

冠突散囊菌对发花黑毛茶品质呈味成分的影响

刘武嫦, 仇云龙, 黄建安, 禹利君*, 刘仲华*

(湖南农业大学园艺园林学院茶学系, 茶学教育部重点实验室, 长沙 410128)

摘要: **目的** 探索湖南农业大学长安教学基地湘妃翠、碧香早和茗丰3个品种制成的黑毛茶经冠突散囊菌发花后其呈味品质成分的差异变化, 对黑毛茶进行冠突散囊菌发花优化实验。 **方法** 采用国标检测方法对发花前黑毛茶及发花后成品茶其水浸出物、茶多酚、游离氨基酸、可溶性糖等呈味成分进行分析, 对所测数据进行组间和组内方差分析。 **结果** 湘妃翠经发花后其水浸出物、茶多酚、游离氨基酸和生物碱在发花成品茶中下降幅度最大; 碧香早经发花后其成品茶中茶多酚、游离氨基酸与其原料茶相比显著下降; 茗丰经发花后其茶多酚、氨基酸和生物碱与其原料茶相比显著下降, 而可溶性多糖显著增加。 **结论** 在三个发花成品茶中, 以湘妃翠化学品质表现最为突出, 湘妃翠较碧香早、茗丰更适制发花黑茶, 其次为茗丰。

关键词: 冠突散囊菌; 黑毛茶; 发花成品茶; 品质呈味成分

Studies on *Eurotium cristatum* fungus growing affects quality tasting ingredients of primary dark tea

LIU Wu-Chang, QIU Yun-Long, HUANG Jian-An, YU Li-Jun*, LIU Zhong-Hua*

(Key Laboratory of Tea Science of Ministry of Education, Tea Science Department, College of Horticulture and Landscape, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

ABSTRACT: Objective To explore the changes of quality tasting ingredients of different tea of primary dark tea fermented by *Eurotium cristatum* fungus, using Xiangfeicui, Bixiangzao and Mingfeng as 3 kinds of tea cultivars primary dark tea as raw materials for *Eurotium cristatum* fungus growing by the best optimization fermentation conditions. **Methods** The content of water extract, tea polyphenols, free amino acids, soluble sugar and others tasting compositions of each kinds of primary dark tea and their fermented end-products were detected by the national standard test methods, then their inter- and intra-groups variances were analyzed by ANOVA. **Results** The content of water extract, tea polyphenols, free amino acids and alkaloid in Xiangfeicui primary dark tea had the most notable transformation and declined in its fermented end-products comparing with the primary dark tea. The content of tea polyphenols, free amino acids in Bixiangzao fermented end-products had a significant declined compared with its primary dark tea. The content of tea polyphenols, free amino acids and alkaloid in Mingfeng fermented end-products had a significant declined compared with its primary dark tea, while the soluble sugar had a significant increased. **Conclusion** The most outstanding

基金项目: 湖南省教育厅重点科学基金项目(12A069)

Fund: Supported by Key Scientific Research Project of the Education Department of Hunan Province (12A069)

*通讯作者: 禹利君, 教授, 主要研究方向为茶及其关键功能成分的应用开发利用。E-mail: yulijun_tea@qq.com

刘仲华, 教授, 主要研究方向为茶与天然产物功能成分的应用开发利用。E-mail: Larkin-liu@163.com

*Corresponding author: YU Li-Jun, Professor, Key Lab of Tea Science of Ministry of Education, Tea Science Department, College of Horticulture and Landscape, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China. E-mail: yulijun_tea@qq.com

LIU Zhong-Hua, Professor, Key Lab of Tea Science of Ministry of Education, Tea Science Department, College of Horticulture and Landscape, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China. E-mail: Larkin-liu@163.com

chemical qualities in fermented end-products were using Xiangfeicui cultivar primary dark tea as material for *Eurotium cristatum* fermentation in these 3 tea cultivars. Xiangfeicui cultivar is the best choice for primary dark tea fermentation, and Mingfeng cultivar has better quality for fermentation by *Eurotium cristatum* and obtains good quality fermented end-products.

KEY WORDS: *Eurotium cristatum*; primary dark tea; fermented end-products; quality tasting ingredients

1 引言

冠突散囊菌是黑茶发花中的优势菌种, 对黑茶品质形成起关键作用^[1,2]。冠突散囊菌可以改进茶叶风味, 提高发花黑茶质量^[3]。近年来, 流行病学及相关实验证明发花黑茶具有降血脂^[4]、抗氧化^[5,6]、抗菌^[7]、降血糖^[8,9]、抗肿瘤^[10,11]、调节胃肠运动^[12,13]、提高免疫力^[14]、减肥^[15-18]等功效。

黑茶初加工所需原料较为粗老, 一般在立夏前采摘 1 芽 4、5 叶新梢制成, 叶大梗粗, 制成的毛茶香味纯而不涩, 汤色橙黄。相关科学研究表明, 不同茶叶品种内含成分含量有差异, 而茶叶的内含成分在其品质形成中扮演着重要的角色。湘妃翠、碧香早、茗丰为湖南广为种植的茶树品种, 其中湘妃翠茶多酚、氨基酸含量较高, 酚氨比低, 主要适制绿茶^[19]; 碧香早春季氨基酸含量高于夏季, 茶多酚含量低于夏季, 具有春制优质绿茶、夏制红茶的生化基础^[20]; 茗丰水浸出物和茶多酚春季低于夏季, 氨基酸春季高于夏季, 是一种红绿兼制的茶树品种^[21]。但是具体哪种茶树品种原料适制发花黑茶, 还未形成一致意见。为此, 本研究以湖南农业大学长安教学实习基地大量栽种的湘妃翠、碧香早、茗丰的鲜叶为黑毛茶加工原料, 利用本实验室优化运行的黑毛茶散茶发花技术, 比较各品种黑毛茶经发花后呈味品质成分的变化, 为后期运用不同品种黑毛茶原料进行发花生产茯砖茶等功能产品提供理论指导。

2 材料与方法

2.1 供试材料

2014 年 4 月中下旬采用湖南农业大学长安教学基地茶树品种湘妃翠、碧香早、茗丰一芽四、五叶或同等嫩度的对夹叶作为供试材料。

2.2 工艺处理

湘妃翠、碧香早、茗丰按黑毛茶加工标准采收, 以洒水灌浆方式进行传统黑毛茶加工; 以本实验室

优化运行的冠突散囊菌散茶发花技术对 3 个品种的原料茶进行发花, 得发花后的成品茶。

2.3 检测方法

水浸出物含量测定采用 GB 8305-1987 法^[22]; 茶多酚总量测定采用 GB/T 8313-1987 法^[23]; 游离氨基酸含量测定采用 GB 8314-1987 法^[24]; 可溶性多糖组分及含量按照参考文献的方法测定^[25]、儿茶素组分及含量采用高效液相色谱法 (high performance liquid chromatography, HPLC)^[26]分析。

2.4 数据分析

应用 IBM SPSS Statistics 19.0 软件进行方差分析, 各组间采用最小显著差数法(LSD 法)分析; 每组设置 3 个平行, 2 次重复。统计学数据用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示, 多个样本均数比较应用单因素方差分析。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

3 结果与分析

3.1 各原料茶和成品茶的感官评价结果

由表 1 可知, 与原料茶相比, 湘妃翠、碧香早、茗丰发花后的成品茶, 汤色橙黄明亮, 滋味醇和, 菌花香浓郁。从感官审评结果分析, 冠突散囊菌在一定程度上可以改善原料茶口感, 提高成品茶品质。

表 1 各原料茶和成品茶感官审评结果
Table 1 Sensory evaluation results for each raw tea and end-products of tea

茶样	香气	汤色	滋味
1	纯正	橙黄较明亮	纯和
2	菌花香浓郁	橙黄明亮	醇和
3	纯正	橙黄	纯正
4	浓郁菌较花香	橙黄较明亮	醇厚
5	纯正	橙黄	纯正
6	菌花香较浓郁	橙黄明亮	醇厚

注: 1: 湘妃翠原料茶; 2: 湘妃翠成品茶; 3: 碧香早原料茶; 4: 碧香早成品茶; 5: 茗丰原料茶; 6: 茗丰成品茶。以下同。

3.2 各原料茶和成品茶主要生化成分含量

3.2.1 水浸出物

水浸出物是指茶叶中可溶性物质,主要包括多酚类、色素、氨基酸、嘌呤碱、糖类等化学成分。比较各原料茶和成品茶水浸出物的变化,由图1可知,与原料茶相比,成品茶水浸出物含量总体上均呈现下降趋势,湘妃翠由(34.0±0.75)%降至(29.82±2.62)%;碧香早由(30.0±1.50)%降至(28.5±0.51)%;茗丰由(34.8±1.57)%降至(32.7±0.36)%。原料茶3个品种的水浸出物含量以茗丰最高,碧香早最低;而发花成品茶中,以茗丰最高,碧香早最低。与原料茶相比,湘妃翠、碧香早、茗丰3个品种发花成品茶水浸出物分别下降了4.2%、1.5%、2.1%,其中以湘妃翠下降得最为明显,相对下降幅度达13.0%,具有统计学差异($P<0.05$),碧香早下降得最少,相对下降幅度是6%。黑毛茶在发花过程中,水浸出物的减少可能是冠突散囊菌的生长消耗了一定量的水溶性内含物,湘妃翠下降最多主要源于其较碧香早、茗丰的冠突散囊菌生长量大。

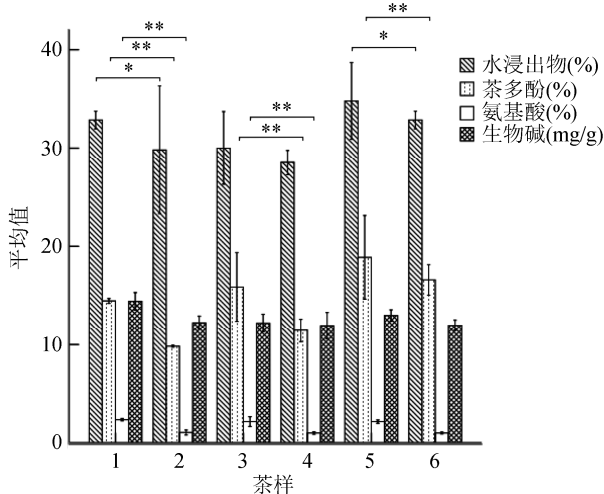


图1 各原料茶和成品茶主要生化成分含量变化

Fig. 1 Effects on the content of major biochemical components in each raw tea and end-products of tea
注: 同表1

3.2.2 茶多酚

比较各原料茶和成品茶茶多酚含量的变化,由图1可知,与原料茶相比,成品茶中茶多酚含量总体上均呈现下降趋势,湘妃翠由(14.5±0.10)%降至(9.84±0.04)%;碧香早由(15.9±1.40)%降至

(11.47±0.47)%;茗丰由(18.90±1.70)%降至(16.62±0.62)%。原料茶3个品种的茶多酚含量以茗丰最高,湘妃翠最低;而发花成品茶中,以茗丰最高,湘妃翠最低。与黑毛茶相比,湘妃翠、碧香早、茗丰3个品种发花成品茶茶多酚分别下降了4.7%、4.4%、2.3%,数据都具有显著性差异($P<0.05$),其中以湘妃翠下降得最为明显,相对下降幅度是33.5%($P<0.05$);茗丰下降得最少,相对下降幅度是13.1%($P<0.05$),说明发花处理可使黑毛茶中茶多酚含量降低,在发花过程中,茶多酚转化成茶黄素、茶褐素等呈色物质,在感官审评的滋味评分中,发花后的黑毛茶涩味降低,滋味更加醇和,汤色橙黄明亮。

3.2.3 游离氨基酸

比较各原料茶和成品茶游离氨基酸含量的变化,由图1可知,与原料茶相比,成品茶水游离氨基酸含量总体上均呈现下降趋势,湘妃翠由(2.40±0.05)%降至(1.10±0.10)%;碧香早由(2.20±0.20)%降至(1.05±0.05)%;茗丰由(2.20±0.07)%降至(1.05±0.04)%。湘妃翠、碧香早、茗丰3个品种原料茶的游离氨基酸含量以湘妃翠最高,茗丰最低;而在发花成品茶中,以湘妃翠最高,茗丰最低。与原料茶相比,湘妃翠、碧香早、茗丰3个品种发花成品茶中游离氨基酸含量分别下降了1.3%、1.1%、1.2%,其中以湘妃翠下降得最为明显,相对下降幅度是54.4%;碧香早下降得最少,相对下降幅度是52.2%,未形成显著性差异($P>0.05$)。综合感官审评结果发现氨基酸含量下降最多的是湘妃翠,与碧香早和茗丰成品茶相比,其菌花香浓郁,茶汤滋味更加醇和,推测其可能因为香妃翠原料更适合冠突散囊菌的生长,而冠突散囊菌在代谢过程中会消耗分解茶叶中大量的氨基酸。

3.2.4 生物碱

比较各原料茶和成品茶可可碱(theobromine)、茶碱(theophylline)、咖啡碱(caffeine)3种生物碱含量变化,由表2可知,与原料茶相比,成品茶中生物碱含量总体上均呈现下降趋势,湘妃翠由(14.46±0.36)mg/g下降至(12.27±0.27)mg/g;碧香早由(12.23±0.37)mg/g下降至(11.97±0.55)mg/g;茗丰由(13.02±0.23)mg/g下降至(12.00±0.22)mg/g。湘妃翠、碧香早、茗丰3个品种原料茶中的生物碱含量以湘妃翠最高,碧香早最低;而发花成品茶中,以湘妃翠最高,碧香早最低,与原料茶相比,湘妃翠、碧香早、茗丰3个品种发花成品茶生物碱含量分别下降了2.19、0.26、

表 2 各原料茶和成品茶儿茶素组分含量变化
Table 2 Effects on the content of catechin ingredients in each raw tea and end-products of tea

样品	EGC (mg/g)	DL-C (mg/g)	EC (mg/g)	EGCG (mg/g)	GCG (mg/g)	ECG (mg/g)	可可碱 (mg/g)	茶碱 (mg/g)	咖啡碱 (mg/g)	没食子酸 (mg/g)
1	24.69±1.04	1.02±0.01	7.39±0.14	34.05±0.70	13.67±0.60	2.05±0.03	1.05±0.03	0.19±0.02	13.22±0.33	1.77±0.06
2	14.29±0.28	2.39±0.09	5.27±0.53	2.61±0.14	1.46±0.20	6.60±0.07	0.98±0.07	0.05±0.01	11.24±0.31	6.02±0.03
3	17.67±0.85	0.60±0.08	5.13±0.38	24.98±1.19	6.42±0.12	3.37±0.74	0.94±0.04	0.12±0.01	11.18±0.33	1.97±0.18
4	4.68±0.15	3.43±0.12	2.97±0.06	4.47±0.46	5.33±0.32	2.54±0.31	0.96±0.22	0.06±0.01	10.95±0.31	3.93±0.07
5	15.11±0.19	0.44±0.02	2.78±0.29	34.0±0.69	16.73±0.74	4.04±0.15	1.26±0.12	0.14±0.17	11.62±0.14	2.13±0.08
6	21.99±1.12	3.77±0.10	5.56±0.32	12.7±0.62	7.76±0.48	6.52±0.29	1.28±0.26	0.05±0.00	10.67±0.11	14.28±0.41

注: 同表 1

1.01 mg/g, 其中湘妃翠和茗丰的生物碱含量变化具显著性差异($P < 0.05$)。与原料茶相比, 成品茶中生物碱含量都呈下降趋势, 其可能原因是加工过程中生物碱与茶叶中的 Mg^{2+} 和 Pb^{2+} 等金属离子发生了络合反应, 生成了不溶于水的化合物, 导致了成品茶生物碱含量的降低。

3.2.5 可溶性糖

比较各原料茶和成品茶果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖四种可溶性糖总量变化, 由图 2 可知, 与原料茶相比, 成品茶水可溶性糖含量总体上均呈现上升趋势, 湘妃翠由(0.96±0.07)% 上升至(1.10±0.13)%; 碧香早由(0.65±0.04)% 上升至(0.79±0.04)%; 茗丰由(0.64±0.04)% 上升至(1.18±0.06)%。湘妃翠、碧香早、茗丰 3 个品种原料茶的可溶性糖总量以湘妃翠最高, 碧香早最低; 而在发花成品茶中, 以茗丰最高, 碧香早最低。与原料茶相比, 湘妃翠、碧香早、茗丰 3 个品种发花成品茶中可溶性糖总量分别上升了 13.0%、13.0%、55.0%, 数据都具有统计学意义($P < 0.05$)。

比较原料茶和成品茶可溶性糖组分含量变化, 由图 2 可知, 原料茶 3 个品种的果糖含量以湘妃翠最高为(0.55±0.04)%, 碧香早最低为(0.06±0)%; 葡萄糖含量以湘妃翠最高为(0.33±0.02)%, 碧香早最低为(0.05±0.01)%; 蔗糖含量以碧香早最高为(0.38±0.02)%, 湘妃翠最低为(0.06±0.01)%; 麦芽糖含量以碧香早最高为(0.30±0.01)%, 茗丰最低为 0%; 而在发花成品茶中, 果糖含量都为 0; 葡萄糖含量以茗丰最高为(0.40±0.04)%, 碧香早最低为(0.23±0.01)%; 蔗糖含量以碧香早最高为(0.09±0)%, 湘妃翠最低为(0.05±0.01)%; 麦芽糖含量以茗丰最高为(0.71±0.005)%, 碧香早最低为(0.33±0.03)%。与原料茶相比, 湘妃翠、碧香早、茗丰发花成品茶的蔗糖和果糖含量是降低的: 蔗糖分别下降了 1.2%、29.0%、4.0%, 其中碧香早、茗丰达显著性差异($P < 0.05$), 碧香早下降最多, 由(0.38±0.02)% 降至(0.09±0)%, 相对下降幅度是 76.3%($P < 0.05$), 湘妃翠下降最少, 由(0.06±0.01)% 降至(0.05±0.01)%, 相对下降幅度 21.3%; 3 个品种的果糖全部被分解, 相对下降幅度为 100%。葡萄糖和麦芽糖含量有所增加: 其中碧香早品种的葡萄糖生成最多, 由(0.05±0.01)% 增加至(0.23±0.01)%, 相对增加幅度是 78.3%($P < 0.05$); 茗丰品种的麦芽糖生成最多, 相对增加幅度是 100%。在发花的过程中, 冠突散囊菌分泌的胞外酶把纤维素分解成麦芽糖, 利用果糖和蔗糖作为碳源, 分解成葡萄糖。

料茶相比, 湘妃翠、碧香早、茗丰发花成品茶的蔗糖和果糖含量是降低的: 蔗糖分别下降了 1.2%、29.0%、4.0%, 其中碧香早、茗丰达显著性差异($P < 0.05$), 碧香早下降最多, 由(0.38±0.02)% 降至(0.09±0)%, 相对下降幅度是 76.3%($P < 0.05$), 湘妃翠下降最少, 由(0.06±0.01)% 降至(0.05±0.01)%, 相对下降幅度 21.3%; 3 个品种的果糖全部被分解, 相对下降幅度为 100%。葡萄糖和麦芽糖含量有所增加: 其中碧香早品种的葡萄糖生成最多, 由(0.05±0.01)% 增加至(0.23±0.01)%, 相对增加幅度是 78.3%($P < 0.05$); 茗丰品种的麦芽糖生成最多, 相对增加幅度是 100%。在发花的过程中, 冠突散囊菌分泌的胞外酶把纤维素分解成麦芽糖, 利用果糖和蔗糖作为碳源, 分解成葡萄糖。

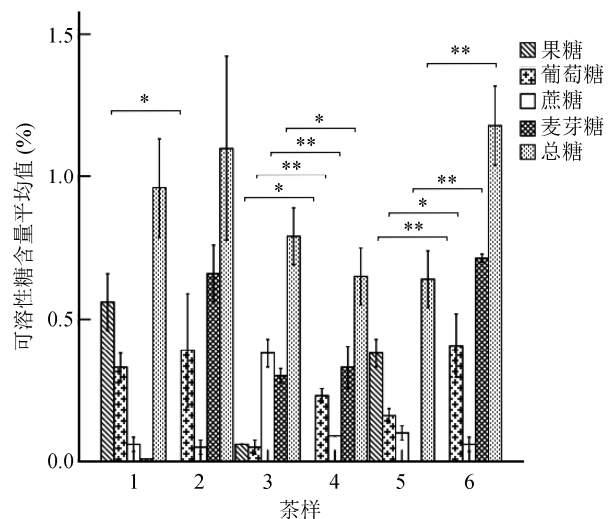


图 2 各原料茶和成品茶可溶性糖含量变化

Fig. 2 Effects on the content of soluble sugar in each raw tea and end-products of tea

注: 同表 1

3.2.6 儿茶素组分

运用 HPLC 方法对所有测试茶样进行儿茶素等组分分析, 可获知各样品 6 种儿茶素组分、没食子酸的含量变化(表 2)。由表 2 可知与原料茶相比, 3 个品种的发花成品茶中酯型儿茶素(ECG 和 EGCG)含量都大量降低, 非酯型儿茶素中, GCG 含量下降而 ECG 含量总体是上升的。由表 2 可知, 与原料茶相比, 3 个发花成品茶 6 种儿茶素组分总量是显著性降低的, 均具有统计学意义($P<0.05$), 其中湘妃翠品种下降幅度最大, 为 60.63%($P<0.05$), 茗丰最小为 20.11%($P<0.05$)。说明在发花过程中, 儿茶素组分发生了转化, 酯型儿茶素转化为非酯型儿茶素, 从感官审评结果体现在发花后茶叶滋味更加醇和、甘甜。

3.2.7 没食子酸

比较各原料茶和成品茶没食子酸含量的变化, 由表 2 知, 与原料茶相比, 成品茶水没食子酸含量总体上均呈现上升趋势, 湘妃翠由(1.77±0.06) mg/g 上升至(6.02±0.03) mg/g; 碧香早由(1.97±0.18) mg/g 上升至(3.93±0.07) mg/g; 茗丰由(2.13±0.08) mg/g 上升至(14.28±0.41) mg/g。3 个品种原料茶没食子酸含量以茗丰最高, 湘妃翠最低; 而在发花成品茶中, 以茗丰最高, 碧香早最低。与原料茶相比, 湘妃翠、碧香早、茗丰发花成品茶中没食子酸含量分别升高了 4.26、1.96、12.15 mg/g, 具有显著性差异($P<0.05$), 其中以茗丰增加最多, 相对增加幅度是 85.08%($P<0.05$); 碧香早增加得最少, 相对增加幅度是 49.87%($P<0.05$)。酯型儿茶素的水解可以导致没食子酸含量的增加, 降低茶汤苦涩味, 进一步说明了发花可以改善茶叶口感。

4 讨论与结论

发花黑毛茶是以冠突散囊菌为主导, 经过一定的温湿度处理, 其内含成分发生一系列复杂变化。黄浩等^[27]研究证明发花中冠突散囊菌会消耗茶叶的营养成分来满足自身生长需求, 多糖、茶多酚、氨基酸等也是冠突散囊菌生长的主要能源物质。但不同的茶树品种, 鲜叶本身的生化成分存在差异^[28, 29], 发花后是否能形成良好的品质, 还未有深入研究。

本研究运用湘妃翠、碧香早、茗丰 3 个茶树品种进行黑毛茶发花前后品质比较, 发现发花成品茶各品种间存在较大差异。与原料茶相比, 湘妃翠成品茶的水浸出物、茶多酚、氨基酸和生物碱等生化成分都

有显著性的降低, 酚氨比由原料茶的 6.04 增加到成品茶的 8.95; 碧香早成品茶中只有茶多酚和氨基酸有显著下降, 酚氨比由原料茶的 7.22 增加到成品茶的 10.92; 茗丰成品茶中茶多酚、氨基酸和生物碱含量都有显著性下降, 酚氨比由原料茶的 8.59 增加到成品茶的 15.83, 可溶性多糖含量也呈显著增加。由此可知, 不同茶树品种经发花后, 各内含成分变化趋势不完全一致, 就湘妃翠、碧香早、茗丰 3 个品种而言: 湘妃翠成品茶的氨基酸、生物碱最高, 分别为(1.10±0.1)%、(12.27±0.27)%, 茗丰成品茶中水浸出物、茶多酚含量和酚氨比最高, 分别为(32.87±0.36)%、(16.62±0.62)%和 15.83%。

综合分析, 发花成品茶化学品质以湘妃翠表现最为突出, 在 3 个发花成品茶中, 湘妃翠较碧香早、茗丰更适制发花黑茶, 其次为茗丰。后续实验中可进一步扩大原料品种筛选范围, 进行黑毛茶散茶发花研究。

参考文献

- [1] Xu A, Wang Y, Wen J, *et al.* Fungal community associated with fermentation and storage of Fuzhuan brick-tea [J]. *Int J Food Microbiol*, 2011, 146(1): 14–22.
- [2] 贾洪信, 刘素纯, 黄建安, 等. 影响散茶发花主要因素探讨[J]. *安徽农业科学*, 2010, 38(14): 7541–7543.
Jia HX, Liu SC, Huang JA, *et al.* Study on main factors affecting fungus growing of loose tea [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2010, 38(14): 7541–7543.
- [3] 刘作易, 秦京. “金花”菌与茯砖茶品质[J]. *贵州农学院学报*, 1991,(01): 79–82.
Liu ZY, Qin J. The quality of “Fungus growing” and Fuzhuan brick-tea [J]. *J Guizhou Agric College*, 1991, (01): 79–82.
- [4] 宋鲁彬, 黄建安, 刘仲华, 等. 中国黑茶对 FXR 及 LXR 核受体的作用[J]. *茶叶科学*, 2009, 29(2): 131–135.
Song LB, Huang JA, Liu ZH, *et al.* Study on the activity of dark tea extracts to FXR and LXR model [J]. *J Tea Sci*, 2009, 29(2): 131–135.
- [5] Cheng Q, Cai S, Ni D, *et al.* In vitro antioxidant and pancreatic alpha-amylase inhibitory activity of isolated fractions from water extract of Qingzhuan tea [J]. *J Food Sci Technol*, 2015, 52(2): 928–935.
- [6] 赵宝权, 邵宛芳, 刘家奇, 等. 六堡茶、黑茶茶粉和普洱(熟茶)茶粉对 Wistar 大鼠调节血脂及抗氧化功能的比较研究[J]. *云南农业大学学报*, 2013, 28(2): 236–241.

- Zhao BQ, Shao WF, Liu JQ, *et al.* Comparative study on effect of fermented Pu-erh tea powder, dark tea powder and Liupu tea on regulation of blood lipid and antioxidant in hyperlipidemia model rats [J]. *J Yunnan Agric Univ*, 2013, 28(2): 236–241.
- [7] Pandey R, Ter Beek A, Vischer NO, *et al.* Quantitative analysis of the effect of specific tea compounds on germination and outgrowth of *Bacillus subtilis* spores at single cell resolution [J]. *Food Microbiol*, 2015, 45(Pt A): 63–70.
- [8] 倪德江, 谢笔钧, 宋春和. 不同茶类多糖对实验型糖尿病小鼠治疗作用的比较研究[J]. *茶叶科学*, 2002, 22(2): 160–163.
- Ni DJ, Xie BJ, Song CH. Comparative studies of tea polysaccharides from different kinds of tea on diabetic mice [J]. *J Tea Sci*, 2002, 22(2): 160–163.
- [9] 叶琼仙, 尹胜, 周盈利, 等. 白叶单枞黑茶降血糖活性成分的高速逆流色谱分离[J]. *食品工业科技*, 2013, 34(6): 85–87, 107.
- Ye QX, Yin S, Zhou YL, *et al.* Separation of bioactive compounds from dark tea prepared from *Camellia sinensis* var. Baiye Dancong using HSCCC target-guided by α -glycosidase inhibitory activity [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2013, 34(6): 85–87, 107.
- [10] 宋鲁彬, 黄建安, 刘仲华, 等. 中国黑茶对消化道肿瘤的作用[J]. *茶叶科学*, 2009, 29(3): 191–195.
- Song LB, Huang JA, Liu ZH, *et al.* Study on the activity of dark tea to gastrointestinal tumor [J]. *J Tea Sci*, 2009, 29(3): 191–195.
- [11] 叶琼仙, 苗爱清, 程悦, 等. 白叶单枞黑茶多酚聚合物的分离分析及其生物活性研究[J]. *食品科学*, 2014, 35(5): 69–74.
- Ye QX, Miao AQ, Cheng Y, *et al.* Extraction, analysis and bioactivity of dark tea polymeric polyphenols prepared from *Camellia sinensis* var. Baiye Dancong [J]. *Sci Technol*, 2014, 35(5): 69–74.
- [12] Song JL, Gao Y. Effects of methanolic extract from Fuzhuan brick-tea on hydrogen peroxide-induced oxidative stress in human intestinal epithelial adenocarcinoma Caco-2 cells [J]. *Mol Med Rep*, 2014, 9(3): 1061–1067.
- [13] Luo ZM, Ling TJ, Li LX, *et al.* A new norisoprenoid and other compounds from Fuzhuan brick tea [J]. *Molecules* (Basel, Switzerland), 2012, 17(3): 3539–3546.
- [14] 刘平, 李宗军, 许爱清. 茯砖茶水提取物对大肠杆菌感染小鼠的免疫调节作用[J]. *湖南农业大学学报(自然科学版)*, 2011, 37(5): 537–539, 566.
- Liu P, Li ZJ, Xu AQ. Immunological effect of water extract from Fuzhuan brick-tea on mice infected with *Escherichia coli* [J]. *J Hunan Agric Univ (Nat Sci Edit)*, 2011, 37(5): 537–539, 566.
- [15] Peng Y, Xiong Z, Li J, *et al.* Water extract of the fungi from Fuzhuan brick tea improves the beneficial function on inhibiting fat deposition [J]. *Int J Food Sci Nutr*, 2014, 65(5): 610–614.
- [16] Li Q, Liu Z, Huang J, *et al.* Anti-obesity and hypolipidemic effects of Fuzhuan brick tea water extract in high-fat diet-induced obese rats [J]. *J Sci Food Agric*, 2013, 93(6): 1310–1316.
- [17] 黄群, 陈林杰, 李彦坡, 等. 冠突散囊菌黑茶发酵液对消化酶活性影响的研究[J]. *微生物学通报*, 2007, 34(5): 917–920.
- Huang Q, Chen LJ, Li YP, *et al.* Study on the effect of dark tea fermentation liquid with *Eurotium cristatum* on the activity of digestive enzyme [J]. *J Microbiol*, 2007, 34(5): 917–920.
- [18] 陈玉琼, 张伟, 程倩, 等. 湖北青砖茶减肥作用研究[J]. *茶叶科学*, 2008, 28(5): 363–369.
- Chen YQ, Zhang W, Cheng Q, *et al.* The anti-obesity effects of Hubei Qingzhuang tea on rats [J]. *J Tea Sci*, 2008, 28(5): 363–369.
- [19] 蔡利娅, 周跃斌, 罗理勇, 等. “湘妃翠”鲜叶与成品茶主要品质成分的季节变化[J]. *经济林研究*, 2006, (01): 30–32.
- Cai LY, Zhou YB, Luo LY, *et al.* Changes of quality constituents in Fresh Shoots and made tea of “Xiangfeicui” with the sea. [J]. *Econ Forest Res*, 2006, (01): 30–32.
- [20] 罗意, 李赛君, 谭正初, 等. 早生优质绿茶良种碧香早应用与推广[J]. *中国茶叶*, 2013, (10): 28.
- Luo Y, Li SJ, Tan ZC, *et al.* The early and quality of Bixiangzao for application and promotion [J]. *Chin Tea*, 2013, (10): 28.
- [21] 董丽娟, 贺利雄. 高产红绿兼制茶树品种—茗丰选育研究报告[J]. *茶叶通讯*, 1992, (04): 2–6.
- Dong LJ, He LX. The high yield tea cultivars which was processing suitability red and green tea [J]. *Tea Commun*, 1992, (04): 2–6.
- [22] GB/T8305-1987 茶水浸出物测定[S].
- GB/T8305-1987 Tea-Determination of water extracts content [S].
- [23] GB/T8313-1987 茶多酚总量测定[S].
- GB/T8313-1987 Tea-Determination of free amino acids content [S].
- [24] GB/T8314-1987 游离氨基酸总量测定[S].
- GB/T8314-1987 Tea-Determination of tea polyphenols content [S].
- [25] 袁勇, 黄建安, 李银花, 等. 高效液相色谱-蒸发光散射检测法测定茶叶中单糖和双糖[J]. *茶叶科学*, 2010, (6): 23.
- Yuan Y, Huang JA, Li YH, *et al.* Determination of monosaccharides and disaccharides in tea by high performance liquid chromatography-evaporative light scattering detector [J]. *J Tea Sci*, 2010, (6): 23.
- [26] 王增盛, 董小麟, 朱尚同. 茶儿茶素的高效液相色谱测定方法

- [J]. 茶叶科学, 1991, 11: 93-99.
Wang ZS, Tong XL, Zhu ST. The determination of tea catechinic acid by high performance liquid chromatography [J]. J Tea Sci, 1991, 11: 93-99.
- [27] 黄浩, 黄建安, 李适, 等. 茯茶“散茶发花”加工过程中茶多酚和碳水化合物及冠突散囊菌数量的变化研究[J]. 中国农学通报, 2012, (15): 227-232.
Huang H, Huang JA, Li S, *et al.* Studies on the variation of polyphenol, carbohydrate and the number of *Eurotium cristatum* during the processing of Fu tea with "Fungus growing on the loose tea" [J]. Chin Agric Sci Bulletin, 2012, (15): 227-232.
- [28] 李建梅, 潘玉华. 几个不同茶树品种与坦洋工夫红茶品质[J]. 蚕桑茶叶通讯, 2014,(5): 22-25.
Li JM, Pang YH. A few different varieties of tea and the black tea of Tanyang Kongfu quality [J]. Newsletter Seric Tea, 2014, (5): 22-25.
- [29] 段小凤, 唐茜, 郭雅丹, 等. 中茶 108、中茶 302 和中茶 102 的绿茶适制性及制茶品质[J]. 食品科学, 2014, 35(7): 33-37.
Duan XF, Tang Q, Guo YT, *et al.* Suitability for processing green

tea and quality of tea leaves from Zhongcha 108, 302 and 102 [J]. Food Sci, 2014, 35(7): 33-37.

(责任编辑: 杨翠娜)

作者简介



刘武婵, 在读硕士研究生, 主要研究方向为茶及其关键功能成分的应用开发利用。
E-mail: 1416963182@qq.com



禹利君, 教授, 主要研究方向为茶及其关键功能成分的应用开发利用。
E-mail: yulijun_tea@qq.com



刘仲华, 教授, 主要研究方向为茶与天然产物功能成分的应用开发利用。
E-mail: Larkin-liu@163.com