

不同年份武夷岩茶水仙主要滋味物质 分析与感官评价

Analysis of main taste substances and sensory evaluation of Shuixian Wuyi rock tea narcissus in different years

宋晓月^{1,2} 吴志锋¹ 邱慕涛² 王静雯² 马春华²

SONG Xiaoyue^{1,2} WU Zhifeng¹ QIU Mutao² WANG Jingwen² MA Chunhua²

(1. 福建农林大学食品学院, 福建 福州 350002; 2. 武夷学院茶与食品学院, 福建 南平 354300)

(1. College of Food Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002, China;

2. College of Tea and Food Science, Wuyi University, Nanping, Fujian 354300, China)

摘要:[目的]以不同贮藏时间武夷岩茶水仙为研究对象,探究滋味物质与呈味强度的相关性。[方法]采用化学方法和高效液相色谱法检测不同年份武夷岩茶水仙(2020, 2018, 2016, 2014, 2012, 2010, 2008, 2006 分别贮藏 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 年)中的主要滋味物质,包括茶多酚、黄酮、游离氨基酸、可溶性糖、儿茶素等成分,并结合电子舌感官评定,对两者变化原因及相关性进行分析。[结果]随着贮藏年份增加,武夷岩茶水仙中茶多酚、可溶性糖、儿茶素呈下降趋势,总黄酮与总游离氨基酸变化趋势不明显,咖啡碱、没食子酸、茶黄素含量总体有所上升。其鲜味呈上升趋势,丰富度、苦味、涩味及其回味呈下降趋势,咸味与甜味则保持在一定水平内上下波动。[结论]不同年份武夷岩茶水仙表没食子儿茶素没食子酸酯与苦味、涩味回味、丰富度正相关程度较高,表没食子儿茶素与酸味、茶黄素与涩味负相关程度较高。

关键词:武夷岩茶;水仙;贮藏;滋味物质;感官品质

Abstract: [Objective] This study aimed to investigate the correlation between taste substances and flavor presentation intensity of Shuixian Wuyi rock tea from different storage years. [Methods] The main taste substances, including tea polyphenols, flavonoids, free amino acids, soluble sugars, catechins and other components, were detected in several years of Narcissus (2022, 2018, 2016, 2014, 2012, 2010, 2008, 2006 for storage 1, 3, 5,

7, 9, 11, 13, 15 years, respectively) by using chemical methods and high-performance liquid chromatography, and the reasons for the change of the two and their correlation were analyzed by combining with the sensory evaluation of the electronic tongue. [Results] With the increase of storage year, the contents of tea polyphenols, soluble sugars, and catechins in Narcissus showed a decreasing trend, the total flavonoids and free amino acids showed an inconspicuous trend, and the contents of caffeine, gallic acid, and theaflavin increased in general. Its freshness showed an increasing trend, richness, bitterness, astringency, and its aftertaste showed a decreasing trend, while the salty and sweet tastes fluctuated up and down within a certain level. [Conclusion] EGCG of Shuixian in different years showed a strong positive correlation with a bitter taste, astringent aftertaste, and richness, while EGC showed a strong negative correlation with sourness, TF, and astringency.

Keywords: Wuyi rock tea; Shuixian; storage; taste substance; taste quality

武夷岩茶(Wuyi rock tea, WRT)属于半发酵茶,产于福建省武夷山,以其独有的“岩韵”而闻名^[1]。水仙是武夷岩茶的主要栽培品种,具有口感醇厚,柔和甘甜和微苦余韵的品质特征。武夷岩茶在贮藏过程中,受环境中空气、水分、温度、光照等因素影响,其成分会发生变化。滋味物质在贮藏过程中,虽然变化速度缓慢,但在长期贮藏过程中逐渐积累,其含量、组成会发生变化,影响茶叶的品质,以多酚类物质为主,其次为咖啡碱、氨基酸类物质^[2]。目前关于陈年武夷岩茶的研究较少,普遍认为武夷岩茶通过合理贮藏,具有“陈醇润活”的品质特征,贮藏 4~20 年称为陈岩茶,20 年以上称为老茶。

基金项目:南平市自然科学基金项目(编号:N2021J003);南平市资源产业科技创新联合资助项目计划(编号:N2021Z006)

作者简介:宋晓月,女,福建农林大学在读硕士研究生。

通信作者:马春华(1972—),女,武夷学院教授,博士。

E-mail: chma@wuyiu.edu.cn

收稿日期:2023-09-19 **改回日期:**2024-03-12

在茶叶陈化中,合理控制变化可以产生全新的风味特征、提高香气等;如陈年黑茶、陈年普洱等与新茶相比,有着不同的风味特征,产品价值高于新茶,关于茶叶陈化的研究也越来越多。茶叶经过陈化后,其内含物包括滋味、香气成分发生了较大程度的改变。詹冬梅等^[3]对2008、1985、1952年生产的3种茯砖茶进行成分分析及感官评定,发现陈年茯砖茶各化合物成分如水浸出物、茶多酚、游离氨基酸、果胶随贮藏年份延长而减少,适当贮藏能提高茯砖茶香气,但过长时间贮藏会使茯砖茶茶香消尽、滋味寡淡。马冰淞等^[4]对3个不同贮藏期多款普洱茶进行成分分析,结果发现普洱茶在贮藏过程中,儿茶素类化合物显著降低,鞣花酸、槲皮素、山茶酚等黄酮类化合物呈增长趋势。王志华等^[5]对3个年份的六堡茶进行成分分析与感官评定,结果表明六堡茶经过贮藏其水浸出物、茶多酚、游离氨基酸等组分含量减少,咖啡碱和茶褐素含量提高,茶黄素含量变化不明显;感官分析表明适当贮藏可以提高六堡茶的滋味、口感等各方面品质。然而武夷岩茶水仙,在不同年份条件下,滋味物质成分的变化研究尚未报道。

研究拟通过对茶多酚、氨基酸、儿茶素、咖啡碱和矿物元素等进行定量分析,再结合电子舌分析技术对不同年份武夷岩茶水仙滋味进行感官分析,研究贮藏过程中武夷岩茶水仙滋味物质与感官的变化,以期对武夷岩茶的贮藏提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料与仪器

不同年份(2020,2018,2016,2014,2012,2010,2008,2006)分别贮藏1,3,5,7,9,11,13,15年)武夷岩茶水仙:茶叶原料为一芽三叶,武夷山市崇安茶叶有限公司;

甲醇、乙腈:色谱纯,上海麦克林生化科技股份有限公司;

没食子酸:分析对照品,上海麦克林生化科技股份有限公司;

咖啡碱、儿茶素、表儿茶素:分析对照品,上海阿拉丁试剂有限公司;

没食子儿茶素没食子酸酯、表没食子儿茶素没食子酸酯、表儿茶素没食子酸酯:分析对照品,成都普瑞法科技开发有限公司;

高效液相色谱仪:E2695型,美国Waters公司;

光吸收全波长酶标仪:ReadMax 1200型,上海闪谱仪器有限公司;

台式高速冷冻离心机:TGL-20M型,湖南湘仪实验室仪器开发有限公司;

电子舌味觉分析系统:SA402B型,日本Insent公司。

1.2 试验方法

1.2.1 样品采集及处理 参照GB/T 8302—2013进行取样,采用同样的加工工艺,萎凋:日光萎凋,30 min;做青:机械做青,8 h;杀青:240℃,3 min;揉捻:220℃,5 min;烘干:120℃,2 h;焙火:炭焙,120℃,6 h。加工后,所有样品放在库房,使用铁桶密封常温保存。

1.2.2 武夷岩茶水仙滋味成分测定

(1) 茶多酚:参照GB/T 8313—2018。

(2) 总黄酮:采用三氯化铁比色法^[6]。

(3) 总游离氨基酸:参照GB/T 8314—2013。

(4) 可溶性糖:采用硫酸—蒽酮比色法^[7]。

(5) 儿茶素组分、咖啡碱、没食子酸、茶黄素检测:根据文献^[8],修改如下:

样品制备:100 mg茶粉加入10 mL甲醇(体积分数70%),70℃下水浴10 min,2 000 r/min离心2 min,重复提取3次,使用甲醇(体积分数70%)定容到50 mL后进行HPLC分析。

高效液相色谱条件(HPLC):采用Agilent ZORBAX SB-C₁₈色谱柱(4.5 μm,4.6×150 mm),柱温为室温,检测波长210 nm,进样量10 μL,流速1 mL/min;流动相:0.1%磷酸水溶液(A)—乙腈(B),梯度洗脱:0~13 min,15% B;13~30 min,15%~32% B。

1.2.3 电子舌味觉评价 称取样叶3.000 g,加入150 mL沸水,摇匀后静置3 min,用滤纸过滤出茶汤并定容至150 mL,茶汤静置20 min冷却至室温,取40 mL茶汤进行电子舌分析。将30 mmol/L氯化钾和0.3 mmol/L酒石酸混合(体积分数50%),配制成模拟人体口腔的对照参比溶液,将传感器置于参比溶液30 s进行归零处理,每个样品均以参比溶液进行对照。传感器清洗时间5 min,样品测定时间30 s,测量回味30 s,每个样品重复测量3次。

1.3 统计分析

采用SPSS软件进行单因素方差分析和Duncan检验,计算样本间代谢物或口味差异的显著性水平,斯皮尔曼相关分析方法进行了分析。

2 结果与分析

2.1 不同年份武夷岩茶水仙滋味物质分析

武夷岩茶水仙含有多钟内含物,加工后的成品茶,其化合物组成会随着时间推移产生变化,不同贮藏年份的武夷岩茶水仙往往具有不同的风味特征,其中有令人愉悦的风味产生,如陈香、药香等,其苦涩味有所下降。武夷岩茶水仙中茶多酚、儿茶素(C)、表儿茶素(EC)、表没食子儿茶素(EGC)、表没食子儿茶素没食子酸酯(EGCG)、表儿茶素没食子酸酯(ECG)、没食子儿茶素没食子酸酯(GCG)、黄酮类化合物、可溶性糖、游离氨基酸、咖啡碱、茶黄素等化合物含量如表1所示。

表 1 不同年份武夷岩茶水仙主要成分含量

Table 1 Content of main components of Shuixian in Wuyi rock tea in different years ($n=3$) mg/g

贮藏期限/年	茶多酚	没食子酸	黄酮	可溶性糖	游离氨基酸	咖啡碱	茶黄素
1	93.33±1.67	0.33±0.02	23.03±0.80	46.92±3.91	21.96±0.43	9.02±0.16	0.18±0.02
3	88.88±1.78	0.94±0.02	25.28±0.86	38.94±3.03	20.01±0.06	11.51±0.06	0.15±0.01
5	90.66±3.62	0.65±0.05	23.60±0.25	37.58±5.66	22.75±0.39	9.54±0.13	0.16±0.02
7	100.51±2.79	0.81±0.01	23.28±0.61	40.26±3.76	20.78±0.57	13.36±0.40	0.12±0.01
9	78.10±0.60	0.87±0.05	24.38±0.66	40.63±0.49	19.06±0.16	12.65±0.39	0.13±0.01
11	88.05±0.41	0.71±0.03	23.24±3.94	34.43±0.62	20.06±0.48	11.17±0.16	0.14±0.01
13	97.16±0.87	0.87±0.18	22.87±0.32	41.05±5.39	20.02±0.22	13.89±0.20	0.20±0.01
15	81.50±0.73	1.48±0.04	23.74±0.44	48.05±4.30	23.10±0.18	11.19±0.08	0.28±0.01
贮藏期限/年	C	EC	EGC	EGCG	ECG	GCG	
1	0.59±0.03	2.21±0.10	9.49±0.45	23.22±0.92	0.51±0.02	15.01±0.73	
3	0.52±0.00	1.25±0.17	4.92±0.06	17.30±0.21	0.76±0.02	9.34±0.64	
5	0.45±0.01	1.33±0.12	5.01±0.18	15.95±0.22	0.45±0.04	8.60±0.19	
7	0.51±0.01	1.71±0.04	5.98±0.25	15.52±0.81	0.60±0.02	9.99±0.25	
9	0.45±0.00	1.67±0.08	6.21±0.05	10.79±0.49	0.97±0.03	7.06±0.04	
11	0.54±0.01	1.52±0.21	5.79±0.04	9.07±0.17	0.62±0.03	9.15±0.37	
13	0.43±0.01	1.27±0.09	5.38±0.37	9.47±0.54	0.42±0.06	8.97±0.59	
15	0.48±0.01	0.67±0.01	2.26±0.06	11.85±0.22	0.97±0.11	7.18±0.39	

(1) 茶多酚:茶多酚在武夷岩茶水仙中含量丰富,是茶汤产生苦味和涩味的主要物质^[9]。贮藏 1~5 年时,茶多酚含量波动较小,可能是茶叶密封条件下无氧化,茶多酚含量变化由茶叶内含物转化引起,变化缓慢。贮藏 7 年后,茶多酚含量发生了显著变化,除不同茶样自身之间差异外,长时间的贮藏易发生氧化,生成醌类物质,导致茶汤颜色变褐,同时这种氧化物还会和氨基酸类进一步反应,使茶汤滋味劣变,是造成茶多酚含量差异较大的主要原因。同时,茶叶的包装材料在贮藏过程中密封性也会下降,致使茶中水分量、含氧量提高,加速了茶多酚的氧化进程。这与张灵枝等^[10]在寿眉茶贮藏过程中观察到的茶多酚变化相吻合。

(2) 没食子酸:没食子酸属于多酚类化合物,是茶汤酸味来源之一。贮藏 1 年的武夷岩茶水仙的没食子酸含量为 0.33 mg/g,处于较低水平,贮藏 3~13 年的含量较为接近,相比贮藏 1 年的含量有所提高,为 0.65~0.94 mg/g;而贮藏 15 年的武夷岩茶水仙的没食子酸含量最高,为 1.48 mg/g。经过一定时间的贮藏后,一些微生物会水解为单宁,促进没食子酸生成,从而使没食子酸初期含量略微提升,后续含量快速升高,这很可能是茶叶在贮藏过程中滋味易发酸的原因。乔小燕等^[11]对康庄茶的研究也得出了类似结果。说明贮藏会使没食子酸含量上升。

(3) 儿茶素:儿茶素是茶叶中最主要的多酚类化合

物,可分为酯类和非酯类^[12],前者(包括 EGCG、ECG 和 GCG)约占儿茶素总含量的 70%。武夷岩茶水仙中儿茶素总含量随着时间的推移呈下降趋势,研究发现红茶^[13]和绿茶^[14]也有类似的趋势。Ananingsih 等^[14]认为茶叶总儿茶素易在贮藏过程中发生氧化、降解和异构化反应,导致其含量降低,这也与茶叶的发酵程度有关,发酵程度低的茶叶儿茶素含量高,贮藏过程中儿茶素变化较大,但随着贮藏时间增加,降低幅度逐渐放缓。Friedman 等^[13]研究发现绿茶新茶经过 6 个月的贮藏,总儿茶素下降了 32%;在儿茶素成分中,含量的下降幅度最大的是 EGC,其次是 EC,而 EGCG 的绝对降幅最大,C 和 ECG 的含量呈现逐年波动的趋势。武夷岩茶水仙茶在贮藏过程中儿茶素的变化主要源于 EGCG、GCG 和 EGC 的减少,这与 Ning 等^[15]的研究结果一致。

(4) 黄酮:各年份茶样黄酮含量较为接近,贮藏 1~15 年各含量为 22.87~25.28 mg/g,黄酮含量降低,可能是茶叶经过 1~2 年的贮藏后,茶叶中结合态的糖苷类黄酮醇转化为游离态^[16],后续年份黄酮含量较低可能是茶叶在贮藏过程中受氧气、温度等条件的影响,发生部分降解,黄酮与花青素结合生成辅色素也可能是其含量较低的原因^[17]。

(5) 可溶性糖:贮藏 1 年和 15 年的可溶性糖含量处于较高水平,分别为 46.92、48.05 mg/g,贮藏 3 年、5 年及 11 年的可溶性糖含量分别为 38.94、37.58、34.43 mg/g。武

夷岩茶水仙中可溶性糖在贮藏期间易与氧气发生反应、转化,导致含量有所下降^[18];随着贮藏时间越久,茶叶含水量逐步积累提高,茶叶中大分子糖类物质,如纤维素和果胶等多糖逐渐催化水解,分解产生一部分小分子糖,使得可溶性糖含量有所上升,这也可能是贮藏一定年份的武夷岩茶滋味更具甘醇的原因。

(6) 游离氨基酸:各年份游离氨基酸含量也较为接近,贮藏 1~15 年含量为 19.06~23.10 mg/g。一方面,在贮藏过程中发生氧化、降解反应转化为挥发性物质,使其含量下降;另一方面,茶叶中的一部分蛋白质在贮藏过程中发生水解,产生新的游离氨基酸,因而武夷岩茶水仙中的游离氨基酸含量处于动态平衡,各年份茶叶内游离氨基酸在一定水平范围内波动变化。许应芬等^[19]发现,白茶在贮藏过程中,游离氨基酸也出现了类似的变化趋势。

(7) 咖啡碱:各年份武夷岩茶水仙咖啡碱含量呈阶段性分布,总体上贮藏时间较长的武夷岩茶水仙咖啡碱含量更高一些。黄毅彪等^[20]研究发现:武夷岩茶梅占在一年的贮藏过程,咖啡碱呈不断下降趋势;并且不同品种绿茶起始咖啡碱含量虽不同,但经过 6 个月的贮藏后,各绿茶咖啡碱下降至相近水平^[21];绿茶在贮藏过程中,咖啡碱含量相对稳定,贮藏第 19 个月咖啡碱含量有所提升^[22]。发酵程度、贮藏方式等条件都对贮藏期间咖啡碱含量变化趋势有一定的影响,目前认为咖啡碱的变化主要与自身的甲基化有关^[23]。

(8) 茶黄素:贮藏 1~15 年间的茶黄素含量差距较小,其中 2006 年的茶黄素含量相较于其他年份的高,为 0.28 mg/g。谢基雄^[24]也有类似发现。茶叶中的茶黄素是多酚类物质发生转化的产物,武夷岩茶水仙中儿茶素的增加可能与茶多酚、儿茶素等转化有关,而茶黄素下降则很有可能与其自身氧化成茶红素、茶褐素有关。

总之,茶叶中各种滋味化合物的含量随着时间的推移有所波动,波动原因复杂,在贮藏过程中影响风味的因素很多,同时影响着武夷岩茶水仙的滋味口感。

2.2 不同年份武夷岩茶水仙电子感官分析

以茶叶浸泡滤出的茶汤作为样品,不同年份武夷岩茶水仙电子舌分析结果如表 2 所示,结合表 1,在酸味上,与没食子酸变化趋势相同,2020 年的均为最低值,与贮藏时间成正比,各年份武夷岩茶水仙酸味响应值均在 0 以下,虽然随着贮藏时间延长酸味有所提高,但酸味响应值均低于感官阈值-13,因此各年份武夷岩茶水仙口感上无酸味。茶叶中含有多种苦味化合物,如多酚类、咖啡碱等,使得茶汤具有一定的苦味。如表 1 所示,咖啡碱的含量是小幅度上升的,茶多酚在贮藏 7 年时含量达到最大值。但经过 9 年贮藏的普洱生茶苦味逐渐增强^[25],相比之下,武夷岩茶水仙中令人不快的苦味在陈化后,与贮藏时间呈负相关,使得武夷岩茶水仙具有愉悦柔和的滋味。其中贮藏 1~5 年的苦味响应值为 10.43~12.01,处于较高水平;贮藏 7~9 年的分别为 9.83,9.59,贮藏 11~15 年的为 8.14~8.32。说明咖啡碱和茶多酚对苦味起不到决定性作用。除了成分变化,还可能因武夷岩茶水仙在烘焙过程中酶活性的降低,减少了苦味的产生。苦味回味与苦味基本一致,与贮藏时间呈负相关趋势,但与苦味相比有所波动。茶叶中多数具有苦味的化合物同时也具有一定的涩味,不苦不涩不是茶,“苦涩”乃茶的本味,是茶叶口感的直观呈现,大多数茶或轻或重都有苦涩感存在,苦味与涩味有一定的关联性。涩味与涩味回味具有相同趋势,其响应值比苦味回味要低很多,下降程度更大,为 76.4%。这与 EC 具有相同的大幅度下降趋势,说明涩味与涩味回味可能来自 EC。鲜味逐年上升,贮藏 11~15 年鲜味较为突出,与贮藏 1 年的相比,贮藏 11 年的鲜度上升了 55.3%。丰富度和咸味的变化趋势相同,呈波动下降趋势,其中部分年份咸味响应值为负值,可能与 EGCG、GCG、EGC 和茶多酚的梯度下降有关。但在甜味方面,贮藏一定年份的武夷岩茶水仙如贮藏 3~9 年的甜味值高于贮藏 1 年的,但贮藏 11~15 年的甜味值为 3.99~4.92,处于较低水平。

表 2 不同年份武夷岩茶水仙电子舌传感器响应值
Table 2 Response values of E-tongue sensor of Shuixian in Wuyi rock tea in different years (n=3)

贮藏期限/年	味觉传感器响应值								
	酸味	苦味	涩味	涩味回味	苦味回味	鲜味	丰富度	咸味	甜味
1	-34.38±0.00	11.15±0.00	10.80±0.00	4.45±0.00	10.84±0.00	8.55±0.00	6.24±0.00	2.88±0.00	5.27±0.00
3	-29.72±0.16	12.01±0.06	9.89±0.08	5.48±0.09	9.68±0.03	7.52±0.09	5.59±0.14	-0.46±0.13	6.30±0.22
5	-30.26±0.17	10.43±0.04	9.21±0.09	5.75±0.35	9.25±0.07	7.58±0.10	5.53±0.05	-0.38±0.15	5.73±0.26
7	-30.19±0.13	9.83±0.15	9.58±0.04	6.74±0.30	10.87±0.03	8.13±0.10	6.21±0.14	2.04±0.04	5.63±0.22
9	-26.60±0.39	9.59±0.06	9.92±0.08	6.00±0.29	8.24±0.09	7.33±0.12	5.47±0.11	-2.03±0.19	6.07±0.18
11	-29.78±0.03	8.32±0.17	10.56±0.16	0.99±0.12	9.41±0.02	13.28±0.01	6.39±0.04	1.90±0.05	4.92±0.03
13	-29.01±0.05	8.14±0.05	9.79±0.20	1.05±0.05	8.69±0.22	12.83±0.06	6.09±0.13	1.56±0.08	3.99±0.11
15	-26.82±0.05	8.23±0.17	5.13±0.30	1.02±0.06	7.10±0.35	11.65±0.10	4.83±0.23	-1.04±0.26	4.97±0.04

由表 2 可知,各年份武夷岩茶水仙在丰富度、甜味上差异较小,而在酸味、涩味、涩味回味、鲜味有着较大的差异,不同年份的武夷岩茶水仙有着不同滋味轮廓特征,如贮藏 9 年和 15 年的酸味较为突出,贮藏 11~15 年鲜味较为突出,鲜味提升,使武夷岩茶水仙具有鲜甜醇香滋味,更能品尝到茶的灵魂之味。

2.3 电子舌响应值与主要滋味成分相关性分析

为更好地了解不同年份武夷岩茶水仙滋味物质与电子舌响应值的关系,将电子舌各传感器响应值与主要滋味物质进行相关性分析。

如表 3 所示,没食子酸、咖啡碱、茶黄素与酸味呈正相关,因为没食子酸是一种天然的有机酸,存在于某些水果(如柠檬、柚子)中,可以增加食物的酸度,从而增强酸味。咖啡碱具有苦味,可以与其他酸性物质相互作用,增强酸味的感知。茶黄素是茶叶中的一种黄色素,具有苦味和酸味。茶黄素可以与其他酸性物质结合,增强酸味的感知,在表 3 中,酸味变化较为明显。茶多酚、EGC、C、EC、GCG 与酸味呈负相关,其中 EGC 与酸味负相关程度较高(>0.8)。可能是由于 EGC 具有抗氧化性质,能够中和茶叶中的酸性物质,从而减少茶叶的酸味。苦味与没食子酸、咖啡碱、茶黄素呈负相关,但均未达到相关水平。涩味与茶黄素相关性系数为-0.939,相关性较高。回味中只有 EGCG 与涩味回味呈强负相关,说明很大程度上 EGCG 的变化大致决定涩味回味的强弱。

如表 4 所示,儿茶素与鲜味呈正相关,茶多酚、EGC、C、EC、EGCG、GCG 与丰富度呈正相关,而茶黄素与丰富

表 3 滋味物质与味觉响应相关性分析[†]

Table 3 Correlation analysis between taste substances and taste responses

指标	酸味	苦味	涩味	涩味回味	苦味回味
茶多酚	-0.597 *	0.126	0.373	0.122	0.697 **
黄酮	0.188	0.273	-0.083	0.216	-0.107
可溶性糖	-0.048	0.018	-0.430 *	-0.109	-0.190
游离氨基酸	-0.230	0.027	-0.591 **	-0.108	-0.108
没食子酸	0.672 **	-0.540 **	-0.443	-0.324	-0.719 **
EGC	-0.865 **	0.392	0.755	0.235	0.786 *
咖啡碱	0.457 *	-0.466 *	0.011	-0.130	-0.102
C	-0.519 **	-0.084	0.106	-0.472 *	0.375 *
EC	-0.782 **	0.327	0.535 **	0.103 *	0.477 **
EGCG	-0.898	0.285	0.587	0.036	0.857 **
ECG	-0.020	0.029	-0.091	-0.417 *	-0.266
GCG	-0.710 **	0.169	0.761	-0.201	0.523 **
茶黄素	0.482 *	-0.495 *	-0.939 *	-0.402	-0.669 **

[†] Pearson 系数>0.8 或<0.8 表示强相关;“*”表示 $P<0.05$,“**”表示 $P<0.01$,具有统计学意义。

表 4 滋味物质与味觉响应相关系数[†]

Table 4 Correlation coefficient between taste substance and taste response

指标	鲜味	丰富度	咸味	甜味
茶多酚	0.057	0.642 **	0.768 **	-0.318
黄酮	-0.277	-0.255	-0.359	0.392
可溶性糖	-0.036	-0.395	-0.036	-0.218
游离氨基酸	-0.004	-0.385	0.039	-0.128
没食子酸	0.233	-0.451	-0.475 *	-0.230
EGC	-0.176	0.747 **	0.734 **	-0.024
咖啡碱	0.300	0.198	0.057	-0.309
C	0.516 *	0.474 *	0.721 *	-0.346
EC	-0.133	0.432 *	0.476 *	-0.113
EGCG	0.082	0.811 **	0.939 **	-0.190
ECG	0.233	-0.165	-0.100	-0.001
GCG	0.235	0.748 **	0.673 **	-0.238
茶黄素	0.292	-0.706 **	-0.376	-0.226

[†] Pearson 系数>0.8 或<0.8 表示强相关;“*”表示 $P<0.05$,“**”表示 $P<0.01$,具有统计学意义。

度呈负相关,其中 EGCG 与丰富度相关性为 0.881,相关程度较高,可作为丰富度的主要决定物质。咸味中仅 EGCG 呈现较高的相关性,皮尔逊系数为 0.939,说明在主要滋味物质中 EGCG 是咸味的决定性物质。EGCG 是茶叶中含量最高的儿茶素,贮藏过程中变化较大,说明武夷岩茶水仙具有很高的 EGCG 合成和积累能力,而滋味成分与甜味相关性均不具有统计学意义。

3 结论

武夷岩茶水仙化学成分丰富,各成分对茶汤滋味的影响不同且存在相互作用,试验发现,黄酮含量的变化不能影响任何一种滋味的改变,同时甜味也没有对应的主要关联物质。在茶叶主要滋味物质中,表没食子儿茶素没食子酸酯含量与苦味回味、咸味和丰富度强弱呈正相关,茶黄素含量较大程度上决定了涩味强弱。表没食子儿茶素是与涩味呈负相关的主要成分。

研究主要考察了滋味与滋味物质随贮藏时间的变化及两者之间的相关性,但是主要滋味物质变化机理和原因尚未明确,还需进一步深入研究。掌握滋味物质的变化机理和与滋味的相关性,就可以通过控制化合物的变化从根本上来提高陈茶品质,如滋味、香气和色泽等,是今后研究的方向之一。

参考文献

[1] 周志,薛俊鹏,卓座品,等.一方水土养一方茶:产地影响武夷岩茶品质的代谢组基础[J].中国科学:生命科学,2019,49(8):1 013-1 023.

- ZHOU Z, XUE J P, ZHUO Z P, et al. One side of the water and soil nurtures one side of the tea: the metabolic basis of the quality of Wuyi rock tea is influenced by its place of origin[J]. Chinese Science: Life Science, 2019, 49(8): 1 013-1 023.
- [2] 李少华, 连晓敏, 王飞权, 等. 武夷岩茶呈味性物质分析[J]. 阜阳师范学院学报(自然科学版), 2018, 35(1): 33-36, 42.
- LI S H, LIAN X M, WANG F Q, et al. Analysis of flavor components of Wuyi rock tea [J]. Journal of Fuyang Teachers College (Natural Science Edition), 2018, 35(1): 33-36, 42.
- [3] 詹冬梅, 傅海峰, 周承哲, 等. 贮藏年份及压饼方式对寿眉风味品质的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2022, 41(5): 81-89.
- ZHAN D M, BO H F, ZHOU C Z, et al. Effect of storage years and pressing methods on the flavor quality of Shoumei[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2022, 41(5): 81-89.
- [4] 马冰淞, 王佳菜, 徐成成, 等. 不同仓储期普洱茶(生茶)中酚类成分差异及其对体外抗氧化能力的影响[J]. 茶叶科学, 2022, 42(1): 51-62.
- MA B S, WANG J C, XU C C, et al. Differences of phenolic components in Puer raw tea with various storage periods and their effects on the in vitro antioxidant capacities [J]. Journal of Tea Science, 2022, 42(1): 51-62.
- [5] 王志华, 薛志慧, 朱文伟, 等. 基于 GC-IMS 的不同年份紧压白茶挥发性物质分析[J]. 食品与生物技术学报, 2021, 40(8): 85-94.
- WANG Z H, XUE Z H, ZHU W W, et al. Analyses of volatile compounds in compressed white tea of different years based on GC-IMS[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2021, 40(8): 85-94.
- [6] 何书美, 刘敬兰. 茶叶中总黄酮含量测定方法的研究[J]. 分析化学, 2007, 35(9): 1 365-1 368.
- HE S M, LIU J L. Study on the determination method of flavone content in tea[J]. Chinese Journal of Analytical Chemistry, 2007, 35(9): 1 365-1 368.
- [7] 林清霞, 杨军国, 王丽丽, 等. 乌龙茶水提物的膜分离制备及其体外抗氧化活性评价[J]. 热带亚热带植物学报, 2022, 30(5): 645-654.
- LIN Q X, YANG G J, WANG L L, et al. Preparation of oolong tea water extract by membrane separation and evaluation of antioxidant activity in vitro[J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 2022, 30(5): 645-654.
- [8] 刘丽霞. 茶叶中 6 种主要儿茶素的高效液相色谱方法建立及应用[D]. 南京: 南京理工大学, 2013: 29-48.
- LIU L X. The establishment and application of DAD-HPLC method for six major catechins in tea [D]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology, 2013: 29-48.
- [9] CHEN G H, YANG C Y, LEE S J, et al. Catechin content and the degree of its galloylation in oolong tea are inversely correlated with cultivation altitude[J]. Journal of Food & Drug Analysis, 2014, 22(3): 303-309.
- [10] 张灵枝, 韩丽, 欧惠算. 不同存贮时间寿眉的生化成分分析[J]. 中国茶叶加工, 2016(4): 46-49.
- ZHANG L Z, HAN L, OU H S. Study on the biochemical compounds of Shoumei tea with different storage time [J]. Tea Processing in China, 2016(4): 46-49.
- [11] 乔小燕, 操君喜, 车劲, 等. 不同贮藏年份康砖茶主要成分差异及其抗氧化活性比较[J]. 现代食品科技, 2020, 36(8): 48-55, 264.
- QIAO X Y, CAO J X, CHE J, et al. Comparative analysis on chemical components and antioxidant activity for different aged Kang bricks teas[J]. Modern Food Science & Technology, 2020, 36(8): 48-55, 264.
- [12] FRIEDMAN M, LEVIN C E, LEE S U, et al. Stability of green tea catechins in commercial tea leaves during storage for 6 months[J]. Journal of Food Science, 2009, 74(2): 347-351.
- [13] FRIEDMAN M, LEVIN C E, CHOI S H, et al. Changes in the composition of raw tea leaves from the Korean yabukida plant during high-temperature processing to pan-fried kamairi-cha green tea[J]. J Food Sci, 2009, 74(5): C406-C412.
- [14] ANANINGSIH V K, SHARMA A, ZHOU W. Green tea catechins during food processing and storage: a review on stability and detection[J]. Food Research International, 2013, 50(2): 469-479.
- [15] NING J M, DING D, SONG Y S, et al. Chemical constituents analysis of white tea of different qualities and different storage times[J]. European Food Research & Technology, 2016, 242(12): 1-12.
- [16] GUO X Y, LU Y Q, YE Y, et al. Polyphenol oxidase dominates the conversions of flavonol glycosides in tea leaves [J]. Food Chemistry, 2021, 339: 128088.
- [17] 林杰, 段玲靓, 吴春燕, 等. 茶叶中的黄酮醇类物质及对感官品质的影响[J]. 茶叶, 2010, 36(1): 14-18.
- LIN J, DUAN L L, WU C Y, et al. Flavonols in tea (Camellia sinensis) and its impact on sensory taste[J]. Journal of Tea, 2010, 36(1): 14-18.
- [18] 黄景源. 陈放时间对茯砖茶抗氧化性的影响研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(3): 52-55.
- HUANG J Y. Analysis of antioxidant capacity of Fuzhuan tea produced in different years[J]. Food Research and Development, 2016, 37(3): 52-55.
- [19] 许应芬, 庞德文, 李姝妍, 等. 不同储藏时间对白茶品质的影响[J]. 贵阳学院学报(自然科学版), 2022, 17(3): 96-100.
- XU Y F, PANG D W, LI S Y, et al. Influence of white tea quality at different storage time[J]. Journal of Guiyang College (Natural Sciences), 2022, 17(3): 96-100.
- [20] 黄毅彪, 林燕萍, 张见明, 等. 贮藏方式对武夷岩茶梅占生化成分及感官品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(12): 102-107.
- HUANG Y B, LIN Y P, ZHANG J M, et al. Effects of storage methods on biochemical components and sensory quality of Wuyi rock tea Meizhan[J]. Food Research and Development, 2020, 41(12): 102-107.

(下转第 191 页)

- [14] 王海鸥, 陈守江, 扶庆权, 等. 热烫冻融组合处理对苹果片真空冻结特性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(6): 180-186.
WANG H O, CHEN S J, FU Q Q, et al. Effect of combined treatments of heat-blanching and freeze-thawing on the characteristics of vacuum freezing of apple slices[J]. Food and Fermentation Industry, 2018, 44(6): 180-186.
- [15] 周頔, 王海鸥, 孙艳辉, 等. 不同前处理和冻结方式对苹果片真空冷冻干燥效率及干制品品质的影响[J]. 现代食品科技, 2016, 32(12): 218-224.
ZHOU D, WANG H O, SUN Y H, et al. Effect of different pre-processing and freezing methods on the vacuum freeze-drying efficiency and dry products quality of apple slices[J]. Modern Food Science and Technology, 2016, 32(12): 218-224.
- [16] 彭钰航, 王广红, 孙飞雪, 等. 胡萝卜热泵干燥工艺优化[J]. 食品与机械, 2022, 38(1): 211-216.
PENG Y H, WANG G H, SUN F X, et al. Optimization of carrot heat pump drying process by response surface methodology[J]. Food & Machinery, 2022, 38(1): 211-216.
- [17] 李兴霞, 李越, 杨菲菲, 等. 吸湿性对冻干果蔬产品及其品质特性的影响[J]. 食品与机械, 2022, 38(7): 159-165.
LI X X, LI Y, YANG F F, et al. The effect of hygroscopicity on quality characteristics of different freeze-drying fruit and vegetable products[J]. Food & Machinery, 2022, 38(7): 159-165.
- [18] 吴昆明, 凌阿静, 胡新中, 等. 干燥方式对苦荞麦芽色泽、多酚及抗氧化活性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(11): 115-120.
WU K M, LING A J, HU X Z, et al. Effects of drying methods on color, polyphenol content and antioxidant activity of tartary buckwheat sprouts[J]. Food and Fermentation Industry, 2016, 42(11): 115-120.
- [19] 李卓豪, 毕金峰, 易建勇, 等. 真空冷冻干燥果胶—纤维素—小分子糖气凝胶质构研究[J]. 核农学报, 2022, 36(9): 1 805-1 814.
LI Z H, BI J F, YI J Y, et al. Study on texture properties of freeze-dried pectin-cellulose-small molecule sugar aerogels[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2022, 36(9): 1 805-1 814.
- [20] 田津津, 姚超阳, 张志强, 等. 真空冷冻干燥过程中升华温度对梨瓜细胞微观结构的影响[J]. 食品与机械, 2023, 39(11): 12-17.
TIAN J J, YAO C Y, ZHANG Z Q, et al. Effects of sublimation temperature on cell microstructure of pear melon during vacuum freeze drying[J]. Food & Machinery, 2023, 39(11): 12-17.
-
- (上接第 175 页)
- [21] 赵熙, 黄怀生, 粟本文, 等. 不同茶树品种制绿茶贮藏过程中品质变化规律[J]. 茶叶通讯, 2014, 41(4): 18-22.
ZHAO X, HUANG H S, SU B W, et al. Quality change of green tea made by different cultivars during storage[J]. Journal of Tea Communication, 2014, 41(4): 18-22.
- [22] DAI W, TAN J, LU M, et al. Metabolomics investigation reveals that 8-CN-ethyl-2-pyrrolidinone-substituted flavan-3-ols are potential marker compounds of stored white teas[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2018, 66(27): 7 209-7 218.
- [23] 周树红. 成品普洱茶陈化机理及提质技术研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2001: 25-28.
ZHOU S H. Studies on the mechanism of stale process and the technique for improving the quality of Puer tea[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2001: 25-28.
- [24] 谢基雄. 不同储藏时间武夷岩茶的品质化学成分研发[D]. 福建: 福建农林大学, 2018: 24-25.
XIE J X. Studys on quality chemical composition of Wuyi rock tea under different storage time[D]. Fujian: Fujian Agriculture and Forestry University, 2018: 24-25.
- [25] XU S S, WANG J J, WEI Y M, et al. Metabolomics based on UHPLC-Orbitrap-MS and global natural product social molecular networking reveals effects of time scale and environment of storage on the metabolites and taste quality of raw Pu-erh tea[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2019, 67(43): 12 084-12 093.
-
- (上接第 184 页)
- [24] EGEE M B, PEREIRA-NETTO A B, CACHO J, et al. Comparative analysis of aroma compounds and sensorial features of strawberry and lemon guavas (*Psidium cattleianum* Sabine) [J]. Food Chemistry, 2014, 164: 272-277.
- [25] 邱珊莲, 张少平, 林宝妹, 等. 不同成熟期番石榴果实香气成分变化[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(13): 162-169.
QIU S L, ZHANG S P, LIN B M, et al. Changes of aroma components in guava fruit at different ripening stages[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2021, 49(13): 162-169.
- [26] PINO J A, BENT L. Odour-active compounds in guava (*Psidium guajava* L. cv. Red Suprema) [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2013, 93: 3 114-3 120.
- [27] JORDAAN M J, MAEGARIAA C A, SHAW P E, et al. Volatile components and aroma active compounds in aqueous essence and fresh pink guava fruit puree (*Psidium guajava* L.) by GC-MS and multidimensional GC/GC-O[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51: 1 421-1 426.
- [28] STEINHAUS M, SINYCO D, POLSTER J, et al. Characterization of the key aroma compounds in pink guava (*Psidium guajava* L.) by means of aroma re-engineering experiments and omission tests [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2009, 57: 2 882-2 888.