

云南普洱地区大叶种茶酚氨比研究

肖 涵, 申 亮, 杨婉秋*

(昆明学院 化学科学与技术系, 云南 昆明 650214)

摘要:使用国标法对普洱地区 61 个大叶种茶叶样品茶多酚质量分数及游离氨基酸总量进行测定, 计算其酚氨比, 并统计不同类型茶叶酚氨比差异. 结果表明, 普洱地区 61 个茶叶样品酚氨比较好, 其均值为 (8.70 ± 7.44) . 普洱地区茶叶酚氨比在不同制茶品种、不同芽叶级别中均无统计学意义. 茶多酚质量分数是区分绿茶与其他茶种的良好指标, 氨基酸总量是区分普洱熟茶与其他茶种的辅助指标. 氨基酸总量在不同芽叶等级中出现显著性差异, 但尚不能区分黄片茶.

关键词:普洱地区; 大叶种茶; 茶多酚; 酚氨比

中图分类号:TS272 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-5639(2017)03-0034-06

DOI:10.14091/j.cnki.kmxyxb.2017.03.009

Analysis of Phenolic/Amino Acids in Large-leaf Species Tea from Yunnan Pu'er Area

XIAO Han, SHEN Liang, YANG Wanqiu*

(Department of Chemical Science and Technology, Kunming University, Kunming, Yunnan, China 650214)

Abstract: Phenolic mass fraction and total free amino acids of 61 large-leaf species tea samples from Pu'er area were determined by national Standard methods to calculate the ratios for phenolic/ammonia and statistically analyze the diversity of the different tea varieties. The Statistical results showed that the 61 tea products had a good phenolic/amino acids ratio (8.70 ± 7.44) . None statistical difference was shown in phenol/ammonia ratio between either different tea varieties, or leaves grades. Tea polyphenol mass fraction is good for distinguishing green tea from others; while amino acids is assistant indicator to discriminate between pu'er ripe tea and others. Amino acids showed the significant differences in different leaf grade, however, it still can't identify pome tea from others.

Key words: Pu'er area; large-leaf tea; tea polyphenols; phenolic/total free amino acids

普洱地区是普洱茶的发源地与地理标志地, 其属热带与亚热带区, 年平均气温 18.3°C , 年平均相对湿度 77%, 年均降雨量 1 086.7 mm, 年均日照 2 131.6 h, 无霜期 355 d^[1]. 该地区茶园多为砖红壤土质, pH 值在 4.5~5.5 之间, 有机质质量分数为 2%~5%, 是世界大叶种茶叶的“黄金种植地带”. 普洱地区茶树以大叶种茶树为主, 其叶展大, 芽叶重(质量大), 水溶物多, 内含物比率好, 口感鲜爽^[2].

茶汤中茶多酚、氨基酸总量、咖啡碱、粗多糖等生化成分^[3]是茶汤滋味和功效的主要贡献因子. 茶多酚是茶树独有的多元酚混合物, 占茶叶干质量的

15%~36%^[4], 是茶叶呈现出苦涩兼具鲜爽口感的主要滋味物质^[5-8]. 国际通行的茶叶质控指标(ISO TC34SC8N396)及我国绿茶推荐标准均要求测定茶多酚含量(质量分数, 下同).

目前, 茶汤氨基酸的研究多针对茶汤中的游离氨基酸总量(Total of free amino acids, TFAA). 研究^[9-10]表明, 茶汤中的 TFAA 约占茶叶干质量的 2%~5%; 与茶叶嫩度和等级^[11]、树龄^[12]、采摘期温度^[13]、干燥温度、发酵期^[14]等密切相关. 其组成、含量(质量分数)、降解和转化产物都直接影响产品品质^[15]. TFAA 不仅是茶叶有效氨基酸摄入的来源, 更是茶汤鲜甜口感、独特香气的

收稿日期:2017-05-08

基金项目:昆明学院应用型人才培养改革创新项目“化学化工类大学生创新实践基地建设”.

作者简介:肖涵(1981—), 女, 云南大理人, 副教授, 博士, 主要从事环境分析和食品分析研究.

* 通讯作者:杨婉秋(1980—), 女, 云南石林人, 副教授, 博士, 主要从事分析检测研究, E-mail:amyfall@163.com.

主要贡献因子,决定着茶叶的综合口感及营养价值.

茶多酚含量(质量分数)与氨基酸总量的比值称为酚氨比(Ratio of polyphenols and amino acids, RPA).与单一指标相比,RPA更能综合判定鲜叶的品质属性及成茶品质的优劣^[16].因此,其不仅被列入我国绿茶推荐标准,也是行业内茶适制性的参考指标.一般认为,酚氨比<8.00,适制绿茶^[17];酚氨比8.00~15.00,红绿茶兼制;酚氨比>15.00,适制红茶^[18-19].

为了解普洱地区茶叶RPA的基本特征,本文使用分光光度法测定自普洱地区采集茶叶样品的茶多酚质量分数^[20]及总游离氨基酸质量分数^[21-23],并通过酚氨比评估其滋味特征.其结果不仅能为云南茶树资源生化多样性提供背景资料,也能为针对性的开发利用茶鲜叶提供有益参考.

1 材料与方法

1.1 样品

2014年3月—12月,在市场购得普洱市所产的茶叶61种(其中绿茶18种,编号为PE-G1~PE-G18;红茶8种,编号为PE-B1~PE-B8;普洱生茶21种,编号为PE-PE1~PE-PE21;普洱熟茶14种,编号为PE-PU1~PE-PU14).茶样经混匀后,以小包装抽真空后密封避光冷藏.

1.2 试剂

标准样品:没食子酸,1ST2307;L-谷氨酸,1ST1406;国药集团.

碳酸钠,福林酚试剂,甲醇溶液;茛三酮,磷酸氢二钾,磷酸氢二钠,抗坏血酸,均为AR级,广东光华;实验用水:三蒸级.

1.3 样品前处理

1)茶多酚.准确称取0.200 g研碎至100目的各试样于25 mL离心管,加入70℃中水浴70%甲醇5 mL,开盖超声2 min,加盖于70℃水浴振荡10 min,提取后冷却至室温,3 500 r/min离心10 min.残渣再用70%甲醇溶液提取1次,重复上述操作,合并提取液,定容到10.0 mL.

2)氨基酸总量.称取研碎至100目茶样(红茶、绿茶:0.50 g;普洱生茶、普洱熟茶:1.50 g)于50 mL比色管中,加沸水45 mL,立刻放入沸水浴中,保持45 min,过滤洗涤后定容至50.0 mL.

1.4 样品测定

1.4.1 茶多酚

1)标准曲线制作.移取蒸馏水1.0 mL、质量浓度为4.00 mg/mL没食子酸工作液1.0,2.0,3.0,4.0,5.0 mL于25 mL比色管中,加入5.0 mL的10%福林酚试剂,摇匀.3~5 min内,加入4.0 mL 7.5% Na₂CO₃溶液,加水定容至25.0 mL,摇匀.置于室温下60 min,在波长765 nm处测定吸光度.

2)样品测定.将第1次样品提取液红茶100 μL、绿茶20 μL、普洱熟茶100 μL、普洱生茶60 μL移于25 mL比色管中,然后加入5.0 mL 10%福林酚试剂并摇匀.3~5 min,再加入4.0 mL 7.5% Na₂CO₃溶液,加水定容至25.0 mL并摇匀.置于室温下60 min,在波长765 nm处测定吸光度.

1.4.2 氨基酸总量

1)标准曲线制作.移取质量浓度为1.0 mg/mL谷氨酸标准液各0.0,0.1,0.2,0.3,0.4,0.5,0.6 mL于25 mL比色管中,加入4.0 mL水,1.0 mL 2%茛三酮溶液和pH8.0磷酸盐缓冲液2.0 mL,沸水浴15 min,冷却后定容至25 mL,然后放置10 min后,在570 nm处测定吸光度.

2)样品测定.准确吸取试液1.0 mL,注入25 mL比色管中,加入4.0 mL水,1.0 mL 2%茛三酮溶液和pH8.0磷酸盐缓冲液2.0 mL,沸水浴15 min,冷却后定容至25.0 mL,在570 nm处测定吸光度.

1.5 数据处理

数据统计分析使用SPSS23.0软件,单因素方差分析(ANOVA),平行性实验验证可疑值.

2 结果与分析

2.1 普洱地区茶叶RPA概况

对以上样品进行RPA计算,总体样本的统计结果见表1.

表1 普洱地区茶叶样本RPA分布情况

类别	范围	均值	RSD
茶多酚/%	4.16~32.38	17.22±6.97	40.48
TFAA/%	0.50~5.14	2.24±1.19	53.13
RPA	1.15~38.46	8.70±7.44	85.52

由表1可知,普洱地区所有茶叶茶多酚质量分数范围为4.16%~32.38%,TFAA质量分数范围为0.50%~5.14%,RPA范围为1.15~38.46.

将本次测定均值与其他云南产区研究结果对比,见表2.

表 2 云南省茶叶 RPA 均值研究结果

茶多酚/%	TFAA/%	RPA	数据来源
17.22 ± 6.97	2.24 ± 1.19	8.70 ± 7.44	本文
40.00	2.62	14.17	[24]
22.76 ± 1.85	2.49 ± 0.55	9.67 ± 2.70	[25]
24.75	3.85	6.62	[2]
10.27 ± 1.09	1.27 ± 0.12	-	[26]
40.80 ± 2.51	2.53 ± 0.48	-	[27]
24.81	2.31	10.81	[28]
10.06 ± 0.78	4.82 ± 0.35	-	[29]

由表 2 可知,本次涉及的 61 个大叶种茶样其茶多酚质量分数为中等偏低,TFAA 质量分数居中,导致其 RPA 较低,说明本批茶样口感较为醇和,苦涩味较少,适制性较广,适宜多种加工手段.本次涉及

的样品茶多酚、TFAA 质量分数极差及 RSD 较大,说明本研究的样本茶多酚质量分数、TFAA 质量分数及 RPA 差异较大.其原因主要是本研究涉及茶叶品种较多(红茶、绿茶、普洱熟茶、普洱生茶),此外茶叶鲜叶嫩度不均,以及加工过程多变(杀青、蒸青、晒青、堆渥、炒制)所致,同时也说明茶叶 RPA 受多重因素共同制约,因此应深入研究不同因素差异对 RPA 的干扰.

2.2 不同加工方式下普洱地区茶叶 RPA 及方差分析结果

2.2.1 不同加工方式 RPA 概况

将样本按加工方式(红、绿、普洱生茶、普洱熟茶)分类,研究其测定结果差异性.不同类型茶叶样本趋势见表 3.

表 3 不同加工方式茶叶酚氨比概况

指标	绿茶(n=18)			红茶(n=8)			普洱生茶(n=21)			普洱熟茶(n=14)		
	范围	均值	RSD	范围	均值	RSD	范围	均值	RSD	范围	均值	RSD
茶多酚/%	9.91~32.38	22.80 ± 5.04	22.11	6.42~23.76	13.02 ± 5.73	44.01	4.32~22.02	16.79 ± 5.38	32.04	4.16~22.43	12.40 ± 6.91	55.73
总氨基酸/%	1.74~5.14	3.19 ± 1.05	32.92	1.78~4.44	3.09 ± 0.94	30.42	0.50~3.74	2.00 ± 0.79	39.50	0.58~1.62	0.96 ± 0.31	32.29
酚氨比	2.05~15.12	7.39 ± 3.90	52.77	1.53~8.28	3.71 ± 2.86	77.09	5.33~31.6	10.01 ± 8.47	84.62	1.15~38.46	11.09 ± 9.63	86.83

由表 3 可以看出,4 类茶叶样品中,茶多酚质量分数均值顺序为: $w(\text{绿茶}) > w(\text{普洱生茶}) > w(\text{红茶}) > w(\text{普洱熟茶})$.绿茶和普洱生茶茶多酚质量分数较为接近,其原因可能是对于茶叶多酚质量分数的影响后期发酵要高于前期晒青杀青.红茶和普洱熟茶茶多酚均值最低,同文献[30—32]研究结果一致,其原因是堆渥发酵过程中,微生物所分泌的多酚氧化酶促进了茶多酚氧化聚合,生成茶汤品质特征相关的其他物质^[32],这也吻合红茶、普洱熟茶苦涩味较轻、口感醇和的产品特征. TFAA 质量分数均值顺序为: $w(\text{绿茶}) > w(\text{红茶}) > w(\text{普洱生茶}) > w(\text{普洱熟茶})$.首先是由于绿茶、红茶多采用芽尖制作,其次轻度短时加工,即使是氨基酸的分解酶失活,也对氨基酸破坏较少^[33].由此顺序也可推测,芽叶数对 TFAA 的干扰大于加工方式的干扰. RPA 均值顺序为:普洱熟茶 > 普洱生茶 > 绿茶 > 红茶,说明这些茶样涩感较轻,鲜爽感明显,口感更为平和温润,同时表明该地区红茶的制备工艺选料较佳,其工艺能较好地降解茶多酚^[34].

4 类茶叶茶多酚质量分数范围极差顺序:绿茶(22.47) > 普洱熟茶(18.27) > 普洱生茶(17.70) >

红茶(17.34);RSD 顺序为:普洱熟茶 > 红茶 > 普洱生茶 > 绿茶.同一地区两种未发酵茶茶多酚质量分数变幅明显高于发酵茶,其原因可能是茶叶发酵过程对茶多酚的干扰多于茶叶原料级别和季节等因素的影响. TFAA 质量分数范围极差顺序为:绿茶(3.40) > 普洱生茶(3.24) > 红茶(2.66) > 普洱熟茶(1.04),这与其他研究结果^[26,28,35]略有差别;RSD 顺序为:普洱生茶 > 绿茶 > 普洱熟茶 > 红茶.总氨基酸质量分数变幅两种未发酵茶远远高于两种发酵茶,其原因可能是由于发酵和后发酵过程中氨基酸的降解所致. RPA 范围极差顺序为:普洱熟茶(11.09) > 普洱生茶(26.27) > 绿茶(13.07) > 红茶(6.75);RSD 为:普洱熟茶 > 普洱生茶 > 红茶 > 绿茶. RPA 的变幅普洱熟茶最高,加之 TFAA 与芽叶数关系较大,本次排序也可解读为普洱熟茶芽叶数品控要求不高,而绿茶、红茶对茶原料嫩度要求较高.

总而言之,本次不同样品间茶多酚、氨基酸和 RPA 的极差、RSD 均较大.其原因可能是样品受到采摘季节、芽叶数、物种以及加工条件等因素的影响,因此,在今后的研究中必须对茶叶样品及来源进行更为细致的分级,以利于进一步监控茶叶的质量.

2.2.2 不同加工方式产品方差分析结果

行方差分析,以了解其差异性,结果汇总于表4.

使用 SPSS 对普洱地区不同加工方式的茶样进

表 4 不同加工方式方差分析结果

茶多酚	红茶	普洱生茶	普洱熟茶	氨基酸	红茶	普洱生茶	普洱熟茶	酚氨比	红茶	普洱生茶	普洱熟茶
绿茶	0.000 **	0.003 **	0.000 **	绿茶	1.000	0.005 **	0.000 **	绿茶	0.270	0.290	0.180
红茶		0.150	0.820	红茶		0.130	0.004 **	红茶		0.060	0.034 *
普洱生茶			0.047 *	普洱生茶			0.001 **	普洱生茶			0.680

注:方差齐时采用 LSD 法,方差不齐时采用 Tamhane 法进行分析. $P < 0.05$ 为差异有统计学意义,标记为 *; $P < 0.01$ 为差异有极显著统计学意义,标记为 **.表6 同.

由表4可知,茶多酚质量分数在绿茶和其他茶种间差异均有极显著统计学意义,是区分绿茶与其他茶种的良好指标.普洱熟茶和普洱生茶茶多酚差异有统计学意义,这是由于后发酵过程对茶多酚质量分数起主要贡献.总氨基酸质量分数在普洱熟茶与其他茶种间差异均体现出有统计学意义,这可佐证普洱茶制作过程中长时间堆渥发酵对 TFAA 影响较大.RPA 仅在红茶—普洱熟茶中差异有统计学意义,这可能既有长时间后发酵的干扰,又有普洱熟茶芽叶均一度较差的影响.整体而言,TFAA 在不同茶种间差异较为明

显,可作为判定加工方式的辅助指标.

2.3 不同芽叶等级普洱地区茶叶 RPA 及方差分析结果

2.3.1 不同芽叶等级 RPA 概况

将样本按上、中、下层随机取样 5 g 左右,正常冲泡后计量其芽叶数,弃去存疑样品、碎茶及普洱熟茶,按冲泡后约 80% 芽叶数进行分类,共分 4 个等级(单芽、一芽两叶、一芽两三叶(三叶超过 40%)、黄片)进行划分,研究其测定结果差异性.不同等级茶样 RPA 统计结果见表 5.

表 5 不同芽叶数茶叶酚氨比概况

指标	单芽($n=5$)			一芽两叶($n=11$)			一芽两三叶($n=34$)			黄片($n=3$)		
	范围	均值	RSD	范围	均值	RSD	范围	均值	RSD	范围	均值	RSD
茶多酚/%	7.17~23.76	15.13±7.41	48.98	4.32~26.30	18.82±7.82	41.55	5.93~32.38	16.85±6.58	39.05	4.16~27.1	17.69±12.02	67.95
氨基酸/%	1.37~4.44	2.94±1.13	38.44	1.50~4.20	2.83±1.00	35.34	0.50~4.83	1.83±1.02	55.74	0.59~3.25	2.08±1.36	65.38
酚氨比	1.61~15.98	6.76±5.76	85.21	1.15~15.12	7.09±5.32	75.04	2.05~38.46	10.13±8.42	83.12	6.72~7.04	4.59±3.98	86.71

从表5可看出,对4类茶叶样品均值排序,茶多酚质量分数为: w (一芽两叶) $>w$ (黄片) $>w$ (一芽两三叶) $>w$ (单芽).由此可知,芽叶数对茶多酚质量分数影响不够显著,这可能是由于有多种类型加工工艺,发酵加工对降解部分茶多酚造成的.TFAA 质量分数均值顺序为: w (单芽) $>w$ (一芽两叶) $>w$ (一芽两三叶) $>w$ (黄片),与芽叶等级密切相关,这也与之前研究^[28,30]认为的嫩度越高,叶数越少,氨基酸质量分数越高吻合.受到茶多酚质量分数的干扰,本次样品 RPA 均值顺序为:一芽两三叶 $>$ 一芽两叶 $>$ 单芽 $>$ 黄片,未能体现出芽叶等级的影响.

黄片茶虽分类上多属于第3叶,但一般来源于老茶树、野生茶树,其多为组织特别厚实的叶片,条索疏松、粗大,在揉捻过程中无法成条,与氧、微生物等外来条件接触充分,故而在本次分析中,其 RPA

反而较高,这也从化学的角度佐证了黄片滋味甘醇厚、持久耐泡的优点^[36].

茶多酚 RSD 顺序为:黄片 $>$ 单芽 $>$ 一芽两叶 $>$ 一芽两三叶;TFAA 的 RSD 顺序为:黄片 $>$ 一芽两三叶 $>$ 单芽 $>$ 一芽两叶;RPA 的 RSD 顺序为:黄片 $>$ 单芽 $>$ 一芽两三叶 $>$ 一芽两叶.总体而言,不同样品间茶多酚、氨基酸和 RPA 变幅均较大.说明样品滋味差异在同一地区、同一芽叶级别下仍然有较大区别,这也说明茶滋味仍受多种因素干扰(物种、采摘季节、种植条件、加工条件、其他物质代谢),因此仍需扩大样本量,综合考虑多种因素进行分类统计.由于黄片茶样较为少见,本次仅收集到3个样本,后续研究仍需补充更多样品数据以提高统计可信度.

2.3.2 不同芽叶级别产品 RPA 方差分析结果

使用 SPSS 对普洱地区不同芽叶级别茶样进行方差分析,以了解其差异性,结果汇总于表6.

表 6 不同芽叶数方差分析结果

茶多酚	一芽两叶	一芽两三叶	黄片	茶氨酸	一芽两叶	一芽两三叶	黄片	酚氨比	一芽两叶	一芽两三叶	黄片
单芽	0.349	0.623	0.630	单芽	0.843	0.031 *	0.264	单芽	0.935	0.355	0.695
一芽两叶		0.439	0.812	一芽两叶		0.008 **	0.276	一芽两叶		0.251	0.613
一芽两三叶			0.848	一芽两三叶			0.693	一芽两三叶			0.228

由表 6 可知,茶多酚质量分数、RPA 在不同嫩度茶间差异无统计学意义,难以区分不同芽叶等级的干扰.而氨基酸质量分数在单芽—一芽两叶,一芽两叶—一芽两三叶中差异有统计学意义,这可能说明 TFAA 随芽叶级别升高而升高,较薄软的第 3 叶样品 TFAA 质量分数急剧下降. TFAA 是区分不同芽叶等级的较好指标,可以作为鲜叶、成品级别判定的辅助指标.由于 TFAA 尚不能区分黄片茶与其他等级,但黄片茶感官特征显著,质控较为简单,因此无需以分析手段辅助.

3 结论

1)对普洱地区 61 个茶叶样品酚氨比特性进行了研究,其均值较低,为 (8.70 ± 7.44) ,表明该地区茶叶口感醇和.但其比例范围差异较大 $(1.15 \sim 38.46)$,RSD 较高 (40.48%) .

2)普洱地区茶叶酚氨比在不同制茶品种间差异无统计学意义.茶多酚质量分数在绿茶和其他茶种间差异有统计学意义,是区分绿茶与其他茶种的良好指标.总氨基酸质量分数在普洱熟茶与其他茶种中均体现了差异有统计学意义,因此佐证了长时间堆渥发酵对氨基酸质量分数的影响,可以作为判定加工方式或堆渥时间的辅助指标.

3)普洱地区不同芽叶级别茶多酚质量分数、酚氨比差异无统计学意义. TFAA 在单芽—一芽两叶,一芽两叶—一芽两三叶中差异有统计学意义,但尚不能区分黄片茶与其他等级差别.

4)鉴于部分茶种样本量较少,所测茶多酚、氨基酸均为 10 余种混合物总量,若能进一步细分其内含物种类及比例则更能反映成品口感、平衡度,因此,今后将继续收集少见样本,并使用 HPLC、氨基酸分析仪对其内含物进行定量测定,以细化统计指标.

【参考文献】

[1]蒋好忱,雷宝佳,郭忆.自然立地条件下云南省普洱茶种植适宜性分析[J].热带农业科学,2013,33(10):19

-23.

[2]曾敏.古树普洱生茶特征风味的化学基础研究[D].重庆:西南大学,2015.

[3]王伟,季晓晖,李秀峰,等. HPLC 法同时测定茶叶中多酚、咖啡因和维生素[J].分析试验室,2014(12):1443-1446.

[4]宛晓春.茶叶生物化学[M].3版.北京:中国农业出版社,2003.

[5]王淑慧,龙立梅,宋沙沙,等.3种名优绿茶的特征滋味成分研究及种类判别[J].食品科学,2016,37(2):128-131.

[6]NARUKAWA M, NOGA C, UENO Y, et al. Evaluation of the bitterness of green tea catechins by a cell-based assay with the human bitter taste receptor hTAS2R39[J]. Biochemical and Biophysical Research Communications, 2011, 405(4):620-625.

[7]徐文平.四川绿茶苦涩味偏重成因分析及降低苦涩味技术研究[D].合肥:安徽农业大学,2010.

[8]许勇泉,刘栩,刘平,等.茶汤回甘滋味及其电子舌应用分析研究[C]//第十五届中国科协年会.科技创新与茶产业发展论坛论文集.杭州:中国茶叶,2013.

[9]单虹丽,杜晓,郑晓娟.蒙顶茶中的儿茶素及氨基酸分析[J].湖北农业科学,2012,51(12):2576-2579.

[10]赵明明,金钰,胡筱波,等.基于氨基酸特征分析的西湖龙井茶鉴别方法研究[J].湖北农业科学,2015,54(24):6369-6371.

[11]陈丹,叶小辉,俞滢,等.不同等级云南红碎茶的氨基酸组分分析[J].福建茶叶,2014(4):24-26.

[12]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.

[13]田野,王梦馨,王金和.茶鲜叶可溶性糖和氨基酸含量与低温的相关性[J].茶叶科学,2015,35(6):567-573.

[14]JOSE B, ELISABETE L, LISETTE P. Comparison of azorean tea theanine to teas from other origins by HPLC/DAD/FD-Effect of fermentation, drying temperature, drying time and shoot maturity[J]. Food Chemistry, 2012, 132:2181-2187.

[15]邵济波,唐茜,周晓兰,等.四川引种安吉白茶主要生化成分分析[J].食品科学,2012,33(16):179-183.

- [16]程启坤.茶叶品种适制性的生化指标:酚氨比[J].中国茶叶,1983(1):38.
- [17]吴瑞梅,艾施荣,吴彦红,等.基于近红外光谱的绿茶滋味品质估测模型[J].核农学报,2013,27(10):1495-1500.
- [18]张泽岑.对茶树早期鉴定品酚氨比的一点指标和看法[J].茶叶通讯,1991(3):22-25.
- [19]WANG Y Y, YANG X R, LI K K. Simultaneous determination of theanine, gallic acid, purine alkaloids, catechins, and theaflavins in black tea using HPLC[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2010, 45: 1263-1269.
- [20]中国国家标准化管理委员会.茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法:GB/T 8313—2008[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [21]中国国家标准化管理委员会.茶游离氨基酸总量的测定:GB/T 8314—2013[S].北京:中国标准出版社,2013.
- [22]王川丕,刘新,诸力.两种方法测定茶叶游离氨基酸总量的差异及其原因分析[J].中国茶叶,2012(12):12-14.
- [23]杨胜远,洪纳禧.茶游离氨基酸总量测定方法的改进[J].食品科技,2012,37(9):296-200,305.
- [24]夏丽飞,梁名志,王丽,等.勐海晒青茶品质化学研究[J].中国农学通报,2012,28(16):239-244.
- [25]李友勇,方成刚,孙雪梅.古树晒青品质化学成分特征研究[J].西南农业学报,2014,27(5):1874-1883.
- [26]吕海鹏.普洱茶品质的仪器鉴定研究[D].杭州:浙江大学,2013.
- [27]陈玫,夏丽飞,梁名志.勐海古树茶与生态茶品质化学研究[J].福建茶叶,2012(4):12-15.
- [28]陈继伟,梁名志,王立波.古茶园与台地茶园鲜叶常量成分及成茶品质比较研究[J].中国农学通报,2011,27(4):339-344.
- [29]王秋霜,吴华玲,凌彩金.普洱茶理化品质及特征“陈香”物质基础研究[J].食品工业科技,2017,38(2):308-314.
- [30]普冰清,徐怡,杜春华.不同茶叶中茶多酚类成分及咖啡碱含量研究[J].食品工业,2017,38(2):301-303.
- [31]陈磊,彭静静,滕建文,等.苍梧六堡茶与其他茶叶中酚酸的对比研究[J].食品研究与开发,2016,37(2):138-141.
- [32]肖涵,杨婉秋,缪德仁.云南省不同制茶品种不同产区茶多酚含量分析[J].昆明学院学报,2016,38(6):43-46.
- [33]姜东华,陈保,张怀志.不同加工工艺紫娟茶中氨基酸及微量元素的比较研究[J].现代食品科技,2013,29(4):872-902.
- [34]陈圆圆,钱靖,李仲彩,等.云南省不同季节茶多酚含量调查研究[J].昆明学院学报,2016,38(6):30-33.
- [35]程柱生.漫话茶叶中的游离氨基酸[J].贵州茶叶,2012,40(4):54-57.
- [36]陈亦.普洱茶中的黄片[J].茶·健康天地,2010(10):44.

