

不同容器贮藏对普洱熟茶品质的影响

SHEM Won-Jae, 李亚莉, 周红杰*, 和海蓉, 段凌霄, 周晶晶

(云南农业大学茶学院, 昆明 650201)

摘要: **目的** 探究不同容器贮藏对普洱熟茶品质的影响。**方法** 以绵纸对照, 选择纸箱、木箱、陶罐、铁罐4种容器对普洱熟茶进行12个月的贮藏。通过感官审评、香气成分测定和理化分析比较贮藏过程中普洱熟茶的品质变化。**结果** 贮藏过程中, 不同容器贮藏对普洱熟茶感官品质影响较大, 其中, 陶罐和木箱贮藏后普洱熟茶陈香馥郁; 陶罐贮藏后滋味甜醇; 不同容器贮藏的普洱熟茶香气组分的组成差异较大; 贮藏过程中, 不同容器贮藏对普洱熟茶呈味物质变化差异较大。贮藏12个月后, 陶罐中普洱熟茶的可溶性糖、氨基酸含量最高, 咖啡碱含量最低, 与感官滋味有纯甜味相一致, 铁罐中普洱熟茶的茶多酚、儿茶素、黄酮、茶黄素含量升高, 可溶性糖的含量降低, 导致滋味出现粗、涩。**结论** 在贮藏过程中茶样之间的品质变化差异显著, 12个月之内存放普洱熟茶品质最优的贮藏容器为陶罐, 但长期贮藏普洱熟茶的容器选择需要进一步研究。

关键词: 普洱熟茶; 贮藏容器; 品质变化

Effects of different storage containers on the quality of fermented Pu-erh tea

SHEM WON-JAE, LI Ya-Li, ZHOU Hong-Jie*, HE Hai-Rong, DUAN Ling-Xiao, ZHOU Jing-Jing

(College of Tea, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

ABSTRACT: Objective To explore the effects of different storage containers on the quality of fermented Pu-erh tea. **Methods** Compared with original cotton paper, the fermented Pu-erh tea samples were stored for 12 months in 4 kinds of containers: Paper box, wooden box, pottery pot, iron can. The quality changes of fermented Pu-erh tea during storage were compared by sensory evaluation, aroma composition determination and physicochemical analysis. **Results** There were significant differences in sensory evaluation among tea samples in different storage containers during storage, among them, the tea in pottery pot and wooden box had strong scent of fermented Pu-erh tea, the tea in pottery pot tasted sweet and mellow; there were great differences in the composition of aroma components among tea samples in different storage containers; there were significant differences in content of physicochemical components among tea samples in different storage containers during storage. After 12 months among them the tea in pottery, the content of soluble and amino acids was the highest, and the content of caffeine was the lowest, it is consistent with pure sweet taste of the tea sensory evaluation, the content of polyphenols, catechins, flavonoids, theaflavins in iron can increased, and the content of soluble sugar decreased, causing the taste rough and astringent. **Conclusion** There are significant differences in quality among tea samples during storage, the best quality storage container for fermented Pu-erh tea is pottery pot within 12 months, but the choice of container for long-term storage

基金项目: 国家自然科学基金项目(31460215)、云岭产业技术领军人才项目(发改委[2014]1782)

Fund: Supported by the National Natural Science Foundation of China (31460215), and the Yun Ling Industrial Technology Leading Talents (National Development and Reform Commission [2014]1782)

*通信作者: 周红杰, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为普洱茶加工和文化。E-mail: 1051195348@qq.com

*Corresponding author: ZHOU Hong-Jie, Professor, College of Tea, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China. E-mail: 1051195348@qq.com

of fermented Pu-erh tea requires further investigation.

KEY WORDS: fermented Pu-erh tea; storage container; quality change

0 引言

茶叶贮藏容器及贮藏方式对茶叶的品质有重要影响。研究表明,绿茶、乌龙茶和红茶要求在低温或冷藏、低氧或无氧、低水分和避光等条件下贮藏,需选用气密性好、防潮、阻氧、避光、无异味、具有一定抗拉强度及良好的热封性等特点的包装材料。黄艳等^[1]以武夷肉桂为研究对象,分别采用锡罐、瓷罐、铝箔袋及牛皮纸袋进行包装并于室温下贮藏 1 年,以锡罐的贮藏效果最佳,其能够很好地保持肉桂最初的茶叶品质,在香气和滋味上均与贮藏前相差甚少;瓷罐、铝箔袋次之;牛皮纸袋的贮藏效果最差。黄力华^[2]在碧螺春包装研究中发现,包装材料的选择与碧螺春绿茶的贮藏效果密切相关,牛皮纸、聚乙烯(polyethylene, PE)、双向拉伸聚丙烯薄膜(biaxially-oriented polypropylene, BOPP)/PE、BOPP/涤纶树脂(polyethylene terephthalate, PET)/氯化聚乙烯(chlorinated polyethylene, CPE)、铝箔复合膜(聚酯/铝箔/聚乙烯)和马口铁易拉罐中,以马口铁易拉罐的保鲜效果最好。

普洱茶是云南传统历史名茶,在适宜条件下能够长期存放。一般来说,品质优异的普洱茶需要满足优质的原料、精湛的加工、科学的贮藏 3 个要素^[3]。科学的贮藏指的是在一定条件下,一定时间内的陈化,普洱茶才能真正具备“越陈越香”的特点^[4-7]。目前,普洱茶贮藏的研究主要分为不同贮藏时间和不同贮藏环境对普洱茶品质的影响。段红星等^[8]通过对不同存放时间普洱茶内含成分变化进行研究,发现普洱茶随存放时间的延长,水分和水浸出物含量呈上升趋势;茶多酚、氨基酸呈减少趋势;普洱生茶咖啡碱含量随时间延长而降低,而普洱熟茶呈增加趋势。通过对样品进行感官审评,发现存放时间对普洱茶品质的改善和提高有一定的促进作用。管俊岭^[9]通过研究普洱茶在不同贮藏环境下主要品质成分的变化,发现与勐海、昆明贮藏茶样相比,东莞贮藏茶样的内含成分下降速度较快,昆明贮藏茶样内含成分下降速度稍低于勐海贮藏茶样。综上所述,针对普洱茶贮藏中的品质变化主要是以单一贮藏容器/方式的普洱茶为研究对象,鲜有比较不同容器材料对普洱茶贮藏效果影响的研究报道。不同容器材料由于透气性等特性不同,对贮藏后茶叶的品质影响表现也不同^[10-13]。CHUNG^[14]通过对陶瓷研究发现,陶罐的气孔有利于通风,加氧气制作陶罐过程中燃烧后的炭灰有抑菌作用,还可减少陶瓷内有害细菌的发现率,故陶瓷容器是贮藏发酵食品的较优容器。普洱茶在贮藏过程中因贮藏容器/方式选择不当使得茶叶变质而造成严重经济损失^[15],目前,针对不同

容器材料对普洱茶贮藏效果的影响研究中,IM^[16]采用原纸包装、塑料、不锈钢 3 种不同容器对普洱熟茶进行为期 1 年的贮藏,监测其理化成分发现茶样内含成分有差异,其中咖啡碱、茶氨酸变化不大,儿茶素、没食子酸的变化较大,不锈钢贮藏的茶样儿茶素含量上升,原纸包装和塑料贮藏的茶样儿茶素含量下降,没食子酸在所有容器里下降,且下降幅度较大,但此报道所涉及容器较少。

本研究以棉纸为对照,选择纸箱、木箱、陶罐、铁罐 4 种容器对相同普洱熟茶进行贮藏,考察不同贮藏容器对普洱熟茶品质的影响,为普洱茶科学贮藏提供科学依据,也为生产者、经营者和消费者提供指导。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

实验材料:普洱熟茶,规格:100 g/饼,原料为云南大叶种 1 芽 2~3 叶,产于临沧市双江县勐库镇小户赛,2020 年压制;贮藏容器所用材料详见表 1。

香兰素、磷酸二氢钾、磷酸氢二钠、碱式醋酸铅、三氯化铝、乙酸乙酯、正丁醇、碳酸氢钠、甲醇、95%乙醇、饱和草酸(分析纯,天津市科密欧化学试剂有限公司);水合茚三酮、氯化亚锡、碳酸钠(分析纯,广东光华科技股份有限公司);氯化钠、蒽酮(分析纯,国药集团化学试剂有限公司);福林酚(分析纯,上海源叶生物科技有限公司);浓硫酸、浓盐酸[分析纯,重庆川东化工(集团)有限公司];正己烷(色谱纯,美国 Merck 公司);[2H8]-乙酰苯(50 μg/mL,纯度 99.5%,美国 Sigma-Aldrich 公司)。

1.2 仪器与设备

DGG-9620A 电热恒温鼓风干燥箱(上海齐欣科学仪器有限公司);GT10-2 高速台式离心机(北京时代北利离心机有限公司);SHZ-D(III)循环水式真空泵(巩义市予华仪器有限公司);HWS-28 电热恒温水锅(上海一恒科学仪器有限公司);UV-5100H 紫外可见分光光度计(上海元析仪器有限公司);HPX-250B 恒温恒湿培养箱(金坛市杰瑞尔电器有限公司);MDF-86V340E 低温保存箱(安徽中科都菱商用电器股份有限公司);JB5374-91 电子天平[0.0001 g,梅特勒托利多仪器(上海)有限公司];DB-5MS 色谱柱(30 m×0.25 mm,0.25 μm)、8890-5977B 气象色谱质谱联用仪(美国 Agilent 公司);MM400 球磨机(德国 Retsch 公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 茶样贮藏方法

贮藏时间为 2020 年 9 月 5 日~2021 年 9 月 5 日,以棉

纸为对照(CK), 采用纸箱(ZX)、木箱(MX)、陶罐(TA)、铁罐(TI)不同贮藏容器在云南农业大学茶学院茶叶包装实验室对普洱熟茶进行贮藏处理, 具体处理方式详见表1。每一容器贮藏14饼(规格为100g/饼)。每天采用自动温湿度监测设备对不同容器内的温度、湿度进行记录。分别取贮藏6、12个月的茶样进行感官审评、理化测定和香气成分测定。

表1 不同贮藏容器信息
Table 1 Different storage containers information

编号	材料类别	规格(厚度、高度等)	来源
CK	无	/	/
ZX	纸箱	牛皮纸箱, 尺寸(长×宽×高): 19 cm×19 cm×21 cm; 生产日期: 2020年	福鼎市山河图策划工作室
MX	木箱	桐木, 尺寸(长×高×厚): 22 cm×20 cm×0.5 cm; 生产日期: 2020年	曹县钢美工艺品厂
TA	陶罐	宜兴紫砂, 尺寸(长×宽×厚): 20 cm×23 cm×0.5 cm; 生产日期: 2020年	宜兴市沈宾阁紫砂有限公司
TI	铁罐	马口铁, 尺寸(直径×高): 21 cm×24.3 cm; 生产日期: 2020年	杭州市修缘文化艺术有限公司

注: /表示无此项。

1.3.2 感官审评

由12名有5~30年茶叶审评经验的专业评茶员(20~60岁, 4男8女)按照GB/T 23776—2018《茶叶感官审评方法》要求, 采用柱形杯两次冲泡法进行样品的感官审评。

1.3.3 香气成分测定

(1) 样品提取流程

取出样品进行液氮研磨, 涡旋混合均匀, 每个样本称取约1g于顶空瓶中→分别加入1mL饱和NaCl溶液, 10μL [2H8]-乙酰苯→全自动顶空固相微萃取(headspace solid-phase microextraction, HS-SPME)进行样本萃取, 采用气相色谱-质谱法(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)进行分析。

(2) 色谱质谱采集条件

HS-SPME萃取条件: 在100℃恒温条件下, 振荡5min, 120μm DVB/CAR/PDMS萃取头插入样品顶空瓶, 顶空萃取15min, 于250℃下解析5min, 然后进行GC-MS分离鉴定。采样前萃取头在萃取纤维头工作站中加热老化5min(新萃取头在萃取前在萃取纤维头工作站中老化2h)。

色谱条件: DB-5MS毛细管柱(30m×0.25mm, 0.25μm), 载气为高纯氮气(纯度不小于99.999%), 恒流流速1.0mL/min, 进样口温度250℃, 不分流进样, 溶剂延迟3.5min。程序升温: 40℃保持3.5min, 以10℃/min升至100℃, 再以7℃/min升至180℃, 最后以25℃/min升至280℃, 保持5min。

质谱条件: 电子轰击离子源(electrospray ionization, EI), 离子源温度230℃, 四极杆温度150℃, 质谱接口温度280℃, 电子能量70eV, 扫描方式为全扫描模式(SCAN), 质量扫描范围: m/z 50~500 amu。

1.3.4 理化成分测定

水浸出物: GB/T 8305—2013《茶水浸出物测定》; 茶多酚: GB/T 8313—2018《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法》; 咖啡碱: GB/T 8312—2013《茶咖啡碱测定》; 游离氨基酸总量: GB/T 8314—2013《茶游离氨基酸总量的测定》; 可溶性糖: 蒽酮-硫酸比色法^[17]; 茶黄素(theaflavins, TF)、茶红素(thearubigins, TR)、茶褐素(theabrownins, TB): 比色系统分析法^[17]; 黄酮类化合物: 三氯化铝比色法^[17]; 儿茶素: 香荚兰比色法^[17]。

1.3.5 数据处理

每一种贮藏容器处理的茶样设置3个平行实验(两个对照实验)进行理化成分测定。采用Excel软件进行基础数据处理, SPSS 22.0软件进行方差分析。GC-MS分析获取的原始数据文件首先由Mass Hunter软件(美国Agilent公司)进行峰提取, 获得特征峰的质荷比、保留时间和峰面积等信息, 然后数据进行统计学分析。

2 结果与分析

2.1 不同容器贮藏后普洱熟茶的感官品质差异

2.1.1 香气

不同贮藏环境会影响普洱熟茶的品质^[18-21]。贮藏前, 普洱熟茶陈香浓郁持久(带醇气), 从表2可知, 对照(CK)第6个月带木质香、第12个月欠纯; 纸箱(ZX)第6个月透木香、第12个月带药香。对照(CK)为直接接触外界环境, 而纸箱(ZX)也比其他容器更易受环境条件变化的影响, 故对照(CK)和纸箱(ZX)贮藏的普洱熟茶香气品质下降明显。木箱(MX)第6个月带木香、药香, 贮藏过程中陈香浓郁, 木箱(MX)中普洱熟茶可能受木箱本身气味的影响。陶罐(TA)第6个月带果香, 贮藏过程中陈香馥郁, 铁罐(TI)第6个月出现香气低闷, 第12个月香气闷。铁罐(TI)的密封性好、透气性差, 且在本研究过程中发现, 铁罐(TI)内湿度平均高与其余容器20%左右。总体上, 贮藏过程中, 陶罐(TA)和木箱(MX)中普洱熟茶的香气陈香浓郁, 品质佳。

表2 不同容器贮藏普洱熟茶的感官审评香气结果
Table 2 Results of aroma quality of fermented Pu-erh tea in different storage containers

编号	第6个月	第12个月
CK	陈香浓郁, 带木质香	欠纯, 酸
ZX	甜香浓郁, 透木香	浓郁, 高扬, 带药香
MX	陈香浓郁, 木香显, 显药香	陈香浓郁, 持久
TA	陈香浓郁, 带果香	陈香馥郁
TI	陈香馥郁低, 闷	浓郁, 闷

2.1.2 滋味

贮藏前,普洱熟茶滋味甜醇、浓尚醇(粗有沙粒感),从表 3 可知,对照(CK)第 12 个月有沙感,纸箱(ZX)贮藏过程中略粗,木箱(MX)甜醇,第 12 个月呈粗,陶罐(TA)贮藏过程中均有甜醇回甘。铁罐(TI)贮藏过程中呈粗、苦涩味。总体上,贮藏过程中,陶罐(TA)中普洱熟茶的滋味甜醇回甘,品质最佳。

表 3 不同容器贮藏普洱熟茶的感官审评滋味结果
Table 3 Results of taste quality of fermented Pu-erh tea in different storage containers

编号	第 6 个月	第 12 个月
CK	浓,较厚	有沙感,浓醇
ZX	浓厚回甘,略粗	浓厚,略粗
MX	甜醇	醇正,粗
TA	甜醇回甘	甜醇
TI	甜醇,粗,微苦	粗,涩,较醇

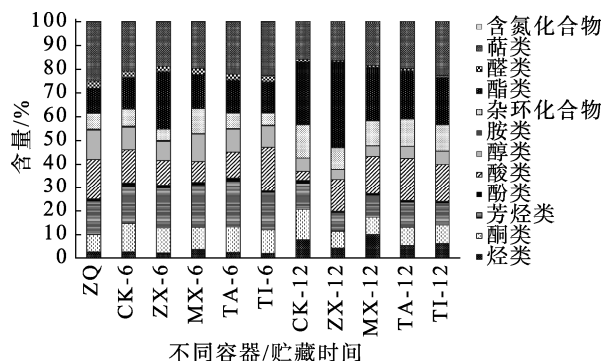
2.2 不同容器贮藏后普洱熟茶的挥发性物质差异

陈香是普洱熟茶的特征性香气成分,陈香普洱茶的香气成分以杂环化合物和醇类为主,而普洱熟茶的陈香主要来源于甲氧基苯芳香族化合物,如 1,2,4-三甲氧基苯、1,2,2-二甲氧基苯等^[22]。由图 1 可知,不同容器贮藏普洱熟茶中香气成分含有萜类、醛类、酯类、杂环化合物、醇类、酸类、酚类、芳烃类、酮类、烃类化合物等。贮藏前(ZQ)普洱熟茶中香气各组分的组成是萜类(25.1%)、醛类(3.1%)、酯类(10.4%)、杂化化合物(6.6%)、醇类(12.5%)、酸类(17%)、酚类(0.9%)、酮类(7.3%)、烃类(2.8%)。这一结果与管俊岭^[9]对贮藏环境与普洱茶风味品质陈化相关性的研究结果类似。相较于贮藏前,木箱(MX)和陶罐(TA)贮藏 6 个月后挥发性物质以杂环化合物、醇类、芳烃类为主,其中主要陈香物质甲氧基苯化合物(如 1,2,2-二甲氧基苯、1,2,4-三甲氧基苯等)含量在陶罐(TA)里最高,因此感官审评上陶罐(TA)的香气比其余贮藏容器陈香更馥郁,纸箱(ZX)贮藏 12 个月后酯类物质较其余容器含量高。

2.3 不同容器贮藏后普洱熟茶的呈味物质差异

普洱熟茶的内含成分在一定程度上反映茶叶品质的优劣^[23-25]。由图表 4 可知,经不同容器贮藏 12 个月后,普洱熟茶水浸出物含量以铁罐(TI)和陶罐(TA)最高,纸箱(ZX)最低,这一结果与黄艳等^[1]、黄力华^[2]的研究结果基本一致。贮藏过程中水浸出物含量呈下降趋势,引起该变化的原因可能是普洱熟茶中大量的水溶性成分转变成难溶性成分^[1]。不同容器贮藏过程中普洱熟茶的茶多酚含量均呈现降低的趋势,龚加顺等^[26]、孙雪梅等^[27]、LEE^[28]研究结果基本一致。分析其原因,可能是茶叶中水不溶性茶多酚(主要是指与蛋白质结合的那部分茶多酚)在贮藏过程中转

化为可溶性茶多酚^[26]。贮藏 12 个月后茶多酚含量,虽然各组之间并无显著性差异,但从绝对含量上看以木箱(MX)和陶罐(TA)较高,对照(CK)含量最低(7.62%±0.57),因此说明无容器贮藏不利于普洱熟茶茶多酚的保留。



注: ZQ 为贮藏前、CK 为对照、ZX 为纸箱、MX 为木箱、TA 为陶罐、TI 为铁罐; -6 为第 6 个月、-12 为第 12 个月。

图 1 不同容器贮藏后普洱熟茶香气中各组分的组成

Fig.1 Composition of aroma compounds of fermented Pu-erh tea in different storage containers

不同容器贮藏第 12 个月,虽然各组之间黄酮总量并无显著性差异,但从绝对含量上看铁罐(TI)含量最高(7.29±0.34%),对照(CK)含量最低(6.50±0.17%)。不同容器贮藏 12 个月后的普洱熟茶,铁罐(TI)贮藏的儿茶素含量最多,纸箱(ZX)最低。引起该变化的原因可能是儿茶素含量变化与贮藏容器的密封性有关,密封性越强儿茶素含量越高,这一结果与 IM^[16]的研究结果一致。不同容器贮藏普洱熟茶的咖啡碱含量变化幅度不大,与段红星等^[8]、陈玲等^[29]的研究结果基本一致。贮藏第 12 个月咖啡碱、可溶性糖含量,虽然各组之间并无显著性差异,但绝对含量来看各有差异。陶罐(TA)中普洱熟茶的咖啡碱含量低于其余容器(4.59±0.08%)。可溶性糖含量陶罐(TA)中最高(4.51%±0.09),不同容器贮藏后普洱熟茶的可溶性糖含量均降低,造成该现象的原因可能是可溶性多糖降解生成单糖,单糖又因氧化而被消耗^[26]。不同容器贮藏第 12 个月,陶罐(TA)中普洱熟茶的氨基酸含量显著高于其余容器,对照(CK)中含量略增加,其余容器中含量略减少,这一结果与黄艳等^[1]、黄力华^[2]的研究结果类似。这一方面可能是茶叶中水溶性蛋白质水解生成游离氨基酸,另一方面茶叶中氨基酸氧化和降解^[26]。不同容器贮藏过程中普洱熟茶的茶黄素呈现不同变化,第 12 个月陶罐(TA)中普洱熟茶的茶黄素含量最低,茶红素、茶褐素含量最高。

综上,从理化成分分析可知,在 12 个月的短期实验中,虽然有些指标各组之间并无显著性差异,但从绝对含量上看,不同容器对理化成分的转化速率影响不同。由此可以推断在后期较长时间的贮藏中不同容器对普洱熟茶理化成分的影响可能会产生显著性差异。陶罐(TA)中普洱熟茶的可

表 4 不同容器贮藏普洱熟茶的化成分含量($n=3$)
Table 4 Content of physicochemical components of fermented Pu-erh tea in different storage containers ($n=3$)

指标	时间	CK	ZX	MX	TA	TI
水浸出物/%	6 个月	40.67±0.10 ^{ab}	39.83±0.32 ^c	40.54±0.08 ^{ab}	41.10±0.19 ^a	40.29±0.22 ^{bc}
	12 个月	40.52±0.15 ^d	39.92±0.15 ^d	41.72±0.15 ^b	42.47±0.15 ^{ab}	42.61±0.15 ^a
茶多酚/%	6 个月	9.78±0.23 ^a	10.00±0.42 ^a	9.82±0.17 ^a	9.81±0.31 ^a	10.09±0.07 ^a
	12 个月	7.62±0.57 ^a	8.10±0.58 ^a	8.60±0.72 ^a	8.40±0.09 ^a	8.36±0.81 ^a
黄酮类/(mg/g)	6 个月	8.40±0.03 ^a	8.12±0.21 ^a	8.13±0.66 ^a	8.58±0.12 ^a	8.42±0.04 ^a
	12 个月	6.50±0.17 ^a	7.14±0.80 ^a	6.95±0.88 ^a	6.74±0.26 ^a	7.29±0.34 ^a
儿茶素/(mg/g)	6 个月	6.19±0.28 ^c	6.91±0.89 ^{bc}	7.10±0.79 ^{abc}	8.13±0.10 ^a	7.85±0.84 ^{ab}
	12 个月	7.12±0.42 ^{ab}	5.94±0.20 ^b	7.33±2.28 ^a	7.23±0.76 ^{ab}	7.62±1.05 ^a
咖啡碱/%	6 个月	4.87±0.01 ^{ab}	4.55±0.06 ^{cd}	4.70±0.30 ^{bc}	4.63±0.10 ^{bcd}	4.45±0.09 ^d
	12 个月	4.62±0.03 ^a	4.74±0.15 ^a	4.87±0.10 ^a	4.59±0.08 ^a	4.63±0.11 ^a
氨基酸/%	6 个月	2.94±0.03 ^d	3.07±0.01 ^{bc}	3.11±0.01 ^{ab}	3.11±0.02 ^a	3.04±0.05 ^c
	12 个月	3.00±0.01 ^b	2.98±0.05 ^b	2.99±0.04 ^b	3.12±0.04 ^a	3.00±0.05 ^b
可溶性糖/%	6 个月	5.18±0.14 ^{ab}	5.15±0.00 ^b	5.39±0.38 ^{ab}	5.47±0.15 ^{ab}	5.55±0.19 ^a
	12 个月	4.43±0.06 ^a	4.43±0.19 ^a	4.20±0.08 ^a	4.51±0.09 ^a	4.21±1.07 ^a
茶黄素/%	6 个月	0.17±0.01 ^a	0.17±0.02 ^a	0.19±0.06 ^a	0.20±0.00 ^a	0.18±0.04 ^a
	12 个月	0.16±0.01 ^a	0.16±0.01 ^a	0.15±0.01 ^a	0.14±0.02 ^a	0.16±0.02 ^a
茶红素/%	6 个月	1.73±0.07 ^a	0.85±0.22 ^c	1.28±0.14 ^b	0.76±0.05 ^c	0.19±0.01 ^d
	12 个月	6.58±0.27 ^{ab}	5.63±0.20 ^{ab}	5.39±0.19 ^b	7.18±0.37 ^a	6.95±0.61 ^{ab}
茶褐素/%	6 个月	11.43±0.45 ^b	12.89±0.84 ^b	12.45±0.96 ^b	15.17±1.24 ^a	13.13±1.04 ^b
	12 个月	2.24±0.06 ^a	1.82±0.19 ^b	1.89±0.15 ^{ab}	2.24±0.05 ^a	2.13±0.19 ^{ab}

注: 同行不同小写字母分别表示在 0.05 水平下的差异显著。

溶性糖、氨基酸含量较高, 咖啡碱含量略低, 与感官滋味有纯甜味相一致, 铁罐(TI)中普洱熟茶的茶多酚、儿茶素、黄酮、茶黄素含量升高, 可溶性糖的含量降低, 导致滋味出现粗、涩^[30-32]。因此, 陶罐(TA)更利于普洱熟茶贮藏。

3 讨论与结论

不同容器贮藏 12 个月后, 根据普洱熟茶香气、滋味感官审评结果得出普洱熟茶品质最优的贮藏容器为陶罐。贮藏 12 个月后对普洱熟茶品质由高到低的容器为: 陶罐(TA)>木箱(MX)>纸箱(ZX)>对照(CK)>铁罐(TI)。不同容器贮藏过程中陶罐(TA)中普洱熟茶的感官滋味有醇甜味, 香气特征是陈香浓郁。不同容器贮藏对普洱熟茶的感官品质、香气成分组成和水浸出物、茶多酚、黄酮、儿茶素、咖啡碱、氨基酸、可溶性糖、茶色素等成分有不同的影响。纸箱(ZX)、木箱(MX)、陶罐(TA)、铁罐(TI)等容器会降低普洱熟茶贮藏环境的温湿度变化, 且相较于贮藏前, 不同容器贮藏 12 个月后品质均有所提高。因此, 建议贮藏普洱熟

茶均使用贮藏容器, 但不同容器材料由于透气性等特性不同, 导致不同容器贮藏的普洱熟茶贮藏环境条件略有差异, 对贮藏后茶叶的品质影响表现也不同。

4 个不同贮藏容器环境稳定性(温湿度变化、透气性、隔环境能力等)由高到低为: 铁罐(TI)>陶罐(TA)>木箱(MX)>纸箱(ZX)>对照(CK)。由于 4 个不同贮藏容器的温度、湿度、透气性等环境条件不同, 在 12 个月贮藏过程中茶样之间的品质差异显著。贮藏环境条件对茶叶品质有重要影响, 因此有必要对贮藏环境因子(温度、湿度)进行监测记录。铁罐(TI)密封性强, 贮藏前期茶样水分蒸发后一直保留在铁罐内, 导致铁罐内湿度比其余容器内的湿度高, 这可能是铁罐(TI)中普洱熟茶的品质与其余容器中普洱熟茶的品质不同的原因之一^[33]。木箱(MX)本身有木香, 贮藏前期影响茶样的品质, 贮藏后期木香逐渐挥发, 造成茶样前期带木香, 后期陈香馥郁。纸箱(ZX)和对照(CK)阻隔环境的能力较差, 受环境影响较大, 出现粗味。陶罐(TA)环境稳定性较好, 陶瓷的气孔可适度通风并接触氧气进行氧化,

陶罐(TA)中普洱熟茶的香气陈香馥郁, 滋味甜醇。本研究中, 不同容器贮藏普洱熟茶的咖啡碱含量略有增加, 与段红星等^[8]、陈玲等^[29]的研究结果基本一致, 其增加的原因有待进一步研究。

普洱茶在贮藏过程中因贮藏容器/方式选择不当使得茶叶变质可能造成严重经济损失^[15]。不同容器贮藏 12 个月之内存放普洱熟茶品质最优的贮藏容器为陶罐, 但由于本研究的时间限制, 长期贮藏普洱熟茶的容器对茶叶品质的影响还需进一步深入研究。本研究结果对于普洱熟茶贮藏容器的科学选择具有良好指导意义, 有利于普洱熟茶的合理贮藏, 以及普洱熟茶贮藏后的品质提升与经济价值的增加。

参考文献

- [1] 黄艳, 陈荣冰, 李京, 等. 不同包装材料对武夷水仙茶品质的影响[J]. 中国农学通报, 2016, 32(35): 40–45.
HUANG Y, CHEN RB, LI J, *et al.* Effect of different packaging materials on quality of Wuyi Shuixian tea [J]. J Chin Agric Sci Bull, 2016, 32(35): 40–45.
- [2] 黄力华. 不同包装材料对碧螺春绿茶贮藏效果的影响[J]. 现代食品科技, 2008, (5): 448–451.
HUANG LH. Influences of packing materials on the preservative effect of Biluochun tea [J]. Mod Food Sci Technol, 2008, (5): 448–451.
- [3] 周红杰. 云南普洱茶[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2004.
ZHOU HJ. Yunnan Pu-erh [M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 2004.
- [4] 苏涛, 毛永杨, 李智高, 等. 普洱茶保健功效及其特征物质研究进展[J]. 食品安全导刊, 2019, (19): 63–65.
SU T, MAO YY, LI ZG, *et al.* Research progress on health efficacy and characteristic substances of Pu-erh tea [J]. China Food Saf Magaz, 2019, (19): 63–65.
- [5] 高熈熈, 张林奇, 王晓蕊, 等. 不同品牌和年份普洱茶的主要品质成分比较研究[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(16): 16–22.
GAO MM, ZHANG LQ, WANG XR, *et al.* Comparison of the main quality components of Pu-erh tea with different brands and years [J]. Food Res Dev, 2021, 42(16): 16–22.
- [6] 孟宪钰, 付亚轩, 李明超, 等. 普洱茶化学成分研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(12): 285–290.
MENG XY, FU YX, LI MC, *et al.* Research progress on chemical composition of Pu-erh tea [J]. Food Ferment Ind, 2019, 45(12): 285–290.
- [7] 许腾升, 刘洋, 李亚莉, 等. 不同仓储地区普洱茶品质差异研究[J]. 保鲜与加工, 2016, 16(4): 89–93, 98.
XU TS, LIU Y, LI YL, *et al.* Quality difference of Pu-erh tea in different preservation areas [J]. Storage Process, 2016, 16(4): 89–93, 98.
- [8] 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): 111–114.
DUAN HX, ZHOU H, HU CM. Research on ingredient changes of Pu-erh tea in different storage time [J]. J Southwest China Agric Sci, 2012, 25(1): 111–114.
- [9] 管俊岭. 贮藏环境与普洱茶风味品质陈化相关性研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2016.
GUAN JL. Study on correlation between storage environments and flavor shifting during aging of Pu-er teas [D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2016.
- [10] 陆锦时, 谭和平. 不同贮藏和包装条件对绿茶的保质效应研究[J]. 西南农业学报, 1994, (S1): 82–86.
LU JS, TAN HP. A Study on the effect of different storage and packing conditions on the preservation of green tea [J]. J Southwest China J Agric Sci, 1994, (S1): 82–86.
- [11] 龚淑英, 周树红. 普洱茶贮藏过程中主要化学成分含量及感官品质变化的研究[J]. 茶叶科学, 2002, (1): 51–56.
GONG SY, ZHOU SH. Study on variation of the content of main chemical components and quality of Puer-tea during storage [J]. J Tea Sci, 2002, (1): 51–56.
- [12] 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. Analysis of physicochemical components and antioxidant activity of puer teas stored at different years [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2011.
- [13] 陈保, 刘通信. 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.
- [14] CHUNG ES. A research in the Korean jar with the specific aim its function [D]. Seoul: Kyung Hee University, 1997.
- [15] 金彩虹, 江若, 汪松能, 等. 茶叶贮藏包装技术的发展[J]. 蚕桑茶叶通信, 2009, (1): 39–40.
JIN CH, JIANG M, WANG SN, *et al.* Development of tea packaging technology [J]. Newsl Sericul Tea, 2009, (1): 39–40.
- [16] IM DY. Changes of major components according to storage method of post-fermented tea [J]. J Prod Res, 2019, 37(4): 65–69.
- [17] 张正竹. 茶叶生物化学实验教程[M]. 北京: 中国农业出版社, 2009.
ZHANG ZZ. Experimental course of tea biochemistry [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2009.
- [18] 汪杨. 普洱茶在贮藏过程中化学成分及感官品质变化的研究[D]. 四川: 农业大学, 2015.
WANG Y. Studies on the chemical constituents and the sensory quality of Pu'er tea during storage [D]. Sichuan: Agricultural University, 2015.
- [19] CHOI SH. A study on the quality characteristics and antioxidant activities of Pu-erh tea prepared by different storage periods and manufacturing methods [D]. Yieshan: Wonkwang University, 2020.
- [20] LI MX. Effect of grade and storage duration on the quality of Pu-erh tea [D]. Cheonan: Dankook University, 2011.
- [21] 吕海鹏, 张悦, 杨婷, 等. 普洱茶滋味品质化学成分分析[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(2): 178–183.
LV HP, ZHANG Y, YANG T, *et al.* The main flavor compounds of Pu-erh tea [J]. Food Ferment Ind, 2016, 42(2): 178–183.
- [22] 吕海鹏, 钟秋生, 林智. 陈香普洱茶的香气成分研究[J]. 茶叶科学, 2009, 29(3): 219–224.
LV HP, ZHONG QS, LIN Z. Study on the aroma components in Pu-erh tea with stale flavor [J]. Food Sci, 2009, 29(3): 219–224.
- [23] 张纪伟, 沈雪梅, 赵一帆, 等. 不同贮存年份普洱茶中 3 种主要黄酮醇类化合物含量的变化[J]. 西南农业学报, 2021, 34(9): 1853–1857.
ZHANG JW, SHEN XM, ZHAO YF, *et al.* Changes in content of three

- main flavonoid in raw Pu-erh tea with different storage years [J]. *J Southwest China Agric Sci*, 2021, 34(9): 1853–1857.
- [24] 吕海鹏, 王梦琪, 张悦, 等. 普洱茶后发酵过程中多酚类成分生物转化的研究进展[J]. *食品科学*, 2018, 39(23): 306–312.
LV HP, WANG MQ, ZHANG Y, *et al.* Recent advances in research on biotransformation of polyphenols during Pu-erh tea pile fermentation [J]. *Food Sci*, 2018, 39(23): 306–312.
- [25] 林昕, 王丽, 陈兴莲, 等. 基于多酚类物质差异性判别普洱生茶的贮藏年限[J]. *中国食品学报*, 2021, 21(10): 240–246.
LIN X, WANG L, CHEN XL, *et al.* Discrimination of storage life of raw pu-erh tea based on the difference of polyphenol [J]. *J Chin Inst Food Sci Technol*, 2021, 21(10): 240–246.
- [26] 龚加顺, 周红杰. 云南普洱茶化学[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2010.
GONG JS, ZHOU HJ. *The chemistry of Yunnan Pu-erh tea* [M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 2010.
- [27] 孙雪梅, 邓秀娟, 周红杰, 等. 普洱茶仓储影响因子与品质变化研究进展[J]. *茶叶通信*, 2019, 46(2): 135–140.
SUN XM, DENG XJ, ZHOU HJ, *et al.* Research progress on influence factors and quality change of Pu'er tea storage [J]. *J Tea Commun*, 2019, 46(2): 135–140.
- [28] LEE NS. Changes in chemical components of fermented tea according to processing method and storage period [D]. Changwon: Gyeonam National University, 2013.
- [29] 陈玲, 熊智, 孙浩, 等. 四种不同年份普洱茶中茶多酚与咖啡碱成分的分析[J]. *食品工业科技*, 2011, (10): 132–134.
CHEN L, XIONG Z, SUN H, *et al.* Study on the relationship between the content of tea polyphenol and caffeine and the storage period of Pu-er teas [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2011, (10): 132–134.
- [30] 田小军, 罗理勇, 官兴丽, 等. 不同贮藏时间普洱生茶水提物的特征性成分分析[J]. *食品科学*, 2017, 38(2): 198–205.
TIAM XJ, LUO LY, GUAN XL, *et al.* Characteristic components research of raw Pu'er tea aqueous extracts with different storage time [J]. *Food Sci*, 2017, 38(2): 198–205.
- [31] 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.
DENG SH, WANG Q, LUO R, *et al.* Mechanism of Pu-erh tea taste formation [J]. *China Tea*, 2021, 43(7): 1–8.
- [32] 蒋睿, 罗理勇, 常睿, 等. 普洱生茶和熟茶的品质化学成分分析比较[J]. *西南大学学报(自然科学版)*, 2018, 40(6): 38–47.
JIANG R, LUO LY, CHANG R, *et al.* Analysis and comparison of quality chemical components between raw and cooked Pu'er tea [J]. *J Xinnan University (Nat Sci)*, 2018, 40(6): 38–47.
- [33] 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.
LIU QP. *Researches on the quality changes of Pu-er tea with different storage area and time* [D]. Kunming: Yunnan Agricultural University, 2016.

(责任编辑: 郑丽 韩晓红)

作者简介



SHEM Won-Jae, 硕士研究生, 主要研究方向为制茶工程与质量控制。
E-mail: 18213475501@qq.com



周红杰, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为普洱茶加工和文化。
E-mail: 1051195348@qq.com