

不同闷黄时间对平阳黄汤滋味成分和品质的影响

楼桢优¹, 周拥军², 钟维标², 项圣翔¹, 屠幼英¹, 何普明^{1*}

¹ 浙江大学农业与生物技术学院茶学系 杭州 310058

² 浙江子久文化股份有限公司 浙江温州 325400

摘要 为了解不同闷黄时间的平阳黄汤(一种黄茶)滋味成分和品质差异,通过感官评定、生化成分测定、化学计量学分析等研究闷黄时间对黄汤滋味品质及其主要成分的影响。结果表明:在一定闷黄时间范围内,平阳黄汤表现出不同的滋味特征,样品中的水浸出物含量和游离氨基酸总量先增加后减少,水浸出物质量比例在闷黄 24 h 时最高,达到 54.88%,其茶汤更为鲜爽、甘醇。总儿茶素、酯型儿茶素和咖啡碱的含量随着闷黄时间增加均呈下降的趋势,而非酯型儿茶素和没食子酸有所增加。同时,基于主成分分析显示,各生化成分之间具有一定相关性,其中表没食子儿茶素没食子酸酯、表没食子儿茶素等、没食子儿茶素等,咖啡碱和茶氨酸等对黄茶滋味具有较大贡献作用,表明闷黄过程中滋味品质的变化是各种相关的化学组分共同表达的结果。根据最小偏二乘法分析模型获得标志性差异化合物没食子儿茶素、咖啡碱、没食子酸、表儿茶素和天冬酰胺等,可作为一定闷黄时间下定向加工优质平阳黄汤的指标物质。

关键词 平阳黄汤; 闷黄时间; 滋味品质; 主成分分析

文章编号 1009-7848(2024)06-0297-11 **DOI:** 10.16429/j.1009-7848.2024.06.026

黄茶虽属于六大茶类之一,但其产量在六大茶类中占比偏低。近年来随着年轻人健康意识和消费习惯的改变,黄茶的抗氧化功效^[1]和预防肝、胃损伤^[2-3]等功能备受关注。

平阳黄汤是中国四大传统黄茶之一,品质优异,风味独特,其形成的关键工序为闷黄。闷黄过程中,黄茶在湿热条件下发生热化学变化,形成口感醇爽的典型特征^[4]。黄茶的闷黄方式主要可分为“湿坯闷黄”和“干坯闷黄”,其中“湿坯闷黄”水分含量高,黄变快^[5]。在闷黄过程中,闷黄时间是重要的影响因素,闷黄时间太短会使得黄茶汤色、叶色偏青,滋味偏涩,而时间太长会使黄变过度,叶底色暗,滋味物质不丰富^[6]。董荣建等^[7]研究发现闷黄前期苦涩味显,随着闷黄时间的增加,甜度、回甘速度和回甘持久性有所提升,形成黄茶的滋味品质。龚淑英等^[8]研究发现在闷黄过程中,随着闷黄时间的增加,滋味收敛性、鲜度和浓度降低,甜度上升,最后会出现闷味。张明露等^[9]感官审评结果显示,闷黄 4~5 h 的茶汤品质最佳。本研究以不同闷黄时间的平阳黄汤为研究对象,结合计量学分析其滋味品质,探究其影响因素。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验鲜叶原料取料及工艺试验均在浙江省黄茶产区温州市平阳县平阳黄汤茶区采集进行,采用龙井 43 号茶树品种鲜叶,采摘时间为 2022 年 4 月中旬,采摘标准为一芽二叶展。

1.2 试剂与仪器

主要试剂:色谱纯乙腈、乙酸,购自美国 Sigma 公司;色谱纯甲醇,购于国药试剂集团;分析纯邻苯二甲醛(OPA)、巯基丙酸、磷酸二氢钠(NaH₂PO₄),对照标准品 8 种儿茶素单体:表没食子儿茶素(EGC)、儿茶素(C)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)、儿茶素没食子酸酯(CG)、表儿茶素(EC)、没食子儿茶素(GC)、没食子酸,19 种氨基酸单体的标准品,均购于阿拉丁(上海)试剂公司,纯度≥98%。

制茶设备:滚筒杀青机,浙江上洋机械有限公司;6CRM-35 型揉捻机,富阳茶叶机械总厂;6CH-0.8 型茶叶烘干机,衢州高山茶叶机械有限公司。

测定仪器:LGJ-10C 型冷冻干燥机,北京四环科学仪器厂有限公司;HPLC-2010 system 液相色谱,日本 Shimadzu Corporation;DVB/CAR/PDMS

收稿日期:2023-06-12

第一作者:楼桢优,女,硕士生

通信作者:何普明 E-mail: pmhe@zju.edu.cn

fiber (50/30 μm film thickness)固相微萃取头,美国 Supelco Coporation;电子分析天平(AL 104),梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 制样方法 本试验的黄茶加工工艺如下:摊青-杀青-揉捻-闷黄-毛火烘焙-复闷-复烘-干燥。平阳黄汤加工工艺参数为:一芽二叶的茶青摊青 15~20 h;杀青温度 230 $^{\circ}\text{C}$;揉捻 15 min;闷黄温度 35 $^{\circ}\text{C}$;毛火烘焙 10 min;复闷 20~24 h 至八成干,达到“玉米香”、“杏黄汤”的特征;干燥温度 60 $^{\circ}\text{C}$ 。各试验样品工艺参数在此基础上设定不同闷黄时间为 12, 24, 36, 48 h。试验处理采用湿闷闷黄法,鲜叶杀青后迅速趁热堆积,堆温不超过 50 $^{\circ}\text{C}$,茶叶含水量为 60%~65%,闷黄过程中盖上湿布,以保温保湿。除闷黄时间外,其它工序参数一致。

1.3.2 茶叶感官品质审评方法 按照 GB/T 23776-2018《茶叶感官审评方法》中的黄茶审评法^[10],由 5 名专业审评人员分别依次对茶叶外形、汤色、香气、滋味及叶底共 5 项因子分别进行术语描述及评分评定,每个因子按总分 100 分打分,总分按照外形 25%、汤色 10%、香气 25%、滋味 30% 及叶底 10%进行加权计算。同时,对滋味强度进行审评,采用 10 分制,最终评定得分取 5 名专业审评人员得分的平均分。

1.3.3 茶的浸提液制备 称 3 g 磨碎的干茶样(精确到 0.0001 g),加入 100 $^{\circ}\text{C}$ 蒸馏水 400 mL,水浴锅 100 $^{\circ}\text{C}$ 加热 45 min,每隔 10 min 缓慢摇匀 1 次,取出趁热过滤后,将滤液转移至 500 mL 容量瓶中,用蒸馏水定容。

1.3.4 水分和水浸出物测定 依据 GB 5009.3-2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》规定的方法测定茶叶水分^[11];茶水浸出物检测方法参考 GB/T 8305-2013《茶水浸出物测定》^[12]。

1.3.5 游离氨基酸组分含量测定 参考 Alcázar 等^[13]的柱前衍生测定方法,茶汤为 1.3.2 节中制备的水提液。在 EP 管中加入 500 μL 硼酸盐缓冲液,450 μL 的蒸馏水,50 μL 的邻苯二甲醛衍生剂,最后加入 5 μL 待检测茶样,完成茶样衍生化。选用 Agilent Zorbax Eclipse-AAA 色谱柱(4.6 mm \times 150 mm,3.5 μm),液相条件:流动 A 相(水相)为:40

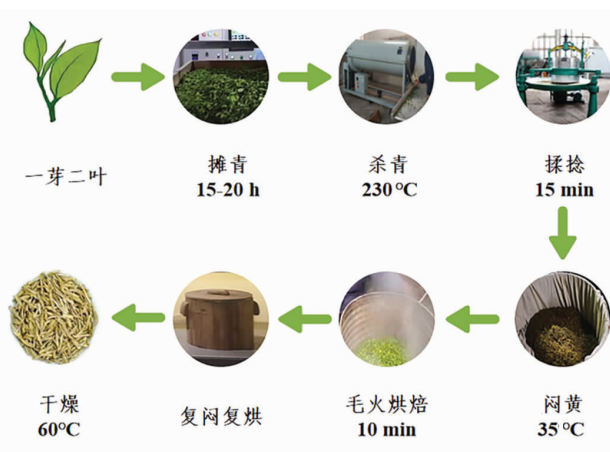


图 1 平阳黄汤样品的加工工艺

Fig.1 Processing of 'Pingyanghuangtang' samples

mmol/L 磷酸二氢钠溶液,过 0.22 mm 水膜。流动 B 相(有机相)为:乙腈:甲醇:水=45:45:10,过 0.22 mm 有机膜。色谱条件:进样量为 10 μL ;流速为 1.5 mL/min;柱温 40 $^{\circ}\text{C}$;走样时间 30 min;检测波长为 340 nm;梯度洗脱条件为流动相 B 在 0~18 min 从 5%梯度变化到 60%,在 18~23 min 从 60%梯度变化到 100%,在 23 min 回到初始状态 5%,平衡 7 min。

1.3.6 儿茶素、咖啡碱及没食子酸含量测定方法

参照 GB/T 8313-2018《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法》中规定的检测方法^[14],茶汤为 1.3.2 节中制备的水提液。本试验使用色谱柱为安捷伦(Agilent Technologies)ZORBAX-C18 柱(250 mm \times 4.6 mm, i.d., 5 μm)。

1.4 数据处理及结果分析

本试验结果数据使用 Excel 2018 统计分析软件及 SPSS 20.0 软件进行数据收集与统计分析。绘图采用 Graphpad Prism 8.0 软件以及 <https://www.chiplot.online/>;主成分分析使用 <https://www.metaboanalyst.ca/MetaboAnalyst/home.xhtml>,所有物质检测数据基于样品重复 3 次。

2 结果与分析

2.1 不同闷黄时间的黄茶感官评定结果

通过对不同闷黄时间茶样进行感官审评并取平均分,结果见表 1 可知,不同闷黄时间对平阳黄汤样品的感官品质有明显的影。本试验中闷黄

24 h 和 36 h 所得的平阳黄汤感官品质佳,其外形黄褐,汤色黄亮,香气高爽,滋味甘醇。闷黄时间 12 h 的平阳黄汤表现出外形和叶底色泽黄偏绿,香气略带青气,滋味微涩,整体偏绿茶的风格特点。但是闷黄时间过长,会导致略闷的香气和滋味缺陷。

通过进一步的滋味审评,定量分析特征滋味强度(10 分制),结果如图 2 显示,随着闷黄时间增加,茶汤浓厚度、鲜爽度、甜度、回甘度均呈现先

降低后升高的趋势,苦度和闷度略有上升而回甘度略有下降,与发表文献结果一致^[7,15]。闷黄 24 h 处理后黄茶的鲜爽度、甜度和回甘度均达到最强,在整体感官审评中也具有最高的滋味得分。黄茶样品整体苦涩味较弱,但闷黄处理 36 h 及 48 h 的黄茶出现微闷味,因此,合适的闷黄时间有助于黄茶茶汤的滋味口感的提升,尤其是鲜爽度和甜度,但是闷黄过长会导致闷味的产生。

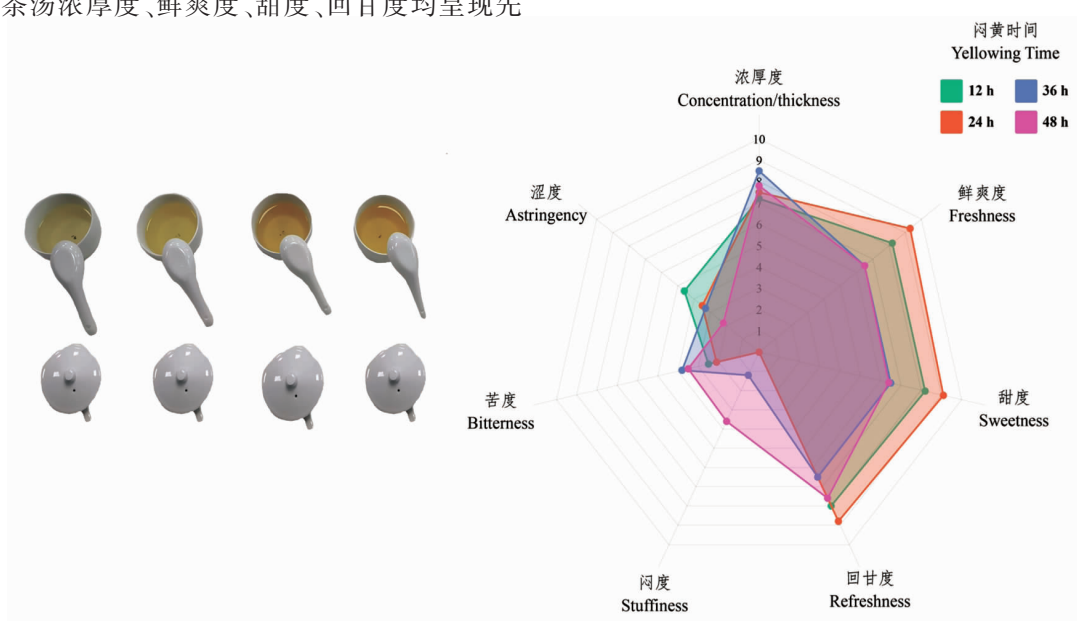


图 2 不同闷黄时间下茶汤的滋味特征值

Fig.2 The taste characteristic value of tea infusion with different yellowing times

表 1 不同闷黄时间下平阳黄汤的感官品质评语及得分

Table 1 Description and scoring of sensory characteristics in ‘Pingyanghuangtang’ samples with different yellowing time

| 闷黄时间/h | 外形 (25%) | | 汤色 (10%) | | 香气 (25%) | | 滋味 (30%) | | 叶底 (10%) | | 总分 |
|--------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|------|
| | 评语 | 得分 | 评语 | 得分 | 评语 | 得分 | 评语 | 得分 | 评语 | 得分 | |
| 12 | 绿带黄,较匀整 | 76.7 | 杏黄较亮 | 83.3 | 高爽,略带青气 | 89.3 | 浓醇,微涩 | 87.8 | 嫩匀,黄绿亮 | 84.0 | 84.6 |
| 24 | 褐黄,较匀整 | 76.1 | 浅黄较亮 | 89.2 | 高爽微甜 | 90.3 | 甘醇,鲜爽 | 91.6 | 尚匀,黄亮 | 83.6 | 86.4 |
| 36 | 黄褐,匀整较净 | 79.3 | 黄亮 | 91.5 | 玉米香,香气持久 | 91.2 | 浓厚,微甜 | 88.6 | 尚匀,黄较亮 | 82.6 | 86.4 |
| 48 | 褐黄,匀整较净 | 79.6 | 黄亮 | 90.0 | 玉米香,略闷 | 89.8 | 较醇,微闷 | 86.5 | 较匀,黄较亮 | 84.8 | 85.4 |

2.2 闷黄时间对水分及水浸出物的影响

闷黄是黄茶独特的加工工艺,同时也是黄茶形成“三黄”品质特征的关键步骤。经检测发现,闷

黄时间对平阳黄汤成品茶含水率影响不显著。闷黄时间 12,24,36,48 h 的水分及水浸出物所占比例如表 2 所示。闷黄时间 12 h 和 24 h 含水率变化

不大,闷黄 36 h 的含水率最低,约为 2.59%,而闷黄 48 h 的含水率最高,约为 3.87%。

茶叶水浸出物的含量会直接影响茶汤的滋味和汤色,不同闷黄时间的水浸出物含量与茶叶原料和加工、冲泡时间和温度等有关^[6],本试验控制相同条件,仅改变闷黄时间。结果表明,随着闷黄时间的增长,平阳黄汤中水浸出物含量先增加后减少,在闷黄时间 24 h 条件下水浸出物质量比例

最高,达到 54.88%,之后 36 h 和 48 h 的水浸出物含量逐渐下降。前人研究表明,水浸出物含量随闷黄时间延长而逐渐增加^[16]。在闷黄的湿热作用下,一些大分子难溶物质会发生降解,生成可溶性小分子物质,但过长的闷黄时间会导致小分子物质消耗,本试验所得变化规律与这一理论保持一致^[17]。

表 2 不同闷黄时间对茶样水分及水浸出物比较(%)

Table 2 Comparison of water content and water extract mass ratio of tea samples with different yellowing times (%)

| 测定内容 | 闷黄时间/h | | | |
|------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 12 | 24 | 36 | 48 |
| 水分 | 3.50 ± 0.29 ^a | 3.52 ± 0.23 ^a | 2.59 ± 0.13 ^b | 3.87 ± 0.17 ^a |
| 水浸出物 | 48.09 ± 3.03 ^a | 54.88 ± 4.70 ^{ab} | 47.45 ± 1.75 ^a | 43.23 ± 2.13 ^c |

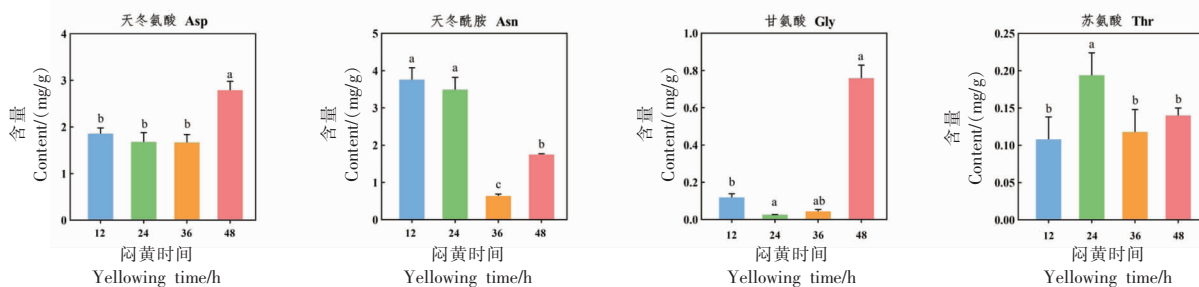
注:同行数据后的不同小写字母表示在 $P < 0.05$ 水平差异有统计学意义。

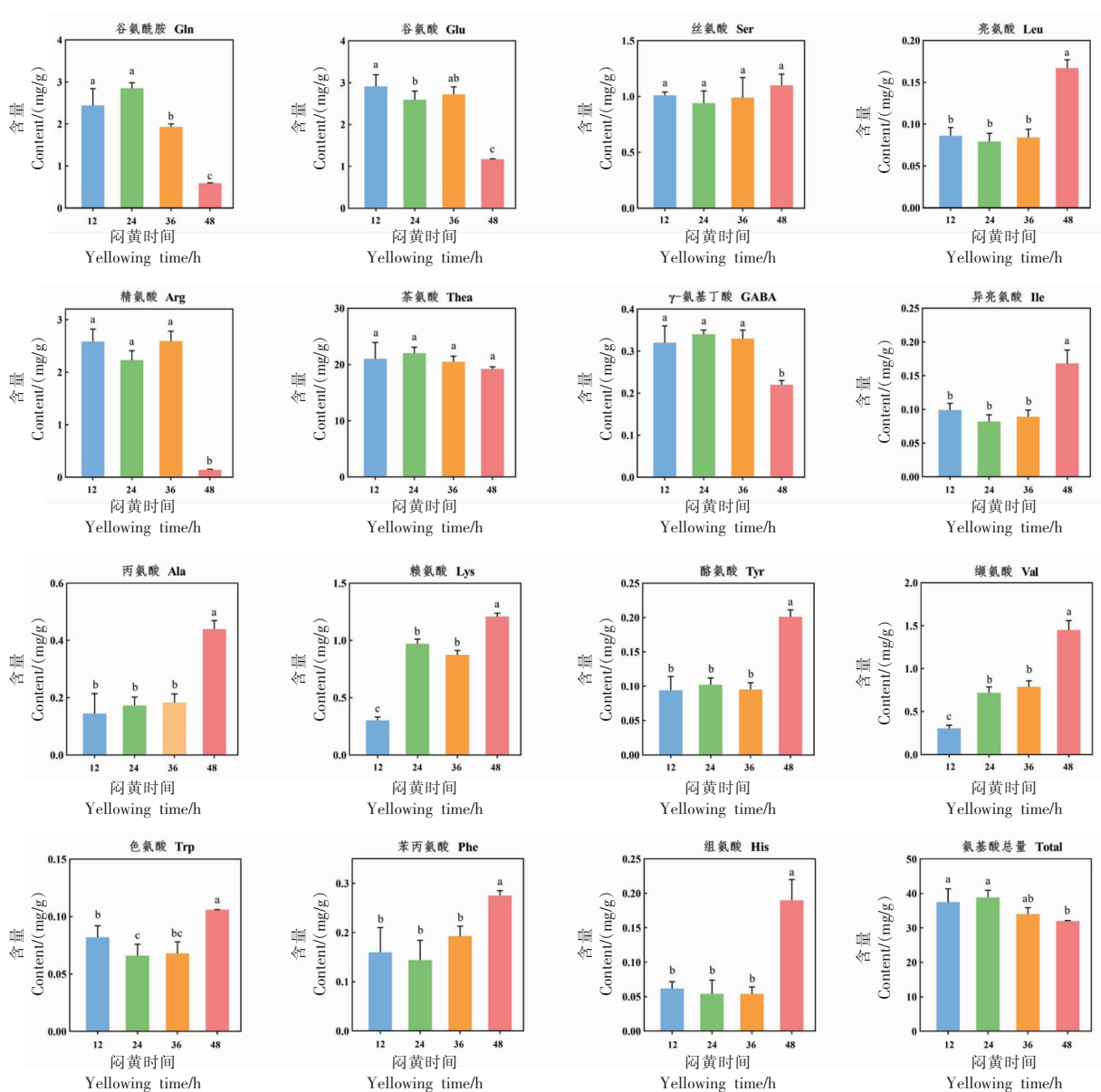
2.3 闷黄时间对游离氨基酸的影响

游离氨基酸是茶叶中重要的营养成分,对于风味的形成至关重要,同时还是香气物质合成的前体物质^[18]。不同闷黄时间下平阳黄汤中 19 种游离氨基酸含量及 19 种氨基酸总量变化结果如图 3 所示。游离氨基酸总量在闷黄初期(闷黄 12~24 h)有所增加,闷黄 24 h 茶样相比 12 h 增加了 1.30 mg/g,增幅为 3.46%;闷黄后期呈下降趋势,闷黄时间 48 h 游离氨基酸比 24 h 总量减少了 6.80 mg/g,降幅为 17.53%。根据其它研究,在闷黄前期,细胞壁通透性增大,蛋白质水解和热解成氨基酸;在闷黄后期,游离氨基酸通过氧化、缩合,以及作为前体发生美拉德反应生成香气物质,导致部分氨基酸含量呈现减少趋势^[19]。

不同的氨基酸会分别产生鲜味、苦味和涩味,例如,亮氨酸、异亮氨酸、赖氨酸和酪氨酸被认为

是导致茶苦味的原因^[20-21]。在本研究中,鲜味氨基酸如茶氨酸、 γ -氨基丁酸、谷氨酸、天冬氨酸等含量较高,大量鲜味氨基酸的积累可能是平阳黄汤滋味鲜醇的原因。其中,茶氨酸和 γ -氨基丁酸是影响茶叶滋味的主要成分之一,也是评价茶功能的指标的关键成分^[22]。结果表明,在本试验已固定的其他工艺参数基础上,茶氨酸含量丰富,超过氨基酸总量的一半,闷黄时间 24 h 的茶氨酸积累最多。 γ -氨基丁酸的含量随闷黄时间的增长同样呈现先增加后减少的趋势,闷黄时间 24 h 下的 γ -氨基丁酸含量最高,平均值为 0.340 mg/g。此外,随着闷黄时间增加,谷氨酸、天冬酰胺、谷氨酰胺、精氨酸等游离氨基酸的含量明显下降,而组氨酸、丙氨酸、亮氨酸、异亮氨酸等部分游离氨基酸含量呈现小幅度增加的趋势。





注:图中不同小写字母表示在 $P<0.05$ 水平差异有统计学意义。

图 3 不同闷黄时间下平阳黄汤茶样游离氨基酸组分的含量

Fig.3 Contents of free amino acid components in 'Pingyanghai' with different yellowing times

2.4 闷黄时间对儿茶素组分的影响

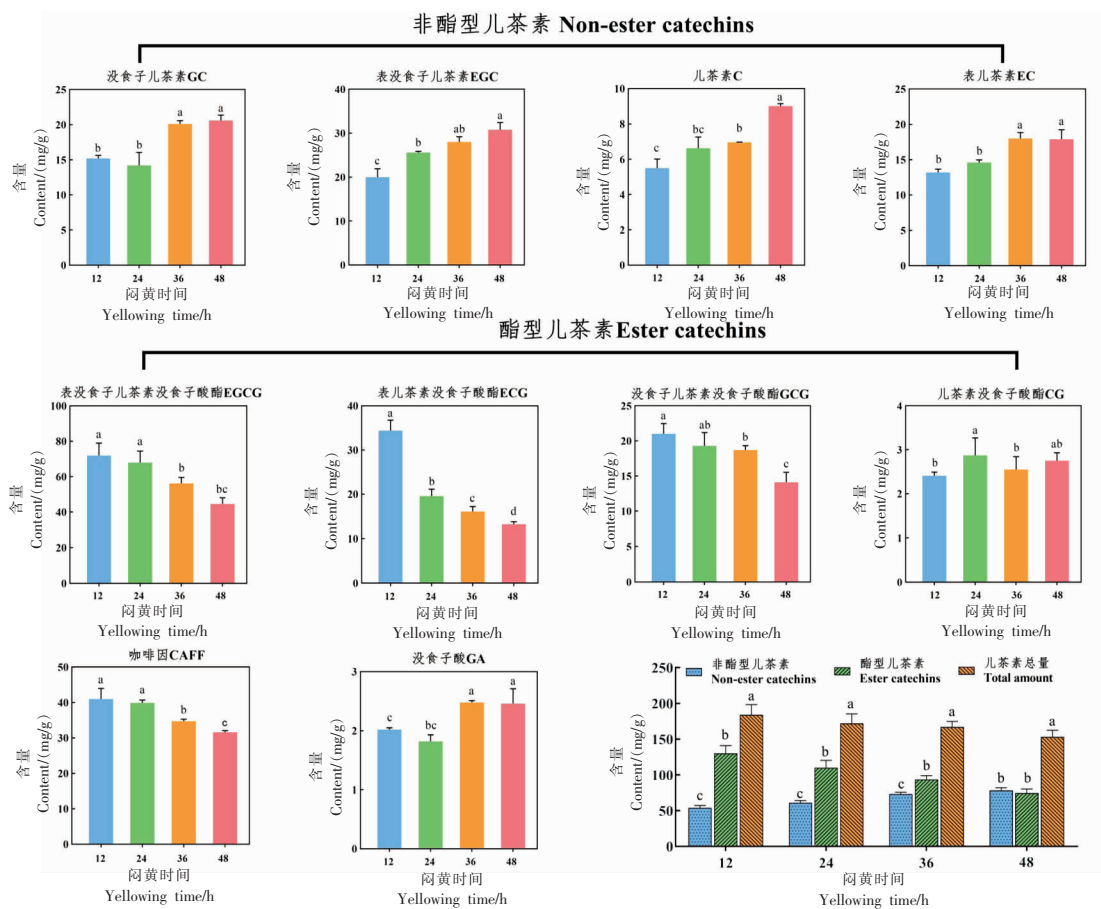
黄茶的滋味特征和强度受儿茶素的影响,儿茶素含量过高会使茶汤苦涩,而含量过低会失去其特有的味道^[23]。不同闷黄时间下的平阳黄汤儿茶素、咖啡碱及没食子酸的组分含量变化如图 4 所示。其中,非酯型儿茶素含量随闷黄时间的增加而明显上升,在闷黄时间为 12~48 h 的加工工艺过程中,闷黄时间 48 h 时非酯型儿茶素含量最

高,较闷黄 12 h 时上升了 23.2 mg/g,EGC、C 的含量均呈现出较大的持续增长趋势,其含量增幅超过 50%。酯型儿茶素含量在茶叶中占比很大,尤其是 EGCG 的含量占绿茶干物质的 10% 以上^[24],随着闷黄时间的增加,酯型儿茶素含量呈现显著下降趋势,EGC 的降幅最大,其次是 EGCG、GCG,而 CG 在闷黄逐渐延长的过程中含量小幅度波动。

咖啡碱(CAFF)是茶叶中含量最丰富的生物

碱,在不同闷黄时间的影响下,平阳黄汤中的咖啡碱含量逐渐下降,闷黄时间为48 h时含量最低,仅为24 h的3/4。没食子酸(GA)广泛分布,以游离酸、酯、儿茶素衍生物和水解单宁的形式存在^[25],随着闷黄时间的增加,12~24 h黄茶样品中GA含量略有增加,24~28 h样品中急剧增加,这可能是由于儿茶素的降解。先前研究表明,酯型儿茶

素的降解会产生简单儿茶素和GA^[26],这与我们的结果相似,总儿茶素和酯型儿茶素的含量在闷黄过程中均呈下降的趋势,而简单儿茶素和GA的含量有所增加。黄茶闷黄过程中儿茶素、GA和咖啡碱的变化可能是物理和化学的因素共同造成的,其反应速度和模式受到许多因素的影响,如温度、pH值和相对湿度等^[27]。



注:图中不同小写字母表示在 $P < 0.05$ 水平差异有统计学意义。

图4 不同闷黄时间下平阳黄汤的儿茶素组分、咖啡碱、没食子酸含量

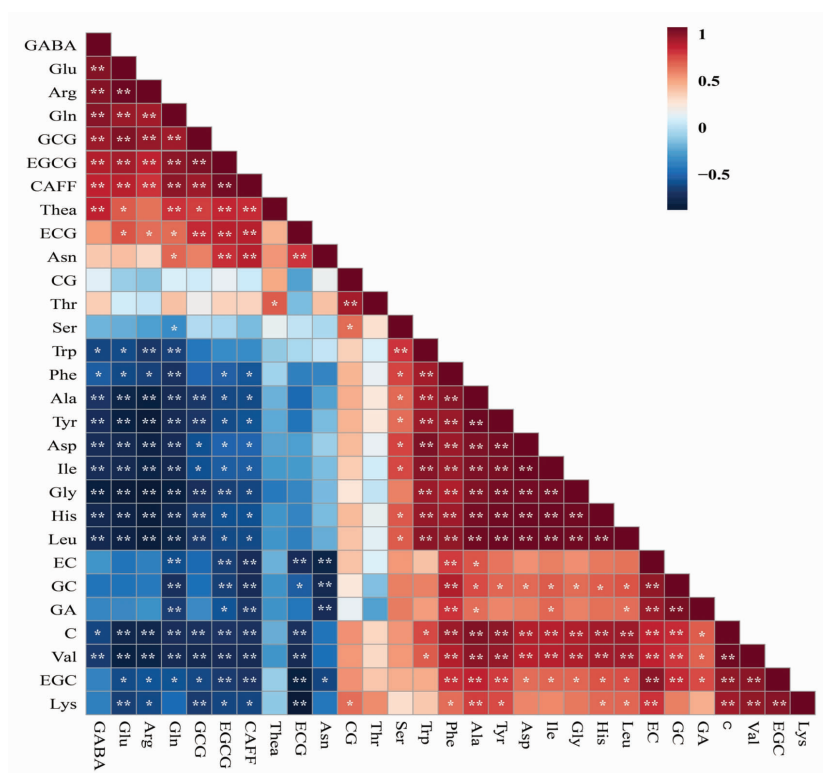
Fig.4 Contents of catechin components, caffeine and gallic acid in 'Pingyanghuangtang' with different yellowing times

2.5 基于多元统计分析闷黄时间对主要滋味化学组分的影响

根据上述结果和分析可知,生化物质成分很大程度影响了茶叶品质,但它们之间并不是简单的增减关系,而是存在复杂的相互作用^[28]。本研究对平阳黄汤的氨基酸、儿茶素、咖啡碱和没食子酸各组分含量进行相关性分析,结果见图5。结果表明,各生化成分之间反映品质信息时存在一定的

重叠,本试验适合进行主成分分析(principal component analysis, PCA)和最小偏二乘判别分析(partial least squares discrimination analysis, PLS-DA)。

为了进一步区分不同闷黄时间下的平阳黄汤滋味成分物质的变化,我们对GA、CAFF、儿茶素和氨基酸成分进行了主成分分析,在PCA图中可以看到与黄茶滋味品质相关的生化成分的分布。



注: * 表示在 $P < 0.05$ 水平差异有高度统计学意义; ** 表示在 $P < 0.01$ 水平差异有高度统计学意义。

图 5 样品中各滋味品质生化成分之间相关系数矩阵

Fig.5 Correlation coefficient matrix between the biochemical components of tea samples

得分图显示,第一主成分(PC1)的方差贡献为 87%,第二主成分(PC2)的方差贡献为 8.4%,合计 95.4%,能充分表达所设分析项中的绝大部分信息,因此选择前 2 个主成分对黄茶滋味品质成分进行分析。如图 6b 所示,不同闷黄时间的黄茶样品中在 PC1 和 PC2 上均能完全分离,表明不同样品的滋味品质特性上存在差异。闷黄 12 h 和 24 h 的样品位于 PC1 的负向区间,相比之下,闷黄 36 h 和 48 h 位于 PC1 的正向区间。

从图 6c 及表 3 的结果可以看出,对第 1 主成分贡献较大的是 EGCG、ECG、CAFF、GCG、EC、GC、EGC,其中,EGCG、ECG、CAFF、GCG 具有较大的负载荷量,EC、GC、EGC 具有较大的正载荷量。非酯型儿茶素的收敛性较弱,具有回甘,酯型儿茶素收敛性较强,具有苦涩味,咖啡碱具有苦味,该主成分涵盖了黄茶主要的苦涩度、涩度和回甘度的滋味品质成分,对第 2 主成分贡献较大的除了儿茶素外,还有 Glu、Gln、Arg、Thea 等氨基酸成分,

对于黄茶的甜度和鲜爽度有着重要贡献。

为了进一步说明不同闷黄时间下的平阳黄汤滋味品质成分对于茶汤滋味特征的影响,以滋味品质成分物质作为自变量,茶汤的滋味特征维度结果(浓厚度、甜度、鲜爽度、回甘度、苦度、涩度、闷度)作为因变量进行 PLS-DA 模型构建。通过 VIP(Variable important in projection)预测值分布图(图 7),获得了 13 种差异非挥发性化合物,如 GC、CAFF、GA、EC 和 Asn 等,都是区分不同闷黄时间制得平阳黄汤滋味特征的差异性物质。

3 讨论

本研究揭示了不同闷黄时间对平阳黄汤的品质特征和滋味成分的影响,在原料基础一致的前提下,相对适合的闷黄时间有利于黄茶品质的形成。本试验结果可知,随着闷黄时间增加,水浸出物含量和游离氨基酸总量都出现先增加后明显减少的规律,与周继荣等^[29]研究结果相一致,但其所

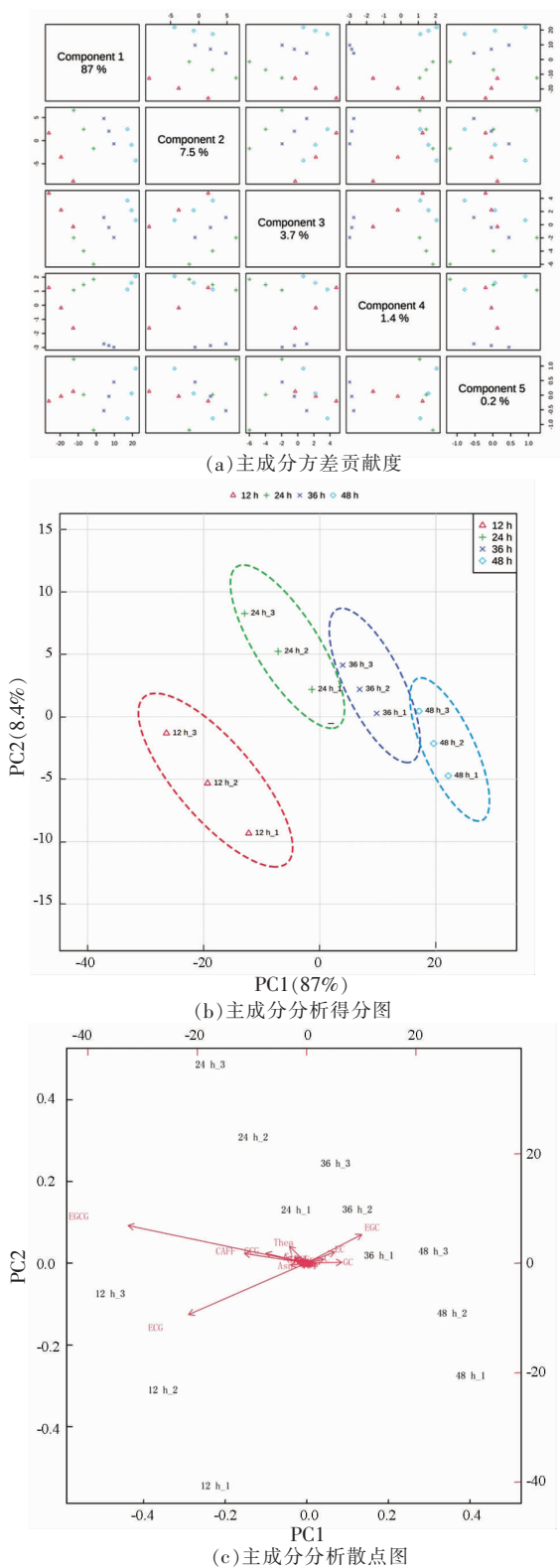


图6 不同闷黄时间下平阳黄汤的滋味品质指标的主成分分析(PCA)图

Fig.6 Principal component analysis (PCA) of the taste and quality index of 'Pingyanghuangtang' with different yellowing time

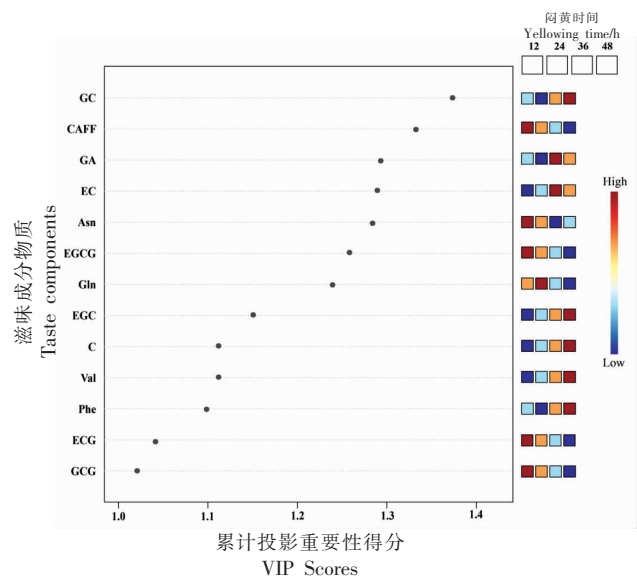


图7 不同闷黄时间下平阳黄汤 PLS-DA 模型的 VIP 图
Fig.7 PLS-DA VIP plot for 'Pingyanghuangtang' with different yellowing times

得的合适闷黄时间更短, 推测这一差异与不同品种黄茶的加工工艺流程有关, 本试验的平阳黄汤加工中采用烘闷结合的方式进行, 闷黄过程中的含水率下降, 因此所用的闷黄时间较长。

此外, 本试验条件下, 随着闷黄时间的增加, 咖啡碱和儿茶素总量减少, 儿茶素的组分含量也发生了显著的变化, 酯型儿茶素总量显著下降, 简单儿茶素总量上升。推测是由于在闷黄过程中, 儿茶素发生非酶性异构化、氧化反应和热裂解作用^[19,30], 同时, 咖啡碱与儿茶素类物质发生络合反应, 降低了原本物质的苦涩味, 提高茶汤的浓醇鲜爽度^[6]。

通过相关性分析发现, 平阳黄汤中的滋味品质化学成分之间存在着显著的相关性, 其反映品质信息时存在一定的重叠。根据主成分分析显示, 本试验中不同样品的滋味品质特性上存在差异, 能够较好地分离, 其中多种儿茶素组分、咖啡碱和茶氨酸等具有较高的贡献度, 受闷黄时间影响较大。根据 PLS-DA 模型获得标志性差异化合物 GC、CAFF、GA、EC 和 Asn 等, 可作为一定闷黄时间下定向加工优质平阳黄汤的指标物质。

综上所述, 本试验中闷黄时间 24 h 条件下水浸出物含量和鲜味氨基酸含量高, 鲜爽度、甜度和回甘度均达到最强, 在整体感官审评中也具有最

高的滋味得分,但其它影响滋味品质的生化成分并未达到最大值。黄茶闷黄过程中滋味品质的动态变化是一个复杂的过程,是各种滋味相关的化学组分共同表达的结果,复杂的反应促进其形成特征风味、颜色、味道和整体质量^[3]。需要对各加工工艺引起的组分变化及物质反应情况进行深入探索,才能进一步阐明黄茶滋味口感的影响因素和加工条件,适应我国茶叶生产的现状。

参 考 文 献

- [1] GRAMZA-MICHAŁOWSKA A, KOBUS-CISOWSKA J, KMIECIK D, et al. Antioxidative potential, nutritional value and sensory profiles of confectionery fortified with green and yellow tea leaves (*Camellia sinensis*) [J]. Food Chemistry, 2016, 211: 448-454.
- [2] KUJAWSKA M, EWERTOWSKA M, ADAMSKA T, et al. Protective effect of yellow tea extract on N-nitrosodiethylamine-induced liver carcinogenesis [J]. Pharmaceutical Biology, 2016, 54(9): 1891-1900.
- [3] 范方媛, 杨晓蕾, 龚淑英, 等. 基于浙江部分主栽品种的黄茶滋味特征及化学组分贡献研究[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2019, 45(4): 443-451.
- FAN F Y, YANG X L, GONG S Y, et al. Study on yellow tea taste characteristic and contribution of taste-chemical compositions to taste quality based on partial main cultivated cultivars in Zhejiang Province [J]. Journal of Zhejiang University (Agric & Life Sci), 2019, 45(4): 443-451.
- [4] 施兆鹏. 茶叶加工学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010: 183-190.
- SHI Z P. Tea Processing[M]. Beijing: China Agricultural Press, 2010: 183-190.
- [5] 龚永新, 蔡烈伟, 蔡世文, 等. 闷堆对黄茶滋味影响的研究[J]. 茶叶科学, 2000, 20(2): 110-113.
- GONG Y X, CAI L W, CAI S W, et al. Study on the effect of stack-cover process on the taste of yellow tea [J]. Journal of Tea Science, 2000, 20(2): 110-113.
- [6] 滑金杰, 江用文, 袁海波, 等. 闷黄过程中黄茶生化成分变化及其影响因子研究进展[J]. 茶叶科学, 2015, 35(3): 203-208.
- HUA J J, JIANG Y W, YUAN H B, et al. Review on the changes of biochemical components and the influencing factors in piling process of yellow tea [J]. Journal of Tea Science, 2015, 35(3): 203-208.
- [7] 董荣建, 黄晓琳, 苏中翔, 等. 平阳黄汤特征滋味的形成[J]. 浙江农业科学, 2022, 63(2): 338-341.
- DONG R J, HUANG X L, SU Z X, et al. The formation of 'Pingyanghuangtang' characteristic taste [J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2022, 63(2): 338-341.
- [8] 龚淑英, 周森杰, 谢雨欣, 等. 黄茶感官闷黄程度标定及不同闷黄程度莫干黄芽香气组分研究[J]. 茶叶, 2021, 47(3): 138-146.
- GONG S Y, ZHOU S J, XIE Y X, et al. Sensory demarcation of yellowing processing and the volatile components in Moganhuangya tea with different yellowing degrees [J]. Journal of Tea, 2021, 47(3): 138-146.
- [9] 张明露, 彭珂舒, 尹杰. 不同闷黄时间和温度对黄茶品质的影响[J]. 耕作与栽培, 2018(3): 12-14.
- ZHANG M L, PENG Y S, YIN J. Effects of different piling time and temperature during processing on the quality of yellow tea [J]. Tillage and Cultivation, 2018(3): 12-14.
- [10] 中华全国供销合作总社. 茶叶感官审评方法: GB/T 23776-2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- All China Federation of Supply and Marketing Cooperatives. Methodology of sensory evaluation of tea: GB/T 23776-2018 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2018.
- [11] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中水分的测定: GB 5009.3-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. National food safety standard determination of moisture in food: GB 5009.3-2016 [S]. Beijing: China Standard Press, 2016.
- [12] 全国茶叶标准化技术委员会. 茶水浸出物测定: GB/T 8305-2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- National Technical Committee on Tea of Standardization Administration of China. Tea-determination of water extract: GB/T 8305-2013 [S]. Beijing: China Standard Press, 2013.
- [13] ALCAZAR A, BALLESTEROS O, JURADO J M, et al. Differentiation of green, white, black, oolong

- and pu-erh teas according to their free amino acids content[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2007, 55(15): 5960–5965.
- [14] 中华全国供销合作总社. 茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法: GB/T 8313–2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- All China Federation of Supply and Marketing Cooperatives. Determination of total polyphenols and catechins content in tea: GB/T 8313–2018[S]. Beijing: Standards Press of China, 2018.
- [15] 范方媛, 杨晓蕾, 龚淑英, 等. 闷黄工艺因子对黄茶品质及滋味化学组分的影响研究[J]. *茶叶科学*, 2019, 39(1): 63–73.
- FAN F Y, YANG X L, GONG S Y, et al. The effect of technological factors on yellow tea quality and taste-chemical constituents in the yellowing process[J]. *Journal of Tea Science*, 2019, 39(1): 63–73.
- [16] 刘晓慧. 山东黄茶叶加工工艺及品质研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2010.
- LIU X H. Research on processing-technology and quality of yellow tea in Shandong[D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2010.
- [17] 刘绪绎, 袁月, 刘民强, 等. 闷黄对黄茶品质的影响研究进展[J]. *南方农业*, 2022, 16(13): 66–71.
- LIU X Z, YUAN Y, LIU M Q, et al. Progress on the quality of yellow tea[J]. *Journal of South China Agriculture*, 2022, 16(13): 66–71.
- [18] TONG T, LIU Y J, KANG J, et al. Antioxidant activity and main chemical components of a novel fermented tea[J]. *Molecules*, 2019, 24(16): 1–14.
- [19] 王治会. 黄茶闷黄中化学成分变化的动力学模型及滋味接受性研究[D]. 重庆: 西南大学, 2017.
- WANG Z H. Study on the dynamic model of chemical constituents and the acceptability of yellow tea [D]. Chongqing: Southwest University, 2017.
- [20] 许伟, 彭影琦, 张拓, 等. 绿茶加工中主要滋味物质动态变化及其对绿茶品质的影响[J]. *食品科学*, 2019, 40(11): 36–41.
- XU W, PENG Y Q, ZHANG T, et al. Dynamic change of major taste substances during green tea processing and its impact on green tea quality[J]. *Food Science*, 2019, 40(11): 36–41.
- [21] LI J L, ZHOU Y, ZHOU B, et al. Habitat management as a safe and effective approach for improving yield and quality of tea (*Camellia sinensis*) leaves[J]. *Scientific Reports*, 2019, 9(1): 433.
- [22] 刘建军, 张金玉, 彭叶, 等. 不同光质摊青对夏秋茶树鲜叶挥发性物质及其绿茶品质影响研究[J]. *茶叶科学*, 2022, 42(4): 500–514.
- LIU J J, ZHANG J Y, PENG Y, et al. Effects of light waves on the aroma substances of tea Shoots during withering and the final quality of green Tea [J]. *Journal of Tea Science*, 2022, 42(4): 500–514.
- [23] CHEN Q S, ZHAO J W, GUO Z M, et al. Determination of caffeine content and main catechins contents in green tea (*Camellia sinensis* L.) using taste sensor technique and multivariate calibration[J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2010, 23(4): 353–358.
- [24] ZHAO Y, CHEN P, LIN L Z, et al. Tentative identification, quantitation, and principal component analysis of green pu-erh, green, and white teas using UPLC/DAD/MS[J]. *Food Chemistry*, 2011, 126(3): 1269–1277.
- [25] FIEDOT-TOBOLA M, DMOCHOWSKA A, BARTŁOMIEJ P, et al. Gallic acid based black tea extract as a stabilizing agent in ZnO particles green synthesis[J]. *Nanomaterials*, 2021, 11(7): 1816.
- [26] QIN J H, LI N, TU P F, et al. Change in tea polyphenol and purine alkaloid composition during solid-state fungal fermentation of post-fermented tea [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2012, 60(5): 1213–1217.
- [27] LI N, TAYLOR L S, MAUER L J. Degradation kinetics of catechins in green tea powder: effects of temperature and relative humidity[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2011, 59(11): 6082–6090.
- [28] 雷亚兰, 周志梅, 李瑾, 等. 基于主成分分析和聚类分析方法评价宝庆桂丁绿茶品质特性[J]. *食品工业科技*, 2022, 43(6): 269–277.
- LEI Y L, ZHOU Z M, LI J, et al. Quality analysis of Baoqing guiding green tea based on principal component and cluster analysis [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2022, 43(6): 269–277.
- [29] 周继荣, 陈玉琼, 孙娅, 等. 鹿苑茶加工过程中品质的变化[J]. *华中农业大学学报*, 2005(1): 88–92.
- ZHOU J R, CHEN Y Q, SUN Y, et al. Change of quality of Luyuan yellow tea during processing[J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2005(1): 88–92.

- [30] LEE R J, LEE V S, TZEN J T, et al. Study of the release of gallic acid from (-) - epigallocatechin gallate in old oolong tea by mass spectrometry[J]. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 2010, 24(7): 851-858.
- [31] JIANG H, YU F, ZHANG N, et al. Dynamic change in amino acids, catechins, alkaloids, and gallic acid in six types of tea processed from the same batch of fresh tea (*Camellia sinensis* L.) leaves[J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2019, 77: 28-38.

The Effects of Different Yellowing Time on the Taste Quality Components of 'Pingyanghuangtang'

Lou Zhenyou¹, Zhou Yongjun², Zhong Weibiao², Xiang Shengxiang¹, Tu Youying¹, He Puming^{1*}

¹Department of Tea Science, College of Agriculture and Biotechnology, Zhejiang University, Hangzhou 310058

²Zhejiang Zijiu Culture Co., Ltd., Wenzhou 325400, Zhejiang

Abstract In order to study the differences of taste quality components of 'Pingyanghuangtang' (a yellow tea) with different yellowing time, the effects of different yellowing time on the taste quality and main components of 'Pingyanghuangtang' were clarified through sensory evaluation, biochemical composition determination and chemometric analysis. The results indicated that 'Pingyanghuangtang' showed different taste characteristics within a period time. The content of water extract and total amount of free amino acids in the tea samples first increased and then decreased. The mass ratio of water extract reached the maximum (54.88%), and yellow tea tasted more fresh and sweeter at 24 h yellowing time. The contents of total catechins, ester catechins and caffeine all decreased with the increase of yellowing time, while non-ester catechins and gallic acid increased. At the same time, the principal component analysis showed that there was a certain correlation between various biochemical components, epigallocatechin gallate, epigallocatechin, gallic acid, caffeine and theanine had a great contribution to 'Pingyanghuangtang' taste characteristic under the experimental conditions. It indicated that the change of taste quality in the process of the stuffiness was the result of the joint expression of various related chemical components. According to the PLS-DA model, the markable difference compounds gallic acid, caffeine, gallic acid, epicatechin and asparagine were obtained, which can be used as index substances for directional processing of high-quality 'Pingyanghuangtang' under the certain yellowing time.

Keywords Pingyanghuangtang; yellowing time; taste quality; principal component analysis