

云南不同品种大叶种茶树生化成分季节变化特征分析

李 芬¹, 陈春林², 田玉萍², 杨雪梅¹, 金 娜¹, 李 梅^{*1}

(1. 滇西应用技术大学 普洱茶学院, 云南 普洱 665000; 2. 云南省农业科学院茶叶研究所, 云南 勐海 666201)

摘要: 探讨品种及季节对云南大叶种茶树生化成分的影响, 为茶树种植品种及茶叶加工采摘季节的选择提供一定理论依据。采用云南大叶种云抗 10 号、云抗 14 号、雪芽 100 号、佛香 2 号和紫娟共 5 个品种为供试材料, 在春、夏和秋三季, 分别取其新梢的一芽二叶进行蒸青固样, 分析不同季节 5 个茶树品种主要生化成分(水分、水浸出物、茶多酚、儿茶素组分、氨基酸、咖啡碱等)的季节变化特征, 并进行不同茶树品种之间生化成分的比较分析。结果表明: 紫娟品种的儿茶素总量较其他品种高, 其中表没食子儿茶素含量显著高于其他品种; 云抗 10 号的水浸出物、儿茶素品质指数显著高于其他品种; 春茶氨基酸含量最高, 且高于制作名优绿茶的阈值; 夏茶水分、咖啡碱、儿茶素(C)及儿茶素总量显著高于其他季节的茶; 秋茶茶多酚含量最高, 氨基酸和儿茶素总量显著低于其他季节的茶。茶叶中主要生化成分在不同品种及不同季节间存在显著性差异, 可根据其生化成分的差异性并结合实践进行茶叶适制性研究。

关键词: 大叶种茶; 季节; 生化成分; 变化特征

中图分类号: S 182 文章编号: 1673-1689(2022)03-0088-08 DOI: 10.3969/j.issn. 1673-1689.2022.03.012

Seasonal Variation of Biochemical Components of Different Cultivars of *Camellia sinensis* var. *assamica* in Yunnan

LI Fen¹, CHEN Chunlin², TIAN Yuping², YANG Xuemei¹, JIN Na¹, LI Mei^{*1}

(1. College of Tea (Pu'er), West Yunnan University of Applied Sciences, Pu'er 665000, China; 2. Yunnan Province Academy of Agricultural Science Institute of Tea, Menghai 666201, China)

Abstract: This study aimed to explore the effect of cultivars and seasons on the biochemical components variation of *Camellia sinensis* var. *assamica* in Yunnan, providing a theoretical basis for the selection of cultivars and seasons of tea harvesting and processing. Five cultivars of *Camellia sinensis* var. *assamica* cv. Yunkang 10, *Camellia sinensis* var. *assamica* cv. Yunkang 14, *Camellia sinensis* var. *assamica* cv. Xueya 100, *Camellia sinensis* var. *assamica* cv. Foxiang 2 and *Camellia sinensis* var. *assamica* cv. Zijuan were used in this study. One bud and two leaves of new shoot were collected and steamed in spring, summer and autumn, respectively. The seasonal variation of main biochemical components of five cultivars was investigated, including water content, water extract, tea polyphenols, amino acids, and caffeine. The biochemical components of different tea varieties were

收稿日期: 2020-12-01

基金项目: 滇西应用技术大学应用基础研究重点项目(2017XJKY0001)。

*通信作者: 李 梅(1988—), 女, 硕士, 助理研究员, 主要从事茶叶生物化学研究。E-mail: limei@pecxy.com

measured and compared. The results showed that the content of total catechin of *Camellia sinensis* var. *assamica* cv. Zijuan was higher than other cultivars, and its epigallocatechin contents was significantly higher than that of other cultivars. The highest content of water extract and catechin quality index were observed in *Camellia sinensis* var. *assamica* cv. Yunkang 10. The content of amino acid in spring tea was the highest, which was even higher than the threshold of famous qualified green tea. The contents of water, caffeine, catechin (C) and the total of catechin in summer tea were significantly higher than those in other seasons. The content of polyphenols in tea collected in autumn was the highest, while the total contents of amino acids and catechin were significantly lower than those in other seasons. The biochemical components of tea showed significant differences among different cultivars and different seasons. The suitability of tea processing can be studied according to the differences of biochemical components and combined with the practice.

Keywords: *Camellia sinensis* var. *assamica*, season, biochemical components, variation characteristics

大叶种茶树(*Camellia sinensis* var. *assamica*)是在云南特殊生态环境条件下繁衍的具有自身独特个性的栽培品种,可分为乔木、小乔木等^[1]。云南大叶种茶树的代表性品种可分为群体种、无性系品种两类^[2]。群体种主要是凤庆种、勐库种、勐海种等;无性系品种(以无性繁殖方式选育出来的云南大叶种后代)主要有:云抗 10 号、雪芽 100 号、云抗 14 号、长叶白毫、云梅、佛香 2 号、紫娟、云瑰、矮丰、云抗 37 号等。云南大叶种茶是最原始的茶树品种,茶叶中各种成分含量丰富,远高于中小叶种^[3]。其中,大叶种茶叶中的茶多酚^[4-5]和咖啡碱^[6]质量分数分别是小叶种的 1.5 倍和 1.8 倍,儿茶素质量分数是小叶种的 1.1 倍^[7]。云南大叶种茶树是制作红茶、绿茶、普洱茶等多种茶类的重要原材料^[8-9]。

茶叶的初级代谢产物和次级代谢产物是茶叶品质的重要影响因素^[10-11],茶叶的次级代谢产物茶多酚(tea polyphenols),以儿茶素为主要组成^[12-13],与茶叶色、香、味等的形成密切相关。氨基酸是茶汤滋味的决定性因素,其中茶氨酸能增强茶汤甜味,缓解茶汤的苦涩味^[12-13]。茶叶中的咖啡碱(caffeine)、可可碱(theobromine)和茶叶碱(theophylline)3 类生物碱化合物,对人体有一定的保健药理功效,研究表明,茶叶中的生物碱类化合物具有抗病毒、抗炎、镇痛等多方面药理活性^[13-14]。同时,茶叶的水分含量在茶叶加工、储存等环节起着重要作用^[15],研究表明,茶叶中水分质量分数超过 10%时,不仅易发生霉

变,且其中的有益生化成分(如氨基酸等)含量发生减少^[16]。茶叶的水浸出物是茶汤主要呈味物质^[17],其含量高低反映了茶叶中可溶性物质的多少,标志着茶汤滋味的浓强程度和汤色等的变化,在一定程度上反映茶叶品质的优劣^[18]。因此,研究不同品种之间茶叶生化成分的差异及同一品种不同采摘季节茶叶生化成分变化特征,对茶叶品质的提高具有重要作用。

目前,已有关于茶树不同采摘季节茶叶生化成分的报道,如周顺珍对贵州湄潭县茶树春、夏和秋三季不同采收时期茶叶主要生化成分的变化进行探讨^[19];张见明分析了福建武夷山不同季节白牡丹等武夷名丛的主要生化成分^[20];范延良等对山东泰安茶区不同品种嫩梢生化成分的季节差异进行了分析^[21];潘顺顺等对广东不同季节翠玉品种 3 大茶类生化成分进行了研究^[22];周喆等探究了不同紫芽茶树不同季节主要生化成分变化^[23];周玉忠等监测了云南大叶种茶树中儿茶素组分,包括 EC(表儿茶素)、EGC(表没食子儿茶素)、ECG(表儿茶素没食子酸酯)、EGCG(表没食子儿茶素没食子酸酯)含量的季节变化^[24],但只测定了部分生化成分,且未明确茶树品种对生化成分的影响。

因此,作者从云南省农业科学院茶叶研究所科研试验基地采摘云抗 10 号、云抗 14 号、雪芽 100 号、佛香 2 号和紫娟共 5 个茶树品种春、夏和秋三季的一芽二叶。采用常规及高效液相色谱法测定试

样中的主要生化成分含量,其中包括水分、水浸出物、茶多酚、儿茶素组分(C、EC、EGC、ECG、EGCG)、氨基酸、咖啡碱。探究不同品种之间茶叶生化成分的差异性及春、夏和秋三季茶树嫩梢生化成分变化特征。为茶树种植品种及茶叶加工采摘季节的选择提供一定理论依据。

1 材料与方法

1.1 样品采集

分别于2019年4月(春季)、7月(夏季)、10月(秋季)3个茶叶采摘季节采摘云南省农业科学院茶叶研究所科研试验基地的云抗10号、云抗14号、雪芽100号、佛香2号和紫娟共5个茶树品种的一芽二叶制成蒸青茶样,共15个样品待测。

1.2 试剂和仪器

1.2.1 主要试剂 甲醇(色谱纯)、乙腈(色谱纯):美国安捷伦有限公司产品;茚三酮(分析纯):中国医药公司北京采购供应站产品;酒石酸钾钠(分析纯)、硫酸亚铁(分析纯):天津市双船化学试剂厂产品;无水乙醇(分析纯):汕头市西陇化工厂有限公司产品;磷酸氢二钠(分析纯)、磷酸二氢钾(分析纯):天津市风船化学试剂科技有限公司产品;氯化亚锡(分析纯):天津市化学试剂三厂产品;盐酸(分析纯):重庆川东化工集团有限公司产品;表没食子儿茶素没食子酸酯(纯度 $\geq 98\%$)、表儿茶素没食子酸酯(纯度 $\geq 98\%$)、表没食子儿茶素(纯度 $\geq 98\%$)、表儿茶素(纯度 $\geq 98\%$)、儿茶素(纯度 $\geq 98\%$)、咖啡碱(纯度 $\geq 98\%$):上海晶纯生化科技有限公司产品。

1.2.2 主要仪器 DFD-700 恒温水浴锅:上海亚荣生化仪器厂产品;BS201S 电子天平:北京赛多利斯天平有限公司产品;孔径过滤膜(0.45 μm)、NEX 超纯水机:北京普析通用仪器有限责任公司产品;X-5 紫外可见分光光度计:上海元析仪器有限公司产品;101-3ABS 恒温电热干燥箱:北京市永光明医疗仪器厂产品;1200 型高效液相色谱系统:美国 Agilent 公司产品。

1.3 实验方法 茶多酚采用 GB/T8313—2018 中的酒石酸亚铁比色法测定^[25-26]。游离氨基酸采用 GB/T8314—2013 中的茚三酮比色法测定^[27-28]。儿茶素、咖啡碱采用高效液相色谱法测定^[29]。水分含量采用 GB/T 8304—2013 中的恒重法测定^[30]。水浸出物采用 GB/T8305—2013 中的沸水萃取法进行测定^[31-32]。

每个样品有3个平行样,保证测定样品数据的准确性。

1.4 儿茶素品质指数计算

儿茶素品质指数($\%$)= $(\omega_{\text{EGCG}}+\omega_{\text{ECG}})/\omega_{\text{ECG}}\times 100$
式中: ω_{EGCG} 为 EGCG 在干试样中的质量分数, $\%$;
 ω_{ECG} 为 ECG 在干试样中的质量分数, $\%$; ω_{EGC} 为 EGC 在干试样中的质量分数, $\%$ ^[33]。

1.5 统计分析

采用 Excel 2016、SPSS19.0 和 Origin 8.5 进行数据分析。

2 结果与分析

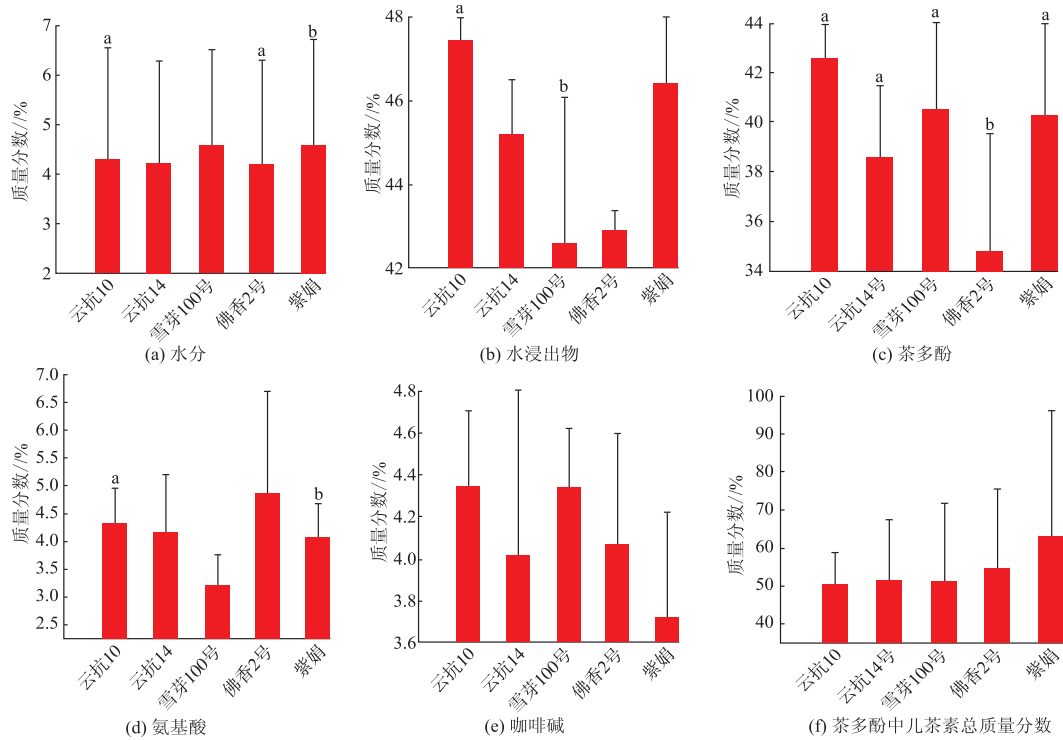
2.1 不同品种云南大叶种茶树的生化成分差异

不同品种云南大叶种茶树(云抗10号、云抗14号、雪芽100号、佛香2号和紫娟)主要生化成分的测定结果见图1和图2。不同品种水分质量分数为2.13%~6.80%,紫娟样品平均水分质量分数显著高于云抗10号和佛香2号($P<0.05$);样品水浸出物质量分数为39.28%~50.69%,云抗10号中水浸出物平均质量分数显著高于雪芽100号($P<0.05$);佛香2号在所有品种中茶多酚质量分数最低,且显著低于其他4种品种;样品中氨基酸质量分数为2.64%~6.89%,云抗10号的氨基酸平均质量分数显著高于紫娟。

不同品种中C的质量分数为0.05%~5.50%,云抗14号中C的平均质量分数显著高于紫娟($P<0.05$);所有品种中紫娟的EGC平均质量分数最高,是云抗10号的1.8倍;ECG在样品中的质量分数为2.12%~7.71%,云抗10号显著高于雪芽100号($P<0.05$);不同品种中EGCG质量分数为2.21%~17.45%,紫娟的平均质量分数显著高于佛香2号;不同品种之间咖啡碱、EC及儿茶素总量并无显著性差异。

2.2 不同季节云南大叶种茶树的生化成分差异

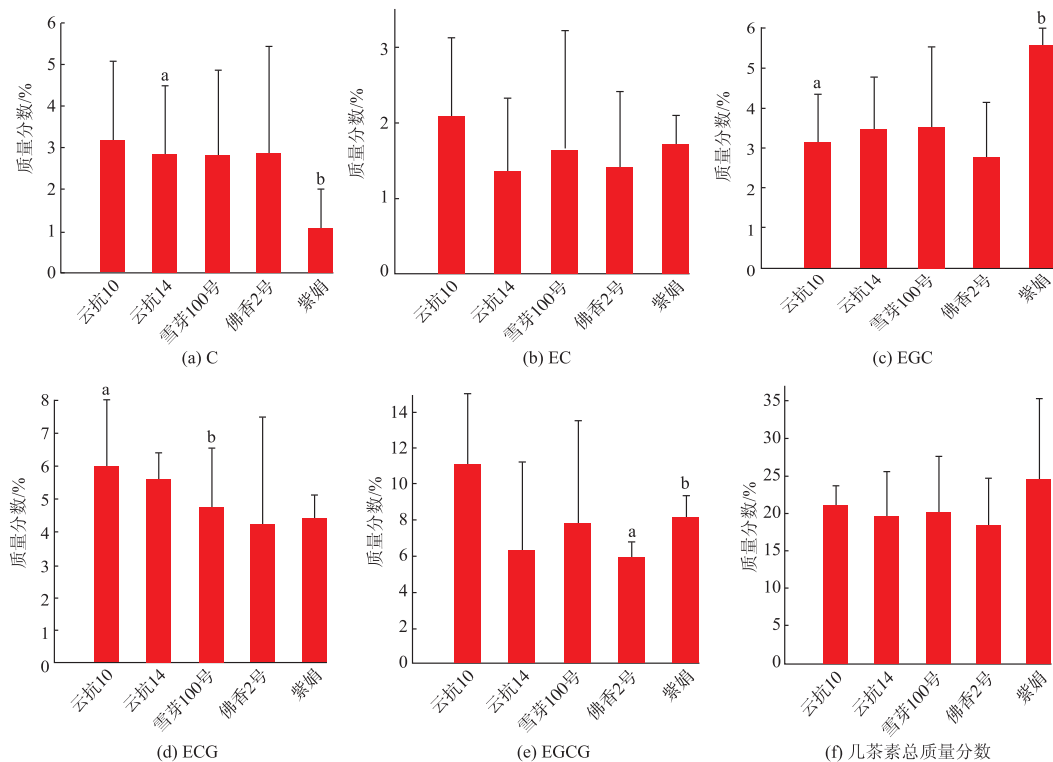
不同季节(春、夏和秋)云南大叶种茶树主要生化成分的检测结果见图3和图4。其中,不同季节水分含量的高低顺序为夏季>秋季>春季,且3个季节之间水分含量存在显著性差异;茶多酚质量分数受季节影响大,顺序为秋季>夏季>春季,且3个季节之间差异显著;春季的氨基酸质量分数显著高于秋季($P<0.05$),达到秋季的1.39倍;咖啡碱在春季质量分数均值为(3.67 $\pm$ 0.27)%,夏季为(4.57 $\pm$ 0.21)%,秋季为(4.06 $\pm$ 0.42)%,春季含量显著低于秋季和夏



不同小写字母表示不同品种间生化成分质量分数存在显著差异($P < 0.05$)。

图 1 不同品种云南大叶种茶树主要生化成分比较

Fig. 1 Comparison of biochemical components in different cultivar



不同小写字母表示不同品种间儿茶素组分存在显著差异($P < 0.05$)。

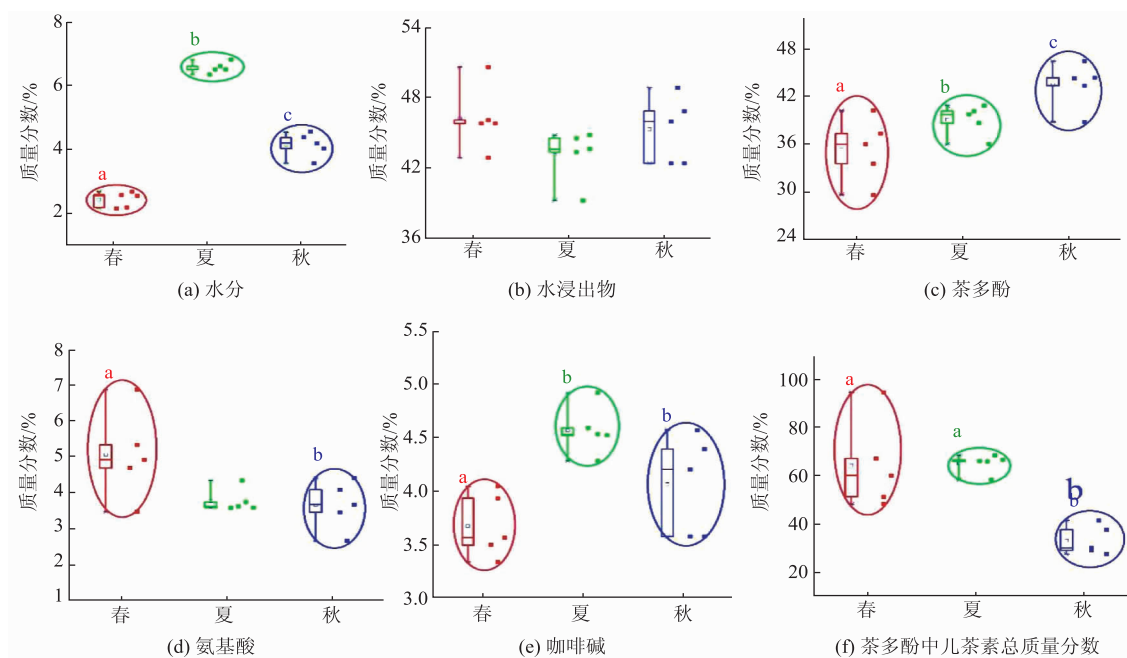
图 2 不同品种云南大叶种茶树儿茶素组分及其总质量分数的比较

Fig. 2 Comparison of catechins contents and the total mass fraction of catechins in different cultivar

季 ($P<0.05$); 水浸出物在 3 个季节无显著性差异。

秋季 C 的质量分数显著低于春季和夏季 ($P<0.05$)。儿茶素总质量分数平均值分别为春季 (22.68 ± 6.07)%、夏季 (25.46 ± 1.23)%、秋季 (14.53 ± 2.92)%，春、夏两

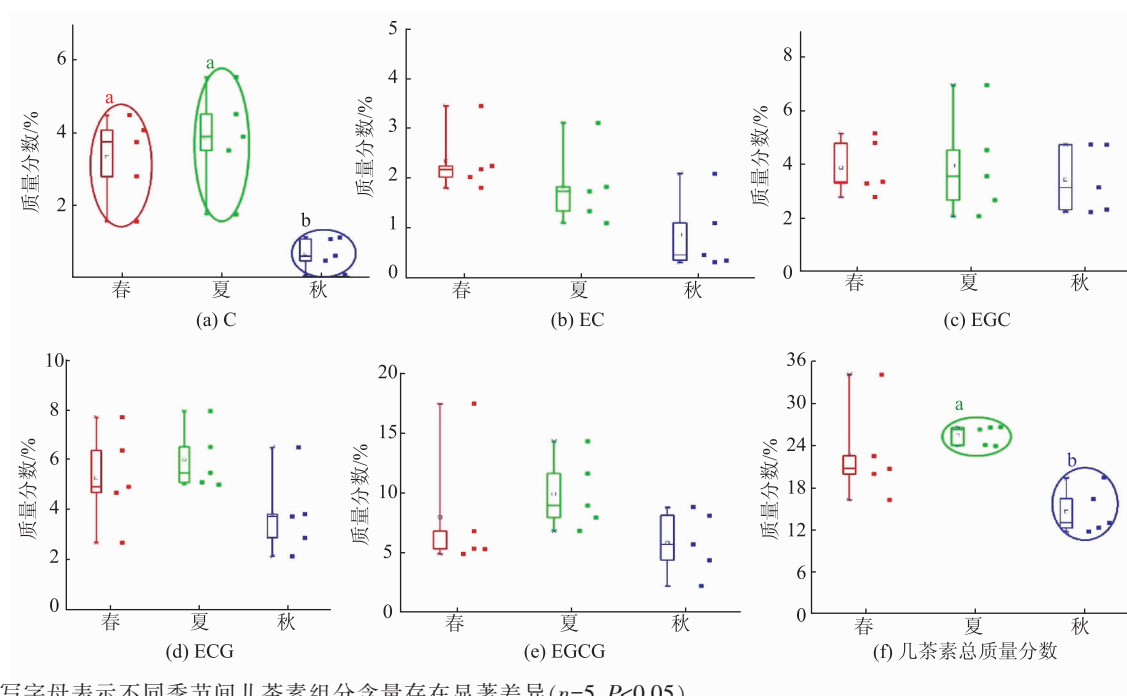
季的儿茶素总质量分数显著高于秋季，分别是秋季的 1.56 倍、1.75 倍。从儿茶素总质量分数与茶多酚的比值来看，春季和夏季显著高于秋季。



不同小写字母表示不同季节间生化成分含量存在显著差异 ($n=5, P<0.05$)。

图 3 云南大叶种茶树主要生化成分的季节变化特征

Fig. 3 Comparison of biochemical components in different seasons



不同小写字母表示不同季节间儿茶素组分含量存在显著差异 ($n=5, P<0.05$)。

图 4 云南大叶种茶树儿茶素组分及其总质量分数的季节变化特征

Fig. 4 Comparison of catechins contents and the total mass fraction of catechins in different seasons

2.3 品种对茶叶生化成分的影响

结合 2.1 中结果表明,茶叶中的水分、水浸出物、茶多酚、氨基酸、C、EGC、ECG 和 EGCG 在品种间存在显著差异。其中,紫娟品种儿茶素总质量分数为 12.95%~34.10%,高于其他品种。儿茶素含量与茶汤的涩味呈正相关^[34],鲜叶中儿茶素约占干物质质量分数的 12%~24%^[35];一般来说,茶叶的品质越好,儿茶素质量分数越高^[33,36-37]。

而儿茶素的核心组分为 EGCG,这是茶叶关键的功能性因子之一^[38]。目前,EGCG 尚不能人工合成。近年来,为从茶树中获得 EGCG,国内科研工作者进行了高 EGCG 茶树种质资源的筛选和研究工作^[39-41]。紫娟品种的 EGCG 显著高于佛香 2 号,平均质量分数达到(8.17±1.20)%,是佛香 2 号的 1.4 倍,这与前人研究结果一致^[35]。唐晓波等认为 EGCG 质量分数超过 9%的茶树品种视为高 EGCG 资源^[41],而龚志华等则认为超过 7%即可视为高 EGCG 资源^[42],但目前对高 EGCG 茶树资源的判断尚没有统一的标准。

另外,云抗 10 号的水浸出物显著高于其他品种,其水浸出物平均质量分数达到(47.46±2.95)%,是其他品种的 1.20 倍。同时,佛香 2 号的氨基酸平均质量分数达到(4.89±0.31)%,是其他品种的 1.51 倍。同时,云抗 10 号的儿茶素品质指数最高,达到 538.91%,是其他品种的 2.38 倍。水浸出物主要包括茶多酚、可溶性糖、游离氨基酸、咖啡碱、水溶性果胶、水溶性蛋白质等。在一定程度上,茶叶中水浸出物能够反映茶叶品质的优劣^[18]。同时,茶叶中的氨基酸是茶汤滋味的决定性因素,能增强茶汤甜味,缓解茶汤的苦涩味^[12-13]。前人研究表明,在一定程度上,儿茶素品质指数能够较为确切地反映出茶叶的嫩度与茶叶品质^[33]。儿茶素品质指数越大,芽叶持嫩性越好,品质越高。

2.4 采摘季节对茶叶生化成分的影响

分析可知,茶叶中的水分含量、茶多酚、氨基酸、咖啡碱、C 和儿茶素总量在不同季节间存在显著差异。其中,春季氨基酸含量最高,与前人研究结果一致^[43]。原因可能是春季气温适中,雨量充沛,加上茶树经秋冬季节较长时间的休养生息,内在成分及含量较为丰富,特别是氨基酸和多种维生素。此外,杨亚军等研究认为茶多酚、儿茶素含量相对低,氨基酸含量高,具有一定量咖啡碱是适制绿茶的品种

特征^[44-45]。氨基酸是茶叶主要化学成分之一,其含量与绿茶品质呈正相关^[46-47]。名优绿茶氨基酸质量分数一般在 3.0%以上^[48]。2.2 中结果表明,春茶氨基酸质量分数为 3.46%~6.89%,高于名优绿茶氨基酸质量分数阈值。春茶芽叶肥壮、色泽翠绿、滋味鲜爽、香气强烈,可以说春茶是一年中最优质的茶。

夏茶中的水分、咖啡碱和茶多酚相对较高,日照和温度有利于茶叶中多酚类物质的积累^[49]。茶多酚是绿茶苦涩味形成的主要物质,并且在一定范围内对茶叶品质有积极作用,当茶多酚含量超出一定量时,便会对茶叶品质带来消极影响^[50-52]。研究认为,优质茶树品种鲜叶中茶多酚质量分数一般不超过 25%^[53]。杨亚军等认为茶多酚质量分数超过 38%视为高茶多酚资源^[44];王小萍等将茶多酚质量分数超过 34%视为超常规资源^[54]。夏茶的茶多酚质量分数为 36.00%~40.89%,秋茶的茶多酚质量分数为 38.83%~46.53%,其中秋茶的茶多酚质量分数高于定义为高茶多酚资源的茶多酚阈值。咖啡碱作为构成茶叶滋味的主要成分之一,质量分数一般在 2%~4%^[55],咖啡碱对绿茶品质的形成存在逆转阈值,数值为 3.8%~4.5%^[53]。春茶中咖啡碱质量分数为 3.33%~4.04%,低于逆转阈值。夏茶咖啡碱质量分数为 4.28%~4.92%,可能对茶叶品质带来消极影响,原因可能在于,夏茶采制时,正逢雨量充沛的炎热季节,茶树新梢生长迅速,高温使茶树的生理代谢发生变化,茶树芽叶积累的酚类物质含量高,氨基酸含量低,成品茶苦涩味较重。结合儿茶素品质指数结果,夏茶的儿茶素品质指数为 405.09%,相对较低。李庆伟研究日照绿茶的儿茶素品质指数得出,春茶最好、秋茶次之、夏茶最差^[56]。结合前人研究,分析原因可能是夏季茶树生长较快,土壤中营养成分有限,导致茶树中糖类等相关营养物质的形成和积累较少,从而影响儿茶素品质指数。所以夏季要提高儿茶素品质指数,必须合理施肥,弥补土壤中的营养成分缺失,以增强光合作用,提高糖类的合成,从而有利于茶叶品质的提高^[57]。

而秋茶中的氨基酸、C、EGC、EGCG、儿茶素总量等均低于春、夏季,这与前人的研究结果一致^[19]。原因可能是秋茶采摘后期,气候虽较为温和,但雨量往往不足,会使采制而成的茶叶显得较为粗老,尤其是茶树历经春、夏两季的采收,体内营养物质亏缺。因此,秋茶内各种物质贫乏,茶叶滋味淡薄。

但是, 秋天的气候却有利于茶树芳香物质的合成, 因此, 秋茶的香气会更好, 故有“春水秋香”之说^[58-59]。

3 结 语

茶叶中主要生化成分在不同品种及不同季节间存在显著性差异。紫娟品种的儿茶素总量比其他

品种高, 其 EGC 质量分数显著高于其他品种; 云抗 10 号的水浸出物及儿茶素品质指数显著高于其他品种。春茶氨基酸质量分数最高, 且高于制作名优绿茶的阈值; 夏茶的水分、咖啡碱、C、儿茶素总量显著高于其他季节, 同时氨基酸含量较低; 秋茶茶多酚质量分数最高, 氨基酸和儿茶素总量显著低于其他品种。

参考文献:

- [1] 杨发军. 云南大叶种茶推广成效显著[J]. 云南农业, 2002(6):33.
- [2] 王平盛, 李冬, 朱凤铭, 等. 云南大叶种无性系良种丰产茶园栽培新技术[J]. 四川农业科技, 2001(7):27.
- [3] 杨方慧, 杨毅坚, 张艳梅, 等. 大叶种茶功能成分研究及提取开发现状[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(11):10-13.
- [4] 刘本英, 宋维希, 孙雪梅, 等. 云南茶树种质资源的研究进展及发展重点[J]. 植物遗传资源学报, 2012(4):27-32.
- [5] 徐仲溪, 刘仲华, 王坤波, 等. 绿茶多酚和儿茶素提取与原料品质关系的研究[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2004(3):257-260.
- [6] 王秀英. 福建乌龙茶咖啡碱含量分析及烘焙工艺研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2009.
- [7] 董占能, 邢思敏. 茶叶的综合利用[J]. 昆明理工大学学报, 1997, 22(3):92-98.
- [8] 肖时英. 云南大叶种普洱茶的根基[J]. 普洱, 2018(2):42-47.
- [9] 蒋勋, 王兴华, 郑文忠, 等. 云南大叶种不同茶树品种加工烘青绿茶品质差异研究[J]. 农业与技术, 2021, 41(15):16-22.
- [10] 张新富, 龚加顺, 周红杰, 等. 云南普洱茶中多酚类物质与品质的关系研究[J]. 食品科学, 2008, 29(4):198-201.
- [11] 刘秋萍. 不同存储区域和时间对普洱茶品质影响的研究[D]. 昆明: 云南农业大学, 2016.
- [12] 邵宛芳, 杨树人. 云南普洱茶品质与化学成分关系的初步研究[J]. 云南农业大学学报, 1994, 9(1):17-22.
- [13] 王娜. 普洱茶化学成分研究[D]. 天津: 天津工业大学, 2016.
- [14] 马存强, 杨超, 周斌星, 等. 微生物对茶叶中嘌呤生物碱代谢的研究进展[J]. 食品科学, 2014, 35(21):292-296.
- [15] 施维, 张若梅. 茶叶水分检测方法的实验研究[J]. 中国茶叶加工, 1996(3):36-39.
- [16] 刘本英, 周红杰, 王平盛, 等. 茶叶灰分和水与品质关系[J]. 热带农业科技, 2007, 30(3):22-26.
- [17] 段红星, 周慧, 胡春梅. 不同存放时间普洱茶内含成分变化研究[J]. 西南农业学报, 2012, 25(1):123-126.
- [18] 周红杰, 郭红芳, 曾燕妮, 等. 陈香普洱茶品质特点分析[J]. 茶叶, 2001, 27(3):31-34.
- [19] 周顺珍, 姚雍静, 郭灿, 等. 不同采收时期茶叶主要生化成分的变化[J]. 天津农业科学, 2016, 22(6):17-19.
- [20] 张见明. 不同季节白牡丹等武夷名丛主要生化成分分析[J]. 黑龙江农业科学, 2017(6):7-13.
- [21] 范延良, 张丽霞, 向勤程, 等. 泰安茶区不同品种嫩梢生化成分的季节差异分析[J]. 山东农业科学, 2017, 49(3):58-63.
- [22] 潘顺顺, 赖幸菲, 孙伶俐, 等. 不同季节翠玉品种 3 大茶类生化成分及抗氧化活性研究[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(9):22-27.
- [23] 周喆, 孙威江, 唐秀华, 等. 紫芽茶树不同季节主要生化成分变化分析[J]. 热带作物学报, 2018, 39(5):888-893.
- [24] 周玉忠, 陈林波, 田易萍, 等. 云南大叶茶新材料儿茶素组分含量季节变化分析[J]. 中国农学通报, 2018, 34(32):84-88.
- [25] 薛水英. 云南普洱茶中有效降血脂成分的检测与评价[D]. 成都: 成都理工大学, 2009.
- [26] 国家市场监督管理总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 8313-2018 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, 2018.
- [27] 倪君, 须海荣. 茶叶氨基酸检测方法的研究进展[J]. 茶叶, 2007, 33(2):63-66.
- [28] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T8314-2013 茶游离氨基酸总量的测定[J]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [29] 贾玮, 黄峻榕, 凌云, 等. 高效液相色谱-串联质谱法同时测定茶叶中 290 种农药残留组分[J]. 分析测试学报, 2013, 32(1):9-22.
- [30] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 8304-2013 茶水分测定[J]. 北京: 中国标准

出版社,2013.

- [31] 杨雪梅,刘莹亮,李家华,等. 基于 PCA 和聚类分析方法对云南不同茶区晒青毛茶生化成分分析[J]. 食品工业科技,2021,42(3):236-240.
- [32] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T8305-2013 茶水浸出物[J]. 北京:中国标准出版社,2013.
- [33] 阮宇成,程启坤. 茶儿茶素的组成与绿茶品质的关系[J]. 园艺学报,1964(3):287-300.
- [34] 金孝芳. 绿茶滋味化合物研究[D]. 重庆:西南大学,2007.
- [35] 宛晓春. 茶叶生物化学[M].北京:中国农业出版社,2003.
- [36] 阮宇成,程启坤. 茶叶儿茶素的动态生物化学[J]. 园艺学报,1964(1):97-110.
- [37] 刘阳,奉红琼,宋常美,等. 贵州省超微绿茶粉品质分析[J]. 食品研究与开发,2021,42(14):26-29.
- [38] 严煜钧,刘仲华,林勇,等. 茶叶中 EGCG 对非酒精性脂肪肝大鼠的调脂保肝作用研究[J]. 茶叶科学,2014,34(3):221-229.
- [39] 蒋堃,肖斌,余有本,等. 陕南地区高 EGCG 茶树资源筛选[J]. 西北农业学报,2010,19(9):197-201.
- [40] 马玲. 特异高表没食子儿茶素没食子酸酯茶树资源的筛选[J]. 安徽农业科学,2011,39(20):12061-12063.
- [41] 唐晓波,王小萍,罗凡,等. 四川高 EGCG 茶树资源筛选研究[J]. 西南农业学报,2011,24(5):1665-1668.
- [42] 龚志华,田娜,肖文军. 茶树优异资源筛选研究[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2004,30(6):81-83.
- [43] 周顺珍,姚雍静,郭灿,等. 不同采收时期茶叶主要生化成分的变化[J]. 天津农业科学,2016,22(6):17-19.
- [44] 杨亚军. 茶树育种品质早期化学鉴定——II. 鲜叶的主要生化组分与绿茶品质的关系[J]. 茶叶科学,1991(2):127-131.
- [45] 陆锦时,魏芳华,李春华. 茶树品种主要化学成分与品质关系的研究[J]. 西南农业学报,1994(1):1-5.
- [46] 刘冬梅,吕立哲,赵丰华,等. 信阳茶区 4 个主栽茶树品种鲜叶主要生化成分和适制性研究[J]. 河南农业科学,2016,45(5):40-44.
- [47] 杨亚军. 中国茶树栽培学[M]. 上海:上海科学技术出版社,1986.
- [48] 刘佳,梁丽云,冯建灿,等. 信阳毛尖品质影响因素研究进展[J]. 河南农业科学,2013,42(7):1-5.
- [49] 朱红. 茶树鲜叶中茶多酚含量变化的研究[J]. 四川农业大学学报,1998,16(3):345-348.
- [50] 杨亚军. 品种间茶多酚含量差异及其与茶叶品质关系的探讨[J]. 中国茶叶,1989(5):8-10.
- [51] 李南薇,詹金广,陈少航. 茶多酚分离提取和应用研究进展[J]. 天津农业科学,2010,16(4):14-16.
- [52] 孙云南,殷丽琼,夏丽飞,等. 不同树龄紫娟品种茶多酚、氨基酸差异探析[J]. 山西农业科学,2015,43(10):1243-1246.
- [53] 俞永明. 茶树良种[M].北京:金盾出版社,1996.
- [54] 王小萍,唐晓波,王迎春,等. 不同茶树资源春梢生化成分比较研究[J]. 中国农学通报,2011,27(4):110-115.
- [55] 张巧萍,聂胜委,张玉亭,等. 信阳毛尖春茶、夏茶的品质现状及标准浅析[J]. 西南农业学报,2015,28(1):94-98.
- [56] 李庆伟. 日照绿茶儿茶素品质指数研究[J]. 农学学报,2014,4(6):64-66.
- [57] 陈玲,田景涛,徐代华,等. 施肥对不同茶树品种儿茶素含量的影响[J]. 农业工程,2016,6(6):138-141.
- [58] 陆文渊,楼黎静,钱文春. 湖州市夏秋茶资源的开发和利用[J]. 茶叶科学技术,2011(3):22-24.
- [59] 陈义. 机制信阳毛尖秋茶加工工艺研究[J]. 河南农业科学,2016,45(3):154-157.