

## 2种茶果不同部位中游离氨基酸含量的分布特征\*

侯 顺, 马银海, 肖 涵\*\*

(昆明学院 化学与化工学院, 云南 昆明 650214)

**[摘 要]** 茶果果实是茶园生产的副产物, 其资源较为丰富. 探明茶果不同部位(籽粒、种壳和外种皮)中游离氨基酸含量的分布特征可为其营养品质和风味特征的评估提供数据支持. 本文以大叶种茶果和小叶种茶果为研究对象, 茶果经自然风干、剥离后分别获得籽粒、内种壳和外种皮3个部位的样品. 采用水提取-氨基酸分析仪对茶果各部位样品进行游离氨基酸含量全分析. 结果表明, 2种茶果中总游离氨基酸的含量均低于同产区的茶叶产品, 其人体必需氨基酸总含量比例较低, 远低于理想蛋白质的要求, 但药用氨基酸相对丰富. 比较而言, 虽然大叶种茶果中游离氨基酸的含量和种类(检出21种游离氨基酸)均略优于小叶种茶果(检出19种游离氨基酸), 但总游离氨基酸在茶果不同部位中的分布均呈现出籽粒 >> 外种皮 > 种壳的特征. 由于大叶种和小叶种茶树的进化和生长环境条件的差异, 使得具有营养性和抗逆性的脯氨酸仅在大叶种茶果的籽粒中检出. 总体而言, 大叶种茶果的籽粒主要呈现苦味和芳香感, 氨基酸的种类和含量均远高于内种壳和外种皮, 具有一定的开发潜力.

**[关键词]** 茶果; 游离氨基酸; 含量分布特征; 滋味特征

**[中图分类号]** S571.1 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1674-5639(2023)03-0036-06

**DOI:** 10.14091/j.cnki.kmxyxb.2023.03.006

茶果是茶树的宿萼蒴果<sup>[1]</sup>, 富含脂肪、蛋白质、茶多酚、总黄酮和游离氨基酸(Free Amino Acids, FAA)等多种营养成分. 统计<sup>[2]</sup>表明, 2017年我国茶树果实产量约为30万t. 作为茶叶生产副产品, 少量茶果用于播种、饲料等, 而大量的茶果则被丢弃, 其综合利用尚不充分<sup>[2,3]</sup>. 由于特殊的生态环境条件, 云南滇西和滇南茶产区主要以大叶种茶为主<sup>[4,5]</sup>. 就外形而言, 大叶种茶果较小叶种茶果硕大(图1), 且矿质元素在不同部位中的含量分布及转运机制也和小叶种茶果有所区别<sup>[6]</sup>.



(a) 小叶种茶果



(b) 大叶种茶果

图1 小叶种和大叶种茶果的外观对比

\* [收稿日期] 2023-05-22

[作者简介] 侯顺, 男, 河南商丘人, 昆明学院在读硕士研究生, 研究方向为材料与化工.

\*\* [通信作者] 肖涵, 女, 云南大理人, 昆明学院副教授, 博士, 研究方向为食品分析和环境分析, E-mail: blackcrossing630@vip.sina.com.

[基金项目] 云南省教育厅科学研究基金项目(2022Y753); 云南省科技厅地方高校联合专项项目(202001BA070001-42).

统计<sup>[7]</sup>表明, 2019 年云南普洱、西双版纳、临沧大叶种茶树的茶籽年产量分别为 7.9 万 t、4.4 万 t、6.8 万 t. 随着茶果研究的深入, 其抗氧化、抗衰老<sup>[8]</sup>、降血压血脂<sup>[9,10]</sup>等活性作用已得到人们的广泛认同. 虽然小叶种茶果在其产区(如湘西、福建等)有被人们利用其果壳进行冲水饮用的习惯<sup>[8]</sup>, 但大叶种茶果未见该饮用方式的盛行. 近年来, 在云南市场上出现了以茶果拼配大叶种生茶煮饮的新搭配, 但茶果中体现鲜爽口感和具有良好活性的成分(如总游离氨基酸, Total Free Amino Acids, TF AA)在茶果不同部位中的含量分布状况尚不清楚, 这在一定程度上制约着大叶种茶树茶果的综合开发利用. 因此, 对茶果各部位中的 TF AA 的含量进行分析, 查明各游离氨基酸成分在茶果不同部位中的含量分布特征, 不仅能为茶果产品的开发提供理论依据, 而且可为茶果资源的开发和利用提供基础数据支持.

## 1 方法与材料

### 1.1 样品的采集与制备

2020 年 12 月, 采集云南临沧大叶种茶果(茶叶实验基地采摘获取), 并以市场采购方式获取福建小叶种茶果. 茶果经去除枝梗后摊晾阴干, 风干自然开裂后人工分离外种皮、种壳和籽粒(图 2), 分别称重后, 装入密封袋中保存, 编号, 备用.

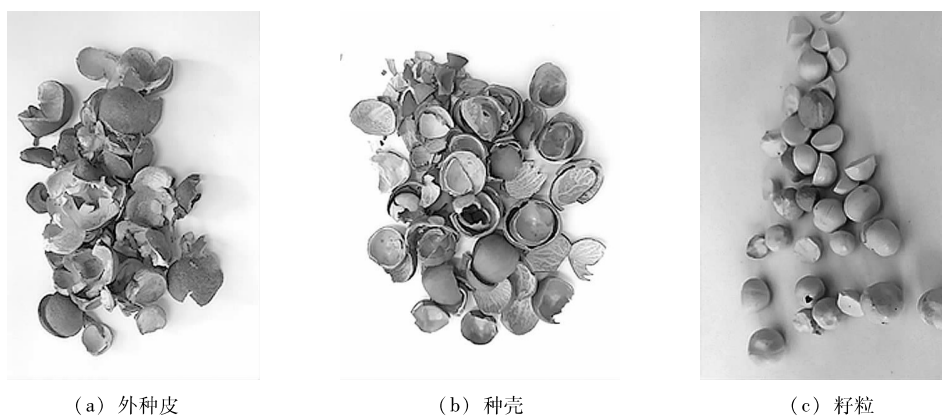


图 2 茶果不同部位分离后外观

### 1.2 游离氨基酸的测定

将茶果各部位样品研磨至粉末状(过 60 目筛), 种籽首先使用索氏提取法去除脂肪. 测定时, 称取 1.000 g 样品于锥形瓶中, 加 50.0 mL 沸水振荡 30 min, 加 1 滴浓盐酸摇匀后过滤, 弃去前滤液 10 mL, 取滤液 5.0 mL 加入 5-磺基水杨酸 5.0 mL (8%), 常温静置 30 min 后离心(4 000 r/min, 30 min), 上清液过 0.45  $\mu\text{m}$  滤膜后采用全自动氨基酸分析仪进行分析<sup>[11]</sup>.

## 2 结果与讨论

### 2.1 茶果不同组织部分氨基酸的含量

对大叶种茶果和小叶种茶果不同部位中的各游离氨基酸的含量进行分析, 结果汇总于表 1 之中.

表 1 茶果各部位游离氨基酸的含量

游离氨基酸		大叶种茶果			小叶种茶果		
类别	种类	籽粒	种壳	外种皮	籽粒	种壳	外种皮
必须氨基酸	赖氨酸	264	185	—	273	124	24
	苯丙氨酸	366	—	53	290	—	—
	苏氨酸	180	134	94	162	11	22
	缬氨酸	121	114	34	251	—	—
	组氨酸	114	43	—	107	—	—
	亮氨酸	114	63	—	102	—	—
	色氨酸	113	—	30	—	—	218
	异亮氨酸	—	79	—	28	—	—

续表 1

游离氨基酸		大叶种茶果			小叶种茶果		
类别	种类	籽粒	种壳	外种皮	籽粒	种壳	外种皮
特殊氨基酸	茶氨酸	872	—	—	918	—	—
	脯氨酸	167	—	—	—	—	—
非必需氨基酸	天冬氨酸	396	113	188	414	—	99
	丝氨酸	139	236	320	128	22	55
	精氨酸	5 907	56	25	5 507	59	—
	谷氨酸	2 573	42	290	2 781	—	166
	天冬酰胺	398	803	734	415	—	53
	丙氨酸	830	73	395	777	—	—
	谷氨酰胺	196	—	—	171	—	49
	甘氨酸	65	18	28	63	—	111
其他氨基酸	$\gamma$ -氨基丁酸	735	46	294	645	20	134
	磷酸丝氨酸	150	137	231	153	117	149
	胱氨酸	368	—	423	—	—	—
	酪氨酸	148	—	54	132	—	—

注：“—”表示未检出

游离氨基酸分析结果表明, 2种茶果的不同组织中游离氨基酸(FAA)种类及含量差异显著, 且均低于同产区的茶叶产品<sup>[12-14]</sup>. 2种茶果各组织中FAA种类数量与总游离氨基酸(TFAA)含量高低排序均为籽粒>>外种皮>种壳. 小叶种茶果籽粒、种壳和外种皮中检出氨基酸种类数量分别为19种、6种和11种, 大叶种茶果各部位中游离氨基酸检出数量远高于小叶种茶果, 分别为21种、15种和15种, 按总游离氨基酸含量高低排序为大叶种籽粒>小叶种籽粒>>大叶种外种皮>大叶种种壳>小叶种外种皮>小叶种种壳, 茶果的游离氨基酸主要集中在籽粒中, 且大叶种茶果各组织部分FAA种类及总含量均大于小叶种茶果对应组织部分, 与大叶种茶内含物质丰富<sup>[4]</sup>的结论一致. 其中脯氨酸和胱氨酸仅在大叶种茶果中检出, 而作为茶树特有的茶氨酸在2种茶果的种壳和种皮中均未检测, 仅在籽粒中检出. 脯氨酸作为植物逆境胁迫下的重要代谢产物<sup>[15]</sup>, 仅在大叶种茶果中检出, 可能与大叶种茶树进化环境与小叶种不完全一致, 且大叶种茶园所处云南省临沧地区具有较强的太阳辐射(年平均太阳总辐射量为5 568.6 MJ/m<sup>2</sup>, 高于全国辐射平均值5 455.3 MJ/m<sup>2</sup>, 远高于福州市辐射平均值4 625 MJ/m<sup>2</sup>)<sup>[16-18]</sup>, 易形成紫外线胁迫有关.

2种茶果不同组织中氨基酸分布差异极大, 2种茶果籽粒中主要氨基酸的种类及含量高低顺序基本一致, 含量最高的3种优势氨基酸均为精氨酸、谷氨酸和茶氨酸, 且大、小叶种茶果籽粒中3种FAA含量相近, 分别占TFAA的69.1%和65.8%. 2种茶果种壳中优势氨基酸相似, 大叶种茶果种壳除具有与小叶种茶果种壳中一致的前3种优势氨基酸(丝氨酸、赖氨酸、磷酸丝氨酸)外, 最具优势的是天冬酰胺. 而2个外种皮中优势氨基酸完全不同, 大叶种茶果外种皮优势氨基酸为天冬酰胺、胱氨酸和丙氨酸, 小叶种茶果外种皮优势氨基酸为色氨酸、谷氨酸和磷酸丝氨酸. 总体而言, 籽粒中优势氨基酸分布基本一致, 种壳中较为相似, 外种皮中则完全不同, 可能因大、小叶种茶果生长环境条件的差异, 造成茶果外种皮组织蛋白表征差异, 进而体现为氨基酸分布的差异.

## 2.2 氨基酸营养评价

大叶种茶果籽粒中游离氨基酸总量(TFAA)为14 216 mg/kg(表2), 8种必需氨基酸总量(EAA)为1 271 mg/kg, 非必需游离氨基酸总量(TNEAA)为10 671 mg/kg, 小叶茶果籽粒中TFAA、TEAA和TNEAA则分别为13 317 mg/kg, 1 213 mg/kg和10 256 mg/kg. 根据FAO/WHO提出的理想蛋白氨基酸模式<sup>[19]</sup>, TEAA/TNEAA为60%, TEAA/TFAA为40%, 大、小叶种茶果籽粒TEAA/TFAA仅为~9%, TEAA/TNEAA仅为~12%, 远低于理想蛋白质的要求.

表 2 茶果不同组织游离氨基酸组成对比分析

项目	大叶种茶果			小叶种茶果		
	籽粒	种壳	外种皮	籽粒	种壳	外种皮
游离氨基酸总量(TFAA)/(mg/kg)	14 216	2 142	3 193	13 317	353	1 080
必需氨基酸总量(TEAA)/(mg/kg)	1 272	618	211	1213	135	264
非必需氨基酸总量(TNEAA)/(mg/kg)	10 671	1 341	1 980	10 256	81	533
TEAA/TFAA/%	8.95	28.85	6.61	9.11	38.24	24.44
TEAA/TNEAA/%	11.92	46.09	10.66	11.83	166.67	49.53
药用氨基酸/(mg/kg)	9 833	477	638	9 562	183	400

茶果其余组织部分(种壳和外种皮)中 TEAA/TFAA 和 TEAA/TNEAA 的比例同样与理想蛋白质相距甚远.

2 种茶果不同组织中检出的 8 种药用氨基酸(亮氨酸、赖氨酸、苯丙氨酸、精氨酸、天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸和酪氨酸)<sup>[19,20]</sup> 含量差异显著(183 ~ 9 833 mg/kg), 主要分布在茶果籽粒中, 占 TFAA 的 69.2% ~ 71.8%. 其中, 精氨酸和谷氨酸分别在抗肿瘤、增强免疫力和增强学习记忆神经元方面有明显作用, 是籽粒中含量最高的 2 种氨基酸, 说明茶果籽粒可能具有一定的药用潜力.

### 2.3 游离氨基酸风味特征

将茶果各部位游离氨基酸按照其滋味特征分为鲜爽氨基酸(脯氨酸、甘氨酸、谷氨酸、丙氨酸和茶氨酸)<sup>[21]</sup>、鲜味氨基酸(谷氨酸、天冬氨酸、丙氨酸、甘氨酸、苯丙氨酸和酪氨酸)<sup>[22,23]</sup>、甜味氨基酸(丝氨酸、甘氨酸、丙氨酸和脯氨酸)、芳香族氨基酸(丙氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸、缬氨酸、亮氨酸、精氨酸和色氨酸)<sup>[24]</sup>和苦味氨基酸(苯丙氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、精氨酸、组氨酸和亮氨酸)<sup>[25]</sup> 5 种滋味特征, 计算各滋味特征游离氨基酸在总量中的比例(%), 绘制滋味雷达图(图 3).

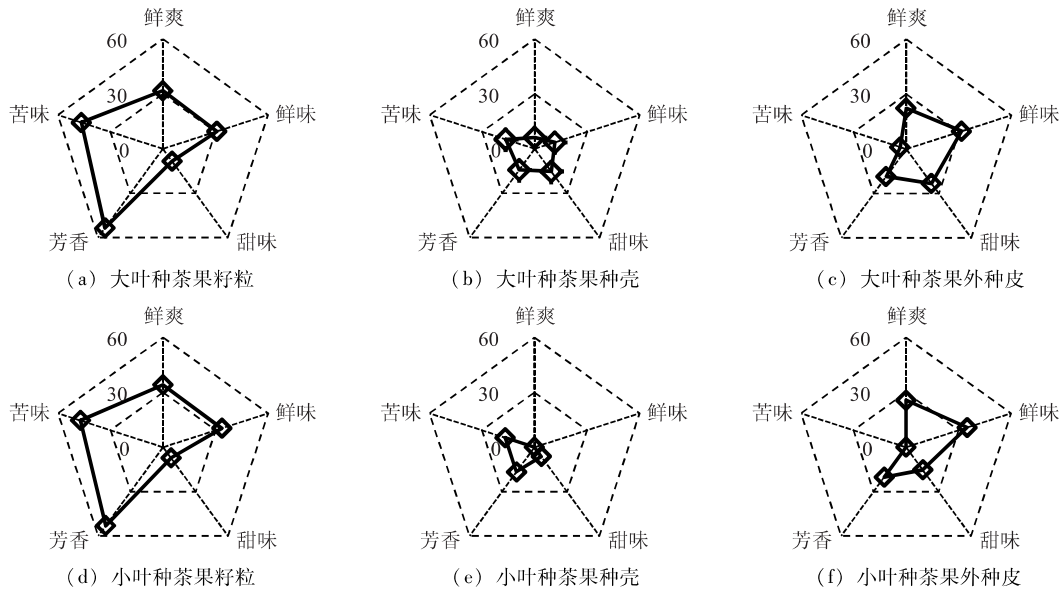


图 3 茶果各组织氨基酸滋味特征雷达图

从茶果各组织滋味特征可知, 不同组织中滋味氨基酸分布差异极大. 大、小叶种茶果籽粒氨基酸滋味特征一致, 芳香型氨基酸占比最高(均为 53%), 苦味氨基酸次之(占比均达到 47%), 鲜爽氨基酸和鲜味氨基酸均约占 30%, 甜味氨基酸最少(占比处于 7% ~ 8% 之间). 种壳中滋味氨基酸占比最少, 各滋味特征氨基酸占比均未超过 17%, 鲜爽氨基酸和鲜味氨基酸最少, 且此 2 类滋味氨基酸未在小叶种茶果种壳中检出. 外种皮中鲜味氨基酸含量最高, 均达到 30%, 而苦味氨基酸最少, 大叶种茶果中含量为 3%, 小叶种茶果中未检出.

茶叶中游离氨基酸滋味特征主要表现为鲜味类和鲜爽类<sup>[11-14,22,26]</sup>,与茶果各组织滋味特征差异较大,如以茶果作为大叶种生茶的拼配原料,可在一定程度上补充茶产品中芳香氨基酸。

### 3 结论

运用全自动氨基酸分析仪对云南大叶种茶果和福建小叶种茶果的籽粒、种壳以及外种皮中游离氨基酸进行分析,通过对2种茶果各组织中游离氨基酸的含量、分布、营养价值以及滋味特征进行分析,可以得出以下结论。

1) 2种茶果各组织中 FAA 种类数量与总游离氨基酸(TFAA)含量均低于同产区茶叶产品,其高低排序均为籽粒>>外种皮>种壳。籽粒中主要氨基酸的种类及含量高低顺序基本一致,含量最高的3种优势氨基酸均为精氨酸、谷氨酸和茶氨酸;种壳中优势氨基酸相似,而外种皮中优势氨基酸完全不同,说明2种茶果外种皮的蛋白表征存在差异。

2) 脯氨酸和胱氨酸仅在大叶种茶果中检出,而作为茶树特有的茶氨酸在2种茶果的种壳和种皮中均未检测,仅在籽粒中检出。

3) 各茶果中人体必需氨基酸总含量在总游离氨基酸中占比低于40%,远低于理想蛋白的要求,与理想蛋白质相距甚远。

4) 茶果籽粒的药用氨基酸较丰富,可能具有一定的药用潜力。

5) 茶果不同组织中各滋味氨基酸分布与茶叶差异极大,大、小叶种茶果籽粒氨基酸滋味特征一致,以芳香氨基酸和苦味氨基酸为主导;种壳中滋味氨基酸最少;而外种皮中鲜味氨基酸含量最高。

### [参考文献]

- [1] 钱因红. 茶树座果性状的 QTL 分析及关键基因功能验证 [D]. 北京: 中国农业科学院硕士学位论文, 2021.
- [2] 何碧云, 杨张静, 何忠伟, 等. 不同品种茶树果内含物质分析及抗氧化活性研究 [J]. 福建茶叶, 2021, 43 (5): 62-64.
- [3] 屠幼英, 马驰. 近 50 年我国茶资源综合利用研究成果及应用进展 [J]. 中国茶叶, 2020, 42 (12): 1-8.
- [4] 王家金, 谢瑾, 刘本英, 等. 云南大叶茶资源的机能性物质分析及优异种质筛选 [J]. 南方农业学报, 2012, 43 (7): 924-928.
- [5] 苏志龙, 李冬, 罗银玲, 等. 大叶茶种子萌发率及其与生长环境的相关性分析 [J]. 云南农业大学学报 (自然科学), 2013, 28 (4): 507-511.
- [6] 崔世展, 陶亚飞, 缪德仁. 2 种茶果不同组织中矿质元素含量的分布特征 [J]. 昆明学院学报, 2022, 44 (6): 31-36.
- [7] 张正艳, 蒋宾, 马奔, 等. 云南大叶种茶籽油脂脂肪酸组分分析 [J]. 中国茶叶加工, 2020 (1): 44-47.
- [8] FAN X, ZHU Q. Main Chemical Compounds and Their Content Changes in Tea Fruit as It's Ripening [J]. Journal of Tea Science, 1990 (1): 49-58.
- [9] RUBAB S, RIZWANI H G, DURRANI A I, et al. Phytochemical and Pharmacological Potential of *Camellia sinensis* L. [J]. Pakistan Journal of Zoology, 2023, 55 (2): 669-678.
- [10] GUO N, TONG T, REN N, et al. Saponins from seeds of Genus *Camellia*: Phytochemistry and bioactivity [J]. Phytochemistry, 2018, 149: 42-55.
- [11] 谢佳, 向思琦, 肖涵. 春、冬两季大叶种茶叶中游离氨基酸含量的分布特征 [J]. 昆明学院学报, 2021, 43 (3): 29-32, 104.
- [12] 肖涵, 侯顺. 云南省凤庆县野放大叶种茶越冬生化成分变化研究 [J]. 昆明学院学报, 2021, 43 (6): 40-45.
- [13] 肖涵, 陈圆圆, 陈春月. 不同加工方式茶叶游离氨基酸组分分布特征初探 [J]. 昆明学院学报, 2018, 40 (6): 32-37.
- [14] 杨婉秋, 雷淑婷, 肖涵. 不同生长季节大叶种茶叶中氨基酸含量的变化特征 [J]. 昆明学院学报, 2022, 44 (6): 24-30.
- [15] 张林, 陈翔, 吴宇, 等. 脯氨酸在植物抗逆中的研究进展 [J]. 江汉大学学报 (自然科学版), 2023, 51 (1): 42-51.
- [16] 梅建娇, 李世成, 李金槐. 临沧市临翔区高原农业气候资源分析 [J]. 乡村科技, 2021, 12 (7): 116-117 + 120.

- [17] 曹雯. 近 40 年来中国地面太阳总辐射状况及日总辐射模型的研究 [D]. 南京: 南京信息工程大学硕士学位论文, 2008.
- [18] 王宏, 郑秋萍, 蒋冬升, 等. 福州市太阳总辐射变化特征及与 PM<sub>10</sub>、O<sub>3</sub> 关系分析 [J]. 生态环境学报, 2020, 29 (4): 771-777.
- [19] 彭佳佳, 张小军, 田鑫, 等. 核桃内种皮游离氨基酸呈味特征及其营养评价 [EB/OL]. (2023-04-26)[2023-05-10]. <https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=3uoqIhG8C45S0n9fL2suRadTyEVI2pW9UrhTDCdPD65GWj5UxcG6f6LqmReQ3TN6v0FCKRT4sLpc1fpaYzFwqA2ItGVxM7v&uniplatform=NZKPT>.
- [20] 帕尔哈提·柔孜, 则拉莱·司玛依, 刘源, 等. 3 种甘草种子蛋白游离氨基酸组成及呈味特性的对比分析 [J]. 食品研究与开发, 2023, 44 (8): 53-60 + 218.
- [21] 邓懿涵, 王琼, 罗蓉, 等. 普洱茶滋味形成机制研究现状 [J]. 中国茶叶, 2021, 43 (7): 1-8.
- [22] 谢佳, 缪德仁. 大叶种茶叶中矿质元素的含量对鲜甜味氨基酸含量的影响 [J]. 昆明学院学报, 2022, 44 (3): 49-52.
- [23] 俞铮, 葛小通, 张佳汇, 等. 食品中鲜味的来源及其评价方法 [J]. 食品科学, 2022, 43 (19): 338-347.
- [24] 李学贤, 张雪, 童灵, 等. 游离氨基酸改善作物风味品质综述 [J]. 中国农业大学学报, 2022, 27 (4): 73-81.
- [25] 马园园, 曹青青, 高一舟, 等. 绿茶苦味研究进展 [J]. 茶叶科学, 2023, 43 (1): 1-16.
- [26] 周汉琛, 王辉, 雷攀登, 等. ‘柿大茶’ 品系间芳香类物质、儿茶素及游离氨基酸差异分析 [J]. 热带亚热带植物学报, 2018, 26 (3): 302-308.

## Content Distribution Characteristics of Free Amino Acids in Different Tissues of Two Tea Fruits

HOU Shun, MA Yin Hai, XIAO Han

(School of Chemistry and Chemical Engineering, Kunming University, Kunming, Yunnan, China 650214)

**Abstract:** Tea fruit is a by-product of tea garden production, which is rich in resources. To explore the distribution characteristics of free amino acid content in different parts of tea fruit (seed kernel, seed coat and pericarp) can provide data support for the evaluation of nutritional quality and flavor characteristics. In this paper, the large-leaf tea fruits and small-leaf tea fruits were studied. The samples of seed kernel, seed coat and pericarp were obtained after natural air-drying and peeling. The contents of free amino acids in tea fruits samples from different parts were analyzed by water extraction and amino acid analyzer. The results showed that the contents of total free amino acids in tea fruits were lower than that of tea products in the same producing area. The total contents of human essential amino acids in the proportion of total free amino acids are low, far lower than the requirements of ideal protein, but it is relatively rich in medicinal amino acids. Comparatively, although the contents and types of free amino acids in large-leaf tea fruits (21 free amino acids were detected) were slightly better than those in small-leaf tea fruits (19 free amino acids were detected). However, the distribution of total free amino acids in different parts of tea fruit showed the characteristics of seed kernel >> pericarp > seed coat. Due to the differences in evolution and growth environment between large-leaf and small-leaf tea plants, proline with nutrition and stress resistance was only detected in the seed kernel of large-leaf tea fruits. Generally, the seeds of large-leaf tea fruits mainly show bitterness and aroma, and the types and contents of amino acids are much higher than those of inner hull and outer seed coat, which has a certain development potential.

**Key words:** tea fruits; free amino acids; content distribution characteristics; flavor characteristics

(责任编辑: 陈伟超)