

杭州地区有机毛峰品质级别与化学成分相关性研究

邓威威, 马林龙, 顾辰辰, 金 阳

(安徽农业大学农业部茶树生物学与茶叶加工重点实验室, 合肥 230036)

摘 要: 采用高效液相色谱法对杭州地区有机毛峰茶叶4个等级(特级、一级、二级、三级)的氨基酸、嘌呤碱、儿茶素进行检测,并结合其感官审评分析,对杭州地区有机毛峰茶叶品质与其化学成分的关联性进行研究。结果表明,该毛峰茶叶中氨基酸、嘌呤碱总量随着品质级别的降低而减少;儿茶素指数除了特级比一级略低外,有随茶叶品质级别的降低而降低,儿茶素与氨基酸比值有随茶叶品质级别的降低而增加的规律;基于外形、汤色、香气、滋味、叶底感官审评因子来看,该批次的毛峰茶叶有随着等级呈现出与品质的正相关性。

关键词: 有机毛峰; 氨基酸; 嘌呤碱; 儿茶素; 审评因子; 品质级别

中图分类号: S571.1; TS272.51

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2013)04-0559-05

Correlation analysis between quality grade and chemical composition in organic Maofeng tea from Hangzhou region

DENG Wei-wei, MA Lin-long, GU Chen-chen, JIN Yang

(Key laboratory of Tea Biology & Processing, Ministry of Agriculture, Anhui Agricultural University, Hefei 230036)

Abstract: In order to study the correlation between tea quality and chemical composition, the concentrations of amino acids, purine alkaloids, catechins were determined by HPLC in four different grades of organic Maofeng tea from Hangzhou region (Special grade, Grade 1, Grade 2, Grade 3), together with their sensory evaluation. Results indicated that tea quality grade reduced as the content of amino acids and purine alkaloids decreasing. The amount of catechins decreased with the tea quality grade except that the concentration of catechins in the Special grade was slightly lower than that of Grade 1. Moreover, the ratio of the content of catechins to total amino acids increased with quality grade dropping. Therefore, this Maofeng tea showed a positive correlation between the quality grades and chemical compositions in the view of the sensory evaluation factors as tea appearance, aroma, taste, liquor color and infusion.

Key words: organic Maofeng tea; amino acids; purine alkaloids; catechins; sensory evaluation factor; quality grade

茶叶色、香、味优良品质的形成,是茶叶中存在的一些特征性成分综合配比和谐的结果,这些能够反映茶叶品质特征的功能性成分主要是氨基酸、嘌呤碱、儿茶素等化合物。氨基酸是构成茶叶滋味的重要组成部分,是提高茶叶鲜爽度的重要物质^[1],茶叶中的茶氨酸含量与茶叶品质以及茶叶的等级呈较强的正相关性^[2]。茶叶中嘌呤碱和多酚类物质的存在也直接影响茶叶的品质。咖啡碱、儿茶素是茶叶中嘌呤碱和多酚类的主要成分,是使茶汤滋味呈苦涩味的主要因素^[3]。该试验通过分析氨基酸、嘌呤

碱、儿茶素组分并结合感官审评因子对杭州地区有机毛峰品质的影响,旨在找出内含物组分、感官审评与该地区有机毛峰品质级别之间的关系,为不同级别有机毛峰的量化评价提供理论依据,为茶叶的量化评价奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

实验样品为浙江杭州某茶叶生产厂家提供不同批次的特级、一级、二级、三级有机毛峰,茶样为

收稿日期: 2013-05-16

基金项目: 安徽省高等学校省级自然科学基金项目(KJ2012A114)和安徽省自然科学基金青年科学基金项目(1208085QC53)共同资助。

作者简介: 邓威威,女,博士,讲师。E-mail: dengweiwei@ahau.edu.cn

2012年新茶,每份茶叶样品随机抽取0.5 kg。茶叶样品放置冰箱冷藏保存。

1.2 仪器与试剂

主要试剂:色谱级甲醇、乙腈、乙酸购自美国TEDIA公司。氨基酸混合标样、嘌呤碱(咖啡碱、茶叶碱、可可碱、7-甲基黄嘌呤),儿茶素(EGC、C、EC、EGCG、GCG、ECG)购自美国Sigma aldrich公司。Waters公司氨基酸分析专用试剂包AccQ·Tag(衍生试剂AccQ·Fluor和洗脱缓冲盐),购自美国Waters公司。L-茶氨酸(源叶生物科技有限公司),蒸馏水(屈臣氏),实验其他试剂均为分析纯。

主要仪器:Waters 600高效液相色谱,600型四元泵,2475荧光检测器,2489紫外可见检测器,empower 2色谱工作站。Waters公司的AccQ·Tag C₁₈氨基酸专用分析柱,phenomenex粒径5 μm的ODS 250×4.6 mm C₁₈反相柱。DK-8D型电热恒温水槽(上海一恒科技有限公司),eppendorf 5804R低温离心机,DHG-9240A型电热恒温鼓风干燥箱(上海精宏实验设备有限公司),电子天平AR124CN(奥豪斯仪器上海有限公司)。

1.3 茶叶中氨基酸、嘌呤碱、儿茶素含量测定

茶叶水分测定按GB/T 8304-2002标准^[4]测定,茶叶有效成分的提取参照GB/T 8303标准^[4]测定,称取3.0 g(准确至0.0001 g)磨碎茶样,置于500 mL烧瓶中,加400 mL沸水,于沸水浴中加热浸提45 min(每隔10 min摇动1次),冷却到室温后用容量瓶定容至500 mL,混匀。取一部分试液过0.22 μm滤膜,待测。

1.3.1 HPLC法检测氨基酸含量的色谱条件 美国Waters 600型高效液相色谱仪,2475荧光检测器($\lambda_{ex}=250$ nm, $\lambda_{em}=395$ nm),流速1 mL·min⁻¹;流动相为:A相磷酸缓冲盐溶液(1:10),B相100%乙腈;C相纯水(屈臣氏蒸馏水);液相柱:Waters公司的AccQ·Tag C₁₈氨基酸专用分析柱;线性变化范围为:0~17 min, A相100%; 17~24 min, A相91%, B相5%, C相4%; 24~32 min, A相80%, B相17%, C相3%; 32~34 min, A相68%, B相20%, C相12%; 34~35 min, A相68%, B相20%, C相12%; 35~38 min, A相0%, B相60%, C相40%; 38~45 min, A相100%。

1.3.2 嘌呤碱HPLC检测色谱条件 美国Waters 600型高效液相色谱仪,2489可见紫外检测器,检测波长274 nm,流速1 mL·min⁻¹;流动相为:A相0.2%乙酸,B相100%乙腈;液相柱:phenomenex粒径5 μm的ODS 250×4.6 mm C₁₈反相柱;线性变化范

围为:0~25 min, A相92%, B相8%; 25~30 min, A相83%, B相17%; 30~32 min, A相10%, B相90%; 35~40 min, A相92%, B相8%。

1.3.3 儿茶素HPLC检测色谱条件 色谱条件检测波长为278 nm,流动相的线性洗脱条件为:0~16 min, A相94%, B相6%; 16~22 min, A相86%, B相14%; 22~32 min, A相85%, B相15%; 32~37 min, A相82%, B相18%; 37~45 min, A相71%, B相29%; 45~50 min, A相55%, B相45%; 51~60 min, A相94%, B相6%。

1.4 茶样的感官审评

参照SB/T10157-1993^[5]茶叶感官审评方法(1993)和NY/T787-2004^[6]茶叶感官审评通用方法(2004)对茶叶样品进行审评,用于感官审评的茶汤按照审评法冲泡,取3.0 g茶样,用150 mL沸水冲泡5 min后,请3名茶叶审评专家对茶样进行感官审评,并按外形(30%)、汤色(10%)、香气(25%)、滋味(25%)及叶底(10%)统计打分。

2 结果与分析

2.1 茶叶中游离氨基酸含量的测定

氨基酸是构成茶叶滋味的重要组成部分,是提高茶叶鲜爽度的重要物质^[1]。在茶叶滋味的协调中具有重要作用。HPLC分析结果(表1)表明,杭州地区有机毛峰一级氨基酸总量最高,达22.32 mg·g⁻¹,特级氨基酸总量为21.43 mg·g⁻¹,而二级、三级氨基酸总量分别为17.86和16.57 mg·g⁻¹。可以发现杭州地区有机毛峰氨基酸总量随着品质级别的降低而减少的趋势,只有特级中含量略低于一级,但在一级到二级之间相差就尤为显著。同时结合单因素方差分析在95%置信水平无差异显著,特级与一级、二级与三级无显著性差异。

茶氨酸是茶叶中特有的氨基酸,是组成茶叶鲜爽香味的重要物质之一,对绿茶品质影响较大^[1],茶氨酸能缓减茶的苦涩味,还可以缓解咖啡碱引起的兴奋^[7]。由表1可以看出,杭州地区有机毛峰中茶氨酸总量与茶样级别无显著差异性,但茶氨酸占氨基酸总量的比例分别为:特级27.82%,一级30.39%,二级31.31%,三级35.81%,即茶氨酸占氨基酸总量的比例越低,茶样品质级别反而越好。共检测出8种人体必需氨基酸:异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸、缬氨酸和组氨酸、蛋氨酸和9种非必需氨基酸天冬氨酸、丝氨酸、谷氨酸、甘氨酸、精氨酸、丙氨酸、脯氨酸、半胱氨酸、酪氨酸、缬氨酸。检测出的8种人体必需氨基酸除

组氨酸、蛋氨酸外都有特级中含量高于一级、二级、三级规律, 这可能由于低端代谢旺盛, 氨基酸的合成能力强引起的。9 种非必需氨基酸中天冬氨酸、

谷氨酸、丝氨酸、甘氨酸、精氨酸与茶样级别有着显著差异性, 主要在特级、一级中的含量比二级、三级要高, 而另外 4 种氨基酸无显著差异性。

表 1 样品氨基酸组成成分分析结果 (干重)

氨基酸种类 Type of amino acid	杭州地区有机毛峰等级 Grade of organic Maofeng tea from Hangzhou region			
	特级 Special grade	一级 Grade 1	二级 Grade 2	三级 Grade 3
天冬氨酸 Asp	1.74±0.10 ^a	2.06±0.02 ^b	1.93±0.07 ^{ab}	1.76±0.15 ^a
丝氨酸 Ser	1.87±0.03 ^a	0.62±0.04 ^b	0.92±0.00 ^c	0.74±0.06 ^d
谷氨酸 Glu	1.88±0.05 ^a	2.91±0.08 ^b	1.69±0.01 ^{ac}	1.53±0.10 ^c
甘氨酸 Gly	0.96±0.01 ^a	1.66±0.01 ^b	0.83±0.03 ^c	0.61±0.04 ^d
组氨酸 His	1.59±0.22 ^a	2.10±0.61 ^a	1.93±0.50 ^a	1.72±0.02 ^a
精氨酸 Arg	2.07±0.00 ^a	1.09±0.01 ^b	1.15±0.00 ^c	0.60±0.02 ^d
苏氨酸 Thr	0.40±0.01 ^a	0.27±0.00 ^b	0.29±0.01 ^b	0.32±0.01 ^c
丙氨酸 Ala	0.15±0.04 ^a	0.26±0.13 ^a	0.14±0.05 ^a	0.19±0.02 ^a
脯氨酸 Pro	0.59±0.01 ^a	0.89±0.04 ^b	0.28±0.03 ^c	0.32±0.07 ^c
茶氨酸 Theanine	5.96±0.06 ^a	6.78±0.02 ^b	5.59±0.16 ^b	5.94±0.38 ^b
半胱氨酸 Cys	0.75±0.02 ^a	0.71±0.01 ^b	0.59±0.02 ^c	0.56±0.01 ^c
酪氨酸 Tyr	0.98±0.07 ^a	0.46±0.07 ^b	0.58±0.09 ^b	0.55±0.04 ^b
缬氨酸 Val	0.05±0.07 ^a	0.03±0.03 ^a	0.05±0.05 ^a	0.06±0.04 ^a
蛋氨酸 Met	0.72±0.02 ^a	1.72±0.02 ^b	0.87±0.04 ^c	0.87±0.04 ^c
赖氨酸 Lys	0.58±0.00 ^a	0.25±0.01 ^b	0.33±0.00 ^c	0.27±0.01 ^b
异亮氨酸 Ile	0.28±0.02 ^a	0.13±0.01 ^b	0.16±0.00 ^c	0.15±0.01 ^{bc}
亮氨酸 Leu	0.27±0.01 ^a	0.06±0.03 ^b	0.09±0.01 ^b	0.01±0.00 ^c
苯丙氨酸 Phe	0.59±0.01 ^a	0.30±0.00 ^b	0.43±0.00 ^c	0.39±0.01 ^d
氨基酸总量/mg·g ⁻¹ Total amino acid	21.43±0.75 ^a	22.32±1.16 ^a	17.86±1.09 ^b	16.57±0.99 ^b
茶氨酸比值/% The percent of theanine to total amino acid	27.82	30.39	31.31	35.81

注: 不同字母表示在 0.05 水平显著差异性。下同。

Note: The different letters mean different significance at the 0.05 level. The same below.

表 2 样品嘌呤碱含量分析结果 (干重)

嘌呤碱种类 Type of purine alkaloid	杭州地区有机毛峰等级 Grade of organic Maofeng tea from Hangzhou region			
	特级 Special grade	一级 Grade 1	二级 Grade 2	三级 Grade 3
7-甲基黄嘌呤 7-methylxanthine	0.02±0.00 ^a	0.02±0.00 ^a	0.04±0.00 ^a	0.02±0.00 ^a
可可碱 Theobromine	0.78±0.06 ^a	0.74±0.21 ^a	0.55±0.06 ^a	0.18±0.05 ^b
茶叶碱 Theophylline	0.08±0.01 ^a	nd	nd	nd
咖啡碱 Caffeine	23.75±1.79 ^a	20.36±1.25 ^b	19.43±1.20 ^b	18.33±3.43 ^c
嘌呤碱总量/mg·g ⁻¹ Amount of purine alkaloid	24.63±1.86 ^a	21.12±2.46 ^b	20.00±1.26 ^b	18.53±3.48 ^c

nd: 未检出 not detected.

2.2 茶叶中嘌呤碱组含量的测定

嘌呤碱是茶叶中的重要滋味物质, 直接影响茶叶的品质。咖啡碱是一种黄嘌呤生物碱化合物, 是茶叶中嘌呤碱类的主要成分, 是使茶汤滋味呈苦味的主要因素之一^[3,8]。HPLC 分析结果 (表 2) 表明, 杭州地区有机毛峰特级总嘌呤碱的含量最高, 为 24.63 mg·g⁻¹, 一级、二级、三级总嘌呤碱含量分别为 21.12、20.00 和 18.53 mg·g⁻¹。可以发现嘌呤碱总

量随着品质级别的降低而减少, 咖啡碱、可可碱的含量为特级>一级>二级>三级, 含量也随着品质级别的降低而减少, 同时只有在特级中检测到茶叶碱的存在。结合单因素方差分析嘌呤碱总量和咖啡碱含量除了一级与二级间没有差异性显著外, 其他都有显著性差异, 可可碱、7-甲基黄嘌呤各级别间除了可可碱在三级有差异性显著其他都无差异性显著。

表3 样品儿茶素组成成分分析结果(干重)

儿茶素种类 Type of catechins	杭州地区有机毛峰等级 Grade of organic Maofeng tea from Hangzhou region			
	特级 Special grade	一级 Grade 1	二级 Grade 2	三级 Grade 3
没食子酸 GA	6.20±0.73 ^a	6.82±0.21 ^a	4.61±0.65 ^b	10.44±0.04 ^c
没食子儿茶素 GC	12.48±0.742 ^a	15.27±0.13 ^b	14.37±0.72 ^b	8.42±0.44 ^c
表没食子儿茶素 EGC	15.29±1.27 ^a	19.48±0.57 ^b	18.94±1.36 ^b	7.56±0.09 ^c
儿茶素 C	5.07±0.28 ^a	5.53±0.44 ^a	5.27±0.30 ^a	3.15±0.03 ^b
表儿茶素 EC	11.44±1.21 ^a	11.86±0.60 ^a	10.98±0.50 ^a	8.06±0.24 ^b
表没食子儿茶素没食子酸酯 ECGG	55.93±2.71 ^a	62.32±0.73 ^b	46.80±2.35 ^c	60.95±0.80 ^b
没食子儿茶素没食子酸酯 GCG	16.45±0.96 ^a	18.98±0.09 ^b	14.02±0.75 ^c	18.90±0.24 ^b
表儿茶素没食子酸酯 ECG	16.08±0.31 ^a	15.01±0.12 ^b	14.70±0.52 ^b	21.30±0.47 ^c
儿茶素总量/mg·g ⁻¹ Total catechins	138.94±8.22 ^a	155.27±2.90 ^{ab}	129.69±7.16 ^{ab}	138.78±2.36 ^b
儿茶素品质指数 Quality index of catechins	447.82	515.19	418.45	386.18
儿茶素/氨基酸 Catechin/amino acid	6.48	6.96	7.26	8.37

表4 化学组分与茶汤品质指标间的相关性分析

Table 4 Correlation between chemical components and tea infusions quality

化学组分 Chemical component	与总分相关系数 Correlation coefficient to total score
氨基酸 Amino acid	0.89 [*]
嘌呤碱 Purine alkaloid	0.95 [*]
儿茶素 Catechin	0.44

注: *、**分别为 0.05 及 0.01 水平上的显著性差异。

Note: “*” and “**” refer to the significant difference at the levels of 0.05 and 0.01, respectively.

2.3 儿茶素化合物含量测定

儿茶素是茶叶中多酚类的主要成分,对茶叶色、香、味品质的形成有重要作用^[9-10]。HPLC 分析结果(表3)表明,杭州地区有机毛峰一级总儿茶素含量最高,达 155.27 mg·g⁻¹,其次是特级为 138.94 mg·g⁻¹,二级、三级分别为 129.69 mg·g⁻¹和 138.78 mg·g⁻¹。可以看出总儿茶素含量与茶样品质级别没有显著规律。

绿茶品质不仅仅在于儿茶素总量,更主要取决于儿茶素各组分的含量及它们之间的比例关系,儿茶素品质指数按阮宇成^[11]提出的儿茶素指数公式[儿茶素品质指数=100×(ECGG+ECG)/ECG]计算,儿茶素品质指数的大小可以在一定程度上反映出绿茶的品质差异,表3可以看出儿茶素品质指数除了特级比一级低外,其他的有着随茶叶品质级别的降低而降低,儿茶素品质指数越大,芽叶持嫩性越好,品质越好。中川致之、阿南茸正等^[12-13]曾就绿茶滋味与内含成分的关系作了大量的研究,并指出春末夏初,茶多酚含量的增加和氨基酸含量的降低,是

夏茶苦涩味形成的主要原因。茶汤的苦涩味级别与茶多酚与氨基酸比值呈高度正相关,与滋味得分呈高度负相关^[14],而儿茶素是茶叶中多酚类的主要成分。从表3看儿茶素与氨基酸比值有着随茶叶品质级别的降低而增加的规律,说明杭州地区有机毛峰级别越高滋味越好,苦涩味越淡。

2.4 感官审评与化学成分相关性分析

由表5可知,杭州地区有机毛峰特级、一级、二级、三级感官审评分分别为 90.6、86.8、81.2 和 80.6,可以看出感官审评分与级别呈正相关,二级与三级表现不明显。从外形看,特级、一级、二级、三级表现出明显的由好到差的规律,在二级、三级中有茎和老叶的存在,没有特级中条紧细、显峰苗等好茶的特征标志;从汤色看,特级、一级在汤色感官评分相近,二级略高于其他级别;从香气看,特级、一级明显高于二级与三级,二级,其中二级可能由于加工不当原因,导致香气中有高火特征;从滋味、叶底看,特级明显好于其他级别,一级中带有涩味导致滋味不好,叶底特征特级、一级、二级、三级随着级别有着较强的正相关。总之,茶样在外形、汤色、香气、滋味、叶底方面随着茶叶品质级别的降低而越来越差的趋势。

氨基酸、嘌呤碱含量均与感官审评分值及总分呈正相关(表4),但相关程度有所差别,说明不同化学成分对感官品质的影响存在差异,但儿茶素在该实验中没有较好的相关性,这可能儿茶素与茶多酚中其它成分及氨基酸、嘌呤碱共同作用引起,通过对茶样感官审评与化学成分相关性分析将为以后化学成分与感官审评总分及滋味评分相关性研究提供了参考。

表 5 样品感官审评分析结果
Table 5 Sensory evaluation on organic Maofeng tea from Hangzhou

审评因子 Evaluation factor	杭州地区有机毛峰等级 Grade of organic Maofeng tea from Hangzhou region			
	特级 Special grade	一级 Grade 1	二级 Grade 2	三级 Grade 3
外形(30%) Appearance	条细紧, 显峰苗, 有毫, 绿尚匀/92	条紧细, 显峰苗, 有毫, 绿显翠绿/88	条紧, 绿稍深泛灰, 稍花杂, 有空心梗, 尚匀, 有嫩茎/78	条尚紧, 深绿, 尚匀, 多茎、老叶/77
汤色(10%) Liquor colour	黄绿, 较亮/87	黄绿, 较亮/87	绿较亮/88	黄绿, 较亮/87
香气(25%) Aroma	栗香饱满/90	栗香微花香/91	栗香微高火/80	栗香较纯正/82
滋味(25%) Taste	醇厚, 收敛性/90	尚醇、微涩/80	较醇厚、微高火/84	尚醇/82
叶底(10%) Infused leaves	嫩软, 嫩绿, 匀亮/93	较嫩软, 绿亮, 较匀/90	黄绿较亮, 老嫩不匀, 多茎/80	多茎、老叶, 黄绿稍深/78
总分 Total	90.6	86.8	81.2	80.6

3 结论

通过对杭州地区有机毛峰特级、一级、二级、三级比较分析其氨基酸含量、嘌呤碱含量、儿茶素含量和感官审评, 为判别有机毛峰的品质级别关系提供科学参考依据。

杭州地区有机毛峰氨基酸总量随着品质级别的降低而减少的趋势, 特别在一级到二级之间相差尤为显著, 同时结合单因素方差分析在 95%置信水平无差异显著, 特级与一级、二级与三级无显著性差异。共检测出 8 种人体必需氨基酸和 9 种非必需氨基酸, 大部分氨基酸在特级中含量高于其它级别, 差异性显著。咖啡碱、可可碱的含量和嘌呤碱总量为特级>一级>二级>三级, 含量与茶样级别呈正相关, 同时只有在杭州地区有机毛峰特级中检测到茶叶碱的存在。

杭州地区有机毛峰嘌呤碱总量随着品质级别的降低而减少, 总儿茶素含量与级别没有显著规律, 但儿茶素品质指数除了特级比一级低外, 其他的有着随茶叶品质级别的降低而降低。儿茶素与氨基酸比值随茶叶品质级别的降低而增加, 说明杭州地区有机毛峰级别越高滋味越好, 苦涩味越淡。

在外形、汤色、香气、滋味、叶底各感官审评因子的基础上, 杭州地区有机毛峰随着品质级别的降低有着明显的变差的现象。特级、一级、二级、三级感官审评分分别为 90.6、86.8、81.2 和 80.6, 通过相关性分析氨基酸、嘌呤碱含量均与感官审评分值及总分呈正相关, 但儿茶素在该实验中没有较好的相关性, 说明不同化学成分对感官品质的影响存在差异。

致谢: 感谢安徽农业大学茶与食品科技学院的方世辉教授、李立祥教授和戴前颖副教授对茶样进行的专业感官审评。

参考文献:

- [1] 侯渝嘉, 彭萍, 李中林, 等. 不同遮荫水平对夏秋季茶叶原料品质的影响[J]. 南方农业, 2008(5): 12-15.
- [2] 邵淑宏, 王开荣, 林晨, 等. 茶氨酸制备和检测研究进展[J]. 茶叶, 2009, 35(3): 145-149.
- [3] 蒲晓亚, 袁毅君, 王廷璞, 等. 茶叶的主要呈味物质综述[J]. 天水师范学院学报, 2011, 31(2): 40-44.
- [4] 周卫龙, 孙安化, 钟萝. GB/T 8303-2002 茶磨碎试样的制备及其干物质含量测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002: 111-112.
- [5] 中华人民共和国商业部. SB/T 10157-1993 茶叶感官审评方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1993-10-01.
- [6] 中华人民共和国农业部. NY/T 787-2004 茶叶感官审评通用方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004-06-01.
- [7] 成浩, 高秀清. 茶氨酸的研究进展及其应用前景[C]//植物组织培养与脱毒快繁技术—全国植物组培、脱毒快繁及工厂化生产技术学术研讨会论文集. 2011.
- [8] 易超然, 卫中庆. 咖啡因的药理作用和应用[J]. 医学研究生学报, 2005, 18(3): 270-272.
- [9] 何昱, 洪筱坤, 王智华. 茶多酚中儿茶素类及咖啡因的含量测定[J]. 中成药, 2003, 25(10): 827-830.
- [10] 宛晓春. 茶叶生物化学[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [11] 阮宇成, 程启坤. 茶叶茶素的组成与绿茶品质的关系[J]. 园艺学报, 1964, 3(3): 227-300.
- [12] 中川致之. 绿茶滋味化学成分[J]. 茶业研究报告, 1973(40): 1-9.
- [13] 阿南要正. 从化学成分看夏茶特征[J]. 茶, 1974(6): 30-31.
- [14] 程启坤, 阮宇成. 绿茶滋味化学鉴定法[J]. 茶叶科学, 1985, 5(1): 7-17.