

负氧离子在仓储过程中对普洱生茶挥发性成分的影响

任 丽¹, 周红杰^{1*}, 许腾升¹, 任洪涛²

(1. 云南农业大学普洱茶学院, 昆明 650201; 2. 云南省香料研究开发中心, 昆明 650051)

摘 要: **目的** 提升有益内含香气成分和降低茶叶“烟味”杂异味以及提高生茶整体品质。**方法** 采用蒸馏萃取法(simultaneous distillation extraction, SDE)富集其香气物质, 并采用气相色谱-质谱联用法对负氧离子仓储前后普洱生茶进行香气成分对比和分析。**结果** 2003年的龙记生饼和2005年的古道生饼香气物质含量呈现很大差异。其中正己醛、蒎烯、苯甲醛、苯甲醇、 α -蒎烯、脱氢芳樟醇、异龙脑、萘、苯乙醛、藏花醛、3-蒎烯、2-甲基萘、吲哚、1-甲基萘、2-乙烯基萘、1,3-二甲基萘、二氢猕猴桃内酯、菲、萘、 α -法呢烯、正二十烷、乙酸冰片酯、十四烷、烯萜类等物质存在“烟味”, 芳樟醇及其氧化物突出。经过负氧离子仓储后, “烟味”等杂质物质有所下降, 整体口感明显提升。**结论** 负氧离子仓储可改善普洱生茶品质。

关键词: 普洱生饼; 负氧离子; 仓储; 香气成分; 气相色谱-质谱联用法

Effects of the negative oxygen ions on the Pu-erh raw tea volatile components during storage

REN Li¹, ZHOU Hong-Jie^{1*}, XU Teng-Sheng¹, REN Hong-Tao²

(1. College of Pu-erh Tea, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 2. Yunnan Flavor & Fragrance Research & Development Center, Kunming 650051, China)

ABSTRACT: Objective To improve the beneficial content of tea leaves and reduce the content of smoke substances, so as to improve the quality and taste of Pu-erh raw tea. **Methods** The aroma components were enriched by the simultaneous distillation extraction. The aroma components of Pu-erh raw tea before and after the negative oxygen ion storage were compared and analyzed by gas chromatography-mass spectroscopy. **Results** The content of aroma components showed significant differences between Gudao and Longji Pu-erh raw tea. The aroma components having “smell of cigarettes” included hexanal, camphene, benzaldehyde, benzyl alcohol, α -pinene, hotrienol, isoborneol, naphthalene, benzeneacetaldehyde, safranal, 3-carene, 2-methyl naphthalene, indole, 1-methylnaphthalene, 2-vinyl naphthalene, 1,3-dimethyl naphthalene, dihydroactinidiolide, phenanthrene, naphthalene, α -farnesene, icosane, bornyl acetate, n-tetradecane, ene terpenoids and so on, especially the linalool and its oxides. After the negative oxygen ion storage, the smoke substances descend obviously, which could significantly improve the overall taste. **Conclusion** The negative oxygen ion storage can significantly improve the quality of Pu-erh raw tea.

基金项目: 国家自然科学基金项目(31260197)、云岭产业技术领军人才项目([2014]1782)

Fund: Supported by the National Natural Science Foundation of China (31260197) and Yunling Industry Leading Talent Project ([2014]1782)

*通讯作者: 周红杰, 教授, 硕士生导师, 主要研究方向为普洱茶加工和综合利用。E-mail: 1051195348@qq.com

*Corresponding author: ZHOU Hong-Jie, Professor, Longquan Road, Panlong District, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China. E-mail: 1051195348@qq.com

KEY WORDS: Pu-erh raw tea; negative oxygen ion; storage; aroma components; gas chromatography-mass spectroscopy

1 引言

云南普洱茶按照加工工艺划分, 可分为生茶和熟茶两种类型。“生茶”是指采用符合普洱茶产地环境条件下特有的云南大叶种茶树晒青毛茶为原料, 经杀青、揉捻、日光干燥、蒸压成型等工艺制成的紧压茶^[1-3]。其品质特征为外形色泽墨绿、香气清纯持久、滋味浓厚回甘、汤色绿黄清亮、叶底肥厚黄绿。香气是决定茶叶品质的重要因子之一^[4,5]。由于加工工艺和储藏条件的不同, 起决定作用的成分也各不相同^[6,7]。生茶主要是由芳樟醇及其氧化物, α -蒎品醇, α -紫罗酮, β -紫罗酮, 顺式茉莉酮, α -柏木烯等主要化合物构成^[8-10], 其含量因品种、加工、级别、产地、年代、季节、不同区域原料老嫩度程度不同而发生相应的变化^[11]。

普洱茶品质高低主要取决于原料优劣^[12,13]、加工方式^[14]、仓储条件^[15-17]3 个因素。仓储方式的好坏直接影响茶叶品质, 适当的仓储方式不仅可以提升香气, 还能改善茶叶的滋味。而空气负氧离子作为活性氧的重要成员, 具有杀菌、降尘、清洁空气、提高免疫力、调节人体的生理机能等功能, 具有重要的医疗保健功能, 被称为“空气维生素”^[18-20]。本文通过负氧离子的强还原特性^[21,22], 在温度为 20 °C、湿度为 60% 的条件下, 保持在 30 cm 有效范围与茶饼直接接触, 仓储后可改善茶叶“烟味”杂异味特性^[23-25]。

2 材料与方法

2.1 供试材料

云南农业大学普洱茶学院 2003 年龙记青饼和 2005 年古道青饼。

2.2 仪器与试剂

1200 型高速液相色谱系统: 1200VWD G1314B 型 UV 检测器、1100/1200 G1316A 型柱温箱、1100-1200 型进样器、G1329A 型温控自动进样器、1100/1200 G1322A 型脱气机、型溶剂输送泵(美国安捷伦公司); 755B 紫外可见分光光度计(上海菁华科技仪器有限公司); HWS-80B 全自动恒温恒湿培养箱(天津市宏诺仪器有限公司); YN.ZD.Z 不锈钢断水自控电热蒸馏水器(上海博迅实业有限公司医疗设备厂); JB5374-91 电子天平(梅特勒-托利多仪器有限公司); DRHH-S6 数显恒温水浴锅(上海双捷实验设备有限公司); DGG-9620A 电热恒温鼓风干燥箱(上海齐欣科学仪器有限公司); FW100 高速万能粉碎机(天津市泰斯特仪器有限公司); JHQ-802 负氧离子发生器(佛山市森米电器制造有限公司); RXZ 型人工智能气候箱(宁波东南仪器有限公司); KEC900+空气负氧离子检测仪(深圳市万仪科技有限公司)

二氯甲烷、无水硫酸钠(分析纯, 广东光华化学厂有限公司)

2.3 仓储方法

分别精确称取 100 g 茶样, 在温度 25 °C, 湿度 60% 的条件下, 将供试茶样分别存放于自然仓储和空气负氧离子仓储的环境中, 存放两个月(自然仓储条件为 40~50 个/cm³ 空气负氧离子的办公室, 空气负氧离子仓储条件为 10000~20000 个/cm³ 的森林)。

2.4 检测方法

将供试茶样同时置于蒸馏萃取设备内, 用二氯甲烷 50 mL, 提取 5 h。萃取液用无水硫酸钠干燥、过滤, 萃取液用旋转蒸发仪挥干溶剂。用二氯甲烷将挥发油溶解至 1.00 mL, 用气相色谱-质谱联用法(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)进行检测。

2.5 GC 分析条件

GC 条件^[26,27]: 气相毛细管柱为: HP-5MS (30 m×0.25 mm, 0.25 μ m); 弹性石英毛细管柱; 载气: 氦气; 进样口温度: 260 °C; 柱流速 1.2 mL/min; 分流比: 25:1; 升温程序: 起始温度 60 °C(保持 2 min), 按 4 °C/min 的升温速率升到 250 °C, 保持 20 min; 离子源: EI; 气质接口温度: 280 °C; 离子源温度: 230 °C; 四级杆温度: 150 °C; 电子倍增器电压: 1894 V; 电子能量: 70 eV; 进样量: 2 μ L。

2.6 定性和定量方法

供试茶样的香气成分根据 GC-MS 分析得到的各色谱峰, 通过计算机谱库检索(Wiley 和 NIST 库), 同时结合相对保留时间, 查阅有关文献数据进行定性, 根据香气成分的峰面积值相对定量。

3 结果与分析

3.1 古道与龙记生饼经负离子处理的品质变化

根据 GB/T 22111-2008 《地理标志产品-普洱茶》^[28] 中晒青茶的感官品质进行审评, 在 10000~20000 个/cm³ 的高浓度负氧离子仓储条件下, 其品质汤色浅黄明亮, 滋味醇和, 苦涩味降低, 收敛性减弱, 甜度及顺滑度提高, 香气方面有利于不同陈香物质的转化。其变化结果见表 1。

3.2 经负氧离子仓储后“烟味”物质变化分析

茶叶香气是茶叶中各种芳香物质综合作用下的结果。经高浓度负氧离子仓储后, 芳樟醇及其氧化物中含有的“烟味”杂异物质明显降低, 其他焦灼味成分和不新鲜刺激性气味物质成分甚至消除。结果可见表 2。

表1 负氧离子仓储前后古道青饼与龙记青饼品质特征
Table 1 Quality characteristics of Longji and Gudao Pu-erh raw tea before and after the negative oxygen ion storage

茶叶品种	条件	外形	香气	汤色	滋味	叶底
古道青饼	a 仓储前	周正显毫, 条索肥硕, 黄绿油润	浓醇持久, 带烟味	橙黄稍亮	浓醇回甘	黄绿油润欠匀
	a 仓储后	周正显毫, 条索肥硕, 黄绿油润	浓醇馥郁持久	橙黄明亮	醇厚回甘	黄绿油润欠匀
龙记青饼	b 仓储前	周正显毫, 条索肥硕, 深绿油润	陈香馥郁, 带烟味	橙黄稍亮	醇和回甘	黄绿柔软, 匀亮
	b 仓储后	周正显毫, 条索肥硕, 深绿油润	陈香馥郁, 略带烟味	橙黄明亮	浓醇回甘	黄绿柔软, 匀亮

表2 负氧离子仓储前后古道青饼与龙记青饼“烟味”物质含量变化(%)

Table 2 Content changes of smoke substances of Gudao and Longji Pu-erh raw tea before and after the negative oxygen ion storage (%)

序号	化合物	香气描述	古道青饼		龙记青饼	
			仓储前	仓储后	仓储前	仓储后
1	正己醛	生油脂青草气味及苹果香味	1.13	1.11	1.01	0.93
2	2-己烯醛	青香、醛香、果香、辛香、脂肪香	0.31	0.30	0.34	0.21
3	糠醇	特殊的辛辣气味	-	-	0.14	-
4	庚醛	具有强烈和不愉快的粗糙刺鼻油脂气味	0.05	-	0.37	0.31
5	苜烯	具有类似樟脑香气	0.14	-	-	-
6	苯甲醛	特殊的苦杏仁气味和橙皮的香气	0.74	0.48	0.52	0.40
7	苯甲醇	水果香气和强烈的熏烤味	-	-	0.52	-
8	α -蒎烯	松木针叶及树脂样香	0.50	-	0.35	-
9	4-异丙基甲苯	陈腐味, 不新鲜气味	0.21	-	0.19	-
10	芳樟醇氧化物 I	呈桉叶油素、萜香樟脑等弱木香型香气	1.08	1.02	1.32	1.02
11	正辛醇	脂蜡香, 带有柑橘、橙皮和玫瑰样香气	0.12	-	0.23	-
12	芳樟醇氧化物 II	桉叶油素、樟脑等弱木香气	3.35	2.32	2.69	2.44
13	芳樟醇	有柑橘、萜香、花香、甜的青香及木香	30.1	23.0	28.5	25.1
14	脱氢芳樟醇	呈强的木香、花香、萜香、青香气	2.13	-	2.19	-
15	β -松油醇	具有壤香、木香香气、稍带刺激味	0.13	-	0.17	-
16	异龙脑	近似樟脑的气味	0.21	-	0.21	-
17	芳樟醇氧化物 III	桉叶油素、萜香、樟脑等弱木香型香气;	0.47	0.27	0.42	0.26
18	芳樟醇氧化物 IV	桉叶油素、萜香、樟脑等弱木香型香气;	1.63	1.01	1.54	0.97
19	水杨酸甲酯	呈冬青油草香气; 焦灼味	-	-	-	-
20	藏花醛	樟脑气味, 辛辣味, 清凉刺激	0.72	0.89	0.92	0.87
21	3-萜烯	强烈的松脂香气	2.25	-	1.75	-
22	(Z)-乙酸橙花	强烈橙花和玫瑰样香气, 有苦感	0.35	-	0.13	-
23	乙酸冰片酯	清凉的松木香气, 有樟脑似的气息	0.31	-	-	-
24	2-甲基萘	有类似萘的气味	0.32	0.18	0.29	0.10
25	吶唛	高浓度时有强烈不愉快臭气	0.67	0.14	0.38	0.26
26	1-甲基萘	有类似萘的气味	0.29	-	0.44	0.28
27	茶香螺烷	松木样木香、薄荷脑香气, 樟脑样的凉香	0.25	0.20	0.23	0.18
28	2,4-癸二烯醛	强烈的鸡香和鸡油味	0.05	-	-	-
29	2-乙基萘	存于烟气中, 带烟味	0.10	-	0.29	-
30	长叶烯	具有松节油气味	0.40	0.36	0.41	-

续表 2

序号	化合物	香气描述	古道青饼		龙记青饼	
			仓储前	仓储后	仓储前	仓储后
31	香叶基丙酮	青香、玫瑰香、叶香、醛香、果香	0.31	0.19	0.43	0.28
32	1,3-二甲基萘	陈腐味, 不新鲜气味	0.10	-	-	-
33	十四烷	存于烤烟烟叶烟气中, 有微弱烟味	0.04	-	-	-
34	二氢猕猴桃内酯	豆香素及麝香样气息	4.06	1.65	2.35	1.83
35	α -法尼烯	清香、草香、木香带花香的青蔬菜香韵	1.12	0.63	1.02	0.78
36	菲	有特殊的煤焦油气味	0.86	-	0.84	0.20
37	萘	有特殊的煤焦油气味	0.59	-	0.89	-
38	十五烷	存于烤烟香料烟烟叶、烟气中	0.15	-	0.14	-
39	十六酸	具有特殊香气	-	-	-	-
40	正二十烷	存于烤烟烟叶中, 略带烟味	0.26	0.19	0.25	0.17

注: “-”表示未检测出或含量极少。

Note: “-” means not detected or rarely.

3.3 “烟味”物质主要形成因素

3.3.1 焦灼味成分

苯甲醇、水杨酸甲酯、2-乙烯基萘、十四烷、萘、十五烷等含有焦灼味的化合物经负氧离子仓储后含量均未测出; 菲、正二十烷“烟味”化合物含量均有所降低, 平均降低 1.08%, 有效改善茶叶品质。

3.3.2 樟脑气味物质成分

苧烯、脱氢芳樟醇、异龙脑、乙酸冰片酯化合物等樟脑香经负氧离子仓储后均未测出。芳樟醇、芳樟醇氧化物 I、芳樟醇氧化物 II、芳樟醇氧化物 III、芳樟醇氧化物 IV、茶香螺烷、 α -法尼烯等樟脑香气平均降低了 2.4%。

3.3.3 类似茶、油脂松节油气味物质成分

α -蒎烯、正辛醇、3-萜烯类似萘及油脂香气经负氧离子仓储后均未测出。正己醛、长叶烯、2-甲基萘、1-甲基萘含量均有所降低, 平均降低了 1.16%。

3.3.4 不新鲜刺激性气味物质成分

糠醇、庚醛、4-异丙基甲苯、苯甲醛、萘、 β -松油醇不新鲜气味经负氧离子仓储后均未测出。1,3-二甲基萘、2,4-癸二烯醛、吲哚、2-己烯醛、二氢猕猴桃内酯含量均降低了 1.42%。

3.4 经负氧离子仓储后香气提升分析

由表 3 香气成分的含量变化可看出, 带有花果香的 1-庚烯-3-醇、(E)-B-罗勒烯、苯乙醛、苯乙醇、 α -松油醇、橙花醇、大马士酮、顺-茉莉酮、 α -紫罗酮、 β -紫罗酮、等香气平均提升 1.2%。带优雅木香的异松油烯、2,3-二甲基萘、 β -愈创木稀、柏木烯等香气平均提升 1.27%。经负氧离子仓储, 有益的果香风味、花草香气、松木香气、优雅的木香、清鲜花香等香气物质明显提升。

4 结论与讨论

负氧离子在 10000~20000 个/cm³ 和温度为 20 °C、湿度为 60% 的仓储条件下, 有效范围保持在 30 cm 与茶饼直接接触, 可消除“烟味”杂异物质。其中有代表性花果香的 1-庚烯-3-醇、(E)-B-罗勒烯、苯乙醛、苯乙醇等物质香气提高。以苯甲醇、水杨酸甲酯、2-乙烯基萘、十四烷、萘、十五烷等为代表的“烟味”化合物香气降低。负氧离子仓储条件下, 原本有益的香气物质成分提升, “烟味”等杂异物质消除, 从而改善茶叶整体品质, 对科学的茶叶仓储具有积极的作用。

本研究中的蒸馏萃取法主要用于茶叶样品中挥发性、半挥发性成分的提取。该法将水蒸汽蒸馏与溶剂萃取合二为一, 减少了实验步骤, 缩短了分析时间, 成本低, 设备简单, 是应用较早且目前仍然广泛使用的分离提取方法之一。但是其操作温度相对较高, 对蒸汽压高的组分一般提取较完全, 对蒸汽压低的组分提取效率不高, 一些易分解的成分会被破坏。而固相微萃取获得的主要为分子量相对较大的挥发性物质。由于茶叶风味物质成分复杂, 其分子大小结构特性决定其适宜采用不同的提取方法。因此, 对于茶叶等风味成分复杂的成分分析, 不能片面地认为某种方法的好坏, 采用两种或两种以上的方法相结合更能全面反映风味物质构成。所以, 采用同时蒸馏萃取、固相微萃取等方法结合分析能更全面反映茶叶风味物质的组成。

挥发性组分中检出了 1-甲基萘、2-甲基萘、萘、菲、邻苯二甲酸酯类等化合物, 不良气味有可能来源于进样口隔垫或其他原因污染。

实验过程中可能有未检测出的物质成分, 它们是否存有烟味杂异物质, 还需做深入研究。对于茶饼与空气负氧离子接触不均的问题, 也需进一步研究探讨。

表3 负氧离子仓储前后古道青饼与龙记青饼有益物质含量变化(%)

Table 3 Content changes of beneficial substances of Gudao and Longji Pu-erh raw tea before and after the negative oxygen ion storage (%)

序号	化合物	香气描述	古道青饼		龙记青饼	
			仓储前	仓储后	仓储前	仓储后
1	青叶醛	新鲜的绿叶香气	1.13	0.31	-	0.26
2	1-庚烯-3-醇	青香、醛香、果香、辛香、脂肪香	0.31	0.30	0.34	0.21
3	苯乙醛	松木针叶及树脂样香	0.50	-	0.35	-
4	罗勒烯	有氯仿气味	0.10	-	-	-
5	α -松油烯	陈腐味, 不新鲜气味	0.21	-	0.19	-
6	苯乙醇	呈桉叶油素、萜香樟脑等弱木香型香气	1.08	1.02	1.32	1.02
7	4-松油醇	脂蜡香气, 带有柑橘、橙皮和玫瑰样香气	0.12	-	0.23	-
8	α -松油醇	具桉叶油素、樟脑等弱木香型香气	3.35	2.32	2.69	2.44
9	β -环柠檬醛	有柑橘、萜香、花香、甜的青香及木香	30.1	23.0	28.5	25.1
10	异松油烯	呈强的木香、花香、萜香、青香气	2.13	-	2.19	-
11	香叶醇	松木样木香、薄荷脑样气息, 有乙醚香韵	0.12	-	0.23	-
12	橙花醇	具有壤香、木香香气、稍带刺激味	0.13	-	0.17	-
13	大马士酮	近似樟脑的气味	0.21	-	0.21	-
14	顺-茉莉酮	桉叶油素、萜香、樟脑等弱木香型香气;	0.47	0.27	0.42	0.26
15	2,3-二甲基萜	桉叶油素、萜香、樟脑等弱木香型香气;	1.63	1.01	1.54	0.97
16	α -紫罗酮	特殊的不新鲜气味	0.26	-	0.32	-
17	β -紫罗酮	呈冬青油草药香气; 焦灼味	0.36	-	-	-
18	β -愈创木稀	强烈的松脂香气	2.25	-	1.75	-
19	柏木烯	强烈橙花和玫瑰样香气	0.35	-	0.13	-
20	棕榈酸甲酯	有类似萜的气味	0.29	-	0.44	0.28

注: “-”表示未检测出或含量极少。

Note: “-” means not detected or rarely.

参考文献

- 曹艳妮. 不同储存时间普洱茶的理化分析和抗氧化性研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2011.
Cao YN. The physical and chemical analysis and antioxidant activity of Pu er tea at different storage time [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2011.
- 王怡林, 杨群. 普洱熟茶和普洱生茶的 FTIR 研究[J]. 光散射学报, 2009, 21(1):77-81.
Wang YL, Yang Q. Identification of zymic and unzymic Pu-erh tea by fourier transform infrared spectroscopy [J]. Chin J Light Scat, 2009, 21(1): 77-81.
- 金裕范. 不同产地、加工工艺及储存年限普洱茶化学成分和药理活性的比较研究[D]. 北京: 北京中医药大学, 2012.
Jin YF. Comparative study on chemical composition and pharmacological activity of Pu-erh tea from different producing areas, processing technology and storage time [D]. Beijing: Beijing University of Chinese Medicine, 2012.
- 吕连梅, 董尚胜. 茶叶香气的研究进展[J]. 茶叶, 2002, (4):181-184.
Lv LM, Dong SS. Research progress of tea aroma [J]. Tea, 2002, (4): 181-184.
- 洪涛, 黄遵锡, 李俊俊, 等. 普洱熟茶和生茶香气成分的提取和测定分析[J]. 茶叶科学, 2010, (5): 336-342.
Hong T, Huang ZX, Li JJ, et al. Extraction and analysis on the aromatic components of Pu-erh ripe tea and raw tea [J]. J Tea Sci, 2010, (5): 336-342.
- 张文彦, 朱春华, 周红杰, 等. 普洱生茶在贮藏过程中香气成分的变化[J]. 食品科学, 2010, (12): 153-155.
Zhang WY, Zhu CH, Zhou HJ, et al. Changes in aromatic components in raw Pu-erh tea during storage [J]. Food Sci, 2010, (12): 153-155.
- 吕海鹏, 钟秋生, 王力, 等. 普洱茶加工过程中香气成分的变化规律研究[J]. 茶叶科学, 2009, (2): 95-101.
Lv HP, Zhong QS, Wang Li, et al. Study on the change of aroma constituents during Pu-erh tea process [J]. J Tea Sci, 2009, (2): 95-101.
- 张曦, 刘玲, 董华荣. 普洱茶生茶挥发性成分分析[J]. 西南农业学报, 2014, (1): 94-98.

- Zhang X, Liu L, Tong HR. Analysis of volatile components of Pu-erh tea [J]. Southwest China J Agric Sci, 2014, (1): 94-98.
- [9] 刘敏, 胡成芸, 陆绎玮, 等. 普洱茶香气成分研究进展[J]. 中国茶叶加工, 2013, (2): 38-41.
- Liu M, Hu CY, Lu YW, *et al.* Research progress in aroma constituents of Pu-erh tea [J]. China Tea Proc, 2013, (2): 38-41.
- [10] 吕世懂, 孟庆雄, 徐咏全, 等. 普洱茶香气分析方法及香气活性物质研究进展[J]. 食品科学, 2014, 35(11): 292-298.
- Lv SD, Meng QX, Xu YQ, *et al.* Recent progress in aroma analysis methods and aroma active compounds in Pu-erh tea [J]. Food Sci, 2014, 35(11): 292-298.
- [11] 任洪涛, 周斌, 夏凯国, 等. 不同发酵程度普洱茶香气成分的比较分析[J]. 食品研究与开发, 2011, (11): 23-26.
- Ren Ht, Zhou B, Xia Kg, *et al.* Compare analysis of fermentation degree on the aromatic components of Pu-erh tea[J]. Food Res Dev, 2011, (11): 23-26.
- [12] 薛晨, 华再欣, 梅玉, 等. 原料级别和储藏时间对普洱茶品质影响的比较[J]. 安徽农业大学学报, 2013, (6): 917-920.
- Xue C, Hua ZX, Mei Y, *et al.* Effects of grades and storage durations on the quality of Pu-erh tea [J]. J Anhui Agric Univ, 2013, (6): 917-920.
- [13] 薛晨. 原料级别和贮藏时间对普洱茶品质及其生物活性影响的研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2013.
- Xue C. Effects of grades and storage durations on the quality and biological of Pu-erh tea [D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2013.
- [14] 李加凤, 杨明容, 周红杰, 等. GABA 普洱茶加工工艺的研究[J]. 农业开发与装备, 2013, (3): 45-46.
- Li JF, Yang MR, Zhou HJ, *et al.* Study on Pu'er tea processing technology GABA [J]. Agric Dev Equip, 2013, (3): 45-46.
- [15] 陈保, 刘通讯. 贮藏条件对普洱茶品质成分的影响[J]. 现代食品科技, 2009, 25(11): 1254-1257.
- Chen B, Liu TX. Effect of storage conditions on the main components of Pu'er tea [J]. Mod Food Sci Technol, 2009, 25(11): 1254-1257.
- [16] 崔玉宝, 章志刚, 毛新雅. 普洱茶仓储的六大功能[J]. 普洱, 2007, (5): 82-85.
- Cui YB, Zhang ZG, Mao XY. Six main functions of the storage of Pu-erh tea [J]. Puer, 2007, (5): 82-85.
- [17] 谢吉林, 张俚, 陈孝权, 等. 普洱熟茶贮藏过程中香气变化分析[J]. 食品科学, 2015, (10): 154-157.
- Xie JL, Zhang W, Chen XQ, *et al.* Analysis of changes in aroma constituents during storage of ripe Pu-erh tea [J]. Food Sci, 2015, (10): 154-157.
- [18] 邵海荣, 贺庆棠. 森林与空气负氧离子[J]. 世界林业研究, 2000, (5): 19-23.
- Shao HR, He QT. Forest and air negative ions [J]. World For Res, 2000, (5): 19-23.
- [19] 范琪林. 负氧离子及其应用分析[J]. 技术与市场, 2015, (11): 160.
- Fan QL. Analysis of negative oxygen ion and its application [J]. Technol Market, 2015, (11): 160.
- [20] 阚莉, 陈明. 空气中负氧离子研究现状[J]. 资源节约与环保, 2015, (7): 123.
- Kan L, Chen M. Research status of negative oxygen ions in the air [J]. Res Econ Environ Prot, 2015, (7): 123.
- [21] 马云慧. 空气负离子应用研究新进展[J]. 宝鸡文理学院学报(自然科学版), 2010, (1): 42-51.
- Ma YH. New progress of application of negative air ions [J]. J Baoji Univ Arts Sci (Nat Sci Ed), 2010, (1): 42-51.
- [22] 李安伯. 空气离子实验与临床研究新进展[J]. 中华理疗杂志, 2001, (2): 53-56.
- Li AB. New progress in air ion experiment and clinical research [J]. Chin J Phys Ther, 2001, (2): 53-56.
- [23] 王华夫, 李名君. 炒青绿茶烟焦劣变因子及其检测方法[J]. 茶叶科学, 1989, (1): 49-63.
- Wang HF, Li MJ. Green tea roasted smoke coke deterioration factor and its detection method [J]. J Tea Sci, 1989, (1): 49-63.
- [24] 周可勤. 炒青绿茶中出现烟味的一点见解[J]. 茶叶通讯, 1987, (2): 52.
- Zhou KQ. A little smoke in the opinion green tea Chaoqing [J]. Tea Commun, 1987, (2): 52.
- [25] 汪桓武. 绿茶焦烟味的成因及其控制途径[J]. 贵州茶叶, 1996, (3): 30-32.
- Wang HW. The origin and control of green tea flavor [J]. J Guizhou Tea, 1996, (3): 30-32.
- [26] 申明月, 刘玲玲, 聂少平, 等. 顶空-气相色谱-四极杆质谱结合保留指数法测定普洱茶香气成分[J]. 食品科学, 2014, (6): 103-106.
- Sheng MY, Liu LL, Nie SP, *et al.* Analysis of aroma components from Pu-erh tea by headspace-GC-MS based on retention index [J]. Food Sci, 2014, (6): 103-106.
- [27] 杨莉, 于生, 丁安伟, 等. GC-MS 联用技术分析鉴定薄荷中挥发性成分[J]. 现代中药研究与实践, 2009(2): 22-24.
- Yang L, Yu S, Ding AW, *et al.* Analysis of volatile components from *Menthaplocahyx* Briq. by GC-MS [J]. Res Prac Chin Med, 2009, (2): 22-24.
- [28] GB/T 22111-2008 地理标志产品-普洱茶[S].
GB/T 22111-2008 Product of geographical indication-Pu-erh tea [S].

(责任编辑: 杨翠娜)

作者简介



任 丽, 硕士研究生, 主要研究方向为茶叶香气成分和综合利用。
E-mail: 523475912@qq.com



周红杰, 教授, 主要研究方向为普洱茶加工和综合利用。
E-mail: 1051195348@qq.com