

黄金抹茶碱液浸泡蒸青护绿工艺 优化及品质研究

Research on process optimization and quality of alkali soaking and
steam fixing for golden matcha green protection

鲁颖^{1,2} 谭永生³ 姚茂君^{1,2} 杨茜³ 孙雯²

LU Ying^{1,2} TAN Yong-sheng³ YAO Mao-jun^{1,2} YANG Qian³ SUN Wen²

(1. 吉首大学林产化工工程湖南省重点实验室, 湖南 张家界 427000; 2. 吉首大学食品科学研究所,

湖南 吉首 416000; 3. 湘西自治州质量检验及计量检定中心, 湖南 吉首 416000)

(1. Key Laboratory of Human Forest Products and Chemical Industry Engineering, Jishou University, Zhangjiajie, Hunan 427000, China; 2. Institute of Food Science, Jishou University, Jishou, Hunan 416000, China; 3. Xiangxi Autonomous Prefecture Quality Inspection and Metrological Verification Center, Jishou, Hunan 416000, China)

摘要:以黄金茶为原料,采用碱液浸泡蒸青处理优化黄金抹茶研制过程中的护绿工艺,通过 Plackett-Burman 试验筛选得到碱液浓度、碱液浸泡时间、蒸青时间 3 个显著影响因素。在此基础上,通过最陡爬坡试验和 Box-Behnken 试验得到最佳工艺条件为:碱液质量百分浓度 0.15%,碱液浸泡时间 20 min,蒸青时间 92 s,料液比($m_{\text{黄金茶}} : V_{\text{碱液}}$) 1:20 (g/mL),蒸青叶层厚度 1 cm,在此条件下得到的黄金抹茶叶绿素含量为 2.25 mg/g。将传统蒸青、滚筒杀青和碱液浸泡蒸青 3 种工艺制得黄金抹茶的内含成分和感官评价进行对比,结果表明碱液浸泡蒸汽杀青叶绿素含量较其他两种工艺分别提高了 25.78%,40.44%;蒸汽杀青较滚筒杀青的茶多酚和游离氨基酸等的保留量都有所提高,而碱液浸泡对其影响不大,感官品质得分依次顺序为:碱液浸泡蒸青>传统蒸青>滚筒杀青。采用碱液浸泡蒸青处理有效地提高了黄金抹茶的护绿效果。

关键词:黄金茶;抹茶;碱液浸泡;蒸汽杀青;叶绿素;品质

Abstract: In this study, golden tea was used as the raw material to optimize the green protection technology in the process of preparing golden matcha by the alkali soaking and steam fixing. Three significant influencing factors were obtained by Plackett-Burman design, including the alkali concentration, alkali soaking time and steam fixing time, and the process optimization was studied by the steepest ascent design and Box-Behnken design.

The optimal conditions were as follows: The alkali concentration 0.15%, alkali soaking time 20 min, steam fixing time 92 s, solid-liquid ratio 1:20 (g/mL), and the thickness of leaves 1 cm. Under control of these conditions, the chlorophyll content of gold matcha was 2.25 mg/g. The contents and senses of the gold matcha prepared by traditional steaming, roller dehumidifying and alkali soaking were compared. The results showed that the chlorophyll content of alkaline soaking increased by 25.78% and 40.44% respectively compared with the other two technologies. The retention of polyphenols and free amino acids in steam dehumidification tea was higher than that in roller dehumidification tea, but alkali immersion had little effect on it. The order of the best sensory quality score was: Alkali immersion steaming > traditional steaming > roller dehumidifying. The green protection effect of gold matcha was improved by alkali soaking and steaming.

Keywords: gold tea; matcha; alkali soaking; steam fixing; chlorophyll; quality

黄金茶是湘西特有的珍稀地方茶树品种资源^[1],其氨基酸含量和水浸出物含量分别为 7.47%,41.04%,高出同期其他绿茶,而茶多酚含量仅为 18.04%^[2],高浸出物和低酚氨比的优异特性使得黄金茶成为生产抹茶的优质原料^[3]。色泽是评判抹茶品质等级的重要因素,翠绿的颜色是高品质抹茶所必须具备的^[4-5]。但在抹茶加工过程中,叶绿素易受光、热、pH 等外界因素的影响而发生褪色或变色^[6],显著影响抹茶品质。

目前,国内外学者对果蔬护绿进行了大量研究,而对茶叶的护绿工艺却鲜见报道。果蔬加工中常将物理漂烫

基金项目:吉首大学校级科研项目(编号:Jdy19022)

作者简介:鲁颖,女,吉首大学在读硕士研究生。

通信作者:姚茂君(1968—),男,吉首大学教授,硕士。

E-mail: yaomaojun@126.com

收稿日期:2020-07-30

作为控制酶促褐变的预处理方法,以保证产品具备良好的色泽和感观^[7-9]。而抹茶通常使用物理蒸青来钝化酶的活性,其主要是利用蒸汽穿透叶层,使叶温迅速升高,从而达到加速叶中酶钝化的效果,最大程度地减少叶绿素等内含成分的损失^[10-11]。常用的化学护绿方法主要有碱液浸泡、各类护绿剂(如抗坏血酸、金属离子化合物、叶绿素铜钠盐等)处理等^[12-14]。铜、锌等金属离子处理方法受元素残留等食品安全性问题的影响,使用受到限制^[15];叶绿素铜钠盐等护绿剂染色法成本较高,在实际应用中较少使用^[16]。而碱液处理可使叶绿素发生水解皂化反应,生成绿色叶绿素钠盐^[17],且能除去黄金茶表面的蜡膜利于护绿剂的渗透,达到良好的护绿效果^[18]。该方法护绿效果明显、操作简单易行、无食品安全性问题,因此被广泛应用于果蔬的护绿工艺中。研究拟以黄金茶为原料,结合蒸汽杀青和碱液浸泡的护绿方式研制色泽翠绿的高品质黄金抹茶。利用 Plackett-Burman (PB) 试验筛选出显著因素^[19],通过最陡爬坡试验和 Box-Behnken 试验确定最佳护绿工艺,并对黄金抹茶进行品质研究,以期对黄金茶开发和综合利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

黄金茶叶:湘西汇丰农业有限公司;

无水乙醇、丙酮:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

碳酸钙、无水碳酸氢钠:分析纯,麦克林试剂有限公司。

1.1.2 主要仪器设备

紫外可见—分光光度计:UV-2450 型,日本岛津公司;

电子天平:FA224 型,上海舜宇恒平科学仪器有限公司;

鼓风干燥箱:GZX-9246MBE 型,上海博讯实业有限公司医疗设备厂;

高速中药粉碎机:ZN-400A 型,上海元析仪器有限公司;

行星式球磨机:KQM-X4 型,咸阳金宏通用机械有限公司。

1.2 方法

1.2.1 碱液浸泡蒸青护绿法制备黄金抹茶 统一人工采摘经过遮阴覆盖的一芽两叶黄金茶,选择大小均一,色泽均匀,成熟度一致,无伤、无病虫害的茶叶,经无水碳酸氢钠溶液浸泡后迅速用流动水冲洗,备用。放入蒸汽器具隔板中进行蒸青处理,保持蒸青器具温度和锅内压力一致,以控制所有批次的蒸汽量一致。蒸青后取出,置于鼓风干燥箱中烘干(80℃),直至恒重。最后将烘干后的茶叶置于高速中药粉碎机进行粗粉碎,再用行星式球磨机

进行超微粉碎。

1.2.2 黄金抹茶碱液浸泡蒸青护绿的工艺优化

(1) Plackett-Burman 试验:利用 Plackett-Burman 试验考察碱液质量百分浓度、料液比、蒸青叶层厚度、碱液浸泡时间、蒸青时间 5 个因素对黄金抹茶叶绿素含量的影响,筛选出具有显著影响的关键因素。每个因素取高(+1)、低(-1) 2 个水平。

(2) 最陡爬坡试验:根据 Plackett-Burman 试验得到的一次拟合方程,设计各关键因素爬坡方向和步长,使得具有显著影响的关键因素取值逼近最大响应区域,确定各重要因素最佳中心点^[20]。

(3) 响应面优化试验:根据 Plackett-Burman 试验和最陡爬坡试验的结果,对筛选出的显著性关键因素进行响应面(Box-Behnken)设计,对试验结果建立自变量数学模型,并根据回归方程绘制响应曲面图和等高线图。

1.2.3 不同加工方式对比 采用同一批鲜叶原料,经 3 种不同加工处理后,比较得到的黄金抹茶叶绿素、茶多酚、茶氨酸、酚氨比、水浸出物含量及感观评价。

(1) 传统蒸青(方式 A):参照 1.2.1 的方法,但不采摘后的黄金茶鲜叶进行碱液浸泡和护绿剂处理,直接采用蒸汽杀青,干燥后超微粉碎得到黄金抹茶。

(2) 滚筒杀青(方式 B):设置杀青温度 145℃,时间 2.5 min,将杀青叶干燥粉碎得到黄金抹茶。

(3) 碱液浸泡蒸青(方式 C):用经响应面优化后得到的最优工艺制备黄金抹茶。

1.2.4 指标测定

(1) 叶绿素含量:参照肖润林等^[21]的方法,稍作修改。用 $V_{\text{丙酮}}:V_{\text{无水乙醇}}:V_{\text{蒸馏水}}=4.5:4.5:1.0$ 的丙酮—无水乙醇—蒸馏水混合液提取黄金抹茶叶绿素,分别在 645 nm 和 663 nm 处测定吸光度值,按式(1)和式(2)计算叶绿素含量。

$$c = (12.70 \times A_{663 \text{ nm}} - 2.69 \times A_{645 \text{ nm}}) + (22.90 \times A_{645 \text{ nm}} - 4.68 \times A_{663 \text{ nm}}), \quad (1)$$

$$\omega = \frac{c \times v}{m \times 1000}, \quad (2)$$

式中:

$A_{663 \text{ nm}}$ ——提取液在 663 nm 处的吸光度值;

$A_{645 \text{ nm}}$ ——提取液在 645 nm 处的吸光度值;

ω ——叶绿素含量,mg/g;

c ——叶绿素浓度,mg/mL;

v ——提取液体积,mL;

m ——样品鲜重,g。

(2) 茶多酚含量:参照 GB/T 8313—2018,以没食子酸为标准品,绘制标准曲线($Y=0.0748+0.0092X$, $R^2=0.9984$),先准确吸取测试液各 1.0 mL,再加入 5.0 mL 的福林酚试剂,摇匀。待反应 3~8 min 后,加入 4.0 mL 7.5% 碳酸钠溶液,加水定容至 25 mL。室温下放置

60 min 后在 765 nm 条件下用分光光度计测定其吸光度,根据标准曲线方程计算茶多酚含量。

(3) 游离氨基酸含量:参照 GB/T 8314—2013,以谷氨酸为标准品,绘制标准曲线($Y = -0.259\ 6 + 2.651X$, $R^2 = 0.999\ 1$),在比色皿中分别吸取 1.0 mL 测试液、0.5 mL pH 8.0 磷酸盐缓冲液和 0.5 mL 2% 茚三酮溶液,沸水浴中加热 15 min,待冷却后加水定容至 25 mL,在 570 nm 处测定吸光度,根据标准曲线方程计算游离氨基酸含量。

(4) 水浸出物含量:参照 GB/T 8305—2013,将黄金抹茶沸水浴浸提后趁热减压过滤,用沸蒸馏水洗涤数次后将茶渣连同滤纸移入烘皿后立即干燥直至恒重,最后称量计算结果。

(5) 感官评定:参照 Ikeda 等^[22]和李东娜等^[23]的方法,称取 3.0 g 抹茶,用 80 ℃ 水在白瓷审评碗中冲泡 5 min,由 10 位有经验的审评员采用密码审评法,对茶样的色泽、汤色、香气和滋味进行感官评分,其中色泽评分、汤色评分、香气评分、滋味评分分别占总分的 30%,10%,30%,30%。

1.2.5 数据处理 所有试验重复进行 3 次或 3 次以上,结果用平均值表示,运用 Excel 2003、Origin 9.0 以及 Design-Expert 8.0.6 软件对试验数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 Plackett-Burman 试验设计筛选关键因素

在预试验的基础上利用 Plackett-Burman 试验设计考察碱液质量百分浓度、料液比、蒸青叶层厚度、碱液浸泡时间、蒸青时间 5 个因素对叶绿素含量的影响,并筛选出显著影响因素,各因素的水平取值及试验结果见表 1 和表 2。

根据表 2 的结果对数据进行回归分析,得到对黄金抹茶叶绿素含量影响的一次回归方程:

$$Y = 2.080 + 0.051X_1 + 0.021X_2 - 2.282 \times 10^{-3}X_3 + 0.024X_4 - 0.026X_5。$$
(3)

表 1 Plackett-Burman 试验因素及水平取值

Table 1 Factors and levels of Plackett-Burman experiment

水平	X ₁ 碱液质量 百分浓度/%	X ₂ 料液比 (g/mL)	X ₃ 蒸青叶层 厚度/cm	X ₄ 碱液浸泡 时间/min	X ₅ 蒸青 时间/s
—1	0.05	1 : 15	1.00	15.00	60
1	0.25	1 : 25	2.00	25.00	120

表 2 Plackett-Burman 试验结果

Table 2 Results of Plackett-Burman experiment

序号	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	Y 叶绿素含量/ (mg · g ⁻¹)
1	—1	—1	1	—1	1	1.91
2	1	1	—1	1	1	2.14
3	1	—1	1	1	—1	2.17
4	—1	1	1	—1	1	2.00
5	—1	1	1	1	—1	2.10
6	—1	1	—1	1	1	2.06
7	1	—1	—1	—1	1	2.09
8	1	—1	1	1	1	2.10
9	1	1	—1	—1	—1	2.11
10	—1	—1	—1	—1	—1	2.04
11	—1	—1	—1	1	—1	2.03
12	1	1	1	—1	—1	2.16

由表 3 可知,影响黄金抹茶叶绿素含量的显著因素为 X₁、X₄ 和 X₅,X₄ 和 X₅ 对叶绿素含量影响显著(P<0.05),X₁ 影响极显著(P<0.01),其重要性依次为:X₁>X₅>X₄。回归方程的 P 值为 0.007 9,模型相关系数 $R^2 = 0.889\ 1$,调整相关系数 $R^2_{Adj} = 0.796\ 8$,信噪比 8.728,表明回归方程关系显著,且能反映 79.68% 响应值的变化,拟合程度较好。考虑到资源浪费问题,在响应面优化试验中将不显著因素叶层厚度和料液比($m_{\text{黄金茶}} : V_{\text{碱液}}$)分别控制为 1 cm 和 1 : 20 (g/mL)。

表 3 Plackett-Burman 试验方差分析[†]

Table 3 Analysis of variance for Plackett-Burman experiment

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	系数估计	显著性
模型	0.051	5	0.010	9.62	0.007 9	2.080	* *
X ₁	0.031	1	0.031	29.42	0.001 6	0.051	* *
X ₂	5.062 × 10 ⁻³	1	5.062 × 10 ⁻³	4.76	0.071 9	0.021	
X ₃	6.249 × 10 ⁻⁵	1	6.249 × 10 ⁻⁵	0.06	0.816 6	-2.282 × 10 ⁻³	
X ₄	6.822 × 10 ⁻³	1	6.822 × 10 ⁻³	6.41	0.044 5	0.024	*
X ₅	7.946 × 10 ⁻³	1	7.946 × 10 ⁻³	7.47	0.034 0	-0.026	*
残差	6.383 × 10 ⁻³	6	1.064 × 10 ⁻³				
总误差	0.058	11					

[†] * 表示差异显著(P<0.05); * * 表示差异极显著(P<0.01)。

2.2 最陡爬坡试验确定最佳中心点

根据 3 个显著因素的系数设计爬坡方向和步长,其中碱液质量百分浓度、碱液浸泡时间为正效应,取其高水平;蒸青时间为负效应,取其低水平。表 4 为最陡爬坡试验设计及结果。

表 4 结果表明黄金抹茶叶绿素含量在第 3 组达到最高,说明最优点存在于第 3 组附近。因此以碱液质量百分浓度为 0.15%、浸泡时间 20 min、蒸青时间 90 s 为响应面试验中心点,进行响应面优化。

2.3 Box-Behnken 响应面优化分析

以碱液质量百分浓度、碱液浸泡时间和蒸青时间为自变量,叶绿素含量为响应值进行响应面优化,护绿工艺响应面试验因素水平设计见表 5,结果见表 6。

利用 Design Expert 8.0.6 软件进行多元回归方程拟合和方差分析,得到自变量的二次项回归:

$$Y = -4.633\ 61 - 0.972\ 61X_1 + 0.342\ 24X_4 + 0.071\ 60X_5 + 0.313\ 95X_1X_4 + 0.039\ 20X_4X_5 + 1.101 \times 10^{-4}X_1X_5 - 26.263\ 80X_1^2 - 9.624\ 4 \times 10^{-3}X_4^2 - 4.315\ 60X_5^2 \quad (4)$$

由表 7 可知,P 模型 $<0.000\ 1$,P 失拟项 $=0.965\ 0>0.05$,说明该回归模型真实可靠。回归模型中 $R^2=0.989\ 9$, $R^2_{Adj}=0.977\ 0$,证明该试验拟合程度良好且该试验预测值与实际值之间的相关性较高,高度吻合,因此该回归模型适用于对黄金抹茶护绿工艺进行分析和预测。其中,一次项 X_1 、 X_4 、 X_5 ,二次项 X_1^2 、 X_4^2 、 X_5^2 ,以及交互项 X_1X_4 、 X_1X_5 对叶绿素含量的影响极显著($P<0.01$),其余无显著影响。固定一个因素在 0 水平,绘制其余两因素交互作用的响应曲面和等高线图,见图 1。

表 4 最陡爬坡试验设计及结果

Table 4 Results of steepest climb experiment

序号	X ₁ 碱液质量百分浓度/%	X ₄ 碱液浸泡时间/min	X ₅ 蒸青时间/s	Y 叶绿素含量/(mg·g ⁻¹)
1	0.05	15.0	120	1.91
2	0.10	17.5	105	2.12
3	0.15	20.0	90	2.25
4	0.20	22.5	75	2.17
5	0.25	25.0	60	2.12

表 5 Box-Behnken 试验因素及水平取值

Table 5 Factors and levels of Box-Behnken experiment

水平	X ₁ 碱液质量百分浓度/%	X ₄ 碱液浸泡时间/min	X ₅ 蒸青时间/s
-1	0.10	17.50	75
0	0.15	20.00	90
1	0.20	22.50	105

图 1(a)和(b)显示蒸青时间为 0 水平时,随着碱液质量百分浓度从 0.10%增加到 0.20%,碱液浸泡时间从 75 s 增加到 105 s,叶绿素含量先上升后下降。图 1(c)和(d)显示碱液浸泡时间为 0 水平时,叶绿素含量随碱液质量百分浓度及浸泡时间的增加呈先增加后降低的趋势。图 1(e)和(f)显示叶绿素含量随碱液浸泡时间和蒸青时间的增加也呈先增加后降低的趋势。

通过 Design-Expert 8.0.6 软件对模型进行优化分析得出的最佳工艺为碱液质量百分浓度 0.16%,碱液浸泡时间 20.33 min,蒸青时间 92 s。为了在实际操作中的便利性,将最佳工艺修正为碱液质量百分浓度 0.15%,碱液浸泡时间 20 min,蒸青时间 92 s,蒸青叶层厚度 1 cm,料液比($m_{\text{黄金茶}}:V_{\text{碱液}}$)为 1:20 (g/mL)。为验证该方法的准确性,采用上述所得最佳工艺进行 3 次验证实验,叶绿素平均含量为 2.25 mg/g,与理论预测值基本符合,说明该回归方程能够真实地反映各因素对黄金抹茶叶绿素含量的影响。

2.4 不同加工方式黄金抹茶品质比较

2.4.1 主要化学成分 如表 8 所示,与传统蒸青和滚筒杀青相比,碱液浸泡蒸青黄金抹茶的叶绿素含量分别提高了 25.78%,40.44%;与滚筒杀青相比,传统蒸青和碱液浸泡蒸青黄金抹茶的茶多酚含量增加 4.44%,7.10%,游离氨基酸含量增加 11.91%,9.97%,而传统蒸青与碱液浸泡蒸青之间无显著差异;3 种方式制备的黄金抹茶水浸出

表 6 Box-Behnken 响应面试验结果

Table 6 Results of Box-Behnken experiment

序号	X ₁	X ₄	X ₅	Y 叶绿素含量/(mg·g ⁻¹)
1	0	0	0	2.250
2	0	0	0	2.211
3	1	1	0	2.244
4	0	1	-1	2.085
5	-1	0	-1	2.033
6	0	0	0	2.250
7	0	0	0	2.252
8	1	-1	0	2.089
9	0	0	0	2.249
10	1	0	1	2.186
11	0	-1	-1	2.026
12	-1	1	0	2.065
13	1	0	-1	2.065
14	0	1	1	2.153
15	-1	0	1	2.035
16	0	-1	1	2.077
17	-1	-1	0	2.068

表 7 回归模型方差分析及结果[†]

Table 7 Results of variance analysis of response surface quadratic model

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
模型	0.130	9	0.014	76.55	<0.000 1	* *
X ₁	0.018	1	0.018	98.91	<0.000 1	* *
X ₄	0.010	1	0.010	55.55	0.000 1	* *
X ₅	7.231×10^{-3}	1	7.231×10^{-3}	39.42	0.000 4	* *
X ₁ X ₄	6.610×10^{-3}	1	6.610×10^{-3}	33.59	0.000 7	* *
X ₁ X ₅	3.452×10^{-3}	1	3.452×10^{-3}	18.82	0.003 4	* *
X ₄ X ₅	6.826×10^{-3}	1	6.826×10^{-3}	0.37	0.561 1	
X ₁ ²	0.018	1	0.018	98.97	<0.000 1	* *
X ₄ ²	0.015	1	0.015	83.06	<0.000 1	* *
X ₅ ²	0.040	1	0.040	216.44	<0.000 1	* *
残差	1.284×10^{-3}	7	1.834×10^{-4}			
失拟项	7.648×10^{-5}	3	2.549×10^{-5}	0.08	0.965 0	
纯误差	1.207×10^{-3}	4	3.019×10^{-4}			
总和	0.130	16				

[†] * 表示差异显著(P<0.05); * * 表示差异极显著(P<0.01)。

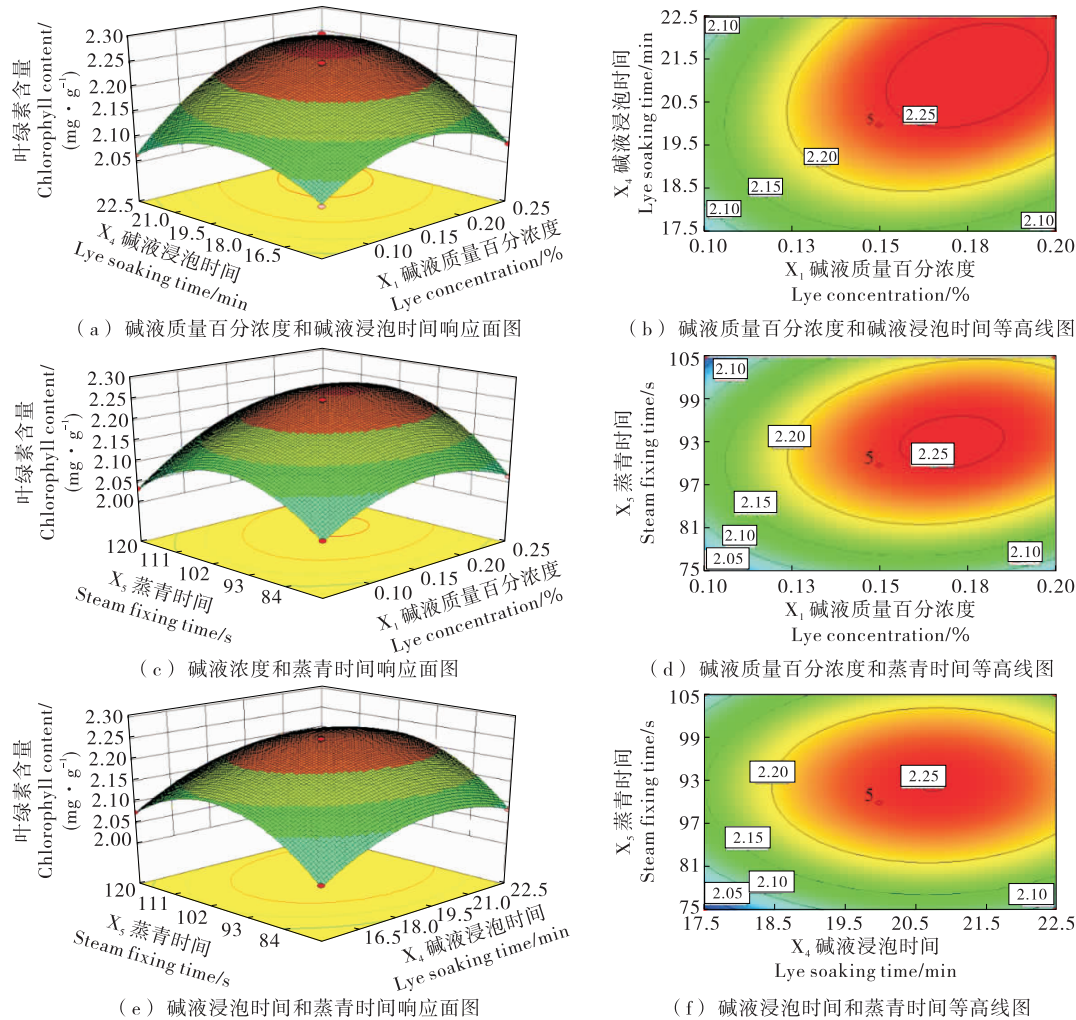


图 1 两因素间交互作用响应面及其等高线图

Figure 1 Response surface and contour line of two factors interaction

物含量存在显著性差异。可能原因是,炒青时茶叶升温较慢,破坏酶活性的时间较长,同时鲜叶与高温筒壁接触摩擦,使得叶绿素破坏量较多;蒸汽杀青过程中茶鲜叶在短时间内被高温蒸汽穿透,迅速地破坏酶活使叶绿素保留下来。经碱液浸泡的抹茶叶绿素含量更高,碱性环境使得叶绿素在高温的杀青过程中受到保护,保证抹茶翠绿的颜色。茶多酚和游离氨基酸是决定抹茶滋味的重要物质,酚氨比低的抹茶滋味更加鲜爽。由表 8 可知,传统蒸青的黄金抹茶的酚氨比最高,碱液浸泡蒸青处理的其次,但与传统蒸青的无显著差异。综上,蒸汽杀青相比于滚筒杀青能较大程度地保留抹茶主要内含物质,而碱液

浸泡在蒸青的基础上进一步减少了叶绿素的损失,保证了高品质抹茶翠绿的颜色,且不会对茶多酚、游离氨基酸等其他内含物造成不良影响。

2.4.2 感官品质 由表 9 可知:抹茶色泽差异较明显,碱液浸泡蒸青抹茶外观色泽翠绿明亮,传统蒸青抹茶次之,而炒青抹茶整体色泽偏黄、欠明,与上述成分分析中叶绿素含量的变化相符合。蒸汽杀青的滋味较为醇和,而炒青的滋味平和略涩,还带有高火和焦味。传统蒸汽杀青所需时间短、受热较为均匀且尽可能避免了茶叶与传热仪器的摩擦接触,保证了抹茶较为纯正的香味,碱液浸泡前处理对其影响不大,但与炒青相比差异明显。

表 8 黄金抹茶品质比较[†]

Table 8 Comparison of quality of gold matcha tea

加工方式	叶绿素/(mg·g ⁻¹)	茶多酚/%	游离氨基酸/%	酚氨比	水浸出物/%
传统蒸青	1.67±0.09 ^b	10.81±0.52 ^{ab}	6.97±0.10 ^a	1.55±0.07 ^b	36.83±0.10 ^b
滚筒杀青	1.34±0.14 ^c	10.33±0.33 ^b	6.14±0.04 ^b	1.68±0.04 ^a	34.27±0.06 ^c
碱液浸泡蒸青	2.25±0.13 ^a	11.12±0.17 ^a	6.82±0.16 ^a	1.63±0.08 ^{ab}	37.59±0.05 ^a

[†] 字母不同表示有显著性差异(P<0.05)。

表 9 黄金抹茶品质的感官评分结果

Table 9 Results for the sensory evaluation of gold matcha

加工方式	色泽	汤色	香气	滋味	总分
传统蒸青	色泽灰绿	黄绿尚明	香气纯正,略带闷气	鲜爽醇和	84.2
滚筒杀青	色泽黄绿	黄绿欠明	略带烟焦味	平和略苦	77.9
碱液浸泡蒸青	色泽青绿微润	黄绿明亮	香气纯正,稍带闷气	醇和	85.8

3 结论

试验最终得到的碱液浸泡蒸青最佳护绿工艺为:碱液质量百分浓度 0.15%,碱液浸泡时间 20 min,蒸青时间 92 s,蒸青叶层厚度 1 cm,料液比($m_{\text{黄金茶}}:V_{\text{碱液}}$)1:20 (g/mL)。碱液浸泡蒸青护绿工艺可显著提高黄金抹茶叶绿素含量,与传统蒸青和滚筒杀青所得黄金抹茶相比,叶绿素含量分别提高了 25.78%,40.44%;且不会对蒸青过程中其他内含成分造成不良影响,感官品质好。试验从工艺优化角度对黄金抹茶护绿工艺进行了研究,但未能对研制过程中叶绿素降解机理及其他护绿作用机制进行深入探究,后续可对此进行研究并探讨其作用机制。

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(3):309-317.
[2] 徐美志,徐尚德.‘黄金茶 1 号’茶树的引种与配套栽培管理关键技术[J].茶业通报,2020,42(2):77-80.
[3] 付杰,夏小欢,黄磊,等.抹茶加工工艺与技术研究进展[J].中国茶叶,2019,41(3):14-16,19.
[4] 孙浩.基于可见/近红外光谱技术的抹茶品质快速无损检测方法 & 便携式装备研发[D].镇江:江苏大学,2018:1.
[5] HIDEKI H, KAORI E, HIROSHI N, et al. Comparison of

the chemical components of powdered green tea sold in the US[J]. Japan Agricultural Research Quarterly: JARQ, 2018, 52(2): 143-147.
[6] 康三江,张海燕,苟丽娜,等.苣荬菜漂烫过程中护绿工艺研究[J].北方园艺,2020(4):108-114.
[7] WANG Cheng, ZHANG Bei-bei, SONG Li-ping, et al. Assessment of different blanching strategies on quality Characteristics and bioactive constituents of *Toona sinensis* [J]. LWT-Food Science and Technology, 2020, 130: 109549.
[8] NGUYEN M P. Blanching and drying effects on dried herbal tea production from Peppermint (*Mentha piperita* L.) [J]. Bioscience Research, 2020, 17(2): 926-932.
[9] 赵康诚,张娜,邢竺静,等.漂烫处理对老山芹速冻贮藏护色效果的影响[J].包装工程,2020,41(3):28-35.
[10] CHEN Jin-lei, XIAO Xiu-dan, CHEN Xu-min, et al. Effect of fixation and initial drying methods on quality and efficiency of fragrant tea in three gorges reservoir region[J]. China Tea Processing, 2019(2): 13-18.
[11] 刘青茹,汪辉,王彬,等.蒸青时间对花香型蒸青茶品质的影响研究[J].农产品加工,2016(22):25-27.
[12] 肖秋雨,肖亮亮,钟侃,等.酸辣辣的护绿工艺及腌制液配方优化的研究[J].西南师范大学学报(自然科学版),2019(8):59-64.

(下转第 205 页)

- 相液相色谱法[J]. 计算机与应用化学, 2013, 33(11): 1 379-1 382.
- [13] 刘江伟, 于蒙蒙, 范双杰, 等. 黄秋葵花的成分分析[J]. 食品科技, 2016, 41(7): 280-283.
- [14] 王万方, 张怀令, 陈丽, 等. 不同加工形式茶叶茶多酚含量及抗氧化活性比较研究[J]. 大理学院学报, 2014, 13(10): 18-21.
- [15] 徐玮, 王利华, 聂宁. 不同温度和时间处理对茶多酚损失率的影响[J]. 中国农学通报, 2009, 25(2): 15-17.
- [16] CHEN Ying-Jie, KUO Ping-Chung, YANG Mei-Lin, et al. Effects of baking and aging on the changes of phenolic and volatile compounds in the preparation of old Tieguanyin oolong teas[J]. Food Research International, 2013, 53(2): 732-743.
- [17] WAN Li-fei, KIM Dong-man, LEE Chang-yong. Effects of heat processing and storage on flavanols and sensory qualities of green tea beverage[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2000, 48(9): 4 227-4 232.
- [18] WANG Chen, LV Shi-dong, WU Yuan-shuang, et al. Oolong tea made from tea plants different from locations in Yunnan and Fujian China showed similar aroma but different taste characteristics[J]. Springer Plus, 2016, 5(5): 1-15.
- [19] 程启坤, 阮宇成, 王月根, 等. 绿茶滋味化学鉴定法[J]. 茶叶科学, 1985, 5(1): 7-17.
- [20] 武彦文, 欧阳杰. 氨基酸和肽在食品中的呈味作用[J]. 中国调味品, 2001(1): 19-22.
- [21] 王慧琛, 王丽琴. 熊果苷的应用及检测研究进展[J]. 天津药学, 2012, 24(4): 71-74.
- [22] 王亚芳, 周宇辉, 张建军. 熊果苷镇咳、祛痰及平喘的药效学研究[J]. 中草药, 2003, 34(8): 739-741.
- [23] 臧晓霞, 章文超, 林英秀. 知柏地黄丸联合坤泰胶囊治疗更年期综合征的疗效观察[J]. 现代药物与临床, 2016, 31(12): 2 029-2 032.
- [24] 方伟进, 李艳, 曹珊珊, 等. 山茱萸果核提取物耐疲劳和耐缺氧作用研究[J]. 河南科技大学学报(医学版), 2011, 29(3): 167-169.
- [25] WOLF I V, PEROTTI M C, ZALAZAR C A. Composition and volatile profiles of commercial Argentinean blue cheeses[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2011, 91(2): 385-393.

(上接第 176 页)

- [13] 高蔓, 刘欣悦, 刘静静, 等. 青萝卜护绿与热泵干燥动力学研究[J]. 农产品加工, 2019(3): 25-29.
- [14] ZHANG Zi-xun, FENG Gui-feng, LI Yun. Development of okra sports drink[J]. Beverage industry, 2019, 22(2): 47-51.
- [15] 中华人民共和国卫生部. 食品安全国家标准 食品营养强化剂使用标准: GB 14880—2012[S]. 北京: 中国标准出版, 2012: 8-9.
- [16] 文星. 苦苣菜护色工艺及叶绿素铁钠盐制备的研究[D]. 西安: 陕西科技大学, 2013: 11.
- [17] KOCA N, KARADENIZ F, BURDURLU H S. Effect of pH on chlorophyll degradation and colour loss in blanched green peas[J]. Food Chemistry, 2006, 100(2): 609-615.
- [18] 刘扬. 养心菜护绿及贮藏工艺研究[D]. 长春: 吉林大学, 2015: 33.
- [19] WAN Qian-guo, ZHAO Hui-meng, ZHEN Peng-zhang, et al. Optimization of key variables for the enhanced production of hydrogen by *Ethanoligenens harbinense* W1 using response surface methodology[J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2011, 36(10): 5 843-5 848.
- [20] ATTAPOL S, PAIROTE W, PATTAVARA P, et al. Application of a plackett-burman design for screening raw materials mainly affecting the properties of mum (Thai Fermented Sausage)[J]. Chiang Mai University Journal of Natural Sciences, 2020, 19(1): 122-138.
- [21] 肖润林, 王久荣, 单武雄, 等. 不同遮荫水平对茶树光合环境及茶叶品质的影响[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(6): 6-11.
- [22] IKEDA G, NAGAI H, SAGARA Y. Development of food kansei model and its application for designing tastes and flavors of green tea beverage[J]. Food Science and Technology Research, 2004, 10(4): 396-404.
- [23] 刘东娜, 聂坤伦, 杜晓, 等. 抹茶品质的感官审评与成分分析[J]. 食品科学, 2014, 35(2): 168-172.

(上接第 195 页)

- [7] 张辉. 大数据技术在烘丝出口水分预测与控制中的应用[J]. 通讯世界, 2017(6): 249-250.
- [8] 王艳, 陈静, 王志山, 等. 基于模糊神经网络 PID 控制的粉体包装计量控制系统[J]. 食品与机械, 2020, 36(1): 136-139.
- [9] 杨正伟, 张鑫, 李庆盛, 等. 基于电子舌及一维深度 CNN-ELM 模型的普洱茶贮藏年限快速检测[J]. 食品与机械, 2020, 36(7): 45-52.
- [10] 钟文焱, 陈晓杜, 马庆文, 等. 基于多因素分析的烘丝机入口含水率预测模型的建立与应用[J]. 烟草科技, 2015, 48(5): 67-73.
- [11] 刘炳军, 李江, 邱琳, 等. 制丝烘丝工序关键工艺参数批间稳定性控制分析[J]. 大众科技, 2017, 19(12): 16-19.
- [12] 董高峰, 殷沛沛, 和智君, 等. 微波膨胀梗制丝关键工艺参数的优化[J]. 中国农学通报, 2014, 30(30): 302-309.
- [13] 王宏铝, 王筑临, 许小双, 等. 基于在线烟碱预测模型的烟叶复烤均质化加工[J]. 烟草科技, 2015, 48(6): 79-83.
- [14] 何晓群. 多元统计分析[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2012: 143-154.
- [15] 李洪成, 姜宏华. SPSS 数据分析教程[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2012: 24-27.