

发花对寿眉品质及主要活性成分的影响研究

王伟伟¹, 张建勇¹, 王洪波², 林飞应², 江和源^{1*}

(1. 中国农业科学院茶叶研究所, 农业部茶树生物学与资源利用重点实验室, 浙江省茶叶加工工程重点实验室, 杭州 310008; 2. 福建正山堂名山茶业有限公司, 福州 350000)

摘要: **目的** 探明发花对寿眉品质及主要活性成分的影响。**方法** 以贮藏 4 年和 8 年的寿眉为原料进行发花, 制成金花白茶, 对茶样进行感官审评和主要化学成分分析。**结果** 经过发花处理后, 金花白茶外形颜色由绿稍褐和红褐变为红褐和黑褐、汤色由杏黄变为橙黄和橙红、叶底颜色由深绿和红褐变为深红褐和黑褐, 香气中粗老气降低, 纯正度提高, 并出现明显的菌花香, 滋味也由较醇透粗逐渐变为醇和有回甘。金花白茶的茶多酚、儿茶素、茶黄素、聚酯型儿茶素 A (theasinensins A, TSA)、茶红素、氨基酸、水浸出物、咖啡碱含量等含量与对应的原料相比显著降低, 茶褐素、茶多糖和可溶性糖含量升高。两种金花白茶的茶多酚、儿茶素、茶黄素、TSA、茶褐素、茶多糖、水浸出物和咖啡碱含量无显著差异, 金花白茶 1 的可溶性糖和氨基酸高于金花白茶 2, 茶红素低于金花白茶 2。**结论** 本研究解析了发花处理对不同年份寿眉的感官品质和主要活性成分的影响差异性, 为进一步提高金花白茶的品质及其标准化生产提供理论基础。

关键词: 发花; 金花白茶; 寿眉; 品质成分

Study on the effect of fungal-fermentation on the quality and main active components of Shoumei

WANG Wei-Wei¹, ZHANG Jian-Yong¹, WANG Hong-Bo², LIN Fei-Ying², JIANG He-Yuan^{1*}

(1. Tea Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Tea Plants Biology and Resources Utilization of Agriculture Ministry, Key Laboratory of Tea Processing Engineering of Zhejiang Province, Hangzhou 310008, China; 2. Fujian Zheng Shan Tang Ming Shan Tea Industry Co., Ltd., Fuzhou 350000, China)

ABSTRACT: Objective To investigate the effects of fungal-fermentation on quality and main active components of Shoumei. **Methods** Jinhua white tea was made from Shoumei which had been stored for 4 and 8 years by fungal-fermentation treatment. Sensory evaluation and main chemical composition analysis of tea samples were carried out. **Results** After fungal-fermentation treatment, the shape color of Jinhua white tea changed from green-slightly brown and reddish-brown to reddish-brown and dark-brown, the liquor color changed from apricot to orange and orange red, the infused leaf color changed from dark-green and reddish-brown to deep red-brown and dark brown, the coarse old aroma gradually decreased, the purity was improved, and there was a clear scent of “bacteria flowers fragrance”, the taste had gradually changed from slightly mellow and coarse to mellow and sweet. The content of tea polyphenols, catechins, theaflavins, theasinensins A (TSA), thearubicins, amino acids, water extracts

基金项目: 国家自然科学基金项目(31670692)、中国农业科学院科技创新工程项目(CAAS-ASTIP-2021-TRICAAS)

Fund: Supported by the National Natural Science Foundation of China (31670692), and the Science and Technology Innovation Project of Chinese Academy of Agricultural Sciences (CAAS-ASTIP-2021-TRICAAS)

*通信作者: 江和源, 博士, 研究员, 主要研究方向为茶叶化学与加工。E-mail: jianghy@tricaas.com

*Corresponding author: JIANG He-Yuan, Ph.D, Professor, Tea Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310008, China. E-mail: jianghy@tricaas.com

and caffeine in Jinhua white tea was significantly reduced, the theabrownins, tea polysaccharides and soluble sugar content increased comparing with the corresponding Shoumei materials. There were no significant differences in the content of tea polyphenols, catechins, theaflavins, TSA, theabrownin, tea polysaccharides, water extracts and caffeine in Jinhua the 2 white tea, the content of soluble sugars and amino acids in Jinhua white tea 1 was higher than Jinhua white tea 2, and the thearubigins content was lower than Jinhua white tea 2. **Conclusion** This study has analyzed the differences in the effects of fungal-fermentation treatment on the sensory quality and main active components of Shoumei in different years, which provides a theoretical basis for further improving the quality and standardized production of Jinhua white tea.

KEY WORDS: fungal-fermentation; Jinhua white tea; Shoumei; quality components

0 引 言

白茶是我国的六大茶类之一,按照原料嫩度分为白毫银针、白牡丹、贡眉和寿眉 4 种。白茶滋味特点为清新甘甜,富含多酚类、生物碱类、氨基酸类、多糖类和茶色素等多种活性成分,具有抗氧化、抑菌、抗炎、抗辐射、降血糖和抗癌等保健功效^[1-3]。研究发现,白茶贮藏期间茶多酚、氨基酸、水浸出物含量逐渐降低,没食子酸和生物碱含量逐渐升高^[4-7],在适当的条件下,长期存放不仅使白茶滋味更加浓醇,而且可以提高其保健功效,白茶素有“一年茶、三年药、七年宝”的美誉^[8-9]。由于其特殊的贮藏特点,市场上存在不同年份的白茶产品,且近几年出现了以白茶为原料经过发花工艺制成的金花白茶新品。金花白茶是借鉴茯砖茶的发花工艺,以白茶为原料,经过渥堆、气蒸、发花(接种冠突散囊菌)和烘干等工序制成。冠突散囊菌(*Eurotium cristatum*)是茯砖茶加工过程中的优势菌种,接种冠突散囊菌可以增强茶叶防止动脉粥样硬化能力和抗菌、抗肿瘤效果^[10-11]。已有研究将冠突散囊菌应用于白茶中,发现经过发花后白茶中的茶多酚和酯型儿茶素含量下降,表没食子儿茶素(epigallocatechin, EGC)、咖啡碱和部分氨基酸等含量升高,发花后降低了白茶的苦涩味和粗青味,使茶叶更醇和,增加“菌花香”的特色,并发现发花处理对寿眉的品质改善大于白牡丹^[12-13],金花白茶是白茶原料利用的新途径,发花技术在寿眉中的应用效果最为显著,对寿眉的品质和售价提升较多。目前,发花对不同贮藏年份的白茶感官品质和活性成分变化研究尚无相关报道,本研究以贮藏 4 年和 8 年的寿眉为原料发花制成金花白茶,并对其品质和活性成分变化特点进行分析,为金花白茶品质提升及其标准化生产提供理论基础。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

4 年和 8 年的寿眉原料,分别命名为寿眉 1 和寿眉 2(原料为菜茶一芽三四叶),按照渥堆、汽蒸(120℃, 20 min)、

压制、发花(烘房中自然发花方式 2~3 d)、干燥等工艺制成的金花白茶(分别命名为金花白茶 1 和金花白茶 2)。寿眉原料和金花白茶均由福建正山堂名山茶业有限公司完成加工。

乙腈(色谱纯,德国默克公司);福林酚、甲醇、碳酸钠、蒽酮、硫酸、考马斯亮蓝、乙酸乙酯、正丁醇、草酸、磷酸(分析纯,上海麦克林生化科技有限公司);表儿茶素没食子酸酯等 8 种儿茶素标品(纯度 98%,美国 Sigma 公司);聚酯型儿茶素 A (theasinensins A, TSA, 纯度 98%,日本长崎大学);4 种茶黄素标品(纯度 98%,日本和光纯药工业株式会社)。

1.2 仪器与试剂

LC-20AD 高效液相色谱仪、UV-3600 型分光光度计(日本岛津公司);3K15 离心机(德国 Sigma 公司);BSA124S-CW 万分之一天平(德国赛多利斯科学仪器有限公司);CM-36dG 分光测色计(日本 KONIC MINOLTA 公司);5C18-AR-II 色谱柱(250 mm×4.6 mm, 5 μm, 日本半井公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 感官审评

参考 GB/T 23776—2018《茶叶感官审评方法》,以评语方式评定茶叶品质。

1.3.2 色差值测定

采用 GB/T 23776—2018 中茶汤冲泡方法,放置到常温,于分光测色计中测定色差值。

1.3.3 常规成分测定

含水率参照 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》进行测定,游离氨基酸参照 GB/T 8314—2013《茶 游离氨基酸总量的测定》进行测定,水浸出物参照 GB/T 8305—2013《茶 水浸出物测定》进行测定,茶多酚参照 GB/T 8313—2018《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法》中的福林酚法进行测定。

1.3.4 茶黄素、茶红素、茶褐素测定

参照 ROBERTS 等^[14]的系统分析法。

1.3.5 可溶性糖测定

参照钟萝^[15]《茶叶品质理化分析》中蒽酮比色法并加以修改。准确称取 2 g 磨碎茶样,80 mL 沸水搅拌浸提 30 min,过

滤,定容至 100 mL,冷却后即待测液。取 0.05 mL 待测液,加 0.95 mL 水稀释后,加入 2.0 mg/mL 萘酚硫酸液 4 mL,混匀,100°C 恒温水浴 10 min,冰水浴冷却后 620 nm 检测吸光值。

1.3.6 茶多糖测定

样品前处理参考严晨晨^[16]的方法并加以修改。称取 0.2 g 磨碎茶样,10 mL 丙酮浸泡 1 h,5000 r/min 离心 5 min,倒出丙酮溶液,加入 20 mL 纯净水,80°C 水浴浸提 60 min,混匀,取 1.5 mL,9500 r/min,离心 10 min。取 1 mL 茶汤加入 4 mL 无水乙醇沉淀 12 h,9500 r/min 离心 15 min,得沉淀物,60°C 烘干,然后加入 2 mL 蒸馏水,溶解,即为待测液。参考张媛媛等^[17]的方法并加以修改。取 1 mL 待测液,加入 2.0 mg/mL 萘酚硫酸液 4 mL,混匀,100°C 恒温水浴 10 min,冰水浴冷却后 620 nm 检测吸光值。

1.3.7 儿茶素、茶黄素、聚酯型儿茶素测定

样品前处理参照 GB/T 8313—2018 中“3 茶叶中儿茶素类的检测—HPLC 法”的母液制备方法。测定参照薛金金等^[18]的方法并加以修改。5C18-AR-II 色谱柱(250 mm×4.6 mm, 5 μm);进样量 10 μL;检测波长 278 nm;流速 0.8 mL/min;柱温 35°C;流动相 A-50 mmol/L 磷酸, B-100%乙腈;洗脱梯度为 0~39 min, A 由 96% 降至 70%, 39~54 min, A 由 70% 降至 25%, 54~55 min, A 由 25% 升至 96%。

1.4 数据处理

采用 SAS 9.2 进行显著性分析,显著性水平取 0.05,数据以平均值±标准偏差表示,采用 Excel 2016 整理实验数据、作图,所有实验均设置 3 次平行。

2 结果与分析

2.1 发花对寿眉感官品质的影响

感官审评结果见表 1。金花白茶外形呈红褐色或黑褐色、汤色橙黄或橙红色、叶底红褐色或黑褐色,外形、汤色和叶底颜色明显比寿眉深;香气方面,金花白茶与寿眉相比减少了粗老气、增加了菌花香,且香气的纯正度提高;滋味方面,金花白茶增加了醇和感和回甘,减少了粗老味。整体来看,金花白茶的外形、汤色、香气、滋味和叶底均发生了较大的改变,香气和滋味方面品质有明显提高。不同年份的寿眉和金花白茶品质也略有差异,贮藏时间越长的寿眉和金花白茶外形颜色、汤色和叶底颜色也越深,香气的纯正度和滋味的醇和度越高。由此可见,寿眉

贮藏过程中品质逐渐发生变化,贮藏年份越久的寿眉原料制成的金花白茶香气和滋味品质更佳。

2.2 发花对寿眉茶汤色差值的影响

色差是客观反映茶汤颜色的指标之一,其中 L^* 表征茶汤明暗度, a^* 表征红绿色度, b^* 表征黄蓝色度。不同年份寿眉和金花白茶的茶汤色差值如图 1 所示,金花白茶的 L^* 显著低于寿眉原料, a^* 和 b^* 显著高于寿眉原料,两个金花白茶与相应寿眉比较的总色差值 ΔE^* 分别为 5.58 和 8.21,存在较大差异,表明经过发花后颜色发生了较大的变化。不同贮藏年份的金花白茶和寿眉比较,贮藏 8 年的茶样 L^* 显著低于贮藏 4 年的茶样, a^* 和 b^* 均显著高于贮藏 4 年的茶样,寿眉 2 与寿眉 1、金花白茶 2 与金花白茶 1 的总色差值 ΔE^* 分别为 4.74 和 7.57,表明贮藏 8 年和 4 年的寿眉颜色发生较大变化,以不同原料相同工艺制成的金花白茶的颜色也存在较大差异。色差值客观验证了感官审评的结果,发花处理和贮藏时间延长均能降低汤色亮度,使茶汤颜色逐渐趋于红色和黄色。

2.3 发花对寿眉品质成分的影响

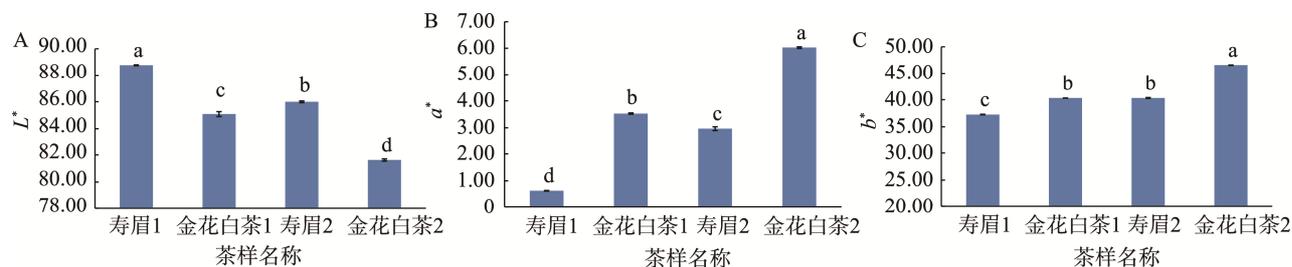
2.3.1 茶多酚

茶多酚是茶叶中最主要的保健成分之一,是一种天然的抗氧化剂。茶多酚中儿茶素是最不稳定的成分之一,儿茶素的氧化是茶多酚变化的重要途径,且在冠突散囊菌的作用下,茶叶中的多酚氧化酶活性提高,加速了茶多酚的氧化^[19]。本研究结果显示,寿眉经过发花工艺制成金花白茶过程中,茶多酚的含量降低,与刘菲等^[12]的研究结果相近。由表 2 可知,与寿眉相比,发花后 2 个金花白茶茶多酚含量下降幅度分别为 39.90% 和 23.55%,寿眉 2 的茶多酚含量显著低于寿眉 1,发花制成金花白茶后的茶多酚含量无显著差异,推测经过发花处理茶多酚含量先快速下降,然后达到一个稳定值,薄佳慧等^[20]的研究也显示,金花白茶发花过程中茶多酚含量逐渐下降,发花 8 d 后降幅不明显,发花 12 d 和发花 8 d 之间无显著差异,进一步证实了该推测,但是,当原料中茶多酚含量差异过大,经过发花茶仍会存在差异,何红霞^[19]采用绿茶(茶多酚含量 33.1%)和一品茯茶(茶多酚含量 11.8%)为原料,经过 5 d 发花处理,2 个茶样的茶多酚仍存在显著差异。总的来看,经过发花处理白茶的茶多酚含量显著降低,不同茶多酚含量的寿眉原料可能对发花后金花白茶的茶多酚含量影响不大。

表 1 发花对寿眉感官品质的影响

Table 1 Effects of fungal-fermentation on the sensory quality of Shoumei

茶样	外形	汤色	香气	滋味	叶底
寿眉 1	紧实显芽、绿稍褐	浅杏黄明亮	透粗	尚醇、透粗	深绿较亮
寿眉 2	紧实显芽、红褐	杏黄较亮	有陈香、稍粗	较醇	红褐尚亮
金花白茶 1	菌花显、较紧、红褐	橙黄较亮	菌花香、较纯	较醇和、有回甘	深红褐尚亮
金花白茶 2	菌花显、较紧、黑褐	橙红较亮	菌花香、纯	醇和、较滑、有回甘	黑褐尚亮



注: A~C 分别为金花白茶和寿眉原料茶汤的 L^* 、 a^* 和 b^* ; a~d: 不同小写字母表示组间存在显著性差异, $P < 0.05$ 。

图 1 发花对寿眉茶汤色差值的影响($n=3$)

Fig.1 Effects of fungal-fermentation on the chromatism values of Shoumei liquor ($n=3$)

表 2 发花对寿眉主要活性成分的影响

Table 2 Effects of fungal-fermentation on the main active components of Shoumei

成分	寿眉 1	寿眉 2	金花白茶 1	金花白茶 2
茶多酚	8.17±0.25 ^a	6.20±0.17 ^b	4.91±0.02 ^c	4.74±0.01 ^c
儿茶素总量	1.58±0.02 ^a	1.00±0.06 ^b	0.84±0.05 ^c	0.81±0.02 ^c
EGCG	0.72±0.01 ^a	0.40±0.02 ^b	0.15±0.00 ^c	0.12±0.01 ^c
ECG	0.46±0.00 ^a	0.30±0.01 ^b	0.14±0.01 ^c	0.09±0.01 ^c
茶黄素总量	0.16±0.01 ^a	0.08±0.00 ^b	0.05±0.01 ^c	0.06±0.00 ^c
TSA	0.09±0.00 ^a	0.05±0.00 ^b	0.03±0.00 ^c	0.02±0.00 ^c
茶红素	2.64±0.11 ^b	3.41±0.12 ^a	1.28±0.24 ^d	2.08±0.10 ^c
茶褐素	5.21±0.12 ^c	6.02±0.13 ^b	7.17±0.16 ^a	6.81±0.07 ^a
可溶性糖	3.31±0.00 ^b	2.76±0.03 ^c	3.63±0.03 ^a	3.06±0.09 ^b
茶多糖	0.45±0.03 ^b	0.93±0.05 ^a	0.89±0.00 ^a	1.00±0.03 ^a
水浸出物	33.99±0.84 ^a	31.23±0.53 ^b	28.62±0.21 ^c	28.29±0.04 ^c
氨基酸	1.98±0.04 ^a	1.55±0.01 ^b	1.23±0.04 ^c	0.93±0.02 ^d
咖啡碱	3.09±0.01 ^a	3.04±0.07 ^a	2.52±0.05 ^b	2.62±0.00 ^b

注: 不同小写字母表示组间存在显著性差异, $P < 0.05$; 表没食子儿茶素没食子酸酯(epigallocatechin gallate, EGCG); 表儿茶素没食子酸酯(epicatechin gallate, ECG)。

2.3.2 儿茶素

儿茶素是茶多酚的主体成分, 在茶叶加工过程中参与重要反应, 也是茶叶主要的苦涩味成分之一, 决定茶叶品质变化的关键因素。白茶贮藏过程中, 儿茶素含量呈下降趋势, 且白茶中的儿茶素组分以 EGCG 和 ECG 为主^[21-22]。不同年份的寿眉及金花白茶的儿茶素含量如表 2 所示。经过发花处理, 金花白茶的儿茶素含量显著降低, 与前人的研究规律相似^[12], 其中 EGCG 含量下降幅度分别为 79.17% 和 70.00%, ECG 含量下降幅度分别为 69.57% 和 70.00%, 2 种原料发花制成金花白茶的 EGCG 和 ECG 含量无显著差异, 与茶多酚的规律相似, 结合薄佳慧等^[20]的研究, 金花白茶发花过程中几种主要儿茶素含量在发花 4~8 d 后无显著变化, 推测经过发花处理儿茶素含量也是先快速下降, 然后达到一个稳定值。此外, 贮藏时间对寿眉中儿茶

素含量也有影响, 寿眉 2 的 EGCG 含量仅有 0.40%、ECG 含量 0.30%, 均显著低于寿眉 1, 儿茶素含量的降低可能是金花白茶和贮藏多年白茶苦涩味降低的重要原因。总的来看, 经过发花处理白茶的儿茶素含量显著降低, 不同儿茶素含量的寿眉原料可能对发花后金花白茶的儿茶素含量影响不大。

2.3.3 茶黄素和聚酯型儿茶素

茶黄素和聚酯型儿茶素是儿茶素氧化的两类主要二聚物, 不同的儿茶素组合分别发生苯骈化和歧化途径形成两类化合物。白茶加工和贮藏过程中也会形成少量茶黄素组分, 主要是茶黄素(theaflavin, TF)、茶黄素单没食子酸酯(theaflavin-3-gallate, TF3G 和 theaflavin-3'-gallate, TF3'G) 和茶黄素双没食子酸酯(theaflavins-3,3'-digallate, TFDG) 4 种, 但茶黄素组分不稳定, 可氧化形成更高聚合度的产物, 如茶红素和茶褐素。聚酯型儿茶素是近几年新发现的儿茶素二聚物, 聚酯型儿茶素和儿茶素基团相似, 茶叶中的聚酯型儿茶素以 TSA 为主, TSA 是由 2 个 EGCG 分子氧化聚合形成, 也具有不稳定性, 和茶黄素一样易发生氧化聚合反应, TSA 具有较好的降低胆固醇和减肥效果^[23-24], 目前, 白茶中 TSA 含量尚未见报道。不同年份的寿眉及金花白茶的茶黄素和 TSA 含量如表 2 所示。经过发花处理, 金花白茶的茶黄素和 TSA 含量显著降低, 其中 2 个年份金花白茶的茶黄素降幅为 68.75% 和 25.00%, TSA 降幅分别为 66.67% 和 60.00%, TSA 降幅比茶黄素略大, 2 种原料发花制成金花白茶的茶黄素和 TSA 含量无显著差异。此外, 贮藏时间对寿眉中茶黄素和 TSA 含量也有影响, 寿眉 2 的茶黄素和 TSA 含量显著低于寿眉 1。总的来看, 茶黄素和 TSA 表现出了与茶多酚、儿茶素相似的规律, 经过发花处理白茶含量显著降低, 不同茶黄素和 TSA 含量的寿眉原料可能对发花后金花白茶影响不大。

2.3.4 茶红素和茶褐素

茶红素和茶褐素是儿茶素氧化的高聚物, 其中茶褐素的聚合度更高, 茶红素和茶褐素在氧化程度高的茶类中含量更高, 如红茶和黑茶, 白茶中的茶红素和茶褐素研究尚浅, 少量研究显示白茶加工过程中茶红素和茶褐素含量增加, 贮藏过程中茶红素含量降低, 茶褐素含量升高^[25-26]。

白茶中茶红素和茶褐素对白茶品质尤为重要,是干茶外形、汤色、滋味及叶底品质随年份变化的重要因素。不同年份寿眉和金花白茶的茶红素和茶褐素含量如表 2 所示。经过发花处理,白茶的茶红素含量下降,茶褐素含量升高。可能由于发花和贮藏处理中酚类物质氧化进程不同,寿眉发花和贮藏对茶红素和茶褐素的影响效果略有差异,寿眉 2 比寿眉 1 的茶红素和茶褐素含量高,而发花处理茶红素呈下降趋势,推测可能是发花过程茶红素继续氧化进程加快,导致含量下降,而更程度的氧化聚合物茶褐素含量升高幅度较大,2 个金花白茶的茶褐素没有出现显著的差异。综合来看,寿眉经过发花处理,茶多酚、儿茶素、茶黄素、TSA 和茶红素逐渐发生氧化聚合,含量均呈现下降趋势,最终形成高聚物茶褐素,金花白茶的儿茶素及其氧化产物中只有茶红素表现出显著差异,推测茶红素可能是 2 个金花白茶茶汤色差值出现差异的重要原因。

2.3.5 茶多糖和可溶性糖

可溶性糖是茶叶中主要的甜味物质,参与形成茶汤的浓厚度,并与香气的形成也有关系,是影响白茶的一种重要香气和滋味成分。有研究表明,白牡丹存放 4 年后可溶性总糖下降,但降幅不明显,存放 20 年的老白茶中可溶性糖含量出现显著降低^[7]。由表 2 可知,随着存放时间延长,存放 8 年的寿眉中可溶性糖含量显著下降。经过发花处理,金花白茶的可溶性糖含量高于寿眉,比寿眉提高了 10% 左右。薄佳慧等^[20]的研究显示,金花白茶加工过程中可溶性糖含量下降,与本研究结果不一致,这可能是由于白茶发花程度不同。伏砖茶加工研究表明,冠突散囊菌发花期间会产生纤维素酶和果胶酶,促进粗纤维物质转化形成小分子糖类^[27],导致寿眉发花过程中可溶性糖含量会升高,同时,微生物繁衍又需要可溶性糖作为碳源,因此,不同发花程度的金花白茶可溶性糖含量存在差异。

茶多糖是一类茶叶中糖类和蛋白结合的酸性多糖和糖蛋白,是茶叶中的重要活性成分,具有较好的降血糖、降血脂和免疫调节作用^[28]。不同年份和发花工艺的白茶中茶多糖含量变化如表 2 所示,寿眉 2 的茶多糖含量高于寿眉 1,可能是由于茶叶存放过程中小分子糖类与蛋白质络合的结果。经过发花处理,金花白茶的茶多糖也有提升,两个金花白茶茶多糖含量无显著差异。可见,接种冠突散囊菌不仅有利于纤维素等大分子化合物转化为小分子糖类,也有利于小分子糖与蛋白质结合形成茶多糖。

2.3.6 水浸出物

水浸出物是评判茶叶的水溶性物质和茶叶品质的综合指标,鲜叶加工六大茶类过程中,黄茶水浸出物略有下降,其次是乌龙茶和白茶,下降幅度较大,红茶氧化程度最高,加工过程中水浸出物含量降幅最大^[29],此外,茯砖茶发花过程中水浸出物含量也会降低,可见茶叶的氧化程度,尤

其是茶多酚类的氧化程度与水浸出物含量呈现出一定的相关性。不同年份寿眉和金花白茶的水浸出物含量如表 2 所示,金花白茶的水浸出物含量比寿眉显著下降,与茯砖茶发花过程的结果相似,可能是儿茶素类的氧化聚合反应导致水浸出物含量下降。不同年份比较,寿眉 2 的水浸出物含量低于寿眉 1,2 个金花白茶的水浸出物含量无显著差异,与茶多酚、儿茶素、茶黄素和 TSA 含量呈现相似的规律。总的来看,经过发花处理白茶的水浸出物含量显著降低,不同水浸出物含量的寿眉原料可能对发花后金花白茶的水浸出物含量影响不大。

2.3.7 其他成分

氨基酸和咖啡碱也是茶叶中重要的化合物,这两类化合物相对较稳定,六大茶类加工过程中变化幅度较小,氨基酸和咖啡碱分别是茶叶中重要的鲜味和苦味物质,且随着嫩度降低两类化合物含量下降,寿眉中氨基酸和咖啡碱含量比普通绿茶、红茶,以及高等级的白茶低。不同年份和发花工艺的白茶中氨基酸和咖啡碱含量如表 2 示,金花白茶的氨基酸和咖啡碱显著低于寿眉,可能是冠突散囊菌以氨基酸为氮源的营养物质导致其含量下降,且金花白茶 2 的氨基酸含量显著低于金花白茶 1,表明发花过程中氨基酸含量呈现下降趋势,继续发花处理可能含量仍会降低,杨益欢等^[30]的研究表明,氨基酸含量具有不同的 2 个莓茶,经过发花处理后仍存在显著差异,与本研究结果一致。贮藏时间对寿眉的咖啡碱含量无显著影响,但随着贮藏时间延长,寿眉中的氨基酸含量降低。总的来看,经过发花处理白茶的水浸出物含量显著降低,与茶多酚等的趋势不同,不同氨基酸含量的寿眉原料可能会影响发花后金花白茶的氨基酸含量。

3 结 论

分析不同年份寿眉原料和发花制成金花白茶的感官品质和化学成分,发现与寿眉相比,金花白茶的外形颜色、汤色和叶底颜色逐渐加深,与色差测定结果一致,不同年份的原料对金花白茶汤色有较大影响。寿眉在贮藏和发花处理后,茶叶中的儿茶素逐渐氧化形成茶黄素和 TSA,再继续氧化形成茶红素和茶褐素,导致茶多酚、儿茶素、茶黄素、茶红素等多酚类及其低聚氧化产物含量均下降,茶褐素含量升高,且推测寿眉发花过程中茶多酚、儿茶素、茶黄素和 TSA 快速氧化达到相对平衡点,茶红素则需要更长的发花时间才能使含量稳定。除此之外,发花处理使氨基酸、水浸出物、咖啡碱含量下降,在冠突散囊菌的作用下,促进纤维素酶和果胶酶活性提高^[20],增加了可溶性糖和茶多糖含量。以上成分的综合导致发花后茶叶苦涩味降低,结合金花菌的作用,菌花香和陈醇滋味口感,以及回甘增强,形成了全新的金花白茶风味品质。

本研究探究了经过发花处理的寿眉主要活性成分的变化情况, 并分析了不同年份原料带来的品质、色差值和主要活性成分的差异, 提出了在金花白茶加工中儿茶素氧化进程的结论, 为后续金花白茶的品质提升及标准化生产提供理论依据。经分析发现, 经过发花作用, 金花白茶的茶褐素、茶多糖和可溶性糖含量有所提高, 而茶褐素、茶多糖等高聚物分子量大、结构复杂, 又是大量化合物的混合物, 影响金花白茶品质的特征成分鉴定还有待进一步研究。此外, 发花程度对可溶性糖含量的影响, 也是决定金花白茶风味的重要因素, 发花方式和程度对可溶性糖的影响机制, 及其与品质的相关性有待深入探索。

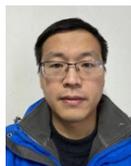
参考文献

- [1] 戴伟东, 谢东超, 林智. 白茶功能性成分及保健功效研究进展[J]. 中国茶叶, 2021, 43(4): 1-8.
DAI WD, XIE DC, LIN Z. Research progress of white tea's functional ingredients and health benefits [J]. China Tea, 2021, 43(4): 1-8.
- [2] 欧阳明秋, 傅海峰, 朱晨, 等. 白茶保健功效研究进展[J]. 亚热带农业研究, 2019, 15(1): 66-72.
OUYANG MQ, FU HF, ZHU C, *et al.* Research progress on health effects of white tea [J]. Subtropical Agric Res, 2019, 15(1): 66-72.
- [3] 胡金祥. 白茶理化成分的分析与花色苷的结构鉴定[D]. 杭州: 浙江大学, 2020.
HU JX. Analysis of physical and chemical components of white tea and structural identification of anthocyanin [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2020.
- [4] 吴婷, 邓秀娟, 李沅达, 等. 云茶香 1 号不同萎凋工艺白茶的化学品质研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(24): 9530-9538.
WU T, DENG XJ, LI YD, *et al.* Study on the chemical quality of white tea with different withering processes of *Camellia sinensis* vs Yunchaxiang 1 [J]. J Food Saf Qual, 2021, 12(24): 9530-9538.
- [5] 黄彪, 刘文静, 吴建鸿, 等. 福鼎大白茶树鲜叶不同茶制品活性成分比较[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(8): 3219-3223.
HUANG B, LIU WJ, WU JH, *et al.* Comparison of active components of different tea products from fresh leaves of *Camellia sinensis* Fuding Dabai [J]. J Food Saf Qual, 2021, 12(8): 3219-3223.
- [6] 丁玘. 不同等级和储藏时间白茶主要化学品质成分分析[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2016.
DING D. Analysis on components of white tea with different grades and storage times [D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2016.
- [7] 周琼琼, 孙威江, 叶艳, 等. 不同年份白茶的主要生化成分分析[J]. 食品工业科技, 2014, 35(9): 351-354.
ZHOU QQ, SUN WJ, YE Y, *et al.* Study on the main biochemical components of white tea stored at different years [J]. Sci Technol Food Ind, 2014, 35(9): 351-354.
- [8] KRMZKAYA G, KARAKAYA M, BABAOLU AS, *et al.* Black, green, and white tea infusions and powder forms improve oxidative stability of minced beef throughout refrigerated storage [J]. J Food Process Pres, 2021, 45(4): 1-8.
- [9] 刘琳燕. 贮藏白茶的品质特性与清除自由基能力的研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2015.
LIU LY. Studies on the quality and free radical scavenging activities of storage of white tea [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2015.
- [10] 王磊, 谭国慧, 潘清灵, 等. 黑茶砖茶中两种产生“金花”的曲霉菌[J]. 菌物学报, 2015, 34(2): 186-195.
WANG L, TAN GH, PAN QL, *et al.* Two species of *Aspergillus* forming yellow cleistothecia popularly known as “golden flower” in dark brick tea of China [J]. Mycosystema, 2015, 34(2): 186-195.
- [11] 杨瑞娟, 王桥美, 彭文书, 等. 8 种市售“金花”茶中微生物的分离鉴定[J]. 热带农业科学, 2019, 39(10): 8.
YANG RJ, WANG QM, PENG WS, *et al.* Isolation and identification of microorganisms in the samples of eight products of tea “golden flower” in the market [J]. Chin J Trop Agric, 2019, 39(10): 8.
- [12] 刘菲, 孙威江, 黄艳, 等. 人工接种冠突散囊菌对白茶主要呈味物质的影响[J]. 菌物学报, 2016, 35(8): 975-983.
LIU F, SUN WJ, HUANG Y, *et al.* Changes of taste components during white tea fermentation by means of inoculation of *Eurotium cristatum* [J]. Mycosystema, 2016, 35(8): 975-983.
- [13] 刘菲, 薛志慧, 叶倩林, 等. “金花”对白茶风味品质的影响研究[J]. 茶叶科学, 2016, 36(3): 301-311.
LIU F, XUE ZH, YE QL, *et al.* Study on effect of fungal-fermentation process on flavor quality in white tea [J]. Tea Sci, 2016, 36(3): 301-311.
- [14] ROBERTS EA, SMITH RF. Spectrophotometric measurements of theaflavins and thearubigins in black tea liquors in assessments of quality in teas [J]. Analyst, 1961, 86(10): 94-98.
- [15] 钟萝. 茶叶品质理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1989.
ZHONG L. Physical and chemical analysis of tea quality [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1989.
- [16] 严晨晨. 黄大茶多糖体外降脂活性研究[D]. 合肥: 安徽大学, 2021.
YAN CC. Lipid-lowering activity of polysaccharides from large yellow tea *in vitro* [D]. Hefei: Anhui University, 2021.
- [17] 张媛媛, 张彬. 苯酚-硫酸法与蒽酮-硫酸法测定绿茶茶多糖的比较研究[J]. 食品科学, 2016, 37(4): 158-163.
ZHANG YY, ZHANG B. Comparison of phenol-sulfuric acid and anthrone-sulfuric methods for determination of polysaccharide in green tea [J]. Food Sci, 2016, 37(4): 158-163.
- [18] 薛金金, 江和源, 龙丹, 等. HPLC 法同时测定茶叶中聚酯型儿茶素和茶黄素[J]. 中国食品学报, 2014, 14(5): 237-243.
XUE JJ, JIANG HY, LONG D, *et al.* Simultaneous multiresidue determination of theasinensins and theaflavins in tea using high performance liquid chromatography [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2014, 14(5): 237-243.
- [19] 何红霞. “散茶发花”工艺微生物类群及其对茶叶品质形成影响的研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2012.
HE HX. Study on the microbial populations and their effect on the formation of tea quality in the process of “Fungi growing on loose tea” [D].

- Changsha: Agricultural University of Hunan, 2012.
- [20] 薄佳慧, 宫连瑾, 叶兴妹, 等. 金花白茶加工过程中主要滋味物质的动态变化[J]. 现代食品科技, 2022, 38(1): 306–314.
BO JH, GONG LJ, YE XM, *et al.* Dynamic changes of main quality components in Jinhua white tea processing [J]. Mod Food Sci Technol, 2022, 38(1): 306–314.
- [21] 傅海峰. 陈年白茶压饼与贮藏研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2019.
FU HF. Study on pressing cake and storage of old shoumei [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2019.
- [22] 彭影琦, 龙军, 林玲, 等. 相同加工原料下六大茶类抑菌效果比较[J]. 食品与机械, 2017, 33(7): 47–50.
PENG YQ, LONG J, LIN L, *et al.* Comparison on anti-microbial activities of six kinds of teas processed by the same raw materials [J]. Food Mach, 2017, 33(7): 47–50.
- [23] 施莉婷, 江和源, 张建勇, 等. 茶叶中聚酯型儿茶素酶促合成机制和生物学活性研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(2): 223–228.
SHI LT, JIANG HY, ZHANG JY, *et al.* Review on enzymatic synthesis mechanism and functional activity of theasinensins [J]. J Food Saf Qual, 2018, 9(2): 223–228.
- [24] WEERAWATANAKORN M, HUNG WL, PAN MH, *et al.* Chemistry and health beneficial effects of oolong tea and theasinensins [J]. Food Sci Hum Well, 2015, 4(4): 133–146.
- [25] 黄贇. 福建白茶化学成分与感官品质研究初报[D]. 福州: 福建农林大学, 2013.
HUANG Y. Studies on chemical components and sensory qualities of Fujian white teas [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2013.
- [26] 张云天, 姚晓玲, 鲁江, 等. 黑茶茶褐素的研究现状及进展[J]. 食品工业科技, 2017, 38(11): 395–399.
ZHANG YT, YAO XL, LU J, *et al.* Current research status and progress of the theabrownine in dark tea [J]. Food Ind Sci Technol, 2017, 38(11): 395–399.
- [27] 陈桂梅. 茯砖茶加工中的酶学研究简述[J]. 茶叶通讯, 2012, 39(2): 33–36.
CHEN GM. Review on enzyme study in the processing of Fuzhuan tea [J]. Tea Commun, 2012, 39(2): 33–36.
- [28] 刘仲华, 黄建安, 龚雨顺, 等. 茶叶功能成分的健康作用研究新进展[J]. 中国茶叶, 2021, 43(9): 1–11.
LIU ZH, HUANG JAN, GONG YS, *et al.* New progress in health benefits of functional components of tea [J]. China Tea, 2021, 43(9): 1–11.
- [29] 孙世利, 郭芸彤, 陈海强, 等. 英红九号六大茶类生化成分分析及体外活性评价[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(9): 159–165.
SUN SL, GUO YT, CHEN HQ, *et al.* Analysis of biochemical components and evaluation of the *in vitro* activity of six categories of tea made of Yinghong NO.9 [J]. Food Res Dev, 2018, 39(9): 159–165.
- [30] 杨益欢, 禹利君, 贺军辉, 等. “发花”对不同等级莓茶风味品质的影响[J]. 食品工业科技, 2022, 43(17): 87–94.
YANG YH, YU LJ, HE JH, *et al.* Effect of fungal-fermentation process on flavor quality in different grades vine tea [J]. Food Ind Sci Technol, 2022, 43(17): 87–94.

(责任编辑: 郑丽 张晓寒)

作者简介



王伟伟, 硕士, 主要研究方向为茶叶加工与质量控制。
E-mail: wangwei11211@tricaas.com



江和源, 博士, 研究员, 主要研究方向为茶叶化学与加工。
E-mail: jianghy@tricaas.com