100% A; 2 ~ 15 min, 100% A → 90% A; 15 ~ 25 min, 90% A → 70% A; 25 ~ 33 min, 70% A → 55% A; 33 ~ 38 min: 55% A → 0% A; 35 ~ 45 min: 0% A → 100% A。氨基酸计算方法为各种氨基酸浓度 (μg/mL) =  $F_1/F_2 \times C$ , 其中  $F_1$  为样本溶液中各氨基酸峰面积/内标峰面积,  $F_2$  为混合氨基酸标准品溶液中各氨基酸峰面积/内标峰面积,  $C$  为混合氨基酸标准品中各氨基酸浓度。

### 1.4 数据处理方法

#### 1.4.1 适用性检验

采用相关系数矩阵直观检验, 计算氨基酸之间

的 Pearson 相关系数,依据相关系数矩阵中相关系数的大小得出原始变量之间的线性关系,以此来进行适用性检验<sup>[6]</sup>。

#### 1.4.2 主成分分析法

主成分分析,是考察多个变量之间相关性的一种多元统计分析方法,也就是从原始变量中选取少数几个变量尽可能保留原始变量的相关信息<sup>[7-10]</sup>。本试验采用主成分分析法研究代茶冬青叶片中氨基酸的种类与含量,为代茶冬青叶片的开发利用及加工提供理论依据。

#### 1.5 数据统计分析

所有实验均重复三次,结果以平均数 $\pm$ 标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,并通过 SPSS 17.0 软件采用单因素方差分析法进行显著性分析。

### 2 结果与分析

#### 2.1 代茶冬青叶片矿质营养元素变化

对春、夏、秋 3 个季节的叶片主要元素含量测定

表 1 代茶冬青不同季节叶片矿质营养元素含量( $\bar{x} \pm s, n=3$ )

Table 1 Content of mineral nutrient elements in leaves of *I. vomitoria* in different seasons( $\bar{x} \pm s, n=3$ )

季节 Season	常量元素 Macroelement (g/kg)						微量元素 Microelement (mg/kg)			
	N	P	K	Mg	Ca	S	Fe	Mn	Zn	Cu
春季 Spring	17.002 $\pm 0.148^a$	1.886 $\pm 0.046^a$	14.090 $\pm 0.135^a$	2.943 $\pm 0.018^a$	3.736 $\pm 0.044^b$	0.826 $\pm 0.008^b$	81.090 $\pm 2.762^a$	1512.076 $\pm 16.32^a$	232.030 $\pm 2.045^a$	11.270 $\pm 0.13^a$
夏季 Summer	11.904 $\pm 0.453^b$	0.716 $\pm 0.025^c$	13.163 $\pm 0.256^a$	1.753 $\pm 0.194^b$	4.066 $\pm 0.549^b$	1.400 $\pm 0.753^a$	66.823 $\pm 2.452^b$	693.243 $\pm 63.21^c$	181.996 $\pm 24.352^b$	12.210 $\pm 2.958^a$
秋季 Autumn	11.862 $\pm 0.168^b$	1.145 $\pm 0.024^b$	12.513 $\pm 0.172^a$	2.693 $\pm 0.016^a$	5.466 $\pm 0.023^a$	0.753 $\pm 0.006^b$	71.726 $\pm 0.068^b$	995.790 $\pm 0.574^b$	276.173 $\pm 0.393^a$	11.900 $\pm 0.118^a$

注:同列不同小写字母代表差异显著( $P < 0.05$ )。

Note: Different lowercase letters in the same column represent significant differences ( $P < 0.05$ ).

#### 2.2 代茶冬青叶片主要营养成分变化

对春、夏、秋 3 季的代茶冬青叶片可溶性糖、可溶性蛋白、粗脂肪和维生素 C 的含量测定与分析表明,不同采摘季节叶片的营养成分差异显著(见表 2)。可溶性糖、可溶性蛋白、粗脂肪和维生素 C 含量变化范围分别为 269.808 ~ 447.786、13.163 ~ 28.959、1.986 ~ 3.046 和 17.106 ~ 29.101 mg/g。

表 2 代茶冬青不同季节叶片营养成分含量( $\bar{x} \pm s, n=3$ )

Table 2 Content of nutritional components of *I. vomitoria* leaves in different seasons( $\bar{x} \pm s, n=3$ )

季节 Season	可溶性糖 Soluble sugar (mg/g)	可溶性蛋白 Soluble protein (mg/g)	粗脂肪 Crude fat (mg/g)	维生素 C Vitamin C (mg/g)
春季 Spring	447.786 $\pm 4.454^a$	28.959 $\pm 0.430^a$	3.046 $\pm 0.025^a$	17.106 $\pm 0.426^c$
夏季 Summer	269.808 $\pm 0.171^c$	13.163 $\pm 0.421^c$	1.986 $\pm 0.007^c$	22.298 $\pm 0.325^b$
秋季 Autumn	324.657 $\pm 10.303^b$	16.175 $\pm 0.591^b$	2.401 $\pm 0.034^b$	29.101 $\pm 0.543^a$

注:同列不同小写字母代表差异显著( $P < 0.05$ )。

Note: Different lowercase letters in the same column represent significant differences ( $P < 0.05$ ).

与分析表明(见表 1),常量元素氮(N)、磷(P)、钾(K)、镁(Mg)、钙(Ca)和硫(S)含量变化范围分别为 11.892 ~ 17.002、0.716 ~ 1.886、12.513 ~ 14.009、1.753 ~ 2.943、3.736 ~ 5.466 和 0.753 ~ 1.400 g/kg;微量元素中铁(Fe)、锰(Mn)、锌(Zn)和铜(Cu)含量变化范围分别为 66.823 ~ 81.090、693.243 ~ 1512.076、181.996 ~ 276.173 和 11.270 ~ 12.210 mg/kg。

代茶冬青叶片矿质元素含量在不同季节采摘总体表现为春季最高,秋季最低。春季叶片中 N、P、Fe、Mn 显著高于夏季与秋季( $P < 0.05$ ),其中 N 含量高达 17.002 g/kg。夏季的 S 含量显著高于春季和秋季;秋季的 Ca 含量显著高于春季和夏季;春季和秋季 K、Mg、Zn、Cu 含量差异不显著;春、夏、秋三个季节 K、Cu 含量差异不显著。综上结果表明,春季采摘的嫩叶具有较为丰富的矿质元素。

春季可溶性糖、可溶性蛋白和粗脂肪含量均最高,分别为 447.786、28.959 和 3.046 mg/g,进入夏季后,含量呈现下降趋势,进入秋季这三者的含量又分别提高为 324.657、16.175 和 2.401 mg/g。维生素 C 含量在秋季最高,为 29.101 mg/g,总的来说,在不同采摘季节这 4 种营养物质变化较为明显,春季采摘嫩叶是获取这 4 种营养物质含量最高的最佳时期。

### 2.3 代茶冬青叶片氨基酸含量变化

如表3所示,在春季,叶片氨基酸含量最高的是精氨酸,为402.807  $\mu\text{g/g}$ ,最低的是甲硫氨酸,为21.618  $\mu\text{g/g}$ 。在夏季,叶片氨基酸含量最高的是天冬氨酸,为324.169  $\mu\text{g/g}$ ,最低的是半胱氨酸,为11.955  $\mu\text{g/g}$ 。在秋季,叶片氨基酸含量最高的是异亮氨酸,为116.341  $\mu\text{g/g}$ ,含量最低的是组氨酸,为9.281  $\mu\text{g/g}$ 。叶片总氨基酸含量最高的是春季,为

1 645.139  $\mu\text{g/g}$ ,其次是夏季,为1 425.104  $\mu\text{g/g}$ ,最低的是秋季,为554.806  $\mu\text{g/g}$ 。叶片中人体必需氨基酸含量最高的是春季,为571.620  $\mu\text{g/g}$ ,其次是夏季,为394.809  $\mu\text{g/g}$ ,最低的是秋季,为225.185  $\mu\text{g/g}$ 。综上,代茶冬青叶片中17种氨基酸含量在春季采摘含量呈现最高,在秋季采摘则最低,两者差异显著( $P < 0.05$ )。

表3 代茶冬青不同季节叶片氨基酸含量( $\bar{x} \pm s, n=3$ )

Table 3 Amino acid content of *I. vomitoria* leaves in different seasons( $\bar{x} \pm s, n=3$ )

氨基酸 Amino acid	氨基酸含量 Amino acid content( $\mu\text{g/g}$ )		
	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn
天冬氨酸 Asp	72.865 $\pm$ 7.915 <sup>b</sup>	324.169 $\pm$ 6.664 <sup>a</sup>	21.880 $\pm$ 3.627 <sup>c</sup>
谷氨酸 Glu	157.452 $\pm$ 5.719 <sup>b</sup>	323.713 $\pm$ 4.589 <sup>a</sup>	89.853 $\pm$ 1.949 <sup>b</sup>
丝氨酸 Ser	36.621 $\pm$ 9.505 <sup>ab</sup>	66.555 $\pm$ 1.407 <sup>a</sup>	11.223 $\pm$ 0.908 <sup>b</sup>
甘氨酸 Gly	39.683 $\pm$ 2.064 <sup>a</sup>	12.152 $\pm$ 0.825 <sup>b</sup>	9.378 $\pm$ 0.817 <sup>b</sup>
组氨酸 His	28.697 $\pm$ 3.097 <sup>b</sup>	121.972 $\pm$ 1.672 <sup>a</sup>	9.281 $\pm$ 0.659 <sup>b</sup>
精氨酸 Arg	402.807 $\pm$ 6.846 <sup>a</sup>	16.314 $\pm$ 0.277 <sup>c</sup>	106.759 $\pm$ 0.326 <sup>b</sup>
苏氨酸 Thr	37.326 $\pm$ 0.822 <sup>a</sup>	33.019 $\pm$ 1.858 <sup>b</sup>	9.387 $\pm$ 0.786 <sup>c</sup>
丙氨酸 Ala	130.617 $\pm$ 1.371 <sup>a</sup>	88.441 $\pm$ 3.472 <sup>b</sup>	36.503 $\pm$ 0.786 <sup>c</sup>
脯氨酸 Pro	76.401 $\pm$ 3.928 <sup>a</sup>	23.026 $\pm$ 1.006 <sup>b</sup>	11.706 $\pm$ 0.497 <sup>c</sup>
酪氨酸 Tyr	73.055 $\pm$ 2.493 <sup>a</sup>	41.998 $\pm$ 2.028 <sup>b</sup>	17.557 $\pm$ 0.756 <sup>c</sup>
缬氨酸 Val	78.621 $\pm$ 2.810 <sup>a</sup>	33.231 $\pm$ 1.984 <sup>b</sup>	14.712 $\pm$ 0.372 <sup>c</sup>
甲硫氨酸 Met	21.618 $\pm$ 1.981 <sup>a</sup>	20.147 $\pm$ 1.058 <sup>a</sup>	9.477 $\pm$ 0.047 <sup>b</sup>
半胱氨酸 Cys	18.355 $\pm$ 1.170 <sup>a</sup>	11.955 $\pm$ 1.119 <sup>b</sup>	15.091 $\pm$ 0.309 <sup>a</sup>
异亮氨酸 Ile	169.920 $\pm$ 8.810 <sup>a</sup>	110.054 $\pm$ 3.132 <sup>b</sup>	116.341 $\pm$ 4.375 <sup>b</sup>
亮氨酸 Leu	174.838 $\pm$ 8.240 <sup>a</sup>	99.527 $\pm$ 3.050 <sup>b</sup>	41.453 $\pm$ 4.312 <sup>c</sup>
苯丙氨酸 Phe	89.914 $\pm$ 3.635 <sup>a</sup>	61.171 $\pm$ 2.590 <sup>b</sup>	21.808 $\pm$ 0.933 <sup>c</sup>
赖氨酸 Lys	36.349 $\pm$ 0.495 <sup>a</sup>	37.660 $\pm$ 2.801 <sup>a</sup>	12.007 $\pm$ 0.403 <sup>b</sup>
必需氨基酸 Essential amino acid	571.620	394.809	225.185
总氨基酸 Total amino acid	1645.139	1425.104	554.806

注:同行不同小写字母代表差异显著( $P < 0.05$ )。

Note: Different lowercase letters in the same industry represent significant differences ( $P < 0.05$ ).

### 2.4 代茶冬青叶片氨基酸相关性分析

由表4可知,17种氨基酸之间具有不同程度的相关性,其中Asp与Glu、Ser、His、Lys、Thr之间,Glu与Ser、His、Ser与His之间,Gly与Ala、Ar、Tyr、Pro、Tyr、Val、Met、Cys、Leu之间,His与Thr、Pro、Tyr、Val、Met、Cys、Leu之间,Arg与Pro、Val、Cys、Ile之间,Thr与Lys、Leu、Ile、Val之间,Ala与Lys、Leu、Ile、Val之间,Pro与Tyr、Val、Met、Cys、Ile、Leu、Phe之间,Phe与Ala、Pro、Tyr、Val、Lys、Leu之间,Lys与Phe之间均呈极显著正相关( $P < 0.01$ )。Thr与Gly

之间,Ala与His、Arg之间,Pro与Thr之间,Tyr与Arg之间,Met与Arg、Thr、Ala、Pro、Tyr、Val之间,Cys与His、Arg、Thr、Pro、Val之间,Ile与Ala、Met之间,Leu与Met之间,Phe与Met、Ile之间,Lys与Glu、Tyr、Val、Met、Leu之间呈显著正相关( $P < 0.05$ ),其他氨基酸之间没有呈现明显的相关性。由于不同氨基酸之间相关性信息复杂,不能够直观评价叶片氨基酸营养品质,因此采用主成分分析,以此来直观地反映研究对象并对其作出客观的评价,便于研究代茶冬青叶片的营养品质。

表 4 代茶冬青不同季节叶片氨基酸种类间相关性分析

Table 4 Correlation analysis of kinds of amino acid of *I. vomitoria* leaves in different seasons

氨基酸 Amino acid	Asp	Glu	Ser	Gly	His	Arg	Thr	Ala	Pro	Tyr	Val	Met	Cys	Ile	Leu	Phe	Lys
Asp	1																
Glu	0.939 **	1															
Ser	0.874 **	0.939 **	1														
Gly	0.018	0.157	0.017	1													
His	0.926 **	0.988 **	0.884 **	0.263	1												
Arg	0.281	0.425	0.244	0.946 **	0.363	1											
Thr	0.738 *	0.583 *	0.631 *	0.678 *	0.946 **	0.423	1										
Ala	0.497	0.313	0.423	0.870 **	0.678 *	0.688 *	0.944 **	1									
Pro	0.104	0.072	0.068	0.991 **	0.870 **	0.922 **	0.732 *	0.909 **	1								
Tyr	0.379	0.176	0.284	0.928 **	0.991 **	0.776 *	0.887 **	0.986 **	0.956 **	1							
Val	0.221	0.033	0.364	0.974 **	0.926 **	0.870 **	0.809 **	0.954 **	0.992 **	0.984 **	1						
Met	0.244	0.418	0.283	0.766 *	0.974 **	0.617 *	0.724 *	0.781 *	0.767 *	0.766 *	0.788 *	1					
Cys	0.492	0.676	0.164	0.950 **	0.766 *	0.864 **	0.743 *	0.397	0.710 *	0.533 *	0.636 *	0.342	1				
Ile	0.148	0.322	0.179	0.534 *	0.950 **	0.955 **	0.887 **	0.741 *	0.943 **	0.835 **	0.903 **	0.658 *	0.874 **	1			
Leu	0.375	0.814 **	0.609 *	0.833 **	0.923 **	0.777 *	0.964 **	0.982 **	0.958 **	0.995 **	0.984 **	0.786 *	0.536 *	0.846 **	1		
Phe	0.561 *	0.375	0.216	0.528 *	0.534 *	0.626 *	0.513 *	0.991 **	0.878 **	0.975 **	0.929 **	0.783 *	0.361	0.714 *	0.974 **	1	
Lys	0.838 **	0.692 *	0.283	0.263	0.833 **	0.346	0.976 **	0.869 **	0.593 *	0.789 *	0.687 *	0.684 *	0.052	0.348	0.785 *	0.902 **	1

注: \*在0.05水平(双侧)显著相关; \*\*在0.01水平(双侧)极显著相关。

Note: \*Significant correlation at the 0.05 level(bilateral); \*\*Highly significant correlation at the 0.01 level(bilateral).

## 2.5 叶片氨基酸主成分分析

对3个季节代茶冬青叶片中17种氨基酸进行主成分分析,由图1、图2、表5可知第1主成分方差贡献率占总变异信息的64.490%,第2主成分方差贡献率占总变异信息34.395%,累计方差贡献率达到98.885%,代表了叶片17种氨基酸的绝大部分信息,可以反映17种氨基酸的综合性状,因此选择

前2个主成分作为综合指标对其品质进行综合评价。

由表6可知 Gly、Ala、Phe、Pro、Tyr、Met、Cys、Val、Leu、Ile、Lys 和 Arg 在第1主成分上有较大的载荷,载荷系数分别为0.913、0.996、0.971、0.953、0.998、0.897、0.563、0.975、0.999、0.814、0.889和0.761,说明第1主成分基本代表了这些氨基酸的信

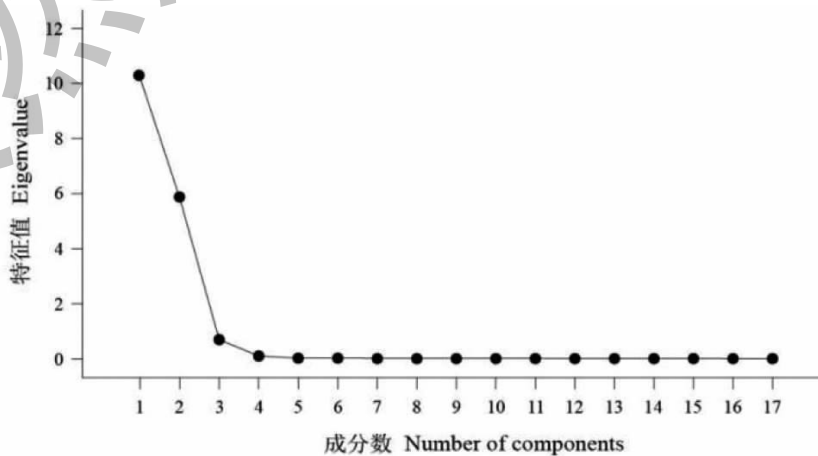


图1 代茶冬青不同季节叶片氨基酸主成分提取碎石图

Fig. 1 Extraction of amino acid principal component from *I. vomitoria* leaves in different seasons

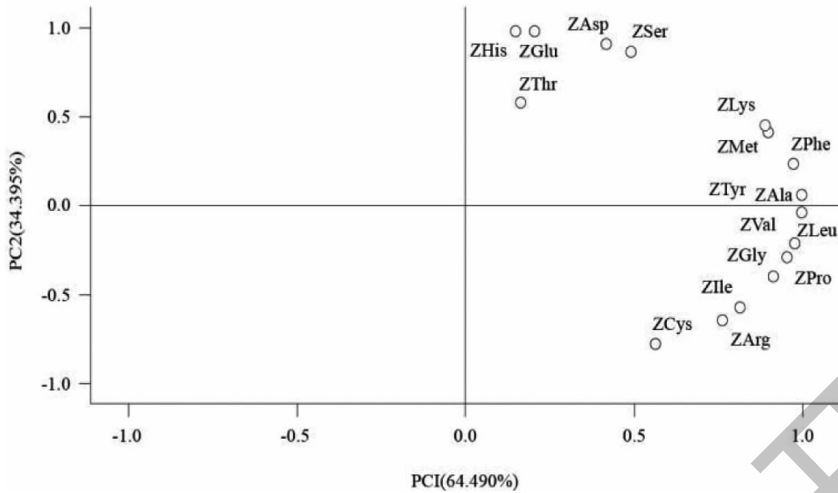


图2 代茶冬青不同季节叶片氨基酸主成分图

Fig. 2 Principal component diagram of amino acid of *I. vomitoria* leaves in different seasons

表5 代茶冬青不同季节叶片氨基酸主成分的初始特征值及累计方差贡献率

Table 5 Initial eigenvalue and cumulative variance contribution rate of amino acid principal components of *I. vomitoria* leaves in different seasons

主成分 Principal component	特征值 Eigenvalue	方差贡献率 Variance contribution rate(%)	累计方差贡献率 Cumulative variance contribution rate(%)
1	10.283	64.490	64.490
2	5.847	34.395	98.855

表6 代茶冬青不同季节叶片氨基酸主成分载荷矩阵

Table 6 Principal component load matrix of amino acid of *I. vomitoria* leaves in different seasons

氨基酸 Amino acid	主成分1 Principal component 1	主成分2 Principal component 2
Asp	0.417	0.903
Glu	0.205	0.973
Ser	0.492	0.860
Gly	0.913	-0.397
His	0.147	0.976
Arg	0.761	-0.642
Thr	0.163	0.577
Ala	0.996	0.062
Pro	0.953	-0.292
Tyr	0.998	-0.023
Val	0.975	-0.213
Met	0.897	0.410
Cys	0.563	-0.777
Ile	0.814	-0.571
Leu	0.999	-0.029
Phe	0.971	0.235
Lys	0.889	0.447

息; Asp、Glu、Ser、His 和 Thr 在第2主成分上有较大的载荷, 载荷系数分别为 0.903、0.973、0.860、0.976 和 0.577, 说明第2主成分反映了这些氨基酸的信息, 因此选择前2个主成分作为综合指标对其氨基酸品质进行综合评价。

以特征值的贡献率大小为分配系数<sup>[11-13]</sup>, 计算出每个主成分的特征值与所提取主成分总的特征值之和的比例, 以此作为权重, 最后得出主成分综合得分模型:

$$F_1 = 0.130\text{Asp} + 1.823\text{Glu} + 0.215\text{Ser} + 0.031\text{Gly} + 0.045\text{His} + 0.237\text{Arg} + 0.051\text{Thr} + 0.311\text{Ala} + 0.297\text{Pro} + 0.311\text{Tyr} + 0.304\text{Val} + 0.280\text{Met} + 0.176\text{Cys} + 0.254\text{Ile} + 0.312\text{Leu} + 0.302\text{Phe} + 0.277\text{Lys}。$$

$$F_2 = 0.373\text{Asp} + 0.402\text{Glu} + 0.356\text{Ser} - 0.164\text{Gly} + 0.404\text{His} - 0.266\text{Arg} + 0.239\text{Thr} + 0.0261\text{Ala} - 0.121\text{Pro} - 0.101\text{Tyr} - 0.088\text{Val} + 0.169\text{Met} - 0.321\text{Cys} - 0.236\text{Ile} - 0.012\text{Leu} + 0.097\text{Phe} + 0.185\text{Lys}。$$

对其按综合主成分分值进行排序, 即可对不同季节叶片营养进行综合评价比较, 结果见表7。

表 7 代茶冬青不同季节叶片氨基酸  
主成分得分和综合得分

Table 7 Principal component scores and comprehensive scores of amino acid of *I. vomitoria* leaves in different seasons

季节 Season	$F_1$	排名 Ranking	$F_2$	排名 Ranking	$F$	排名 Ranking
春季 Spring	2.95	1	-1.58	2	1.24	2
夏季 Summer	2.31	2	3.25	1	2.52	1
秋季 Autumn	-5.31	3	-1.64	3	-3.77	3

由表 7 可以得出,在第 1 主成分中,3 个季节叶片得分最高的是春季,最低的是秋季,即春季中 Gly、Ala、Phe、Pro、Tyr、Met、Cys、Val、Leu、Ile、Lys、Arg 含量较高;第 2 主成分中,得分最高的是夏季,即夏季 Asp、Glu、Ser、His、Thr 含量较高。3 个不同季节代茶冬青叶片所含氨基酸综合评价得分按从高到低排序依次为夏季、春季、秋季。夏季的综合评价得分最高,说明夏季叶片氨基酸综合品质较高,秋季的综合评价得分最低,其氨基酸综合品质较低。

### 3 讨论与结论

作为饮品的“茶”叶中各生化成分的含量受“茶”树品种、季节、自然环境等影响较大,不同季节“茶”叶各生化成分存在明显的差异和一定的变化规律<sup>[14-16]</sup>。我们对代茶冬青叶片各生化成分分析表明,矿质元素中 N、P、Fe、Mn 含量春季最高,因为春季是树叶生长的时期,营养状况良好,且营养元素向新生叶片转移<sup>[17]</sup>;K 元素含量虽然在生长期内逐渐降低,但变化幅度较小,表明代茶冬青叶片 K 元素受季节影响不大;其次数据分析可得春季和秋季代茶冬青叶片中 Zn 和 Cu 含量都高,Zn 和 Cu 是蛋白质的组成成分,这可能春季和秋季蛋白质含量都高有关<sup>[18]</sup>。可溶性糖、氨基酸等含量在不同季节间存在显著差异,其中可溶性糖、可溶性蛋白春季最高、夏季最低,这与 Huang 等<sup>[19]</sup>的研究的结果一致。这可能是因为植物刚开始复苏生长的时候需要更多营养物质流向嫩叶。在夏季,植物的新陈代谢加快,营养元素被消耗,糖类、蛋白类物质被分解转化,所以可溶性糖、可溶性蛋白含量减少。秋季代谢减弱,物质开始积累,可溶性蛋白含量增加。同时春季氨基酸含量最高,这与前人对“黄金茶”成分研究结果一致<sup>[20]</sup>,原因可能是春季气温适中,浙江雨水充沛,加上茶树经过秋冬季节较长时间的休养生息,内在成分及含量较为丰富,特别是氨基酸含量。此外有

研究认为氨基酸含量高,且含有一定量的咖啡因是适宜制绿茶的品种特征要求<sup>[21,22]</sup>。氨基酸是茶叶的主要化学成分之一,其含量与绿茶品质呈正相关<sup>[23-25]</sup>,加上春季芽叶色泽翠绿,香气浓烈,可以说代茶冬青作为春茶采摘是一年当中最优质的茶,而秋季的氨基酸含量低于春夏季,这与 Zhou 等<sup>[26]</sup>对茶的生化成分研究结果一致,原因可能是因为秋季茶树历经春夏两个季节的采收,缺乏体内营养物质。因此针对代茶冬青开发为茶叶利用时,春季采摘是开发利用最适宜的季节。

本文通过对代茶冬青叶片营养成分进行测定与分析,研究结果表明代茶冬青春季叶片中含有较高的矿质元素、可溶性糖、可溶性蛋白和粗脂肪。利用主成分分析法对代茶冬青 3 个季节叶片氨基酸进行分析,得到 2 个主成分。以方差贡献率为权重,依据各主成分得分值与方差贡献率建立综合评价模型,得到不同季节叶片氨基酸含量的综合得分,氨基酸含量综合评价得分排序为夏季 > 春季 > 秋季。综上所述,春季营养物质含量最高,夏季叶片氨基酸较为丰富,秋季代茶冬青叶片中含有较高的维生素 C。因此在实际生产中,可根据需求选择不同季节代茶冬青叶片开发成多种产品。

### 参考文献

- Palumbo MJ, Talcott ST, Putz FE. *Ilex vomitoria* Ait. (Yaupon): a native North American source of a caffeinated and antioxidant-rich tea [J]. *Econ Bot*, 2009, 63: 130-137.
- Palumbo MJ, Putz FE, Talcott ST, et al. Nitrogen fertilizer and gender effects on the secondary metabolism of yaupon, a caffeine-containing North American holly [J]. *Oecologia*, 2007, 151: 1-9.
- Folch C. Ceremony, medicine, caffeinated tea: unearthing the forgotten faces of the North American stimulant Yaupon (*Ilex vomitoria*) [J]. *Com Stud Soc His*, 2021, 63: 464-498.
- Kim Y, Talcott ST. Tea creaming in nonfermented teas from *Camellia sinensis* and *Ilex vomitoria* [J]. *J Agr Food Chem*, 2012, 60: 11793-11799.
- Wang T, Deng LJ, Huang SJ, et al. Genetic relationship, SPAD reading, and soluble sugar content as indices for evaluating the graft compatibility of citrus interstocks [J]. *Biology*, 2022, 11: 1639.
- Xue M, Gao GT, Zhao JM, et al. Principal component analysis and comprehensive evaluation of free amino acids in different varieties of kiwi fruit [J]. *Sci Tech Food Ind* (食品工业科技), 2014, 35: 294-298.

- 7 Yang J, Hou YX, Chang N. Determination of amino acid content and principal component analysis of Shanxi jujube[J]. Food Res Dev(食品研究与开发), 2021, 42:141-145.
- 8 Wu JR, Yue XQ, Zhang M, et al. Analysis and comprehensive evaluation of free amino acids in traditional fermented soybean paste from northeast of China[J]. J Food Biotech(食品与生物技术学报), 2015, 34:158-164.
- 9 Wang LY, Jing RY, Guo Y X, et al. Comprehensive evaluation of 14 edible mushroom varieties from the Chinese market based on amino acid content[J]. Food Sci(食品科学), 2012, 42:203-208.
- 10 Wang LY, Wang XM, Jing RY, et al. Comprehensive quality evaluation and analysis of nutrition components of various flaxseed[J]. Food Mach(食品与机械), 2021, 37:26-32.
- 11 Jiang Y. Comprehensive evaluation of 17 qualities of 84 types of rice based on principal component analysis[J]. Foods, 2021, 10:10-15.
- 12 Li N. Study on ecology protection assessment of Saihan dam based on TOPSIS and principal component analysis[J]. Env Res Eco J, 2022, 6:20-22.
- 13 Wingerde B, Ginkel J. SPSS syntax for combining results of principal component analysis of multiply imputed data sets using generalized procrustes analysis[J]. Appl Psy Meas, 2021, 45:231-232.
- 14 Fan YG, Zhang LX, Xiang QZ, et al. Analysis on seasonal difference of biochemical components in young shoots of different tea varieties in Taian[J]. Shandong Agr Sci(山东农业科学), 2017, 49:58-63.
- 15 Yang ZQ, Xue XT, Wang MZ. Quality analysis of roasted green tea of different tea varieties in spring, summer and autumn[J]. Mod Agric Sci Technol(现代农业科技), 2019, 10:210-212.
- 16 Lei YL, Zhou ZM, Li J, et al. Quality analysis of Baoqing guiding green tea based on principal component and cluster analysis[J]. Sci Technol Food Ind(食品工业科技), 2022, 43:269-277.
- 17 Ren L. Study on leaf structure and composition of *Phoebe zhennan*[D]. Chengdu: Sichuan Agricultural University(四川农业大学), 2019.
- 18 Li GF, Xiong DH, Yang TY. Study on nutrition of three kinds of Fanjing mountains tea[J]. Food Res Dev(食品研究与开发), 2017, 38:134-138.
- 19 Huang XQ, Chai S, Li N, et al. The seasonal changes of quality of Baojing golden tea[J]. Tea Comm(茶叶通讯), 2014, 41:22-24.
- 20 Zhong XQ, Ning J, Liu SJ, et al. Preliminary analysis on chemical composition of Baojing golden tea[J]. Tea Comm(茶叶通讯), 2008, 35:27-29.
- 21 Yang YJ. Early chemical identification of tea breeding quality- II. The relationship between the main biochemical components of fresh leaves and quality of green tea[J]. J Tea Sci(茶叶科学), 1991, 11:127-131.
- 22 Lu JS, Wei FH, Li CH. Study on the relationship between main chemical components and quality of tea varieties[J]. Southwest China J Agric Sci(西南农业学报), 1994, 7:1-5.
- 23 Liu DM, Lv LZ, Zhao FH, et al. Major biochemical components and productive character of fresh tea leaves of four main cultivated tea cultivars in Xinyang[J]. Henan Agric Sci(河南农业科学), 2016, 45:40-44.
- 24 Niyokuri AN, Nyalala S, Wang M. Residual effects of bioslurry and amino acids plant biostimulant on carnation(*Dianthus caryophyllus* L.) flower quality[J]. Adv Horti Sci, 2018, 32:137-142.
- 25 Li F, Chen CL, Tian YP, et al. Seasonal variation of biochemical components of different cultivars of *Camellia sinensis* var. *assamica* in Yunnan[J]. J Food Biotech(食品与生物技术学报), 2022, 41:88-85.
- 26 Zhou SZ, Yao YJ, Guo C, et al. Changes of main biochemical components of tea in different harvest time[J]. Tianjin Agr Sci(天津农业科学), 2016, 22:17-19.