

# 基于变温发酵技术的黄金茶工夫红茶品质分析

黄浩<sup>1</sup>, 余鹏辉<sup>1,2</sup>, 赵熙<sup>1</sup>, 钟妮<sup>1,2</sup>, 郑红发<sup>1\*</sup>, 肖力争<sup>2,3</sup>

(1. 湖南省农业科学院茶叶研究所, 湖南长沙 410125) (2. 湖南农业大学茶学教育部重点实验室, 国家植物功能成分利用工程技术研究中心, 湖南长沙 410128) (3. 湖南农业大学园艺学院, 湖南长沙 410128)

**摘要:** 该研究以保靖黄金茶1号1芽2叶鲜叶为原料试制工夫红茶, 考察变温发酵(第一阶段40℃ & 第二阶段30℃)对黄金茶工夫红茶品质的影响。结果表明: 变温发酵加工的工夫红茶色泽黑褐尚润, 滋味甜醇、鲜爽, 甜香尚高长, 汤色红亮, 叶底尚红匀; 与恒温发酵相比, 随着发酵程度的加深, 茶汤颜色由红亮向红暗转变更明显, 滋味由甜醇向纯和尚甜方向发展, 叶底逐渐变暗失去光泽(红亮转为红褐), 并随着发酵第一阶段(40℃)占据总体发酵时间延长而表现的更加明显; 与变温发酵相比, 40℃、3h恒温发酵后的氨基酸、茶多酚含量下降最多, 与(30℃, 4h)处理中茶多酚、氨基酸、可溶性糖等的变化趋势则基本一致, 而变温发酵处理后茶黄素的最终含量(0.39%)均高于30℃、40℃恒温发酵处理; 基于感官审评结果与各处理品质成分含量检测结果, 综合判定变温发酵处理(40℃ 1h+30℃ 2h)是以黄金茶为原料加工工夫红茶甜醇带鲜特征品质的最佳工艺。

**关键词:** 工夫红茶; 保靖黄金茶1号; 变温发酵; 茶黄素; 品质

文章编号: 1673-9078(2022)02-155-163

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2022.2.0951

## Quality Analysis of Huangjincha Congou Black Tea Based on Variable Temperature Fermentation Technology

HUANG Hao<sup>1</sup>, YU Penghui<sup>1,2</sup>, ZHAO Xi<sup>1</sup>, ZHONG Ni<sup>1,2</sup>, ZHENG Hongfa<sup>1\*</sup>, XIAO Lizheng<sup>2,3</sup>

(1. Tea Research Institute of Hunan Academy of Agricultural Sciences, Changsha 410125, China)

(2. Key Lab of Tea Science of Ministry of Education, National Research Center of Engineering & Technology for Utilization of Functional Ingredients from Botanicals, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

(3. College of Horticulture, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

**Abstract:** Baojing Huangjincha 1 was used as the raw material to produce congou black tea, and the effects of fermentation at variable temperatures (40 °C in the first stage and 30 °C in the second stage) on the quality of congou black tea were investigated. The results showed that the color of congou black tea fermented at variable temperatures was dark brown and moist, the taste was sweet, mellow, and fresh, the sweetness was long-lasting, the soup was red and bright, and the leaf bottom was red and even. Compared to fermentation at a constant temperature, the color of the tea soup changed significantly from bright red to dull red, the taste developed from sweet alcohol to pure and sweet, and the leaf bottom gradually became dark and tarnished (turned from bright red to reddish brown); these effects became more prominent as the fermentation time in the first stage (40 °C) was extended. Compared to variable-temperature fermentation, the content of amino acids and tea polyphenols showed the greatest decrease after 3 h of constant-temperature fermentation at 40 °C, and changes in the tea polyphenol, amino acid, and soluble sugar contents were generally the same as that observed after fermentation for 4 h at 30 °C and a constant temperature. The final content of theaflavins (0.39%) after variable-temperature fermentation was higher than that obtained after fermentation at constant

引文格式:

黄浩,余鹏辉,赵熙,等.基于变温发酵技术的黄金茶工夫红茶品质分析[J].现代食品科技,2022,38(2):155-163

HUANG Hao, YU Penghui, ZHAO Xi, et al. Quality analysis of Huangjincha Congou black tea based on variable temperature fermentation technology [J]. Modern Food Science and Technology, 2022, 38(2): 155-163

收稿日期: 2021-08-25

基金项目: 国家现代农业(茶叶)产业技术体系建设专项(GARS-19); 国家重点研发计划项目(2017YFD0400802); 湖南省重点研发计划项目(2020NK2047); 湖南省创新平台与人才计划科技特派员服务乡村振兴(2021NK4149)

作者简介: 黄浩(1984-), 男, 博士, 副研究员, 研究方向: 茶叶加工与功能成分化学, E-mail: haohuang\_08@163.com

通讯作者: 郑红发(1975-), 男, 研究员, 研究方向: 茶叶加工与综合利用, E-mail: zhenghongfa111@163.com

temperatures (30 °C and 40 °C). Based on the results of sensory evaluation and content of quality components in each treatment, variable-temperature fermentation (40 °C, 1 h+30 °C, 2 h) is optimal for processing congou black tea with a sweet, mellow, and fresh taste.

**Key words:** congou black tea; Baojing Huangjincha 1; variable temperature fermentation; theaflavins; quality

湖南是工夫红茶主产省之一,近年来,湖南省委省政府高度重视茶产业发展,茶叶湘军抓住国内外红茶消费兴起、国家“一带一路”倡议的战略机遇,于2019年建成“湖南红茶”区域公共品牌,推进全省红茶资源的整合,促进红茶产业快速发展,助推乡村振兴。

保靖黄金茶1号,原产湖南省湘西土家族苗族自治州保靖县吕洞山镇黄金村,是一种高氨基酸含量的特异茶树品种,所制绿茶具有“四高四绝”的品质特征,被誉为“中国最好的绿茶之一”<sup>[1]</sup>。保靖黄金茶1号也具有较强的红茶适制性,所制工夫红茶乌黑油润显金毫,滋味醇和甘爽,香气高长<sup>[2]</sup>;近年来,随着国内茶叶消费市场日趋多元化,“红茶热”悄然兴起,引起了高档红茶的畅销,“湖南红茶”反应迅速,积极投身红茶产业发展的大潮,黄金茶工夫红茶掀起了一股红茶消费热,但早春时期湖南地区气温偏低,且发酵难以得到均匀,香气透青,从而使加工的工夫红茶产品风格不一,市场普遍反应黄金茶工夫红茶品质不高,质量参差不齐,因此全面提升黄金茶工夫红茶综合品质是目前产业发展亟待解决的问题。

工夫红茶初制基本工艺流程分为萎凋-揉捻-发酵-干燥等,其中发酵是红茶特征品质形成的关键工序,其实质是以多酚类化合物为主体的酶促氧化作用,伴随着鲜叶其他内含物质产生一系列剧烈的氧化聚合和缩合等复杂的化学反应,形成茶黄素、茶红素和茶褐素等有色物质及其他物质<sup>[3]</sup>,使绿叶变红,综合形成红茶特有的色、香、味品质的过程。工夫红茶发酵的良好控制是其优良品质形成的重要条件<sup>[4]</sup>,儿茶素是发酵生化反应的主体物质,茶多酚氧化生成的茶黄素是红茶发酵反应的品控指标,对红茶的滋味鲜度和浓度及汤色的亮度起着重要作用<sup>[5-7]</sup>,其中环境温度和发酵时间是红茶发酵的主要控制技术因素,发酵方式不同也使发酵进程和结果呈现差异<sup>[8]</sup>,研究表明发酵过程中复杂的生化反应对影响茶黄素形成与积累起着决定性作用,单一的高温或低温发酵均不能获得更多的茶黄素,陈以义、夏涛等研究认为前高后低的变温发酵可获得较高茶黄素,促进红茶品质提高;而和红州的研究结果表明先高后低的变温发酵方式并不能显著提高茶黄素含量,且感官审评结果也无突出表现。究其原因可能是变温发酵温差设置、高温处理时间控制均有差异,且二者所采用的供试材料

及工艺也不同。因此,变温发酵技术在工夫红茶加工中的应用效果及具体参数设置还需进一步探讨。本研究针对早春黄金茶因气温较低导致的发酵不充分、不均匀、品质不高等问题,结合当地工夫红茶加工的实际与经验针对性地设置加工参数,采取先高温、后低温变换(变温发酵)以提高发酵的充分程度,从而全面提高工夫红茶的品质。

## 1 材料与方法

### 1.1 茶样与试剂

茶样品制作:在湖南省农业科学院茶叶研究所高桥茶叶基地生产茶园(位于长沙县高桥镇),标准化手工采摘1芽2叶保靖黄金茶1号鲜叶,按照《湖南红茶工夫红茶加工技术规程》制成工夫红茶,试验设置30 °C、40 °C以及变温发酵(第一阶段40 °C、第二阶段30 °C)发酵处理,发酵过程中每小时取样1次,所得30个加工过程样品用于生化成分检测,27个成品茶样用于感官审评。

主要试验试剂:儿茶素组分标样购于成都曼思特生物科技有限公司,包括GC(≥98%)、EGC(≥99%)、C(≥99%)、EC(≥99%)、EGCG(≥99%)、GCG(≥98%)、ECG(≥99%)、Caffeine(≥98%)、Theobromine(≥99%)、Theophylline(≥99%)、Gallic acid(≥98%);N,N-二甲基甲酰胺(DMF)、甲醇(均为色谱纯)购于美国TEDIA公司、冰醋酸(色谱纯)购于天津市化学试剂研究所有限公司;乙酸乙酯、正丁醇、无水碳酸钠购于德国默克公司;其他化学试剂均为分析纯。

### 1.2 仪器与设备

主要仪器与设备包括:LC-20A型高效液相色谱仪,日本Shimadzu公司;Welch C18液相色谱柱(4.6 mm i.d.×250 mm, 5 μm)、Welch C18液相色谱柱(4.6 mm i.d.×150 mm, 5 μm),美国Welchrom公司;0.45 μm聚醚砜针式过滤器(水系)0.45 μm过滤膜(尼龙)、明澈-D 24UV超纯水系统,美国Millipore公司;HHS型电热恒温水浴锅,上海博讯实业有限公司医疗设备厂;电子分析天平,Mettler ME155DU;超低温冰箱,青岛海尔特种电器有限公司;UV-2355型紫外可见分光光度计,尤尼柯(上海)仪器有限公司;BJ-150型高速多功能粉碎机,浙江德清拜杰电器有限公司。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 工夫红茶基本加工流程

以保靖黄金茶1号1芽2叶嫩度鲜叶原料,放置人工气候箱内进行萎凋,待鲜叶含水率达60%~62%后,采用25型揉捻机进行揉捻,以空揉(15 min)→轻压揉捻(15 min)→中压揉捻(15 min)→重压揉捻(20 min)→松压揉捻(5 min)→下机解块;发酵室温度30℃,相对湿度95%,发酵时长4h;初干用茶叶箱式烘干机在120℃下干燥15 min,适当摊凉后进行足干,足干温度90℃,时长60 min<sup>[9]</sup>;开展不同温度变温发酵工艺研究(变温发酵工艺参数设置如表1所示)。

表1 变温发酵试验参数表

Table 1 Variable temperature fermentation test parameters

组合	试验设置	
	第一段(温度+时间)	第二段(温度+时间)
1	40℃/0h	30℃/1~6h(6个样)
2	40℃/1h	30℃/1~5h(5个样)
3	40℃/2h	30℃/1~4h(4个样)
4	40℃/3h	30℃/1~3h(3个样)
5	40℃/4h	30℃/1~2h(2个样)
6	40℃/5h	30℃/1h(1个样)
7	40℃/6h	30℃/0h(6个样)

#### 1.3.2 工夫红茶感官审评

参照GB/T 23776-2018《茶叶感官审评方法》和GB/T 14487-2017《茶叶感官审评术语》,由3位具有长期茶叶审评经验的湖南省茶叶专家组成感官评定小组对供试样茶进行感官审评。称取3g茶样,加入150mL沸水冲泡4min后进行密码审评,采用评语与百分制打分相结合的方式评定茶叶品质,外形、香气、汤色、滋味、叶底权重如下:

感官总分=外形得分×25%+汤色得分×10%+香气得分×25%+滋味得分×30%+叶底得分×10%

#### 1.3.3 主要生化成分检测

精确称取3g茶样,迅速研碎置500mL具塞锥形瓶中,加入沸水并置100℃水浴锅中提取45min(每隔10min摇瓶一次),趁热过滤茶汤,滤液转入500mL容量瓶中,冷却后定容,摇匀,待测。

茶多酚总量测定:参照酒石酸亚铁分光光度法(GB/T 8313-2008);游离氨基酸总量测定:采用茚三酮显色法(GB/T 8314-2013);可溶性糖按照FB/LH 007-2010测定。

儿茶素测定<sup>[10]</sup>:采用welchrom C18柱(4.6 mm i.d.×250 mm, 5 μm);流动相:水相A:去离子水,

有机相B:N,N-二甲基甲酰胺/甲醇/乙酸=39.5/2/1.5(V/V/V),流速为1.0 mL/min;进样量:10 μL;检测波长:278 nm;重复3次(n=3),分析并计算结果。

茶黄素测定<sup>[11]</sup>:采用welchrom C18柱(4.6 mm i.d.×150 mm, 5 μm);流动相:水相A:2%醋酸,有机相B:乙腈/乙酸乙酯=21/3(V/V),流速为0.8 mL/min;进样量:10 μL;检测波长:280 nm;重复3次(n=3),分析并计算结果。

#### 1.3.4 数据处理

实验重复三次(n=3),取平均值并计算相对偏差;Excel 2010、IBM SPSS Statistics 24、Origin 2017及Adobe Illustrator CS6等软件用于本文所有数据统计分析及相关图片的制作与处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 恒定温度发酵与变温发酵对黄金茶工夫

#### 红茶感官品质的影响

试验设置40℃、30℃恒温及两个温度组合变温发酵(第一阶段40℃&第二阶段30℃),发酵过程中每间隔1个小时取样1次,90℃恒温一次性干燥,共加工得到工夫红茶样品27个,感官审评分3批次进行,详细评价与得分如表2所示。

从表2的结果可知,恒温发酵处理(30℃、4h)和(40℃、3h)号分别是30℃恒温发酵组和40℃恒温发酵组中综合品质表现较好的,且(30℃、4h)优于(40℃、3h),所制红茶色泽黑褐尚润,滋味甜醇带鲜,甜香尚高,汤色红亮,叶底红亮尚匀。这与段红星<sup>[12]</sup>研究结果一致,通常认为,恒温发酵温度控制在22~30℃,具体需根据鲜叶原料及萎凋、揉捻程度等因素再行确定。两个处理的相似之处是随着发酵时间的延长(1~4h),汤色由橙红向红亮转变,滋味由青涩向甜醇方向发展,但随着发酵时间持续延长,汤色亮度下降明显,滋味也变得纯和甚至变酸,说明恒温发酵在偏离发酵适度标准后再延长发酵时间就会造成发酵过度,进而导致茶样变酸<sup>[13]</sup>。

发酵叶在发酵过程中化学反应不断进行,物质持续转化,其外部特征也出现规律性变化。由图1可知,恒温发酵中,发酵叶随着发酵进程的推进叶色变化按照青绿、青黄或黄→红黄→黄红→红→暗红顺序转变<sup>[14]</sup>,且随着发酵时间逐渐延长,叶片亮度降低,叶色由红向红暗发展,这与以往研究结果一致<sup>[15,16]</sup>;变温发酵也表现出类似的变化规律,并随着发酵第一阶段(40℃)占据总体发酵时间延长而表现的更加明显。

表 2 30、40 °C恒温发酵工夫红茶感官审评结果

Table 2 Sensory evaluation results of 30 and 40 °C constant temperature fermentation of congou black tea

茶样	外形 (25%)		内质								总分	
			汤色 (10%)		香气 (25%)		滋味 (30%)		叶底 (10%)			
	评语	得分	评语	得分	评语	得分	评语	得分	评语	得分		
30 °C	1 h	条索尚紧细, 色泽棕褐尚润	89	橙红尚亮	90	稍带甜香, 青气明显	83	青涩味明显	83	尚红带青	85	85.40
	2 h	条索尚紧细, 色泽棕褐尚润	91	橙红亮	91	带甜香, 略带青气	86	涩味明显	86	尚红带青	88	87.95
	3 h	条索尚紧细, 色泽黑褐尚润	92	尚红亮	92	甜香尚高	89	尚甜醇	92	尚红亮	90	91.05
	4 h	条索尚紧细, 色泽黑褐尚润	93	红亮	93	甜香尚高	92	甜醇	94	红亮尚匀	92	92.95
	5 h	条索尚紧细, 色泽黑褐尚润	94	红尚亮	92	甜香高	94	甜尚醇	92	红尚亮	90	92.80
	6 h	条索尚紧细, 色泽乌黑尚润	95	红尚亮	92	甜香尚高	92	甜尚醇	92	红尚亮	90	92.55
40 °C	1 h	条索尚紧细, 色泽棕褐尚润	90	橙红尚亮	90	带甜香, 带青气	85	尚甜带涩	85	尚红带青	87	86.95
	2 h	条索尚紧细, 色泽棕褐尚润	92	橙红亮	91	带甜香, 略带青气	89	尚甜	89	尚红亮	90	90.05
	3 h	条索尚紧细, 色泽黑褐尚润	93	橙尚亮	92	甜香尚高	92	尚甜醇	92	红亮尚匀	92	92.25
	4 h	条索尚紧细, 色泽黑褐尚润	94	红亮	93	甜香高	94	纯和带甜	90	红褐尚匀	89	92.20
	5 h	条索尚紧细, 色泽黑褐尚润	92	红尚亮	91	甜香尚纯	91	纯和带甜	88	红褐尚亮	87	89.95
	6 h	条索尚紧细, 色泽黑褐尚润	92	红尚亮	90	甜香尚纯	90	醇和稍酸	80	红褐尚亮	85	87.00

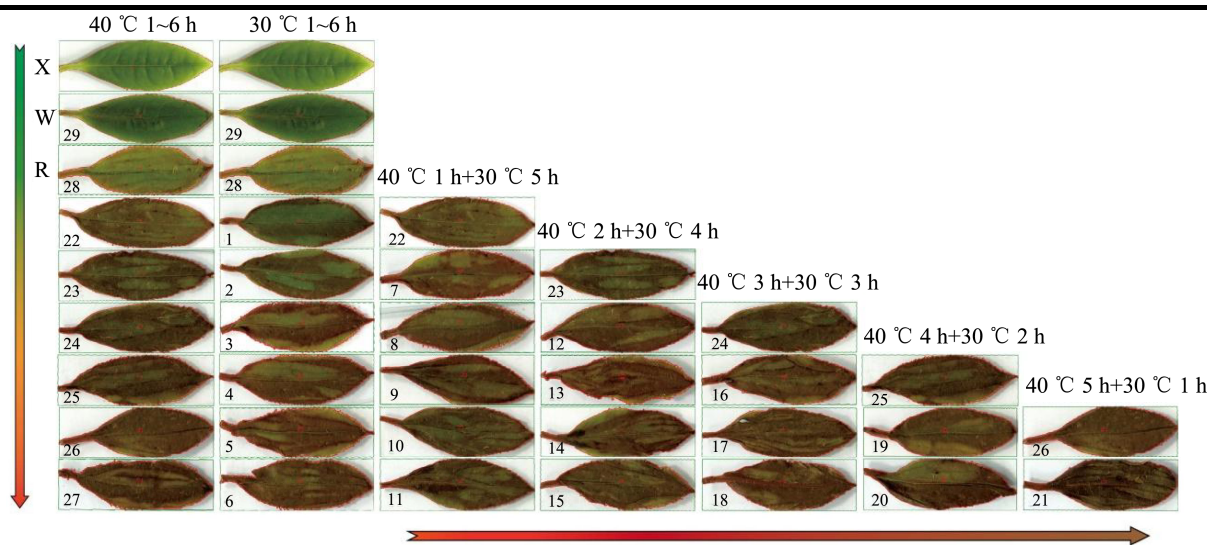


图1 恒温发酵与变温发酵叶色变化趋势图

Fig.1 Change trend of leaf color of constant temperature fermentation and variable temperature fermentation

注: X: 鲜叶; W: 萎凋叶; R: 揉捻叶。

表 3 变温发酵处理工夫红茶感官审评结果

Table 3 Sensory evaluation results of change-temperature fermentation treatment of congou black tea

茶样	外形 (25%)		内质								总分	
			汤色 (10%)		香气 (25%)		滋味 (30%)		叶底 (10%)			
	评语	得分	评语	得分	评语	得分	评语	得分	评语	得分		
40 °C 1 h	30 °C 1 h	条索尚紧细, 色泽黑褐尚润	92	尚红亮	92	甜香显露	92	尚甜醇	92	尚红亮	90	91.80
	30 °C 2 h	条索尚紧细, 色泽黑褐尚润	92	尚红亮	93	甜香 尚高长	94	甜醇	95	尚红亮	91	93.40
	30 °C 3 h	条索尚紧细, 色泽黑褐尚润	92	红亮	95	甜香高长	95	尚甜醇	93	红亮尚匀	92	93.35
	30 °C 4 h	条索尚紧细, 色泽黑褐尚润	92	红尚亮	95	甜香 尚高长	92	甜尚醇	92	红褐尚亮	89	92.00
	30 °C 5 h	条索尚紧细, 色泽黑褐尚润	92	红尚亮	94	甜香尚高	91	甜尚醇	90	红褐尚亮	87	90.85
40 °C 2 h	30 °C 1 h	条索尚紧细, 色泽黑褐尚润	92	红尚亮	92	甜香 尚高长	92	尚甜醇	92	红尚亮	90	91.8
	30 °C 2 h	条索尚紧细, 色泽黑褐尚润	92	红尚亮	90	甜香 尚高长	93	甜醇	93	红褐尚亮	89	92.05
	30 °C 3 h	条索尚紧细, 色泽黑褐尚润	92	红欠亮	88	甜香尚高	94	醇和尚甜	92	红褐尚亮	88	91.70
	30 °C 4 h	条索尚紧细, 色泽黑褐尚润	92	红欠亮	88	甜香尚纯	90	醇和	89	红褐尚亮	86	89.6
40 °C 3 h	30 °C 1 h	条索尚紧细, 黑褐尚润	92	红艳明亮	95	甜香 尚高长	93	尚甜纯	92	红亮尚匀	92	92.55
	30 °C 2 h	条索尚紧细, 黑褐尚润	92	红艳尚亮	93	甜香 尚高长	92	纯和尚甜	90	红尚亮	90	91.30
	30 °C 3 h	条索尚紧细, 黑褐尚润	92	红尚亮	91	甜香尚纯	90	纯和尚甜	89	红褐尚亮	89	90.10
40 °C 4 h	30 °C 1 h	条索尚紧细, 黑褐尚润	92	红尚亮	92	甜香 尚高长	92	纯和尚甜	88	红褐尚亮	88	90.40
	30 °C 2 h	条索尚紧细, 黑褐尚润	92	红尚亮	90	甜香尚纯	90	纯和尚甜	86	红褐尚亮	86	88.90
40 °C 5 h	30 °C 1 h	条索尚紧细, 黑褐尚润	92	红欠亮	88	甜香欠纯	88	带酸味	80	红褐尚亮	80	86.40

从表 3 的成茶感官品质分析可知, 变温处理 (40 °C 1h+30 °C 2h) 和 (40 °C 1h+30 °C 3h) 是变温发酵组中综合品质表现较好的, 综合得分为前者 93.40 略高于后者 93.35, 且前者茶汤中的鲜爽度优于后者, 所制红茶条索色泽黑褐尚润, 滋味甜醇、鲜, 甜香尚高长, 汤色红亮, 叶底尚红亮。与恒温发酵组不同的是, 随着发酵进程的深入, 茶汤由红亮向红暗转变明显, 滋味也由甜醇朝纯和尚甜方向发展, 同时叶底逐渐变暗失去光泽 (红亮→红褐), 且随着发酵第一阶段 40 °C 占据总体发酵时长比例增加而表现的

越明显。

## 2.2 工夫红茶加工过程中不同发酵温度对主要生化成分的影响

由表 4 和表 5 可知, 工夫红茶加工过程中茶多酚、咖啡碱等含量呈下降的趋势; 可溶性糖、蛋白质等含量随着发酵程度加深呈少量下降趋势; 氨基酸含量前期基本维持稳定, 揉捻阶段达最大值, 发酵阶段缓慢下降; 各儿茶素组分和总量均呈下降趋势, 其中酯型

儿茶素 EGCG、GCG 和 ECG 在揉捻阶段下降幅度较大, 分别为 71.69%、87.45%和 25.17%, 同时没食子酸 (GA) 含量显著增加, 比例为 86.67%, 这是由于茶坯微环境改变致使酯型儿茶素水解所致; 同期 EGC、DL-C 和 EC 含量也逐渐下降, 其中 EGC、EC

保留量相对较多, 发酵结束样分别占鲜叶的 28% (30 °C)、30%(40 °C)和 22%(30 °C)、15%(40 °C), EGCG、GCG 的保留量最低, 且发酵结束后简单儿茶素所占比例显著提高, 由鲜叶的 44.8%至发酵结束的 80.3% (30 °C) 和 82.7% (40 °C)。

表 4 不同发酵温度对主要生化成分的影响 (%)

Table 4 Effects of different fermentation temperature on main biochemical components

项目	处理温度/°C	鲜叶	萎凋	揉捻	发酵时间/h					
					1	2	3	4	5	6
茶多酚	30	31.36±0.55	29.64±0.62	28.21±0.50	24.77±0.56	23.42±0.53	22.24±0.30	21.38±0.22	19.43±0.39	18.48±0.22
	40	31.36±0.55	29.64±0.62	28.21±0.50	24.06±0.40	23.44±0.41	19.30±0.28	19.33±0.29	17.94±0.30	17.46±0.26
氨基酸	30	5.85±0.20	5.86±0.24	5.90±0.22	5.91±0.18	5.89±0.10	5.78±0.17	5.60±0.20	5.56±0.13	5.53±0.16
	40	5.85±0.20	5.86±0.24	5.90±0.22	5.77±0.14	5.22±0.19	5.06±0.14	4.62±0.17	4.19±0.18	3.46±0.22
可溶性糖	30	1.60±0.00	1.56±0.04	1.55±0.02	1.56±0.01	1.57±0.01	1.55±0.03	1.58±0.06	1.55±0.05	1.57±0.02
	40	1.60±0.00	1.56±0.04	1.55±0.02	1.57±0.01	1.57±0.01	1.55±0.05	1.57±0.02	1.54±0.01	1.54±0.03
咖啡碱	30	4.51±0.02	4.52±0.04	4.45±0.07	4.41±0.10	4.40±0.09	4.22±0.02	4.20±0.08	4.17±0.10	4.16±0.04
	40	4.51±0.02	4.52±0.04	4.45±0.07	4.44±0.12	4.32±0.07	4.21±0.03	4.20±0.06	4.14±0.10	4.13±0.05
茶黄素	30	0.00±0.00	0.02±0.01	0.15±0.05	0.29±0.06	0.35±0.09	0.41±0.10	0.36±0.02	0.34±0.07	0.30±0.06
	40	0.00±0.00	0.02±0.01	0.15±0.05	0.28±0.05	0.20±0.05	0.22±0.08	0.19±0.04	0.17±0.02	0.17±0.03

注: 萎凋20~22 h, 揉捻70 min, 发酵时长6 h, 干燥90 °C/1.5 h。

表 5 不同发酵温度对儿茶素含量的影响 (%)

Table 5 Effects of different fermentation temperatures on catechins

项目	处理温度/°C	鲜叶	萎凋	揉捻	发酵时间/h					
					1	2	3	4	5	6
没食子酸	30	0.10±0.00	0.11±0.00	0.75±0.14	0.72±0.08	0.73±0.12	0.67±0.12	0.65±0.06	0.62±0.10	0.60±0.11
	40	0.10±0.00	0.11±0.00	0.75±0.14	0.72±0.06	0.74±0.14	0.59±0.10	0.61±0.08	0.58±0.07	0.57±0.10
EGC	30	8.47±0.38	7.09±0.30	3.24±0.26	3.21±0.22	3.13±0.24	3.09±0.25	3.04±0.22	3.19±0.25	2.55±0.20
	40	8.47±0.38	7.09±0.30	3.24±0.26	3.19±0.28	3.02±0.22	2.13±0.25	2.86±0.28	3.03±0.29	2.44±0.27
DL-C	30	1.20±0.08	1.15±0.06	0.19±0.02	0.24±0.01	0.19±0.04	0.15±0.02	0.11±0.03	0.20±0.01	0.11±0.02
	40	1.20±0.08	1.15±0.06	0.19±0.02	0.10±0.00	0.08±0.02	0.13±0.01	0.12±0.04	0.12±0.03	0.15±0.02
EGCG	30	6.04±0.10	4.66±0.12	1.71±0.08	1.38±0.05	1.13±0.05	1.01±0.05	0.75±0.05	0.69±0.02	0.44±0.08
	40	6.04±0.10	4.66±0.12	1.71±0.08	1.17±0.04	0.81±0.03	0.64±0.02	0.44±0.07	0.37±0.03	0.34±0.05
EC	30	0.53±0.14	0.38±0.02	0.51±0.06	0.49±0.09	0.40±0.09	0.27±0.06	0.19±0.05	0.19±0.01	0.12±0.04
	40	0.53±0.14	0.38±0.02	0.51±0.06	0.35±0.10	0.25±0.08	0.10±0.03	0.10±0.03	0.11±0.01	0.08±0.01
GCG	30	5.42±0.20	4.53±0.22	0.68±0.15	0.44±0.08	0.35±0.07	0.16±0.05	0.13±0.05	0.11±0.03	0.06±0.02
	40	5.42±0.20	4.53±0.22	0.68±0.15	0.33±0.10	0.21±0.07	0.12±0.03	0.09±0.02	0.06±0.02	0.05±0.02
ECG	30	1.51±0.10	1.35±0.12	1.13±0.09	0.68±0.05	0.58±0.12	0.47±0.12	0.40±0.09	0.38±0.10	0.20±0.09
	40	1.51±0.10	1.35±0.12	1.13±0.09	0.68±0.09	0.45±0.17	0.37±0.12	0.25±0.05	0.20±0.08	0.18±0.07
简单儿茶素	30	10.21±0.39	8.62±0.34	3.94±0.24	3.93±0.22	3.71±0.24	3.50±0.19	3.34±0.14	3.58±0.20	2.83±0.14
	40	10.21±0.39	8.62±0.34	3.94±0.24	3.64±0.22	3.35±0.26	2.36±0.20	3.08±0.16	3.25±0.17	2.67±0.12
酯型儿茶素	30	12.57±0.35	10.53±0.30	3.52±0.38	2.50±0.22	2.06±0.30	1.64±0.10	1.28±0.12	1.18±0.15	0.70±0.10
	40	12.57±0.35	10.53±0.30	3.52±0.38	2.17±0.20	1.47±0.19	1.13±0.10	0.77±0.10	0.63±0.08	0.56±0.09
儿茶素总量	30	22.78±0.22	19.15±0.39	7.46±0.36	6.44±0.30	5.77±0.35	5.15±0.16	4.62±0.19	4.76±0.33	3.52±0.20
	40	22.78±0.22	19.15±0.39	7.46±0.36	5.82±0.29	4.82±0.28	3.49±0.22	3.85±0.22	3.88±0.26	3.23±0.23

注: 萎凋20~22 h, 揉捻70 min, 发酵总时长6 h, 干燥90 °C/1.5 h。

随着发酵温度升高，多酚氧化酶和过氧化物酶等主要酶类活性增加，加快多酚类的氧化聚合，茶多酚、儿茶素各组分和总量等相对减少；呼吸作用相关酶活性越高，则呼吸作用越剧烈，进而对单糖的消耗越多，可溶性糖含量相对较低；氨基酸的脱氨脱羧反应（水解），含量相对较低。因此，与40℃发酵相比，30℃发酵温度下各样品中的生化成分的含量相对偏高。

### 2.3 不同变温发酵组合对工夫红茶主要生化成分的影响

在3~4h的发酵时长阶段，(40℃, 3h)发酵处理后氨基酸最终含量为5.06%，茶多酚含量为19.30%，较(30℃, 4h)和(40℃ 1h+30℃ 2h)中氨基酸、茶多酚含量都要低，而可溶性糖和咖啡碱在三种处理间则无显著差异；变温发酵处理(40℃ 1h+30℃ 2h)中最终茶黄素的含量为0.39%，均大于(30℃, 4h)和(40℃, 3h)中茶黄素的含量，这与感官审评结果相对应。变温发酵工艺中40℃所占的发酵时间越长(1h~5h)，品质生化成分含量则下降越明显，第一阶段40℃处理后转至第二阶段30℃发酵处理后茶黄素的含量有大幅度回升，但随着发酵时间的延长又逐渐下降，表明，表明长时高温不利用茶黄素的形成、积累，同时，适当的高温发酵处理有利于加快各生化反应的速度，又不会因长时的高温处理导致反应过度，相反随着高温时间的延长茶叶品质成分如茶多酚、氨基酸等品质成分的含量下降明显，进而使茶汤收敛性减弱，表现为滋味平淡、茶汤发暗，只有适度发酵，多酚类保留适当并与其他水溶性物质相协调、同时保持较高含量茶黄素从而使茶汤爽口而不苦涩，收敛性较强，滋味甜醇。

陈以义等<sup>[17]</sup>通过红碎茶加工过程中化学动力学及后续试验分析，结果表明，恒温发酵无论是高温或低温茶黄素增加量均不明显，而变温发酵可获得较高茶黄素含量，这与本研究结果基本一致，即试验所得最优发酵茶样中茶黄素的含量较其他处理均有不同程度的提高，与之不同的是本研究在提高茶黄素含量基础上更多地考虑了工夫红茶综合品质的提升。和红河<sup>[18]</sup>采用三种不同温度方式(先高后低、先低后高、恒定低温)发酵，结果表明先高后低的变温发酵方式茶黄素含量并不高于其他二者，而先高后低的发酵方式在茶多酚、氨基酸含量上较另外两者下降幅度稍大，这与本研究结果较为一致，而其他品质成分则在不同的茶树品种、加工季节间表现出规律不一；同时毛茶感官审评结果亦无突出表现。究其原因可能是加工红

茶所采用的的适制品种与黄金茶差异较大，同时除发酵外的其他工序，如萎凋、揉捻等工艺参数的不同亦能导致结果的差异。

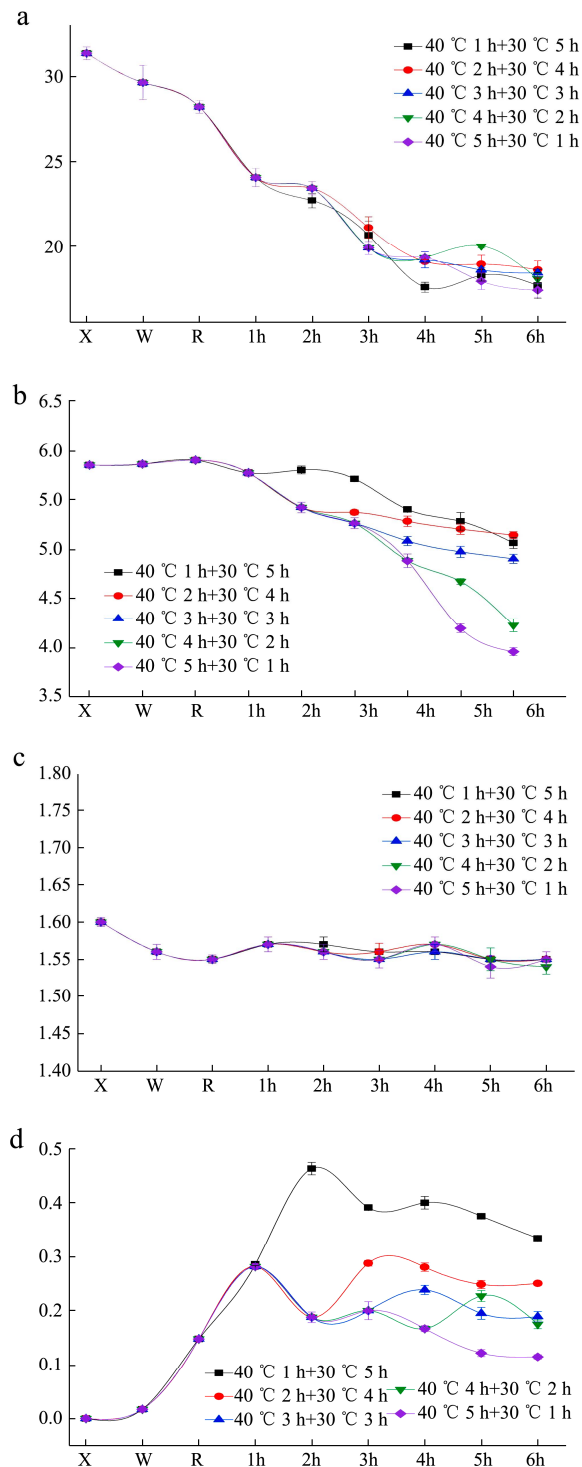


图2 不同变温发酵工艺对主要生化成分的影响

Fig.2 Effects of different variable temperature fermentation processes on main biochemical components

注：a: 茶多酚；b: 氨基酸；c: 可溶性糖；d: 茶黄素；X: 鲜叶；W: 萎凋叶；R: 揉捻叶。

感官审评结果与各处理品质成分含量检测结果结

合,综合判定变温发酵处理(40 °C 1 h+30 °C 2 h)为早春黄金茶为原料加工的工夫红茶突出甜醇带鲜(甘鲜味)特征品质的最优工艺。

黄金茶所在产区早春时期气温较低,叶温不高,酶活性较低,加工的红茶发酵过程中多酚类物质的氧化聚合等生化反应在数量上或质量上都难以得到充分体现,导致发酵不匀,叶底靛青明显,导致黄金茶工夫红茶整体质量不高,因此在发酵前期通过短时间增加环境温度以激发发酵叶的酶活性,使部分多酚类在短时间内迅速氧化,待叶温提高后再降低环境温度以减缓发酵反应进程并保持酶活性<sup>[9]</sup>,本研究结果表明前期适当升高温度再配合相对低温(增温变温法)有利于品质成分茶黄素的积累。

此外,湖南地区5~8月份气温逐渐攀升,最高可超40 °C,同理,遇高温茶季时可采用降温变温法进行红茶发酵,即发酵前期可采用室温而后再降温处理,以形成和积累茶黄素的含量,进而提升黄金茶工夫红茶的整体质量。

### 3 结论

3.1 关于黄金茶工夫红茶发酵工艺的研究以往主要集中在环境温度、湿度、发酵时间、通氧量等参数的优化,现已形成了一套通用型的发酵参数<sup>[9]</sup>,但针对发酵方式的研究报道不多,本研究结果表明,变温发酵加工的黄金茶工夫红茶色泽黑褐尚润,滋味甜醇、鲜爽,甜香尚高长,汤色红亮,叶底尚红匀,整体品质优于恒温发酵;同时,随着发酵程度的加深,茶汤颜色由红亮向红暗转变明显,滋味由甜醇向纯和尚甜方向发展,叶底逐渐变暗失去光泽(红亮转为红褐),并随着发酵第一阶段(40 °C)占据总体发酵时长比例的增加而表现的更为明显;变温发酵处理与30 °C、40 °C恒温发酵处理相比,茶多酚、游离氨基酸总量、可溶性糖等含量无显著差异,茶黄素的形成与积累优于恒温发酵处理;基于感官审评结果与品质成分含量检测结果,综合判定变温发酵处理(40 °C 1 h+30 °C 2 h)是以黄金茶为原料加工工夫红茶甜醇带鲜特征品质的最佳工艺。

3.2 本研究变温发酵参数主要针对湖南地区早春气温偏低,发酵难以得到均匀而设置,无论前段高温还是后段低温均高于届时气温,操作性较强,总发酵时间较传统发酵大大缩短,达到了提高品质和提高效率相统一的效果;但值得注意的是,实际上发酵的前道工序揉捻已启动发酵中的化学反应,因此后续研究把揉捻纳入到发酵进程将有助于进一步扩大该技术的

适用范围。

### 参考文献

- [1] 陈宇宏,黄飞毅,雷雨,等.黄金茶群体等5个品种(系)制茶品质研究[J].茶叶科学,2019,39(3):309-317  
CHEN Yuhong, HUANG Feiyi, LEI Yu, et al. Study on the quality of five Huangjincha related cultivars [J]. Journal of Tea Science, 2019, 39(3): 309-317
- [2] 栗本文.优质红茶加工概论[M].中南大学出版社,2017  
SU Benwen. Introduction to High Quality Black Tea Processing [M]. Central South University Press, 2017
- [3] 宛晓春,李大祥,张正竹,等.茶叶生物化学研究进展[J].茶叶科学,2019,35(1):1-10  
WAN Xiaochun, LI Daxiang, ZHANG Zhengzhu, et al. Research advance on tea biochemistry [J]. Journal of Tea Science, 2019, 35(1): 1-10
- [4] 李鑫磊,王婷婷,俞少娟,等.工夫红茶发酵技术对其品质的影响[J].福建茶叶,2015,37(5):11-14  
LI Xinlei, WANG Tingting, YU Shaojuan, et al. Effect of fermentation technology on quality of congou black tea [J]. Fujian Tea, 2015, 37(5): 11-14
- [5] Bhuyan L P, Borah P, Sabhapondit S, et al. Spatial variability of theaflavins and thearubigins fractions and their impact on black tea quality [J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 52(12): 7984-7993
- [6] 黄先洲,潘玉华,田研基,等.坦洋工夫红茶主要生化成分与品质相关性探讨[J].福建茶叶,2010,11:21-25  
HUANG Xianzhou, PAN Yuhua, TIAN Yanji, et al. Study on correlation between main biochemical components and quality of Tanyang congou black tea [J]. Fujian Tea, 2010, 11: 21-25
- [7] Wang K, Chen Q, Lin Y, et al. Comparison of phenolic compounds and taste of Chinese black tea [J]. Food Science and Technology Research, 2014, 20(3): 639-646
- [8] 赵文霞,黄亚辉.红茶发酵技术研究进展[J].福建茶叶,2011, 33(3):8-11  
ZHAO Wenxia, HUANG Yahui. Research progress of black tea fermentation technology [J]. Fujian Tea, 2011, 33(3): 8-11
- [9] T/HNTI 05-2018, 湖南红茶工夫红茶加工技术规程[S]  
T/HNTI 05-2018, Hunan Black Tea Technical Specifications for Processing of Congou Black Tea [S]
- [10] 王增盛,童小麟,朱尚同.茶儿茶素的高效液相色谱测定方法[J].茶叶科学,1991,S1:93-99  
WANG Zengsheng, TONG Xiaolin, ZHU Shangdong. Quantitative analysis of catechins with HPLC [J]. Journal of



- Tea Science, 1991, S1: 93-99
- [11] 王坤波,刘仲华,黄建安,等.高效液相色谱法测定红茶中的茶黄素[J].色谱,2004,22(2):151-153  
WANG Kunbo, LIU Zhonghua, HUANG Jian'an, et al. Determination of theaflavins in black tea by highperformance liquid chromatography [J]. Chinese Journal of Chromatography, 2004, 22(2): 151-153
- [12] 段红星,邵宛芳.红茶加工中物质变化与品质形成的关系[J].福建茶叶,2004,2:13-14  
DUAN Hongxing, SHAO Wanfang. Relationship between substance change and quality formation in black tea processing [J]. Fujian Tea, 2004, 2: 13-14
- [13] 谭婷,周颖,高静,等.保靖黄金茶红茶发酵工艺研究[J].湖南农业科学,2016,1:77-80  
TAN Ting, ZHOU Ying, GAO Jing, et al. Research on fermentation technology of Baojing golden black tea [J]. Hunan Agricultural Sciences, 2016, 1: 77-80
- [14] 方世辉,王先锋,汪惜生.不同发酵温度和程度对工夫红茶品质的影响[J].中国茶叶加工,2004,2:19-21  
FANG Shihui, WANG Xianfeng, WANG Xisheng. Effect of different fermentation temperature and degree on quality of congou black tea [J]. Chinese Tea Processing, 2004, 2: 19-21
- [15] 钱园凤.工夫红茶发酵适度判定方法研究[D].中国农业科学院,2013  
QIAN Yuanfeng. Study on the method of determining the yeast suitability of gongfu red tea [D]. Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2013
- [16] 俞露婷,袁海波,王伟伟,等.红茶发酵过程生理生化变化及调控技术研究进展[J].中国农学通报,2015,31(22):263-269  
YU Luting, YUAN Haibo, WANG Weiwei, et al. Research progress of physiological and biochemical changes and new techniques in fermentation of black tea [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2015, 31(22): 263-269
- [17] 陈以义,方晨.红茶变温发酵试验[J].中国茶叶,1993,4:6-7  
CHEN Yiyi, FANG Chen. Experiment on fermentation of black tea at varying temperature [J]. Chinese Tea, 1993, 4: 6-7
- [18] 和红州.福建工夫红茶创新工艺研究[D].福州:福建农林大学,2012  
HE Hongzhou. Study on innovative processing technology of Fujian congou black tea [D]. Fujian Agriculture and Forestry University, 2102
- [19] 夏涛.试析茶叶红变原理及红茶色泽形成的调控[J].福建茶叶,1996,4:15-18  
XIA Tao. An analysis of the principle and black tea regulation of tea red color formation [J]. Fujian Tea, 1996, 4: 15-18

(上接第 196 页)

- [26] Chen X, Guo L, Du X, et al. Investigation of glycerol concentration on corn starch morphologies and gelatinization behaviours during heat treatment [J]. Carbohydrate Polymers, 2017, 176: 56-64
- [27] 江慧娟,吕小兰,黄赣辉.多孔淀粉粉末紫苏籽油的制备及其抗氧化性[J].食品科学,2013,34(12):95-98  
JIANG Huijuan, LYU Xiaolan, HUANG Ganhui. Preparation and antioxidant activity of porous starch perilla seed oil [J]. Food Science, 2013, 34(12): 95-98
- [28] Choinsard L, Wouessidjewe D, Putaux J-L. Polymorphism of crystalline complexes of V-amylose with fatty acids [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2018, 119: 555-564
- [29] Qin Y, Liu C, Jiang S, et al. Characterization of starch nanoparticles prepared by nanoprecipitation: Influence of amylose content and starch type [J]. Industrial Crops and Products, 2016, 87: 182-190
- [30] Fu Y, Yang J, Jiang L, et al. Encapsulation of lutein into starch nanoparticles to improve its dispersity in water and enhance stability of chemical oxidation [J]. Starch-Stärke, 2019, 71(5-6): 1800248
- [31] Miao M, Zhang T, Mu W, et al. Effect of controlled gelatinization in excess water on digestibility of waxy maize starch [J]. Food Chemistry, 2010, 119(1): 41-48
- [32] Chen L, McClements D J, Zhang H, et al. Impact of amylose content on structural changes and oil absorption of fried maize starches [J]. Food Chemistry, 2019, 287: 28-37
- [33] Wang S, Li C, Copeland L, et al. Starch retrogradation: a comprehensive review [J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2015, 14(5): 568-585
- [34] 34. Tan W, Li Q, Wang H, et al. Synthesis, characterization, and antibacterial property of novel starch derivatives with 1,2,3-triazole [J]. Carbohydrate Polymers, 2016, 142: 1-7