

田时雨,封雯,陈玉琼,等.一种黑茶自动渥堆机的研制及其对品质形成的影响[J].华中农业大学学报,2022,41(5):50-56.  
DOI:10.13300/j.cnki.hnlkxb.2022.05.007

## 一种黑茶自动渥堆机的研制及其对品质形成的影响

田时雨<sup>1,2</sup>,封雯<sup>3</sup>,陈玉琼<sup>1</sup>,余志<sup>1</sup>,黄申逵<sup>4</sup>,陈省忠<sup>4</sup>,陈学礼<sup>5</sup>,倪德江<sup>1</sup>

1. 华中农业大学园艺林学学院/园艺植物生物学教育部重点实验室,武汉 430070;  
2. 贵州农业职业学院食品药品系,贵阳 551400; 3. 浙江绿峰机械有限公司,衢州 324000;  
4. 云南省腾冲市高黎贡山生态茶业有限责任公司,腾冲 679100; 5. 湖北省宜昌鑫鼎生物科技有限公司,宜昌 443000

**摘要** 为解决目前黑茶生产过程中的渥堆自动化和品控问题,采用模拟青砖茶、普洱茶等黑茶品种的室内自然渥堆方法,根据茶叶吸水发热原理,提出双仓控温控湿方法,设计一种黑茶自动渥堆机,实现渥堆过程的温度、湿度、氧气自动调节以及数字化控制和自动化操作。试验结果表明,自动渥堆机渥堆过程温度(平均51℃)、湿度(61%~89%)以及茶叶含水量(从38%逐渐降低至22%)变化完全能达到黑茶渥堆的要求;利用渥堆机渥堆的茶叶能满足传统加工方法要求,并且品质稳定。安全性分析表明,使用自动渥堆机渥堆的黑茶,未检出呕吐毒素、黄曲霉素B1和玉米赤霉酮,说明该自动渥堆机生产加工的黑茶完全达到食品安全质量要求。

**关键词** 黑茶; 渥堆; 渥堆机; 温湿度; 品质; 食品安全; 加工自动化

**中图分类号** TS272.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2022)05-0050-07

黑茶属于后发酵茶类,具有减肥降脂、调节肠道、降血糖等功能<sup>[1]</sup>。目前,黑茶消费区域已经从我国边疆扩展到我国内地和港、澳、台地区,以及俄罗斯、欧洲等地区。黑茶的功能与其独特的渥堆工艺有关。渥堆过程中,由于微生物和湿热作用,茶叶内含成分发生了复杂的化学变化,形成一系列新的化合物,这些物质贡献于黑茶的特殊功能<sup>[2-3]</sup>。

影响渥堆的因素主要有茶叶的含水量和渥堆温度、湿度和时间等。Zheng等<sup>[4]</sup>研究表明,普洱茶渥堆要求晒青毛茶原料加水量在25%~35%,原料越粗老加水量越大;渥堆过程中堆内温度35~65℃、湿度70%~90%有利于普洱茶品质的形成。谈峰等<sup>[5]</sup>对雅安藏茶卧式发酵机渥堆工艺进行优化,适宜的参数为茶坯含水量30%、渥堆温度70℃、时间110h。郝娟<sup>[6]</sup>在单因素试验基础上采用正交试验法优化出湖北青砖茶渥堆适宜的茶叶含水量为38%、温度为45℃、湿度为85%,在此条件下渥堆制成的青砖茶陈香明显,滋味甜醇。刘盼盼等<sup>[7]</sup>进一步优化渥堆工艺,并分析了香气组分的变化。张芬<sup>[8]</sup>对六堡茶渥堆工艺进行优化。总体来看,不同的黑茶由于原料、

风格等变化要求,渥堆工艺有一定差异,但在生产过程中如何保持工艺稳定至关重要。

采用渥堆机渥堆是确保渥堆过程品质形成与稳定的关键。目前在黑茶的生产中尚未有大规模推广使用的渥堆机械<sup>[5,9]</sup>。虽然有一些渥堆机的专利出现<sup>[10]</sup>,但这些渥堆机并不能彻底替代传统的人工渥堆,尤其是加工的茶叶与传统渥堆的品质存在较大差异,性能有待提高<sup>[10-11]</sup>。本研究设计一种黑茶自动渥堆机,对渥堆过程的温度、湿度、氧气进行自动调节和数字化控制,旨在为我国黑茶加工自动化提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 黑茶自动渥堆机的设计与结构特征

1) 设计原理。模拟青砖茶、普洱茶等黑茶室内自然渥堆方法,根据茶叶吸水发热原理,采用双仓控温控湿调氧,促进湿热作用和微生物作用进行渥堆。

2) 基本结构。黑茶自动渥堆机结构简图如图1所示。包括外仓、滚筒架、滚筒、加热器和加湿器,滚筒通过主轴设置在滚筒架上且位于外仓内,加热器

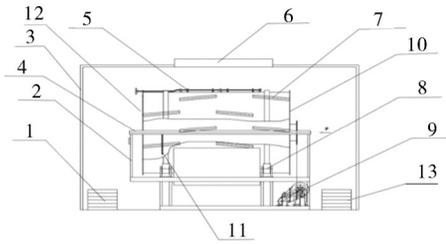
收稿日期: 2022-06-24

基金项目:国家重点研发计划项目(2021YFD1000401);中央高校自主创新基金项目(2662017PY053);云南省科技人才和平台计划项目(202005AF150075)

田时雨, E-mail: 552018993@qq.com

通信作者: 倪德江, E-mail: nidj@mail.hzau.edu.cn

和加湿器设置在滚筒与外仓之间的空间内。在外仓上设有空气调节门,以利于调节渥堆过程的氧气与湿度。在滚筒内壁上设有若干根搅拌叶以利于翻茶。在滚筒的内部安装有温度测量仪,以实时在线监测渥堆温度。在滚筒轴上安装有加湿装置,以利于喷水发水和渥堆过程的补水。滚筒上设有进出茶门,以利于上下料。



1. 加热器 Heater; 2. 滚筒架 Drum frame; 3. 外仓 Cover; 4. 主轴 Spindle; 5. 进出茶门 Tea door; 6. 温控调节门 Temperature control door; 7. 搅拌叶 Stirring blades; 8. 滚筒 Drum; 9. 传动装置 Transmission device; 10. 滚筒 Drum; 11. 温度测量仪 Temperature measuring instrument; 12. 观察窗 Observation window; 13. 加湿器 Humidifier.

图1 自动渥堆机正视图

Fig.1 Positive view of automatic piling machine

3)主要结构特点。温度、湿度、氧气自动调节:利用加热器和加湿器,控制渥堆室内环境温度 $\geq 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $\geq 65\%$ ;利用外罩上的空气调节门,调节渥堆过程的氧气与湿度。数值化控制:实时显示渥堆过程温湿度变化,并实现温、湿、水自动补偿功能;采用光控系统自动控制滚筒转动以及进出茶门情况。自动化操作:控制器集成西门子S7-200PLC快速运算、液晶触摸屏操作界面友好的特点。

## 1.2 试验材料

研究自动渥堆机渥堆过程中品质变化的绿毛茶原料为湖北省宣恩县伍台昌臣茶叶有限公司生产的晒青毛茶,品种为当地群体种,嫩度为机采一芽四五叶。研究不同类型的茶叶品质所用绿毛茶原料为云南省凤庆县陈缘茶厂生产的晒青毛茶,品种为当地云南大叶群体种,嫩度为一芽三四叶。

## 1.3 试验方法

1)自动渥堆机渥堆方法。6CWD-1型黑茶自动渥堆机由华中农业大学设计(专利号ZL201720918436.8),浙江绿峰机械有限公司生产。将毛茶原料分次加入滚筒渥堆机中,自动加水至茶叶含水量38%。渥堆期间每隔3d翻堆1次,共15d。茶堆内部的温湿度由内置的TH10R型号温湿度仪(距离滚筒底部20cm)自动测定。渥堆结束后出料,

然后使用6CSF-100型筛分机(浙江绿峰机械有限公司)进行筛分,分离团块茶与散茶。团块茶使用6CJ-4型解块机(浙江绿峰机械有限公司)解块。散茶和经过解块的茶叶用6CH-3型烘干机(浙江绿峰机械有限公司)分2次干燥,第1次温度 $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,第2次温度 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。渥堆过程在每次翻堆时取样,样品混匀后使用6CTH-6.0型号提香机(浙江绿峰机械有限公司)在 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下烘1h。

2)室内自然渥堆方法。按照湖北青砖茶的工艺,相同原料(来源于湖北省宣恩县伍台昌臣茶叶有限公司)在宜昌鑫鼎生物科技有限公司进行,渥堆时茶叶质量一般10000kg左右,掌握堆高在1.6~1.8m,毛茶洒水后含水量35%~38%。发酵时间26d,发酵过程堆温一般不超过 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,6~8d翻动1次,一般翻动3次左右,然后开沟通风晾干。

## 1.4 分析方法

1)感官审评。根据GB/T 23776—2018《茶叶感官评审方法》进行。

2)理化分析。水分分析采用GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》;茶多酚分析参考GB/T 8313—2018《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法》;水浸出物分析参考GB/T 8305—2013《茶 水浸出物测定》;游离氨基酸分析参考GB/T 8314—2013《茶 游离氨基酸总量的测定》;茶黄素(TF)、茶红素(TR)、茶褐素(TB)含量采用比色系统分析法<sup>[12]</sup>;可溶性糖含量采用蒽酮比色法<sup>[13]</sup>。

3)微生物毒素分析。送样到农业农村部微生物产品品质监督检验测试中心(武汉)分析。采用国标法,其中脱氧雪腐镰刀烯醇(呕吐毒素)参考GB 5009.111—2016《食品安全国家标准 食品中脱氧雪腐镰刀烯醇及其乙酰化衍生物的测定》,黄曲霉素B1参考GB 5009.22—2016《食品安全国家标准 食品中黄曲霉素B族和G族的测定》,玉米赤霉烯酮参考GB 5009.209—2016《食品安全国家标准 食品中玉米赤霉烯酮的测定》。

## 1.5 数据处理

数据结果表示为 $\bar{x} \pm SD$ 。采用SPSS Statistics 25.0软件对数据进行分析,LSD法进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 渥堆过程茶叶品质的变化

1)渥堆过程温度、相对湿度以及茶叶含水量的变化。由图2A可知,茶叶经过洒水增湿后第1天堆温仅 $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,但第2天迅速升温至 $56.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,说明茶叶充

分吸水后叶片内开始发生化学反应,堆温上升<sup>[14]</sup>,之后基本保持在55℃左右,平均温度为51℃。青砖茶渥堆的温度只要保持在40~60℃就能获得较好的品质<sup>[6]</sup>,也有研究显示六堡茶所需的堆温在40~50℃可以保持较好的品质<sup>[8]</sup>。这说明我们研发的自动渥堆机完全能达到黑茶渥堆的温度要求。由图2B可知,渥堆过程空气相对湿度介于61%~89%,大多数时间湿度都在80%左右。我们前期的研究发现,青

砖茶渥堆的相对湿度在65%~95%均能获得较好的品质,而且比较好的湿度范围为65%~85%<sup>[6]</sup>。也有其他研究显示黑茶最适宜的渥堆湿度在58%~81%<sup>[15]</sup>。这也说明我们研发的自动渥堆机完全能达到黑茶渥堆的湿度要求。由图2C可以看出,渥堆过程茶叶的含水量从38%逐渐降低至22%,与传统渥堆工艺茶叶的含水量变化一致<sup>[14]</sup>,其中前6d下降速度较慢,之后下降速度较快。

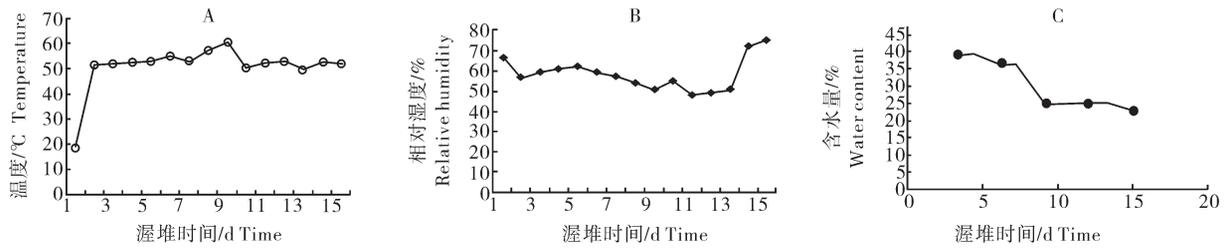


图2 自动渥堆机渥堆过程堆温(A)、湿度(B)和茶叶含水量(C)变化

Fig.2 Change of temperature(A), humidity(B) and water content(C) during the piling process

表1 自动渥堆机渥堆过程茶叶感官审评结果

Table 1 Sensory evaluation results of dark tea made by the automatic piling machine

渥堆时间/d Piling time	形状 Appearance	干茶色泽 Color of tea	汤色 Liquor color	香气 Aroma	滋味 Taste	叶底 Infused leaf	总分 Total score
0	粗松,多梗(74.5) Coarse and loose, multiple stems	尚青褐,尚调和(76.5) Little low blueish auburn, little low even colour	尚橙黄(80) Little low orange yellow	绿茶香(68) Green tea flavour	较粗涩(66) Little harsh and astringency	黄绿尚明亮(73) Greenish yellow, little bright	70.6
3	粗松,多梗(74.5) Coarse and loose, multiple stems	青褐,尚调和(78) Blueish auburn, even colour	黄(75) Yellow	绿茶香(70.5) Green tea flavour	涩(68) Harsh	黄绿(74) Yellow green	71.7
6	粗松,多梗(74.5) Coarse and loose, multiple stems	尚黄褐,尚调和(81) Little low yellow auburn, little low even colour	橙黄(79) Orange yellow	带绿茶香(75) Little green tea flavour	刺激性较强(70.5) Thick	深黄绿(76) Deeply yellow green	74.7
9	粗松,多梗(74.5) Coarse and loose, multiple stems	黄褐,尚调和(85.5) Yellow auburn, even colour	尚橙红(83.5) Little low orange red	略带绿茶香(77) Little low green tea flavour	略带刺激性(74) Little thick (74)	黄褐(85) Yellow auburn	78.2
12	较粗松,多梗(76) Higher coarse and loose, multiple stems	尚棕褐,尚调和(86) Little low brownish auburn, little low even colour	橙红(85.5) Orange red	略带陈香(86.5) Little low stale flavour	醇和(88) Mellow	深黄褐(86) Deep yellow auburn	85.7
15	较粗松,多梗(76) Coarse and loose, multiple stems	棕褐,尚调和(87) Brownish auburn, little low even colour	尚红(88) Little low	陈香较高(91) Higher stale flavour	甜醇(93) Sweet mellow	尚棕褐(87.5) Little brownish auburn	89.1

注:总分按照形状、色泽各占10%,香气、滋味各占30%,汤色、叶底各占10%比例进行加权,得到审评最终分数,括号中为评分,后同。  
Note: The total scores are weighted and summed according to the following standard: the proportion of the appearance and color of the tea, and the liquor color and leaves of the infused tea, each accounts for 10% of the total scores; and the aroma and taste, each accounts for 30% of the total score. The same as below.

2) 渥堆过程茶叶品质的变化。渥堆过程茶叶感官审评结果如表1所示。渥堆过程中茶叶的形状变

化较小,但色泽由青褐逐渐变为棕褐,香气也在逐渐变为陈香,汤色由橙黄变为红色,滋味由粗涩变为甜

醇,叶底也逐渐由黄绿变为棕褐。渥堆过程茶叶理化性质变化如表2所示。氨基酸、多酚、可溶性糖、茶黄素和茶红素含量以及水浸出物呈现下降趋势,茶

褐素呈上升趋势。由渥堆过程中黑茶感官审评结果和理化性质变化可以看出,随着渥堆时间的延长,发酵程度不断加深,形成了黑茶应有的品质特征。

表2 自动渥堆机渥堆过程茶叶的理化性质变化

Table 2 Change of physical and chemical properties during the piling process

渥堆时间/d Piling time	茶黄素/(mg/g) Theaflavins	茶红素/(mg/g) Thearubin	茶褐素/(mg/g) Theabrownin	氨基酸/% Amino acids	可溶性糖/% Soluble sugar	茶多酚/% Polyphenols	水浸出物/% Water extract
0	0.26±0.001	4.98±0.07	4.65±0.07	1.99±0.01	4.37±0.04	9.34±0.04	44.60±0.30
3	0.28±0.004	5.70±0.07	4.68±0.04	1.78±0.03	4.27±0.02	8.97±0.02	43.82±0.25
6	0.26±0.010	5.25±0.12	5.14±0.10	1.56±0.01	3.99±0.05	8.62±0.01	42.99±0.30
9	0.25±0.001	5.18±0.08	5.64±0.12	1.62±0.01	4.21±0.04	8.33±0.02	42.46±0.07
12	0.25±0.001	4.92±0.14	6.13±0.06	1.53±0.02	3.90±0.04	7.17±0.02	42.69±0.16
15	0.24±0.008	4.51±0.03	7.10±0.07	1.35±0.02	3.80±0.06	6.06±0.04	42.05±0.01

2.2 渥堆质量评价

1)渥堆机渥堆与传统渥堆方法茶叶品质对比。渥堆机渥堆与传统渥堆方法加工茶叶的感官品质分析结果见表3,理化分析结果见表4。从表3可以看出,2种渥堆方式加工的茶叶感官品质差异较小,渥堆机渥堆的茶叶在香气和滋味方面还优于传统渥堆

方法。表4理化性质分析显示,2种渥堆方式的茶叶主要品质成分差异也较小。由此表明,利用渥堆机渥堆的茶叶完全能满足传统加工方法要求。而且由于渥堆机渥堆能控制温湿度,避免了传统渥堆方法车间温湿度因季节、天气变化带来的不稳定性问题,每批次茶叶品质基本一致,稳定性较好。

表3 渥堆机渥堆与传统渥堆方法茶叶感官品质比较

Table 3 Sensory evaluation of tea made by piling machine and traditional method

渥堆方法 Piling method	形状 Appearance	干茶色泽 Color of tea	汤色 Liquor color	香气 Aroma	滋味 Taste	叶底 Infused leaf	总分 Total score
渥堆机 Piling machine	较粗松,多梗(75) Highercoarse and loose, multiple stems	棕褐,尚调和(85.5) Brownish auburn, even colour	橙红(86.5) Orange red	纯正,略带陈香(86) Pure and normal, little stale flavour	醇和(88) Mellow	棕褐(88) Brownish auburn	85.70
传统方法 Traditional method	较粗松,多梗(75) Highercoarse and loose, multiple stems	棕褐,尚调和(86.5) Brownish auburn, even colour	橙红(87) Orange red	纯正,略带陈香(85) Pure and normal, little stale flavour	尚醇和(84.5) Little mellow	棕褐(87.5) Brownish auburn	84.45

注:干毛茶原料为2017年湖北省宣恩县伍家台昌臣有限公司生产的晒青毛茶,品种为当地群体种,嫩度为机采一芽五六叶。Note: The raw material of dry hair tea is the sun-dried green hair tea produced by Hubei Xuanen Wujiatai Changchen Co., Ltd. in 2017.

表4 渥堆机渥堆与传统渥堆方法茶叶理化性质比较

Table 4 physical and chemical properties comparison of tea made by piling machine and traditional method

渥堆方法 Piling method	茶黄素/(mg/g) Theaflavins	茶红素/(mg/g) Thearubin	茶褐素/(mg/g) Theabrownin	氨基酸/% Amino acids	可溶性糖/% Soluble sugar	茶多酚/% Polyphenols	水浸出物/% Water extract
渥堆机 Piling machine	0.43±0.05	3.89±1.90	77.63±1.30	1.60±0.07	3.9±0.08	6.88±0.24	35.07±1.15
传统方法 Traditional method	0.42±0.03	3.56±1.03	76.06±0.54	1.41±0.10	3.6±0.43	7.03±0.21	32.55±1.58

2)不同类型茶叶品质分析。在使用滚筒渥堆机进行渥堆的过程中,对于较为细嫩的原料,由于茶叶之间的作用力以及翻料时的撞击挤压力会导致部分茶叶结块,由于茶叶与滚筒壁的粘附力会导致少量茶叶粘壁。为比较结块与贴壁茶叶的渥堆质量,本

试验采用云南省凤庆县陈缘茶厂生产的晒青毛茶,按照上述工艺进行渥堆。在第19天补水1次,总时38 d。渥堆结束后,将散茶、团块茶和贴壁茶分类,并将团块茶和贴壁茶解块,分别进行干燥。从表5可知,团块茶和散茶在外形、干茶色泽、汤色、香气、叶

底方面并无明显差异,但在滋味方面团块茶甜醇度还优于散茶。该结果表明,利用渥堆机渥堆产生的团块茶并不影响渥堆质量。表3也表明,贴壁茶叶外形和叶底色泽杂,欠调匀,香气杂,滋味较为苦涩,带霉味,品质较差。这主要是由于茶叶贴壁是呈现零星分布,当翻料后部分位置的贴壁茶位于茶堆的上部,并没有与成堆的茶叶接触堆积,或接触太少而温度较低难以发酵,从而导致渥堆发酵不均匀现象。

从试验结果看,贴壁茶数量仅占茶叶总量的不足2%,而且只有嫩的原料才有贴壁现象,有一定成熟度的茶叶并无此现象。从观察贴壁的位置看,主要是在滚筒的水平和垂直壁交叉处,且筒壁表面欠光滑的位置较易贴壁。这一结果提示,在设备制造过程应该尽量将筒壁表面处理光滑,以避免茶叶的贴壁现象。

表5 不同成品茶感官审评比较

Table 5 Sensory evaluation results of different made tea

茶样 Tea sample	形状 Appearance	干茶色泽 Color of tea	汤色 Liquor color	香气 Aroma	滋味 Taste	叶底 Infused leaf	总分 Total score
散茶 Loose tea	粗壮,有毫,带梗(85) Coarse and bold, tippy, little stems	棕褐,调和(91)Brownish aubur, even colour	陈香较高(90) Higher stale flavour	红浓尚明(92) Deep red little clear	醇尚厚(88) Mellow and little heavy	褐红(90.5) Auburn red	89.3
团块茶 Lumpy tea	粗壮,有毫,带梗(84.5) Coarse and bold, tippy, little stems	红褐,调和(91) Redaubur, even colour	陈香较高(90.5) Higher stale flavour	红浓尚明(92) Deep red little clear	尚甜醇(90.5) Little sweet mellow	褐红(90.5) Auburn red	90.1
贴壁茶 Sticky tea	粗壮,有毫,带梗(84) Coarse and bold, tippy, little stems	棕褐,欠调匀杂(79) Brownish aubur, lower even colour	杂,带霉味(78) Miscellaneous, gone-off and tainted taste	红浓,略暗(91) Deep red little dull	较苦涩,带霉味(72) Little bitter astringency, gone-off and tainted taste	花杂(71) Semi-yellow	77.5
成品茶 Made tea	粗壮,有毫,带梗(85) Coarse and bold, tippy, little stems	棕褐泛红,调和(91) Brownish aubur reddish, even colour	陈香较高(90) Higher stale flavour	红浓尚明(92.5) Deep red little clear	醇和,带回甘(89.5) Mellow sweet after taste	褐红(90) Auburn red	89.7

注:成品茶为散茶和团块茶的混合样。Note: The made tea is a mixture of loose tea and lumpy tea.

表6 不同成品茶理化性质比较

Table 6 Physico-chemical analysis results of different made tea

茶样 Tea sample	茶黄素/(mg/g) Theaflavins	茶红素/(mg/g) Thearubin	茶褐素/(mg/g) Theabrownin	氨基酸/% Amino acids	可溶性糖/% Soluble sugar	茶多酚/% Polyphenols	水浸出物/% Water extract
散茶 Loose tea	0.220±0.005Aa	12.58±0.06Cc	2.98±0.19Aa	2.10±0.03Aa	3.85±0.03Aa	6.84±0.01Bb	43.56±0.27Ab
团块茶 Lumpy tea	0.190±0.001Bb	13.50±0.05Aa	1.76±0.07Bb	1.871±0.01Bc	3.34±0.01Bd	6.66±0.02Cc	41.67±0.55Bb
成品茶 Made tea	0.190±0.001Bb	13.50±0.11Aa	1.83±0.28Bb	1.97±0.005Bb	3.74±0.02Ab	6.85±0.01Bb	42.99±0.97Bb
贴壁茶 Sticky tea	0.160±0.005Cc	12.93±0.02Bb	1.03±0.14Bc	2.16±0.04Aa	3.44±0.04Bc	7.34±0.02Aa	46.78±0.37Aa

注:同一列相同字母表示经LSR法检验在0.01或0.05水平差异不显著。Note: The same letters in the same column indicate that there is no significant difference at the 0.01 or 0.05 level by the LSR test.

3)机械渥堆黑茶微生物毒素分析。渥堆结束后,对形成的不同类型茶叶进行取样,分析呕吐毒素(检测依据,GB 5009.111—2016)、黄曲霉素(检测依据,GB 5009.22—2016)、玉米赤霉烯酮(检测依据,

GB 5009.209—2016)等消费者主要关注的微生物毒素,结果显示,使用自动渥堆机渥堆的黑茶,无论是散茶、团块茶还是贴壁茶,均未检出呕吐毒素、黄曲霉素B1和玉米赤霉烯酮。

## 2.3 渥堆效率分析

本试验采用的6CWD-1型黑茶自动渥堆机每次渥堆叶量为1 t左右,渥堆机以及配套的上料、控制等设备占地面积约30 m<sup>2</sup>,加上输送、解块、干燥等设备,占地面积约50 m<sup>2</sup>。自然渥堆每次渥堆叶量不能低于5 t,中途翻堆需要同样面积的空间,渥堆占地面积至少100 m<sup>2</sup>。因此,从车间空间看,采用渥堆机渥堆至少可以节约50%的厂房面积。渥堆机渥堆只需要1人上料,计1个工,中途不需要人工。自然渥堆每次洒水发水、翻堆等至少需要5人,以翻堆3次计算,需要20个工。因此,相较于传统工艺而言,使用自动渥堆机可以节约大量人工。以青砖茶为例,渥堆机渥堆时间一般15~20 d,自然渥堆一般需要24~30 d,每批次节约9~10 d,减少约50%的生产时间,在相同的生产时间下,使用渥堆机可以增加更多的黑茶产量,以此增加产值。

## 3 讨论

笔者所在的课题组经过近10年的研究,设计出黑茶自动渥堆机(ZL201720918436.8),并建立了成套的生产线(ZL201720918323.8),已应用于湖北青砖茶的渥堆,并在浙江衢州、湖北红安等地推广应用,效果良好。该自动渥堆机具有温度、湿度、氧气自动调节功能,具有数值化控制和自动化操作的特点。利用渥堆机渥堆的黑茶完全能满足传统加工方法要求。而且由于渥堆机渥堆能控制温湿度,避免了传统渥堆方法车间温湿度因天气变化带来的不稳定性问题,每批次茶叶品质基本一致,稳定性较好。由于黑茶渥堆过程中灰绿曲霉、酵母等有益微生物生长对于品质的形成至关重要,它们分泌的水解酶、氧化酶等胞外酶参与黑茶品质形成<sup>[16]</sup>,所以一旦渥堆工艺控制不当,如温度过低、茶叶水分过高,甚至卫生条件不合格等也会引起霉菌等有害微生物大量繁殖,产生微生物毒素<sup>[17]</sup>,影响人体健康<sup>[18]</sup>。而本研究发现,由本课题组研制的新型自动渥堆机所生产的黑茶从安全性角度来说完全达到食品安全质量要求。同时,新型的自动渥堆机其生产效率较传统工艺大大提高,更好地节约人力物力。

## 参考文献 References

- [1] 文杰宇,李宗军,王远亮,等.黑茶中微生物及其相关保健功能研究进展[J].食品科学,2010,31(9):329-332.WEN J Y, LI Z J, WANG Y L, et al. Fermentation microorganisms and their healthcare function in black tea[J]. Food science, 2010, 31(9): 329-332(in Chinese with English abstract).
- [2] 刘璇,殷雨心,李天吉,等.原料嫩度差异对青砖茶品质的影响[J].华中农业大学学报,2021,40(2):237-244.LIU X, YIN Y X, LI T J, et al. Effects of raw materials with different tenderness on quality of Qingzhuan tea[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2021, 40(2): 237-244(in Chinese with English abstract).
- [3] ZHU Y F, CHEN J J, JI X M, et al. Changes of major tea polyphenols and production of four new B-ring fission metabolites of catechins from post-fermented Jing-Wei Fu brick tea[J]. Food chemistry, 2015, 170: 110-117.
- [4] ZHENG Y Y, ZENG X, CHEN T T, et al. Chemical profile, anti-oxidative, and gut microbiota modulatory properties of ganpu tea: a derivative of Pu-erh tea[J/OL]. Nutrients, 2020, 12(1): 224 [2022-06-24]. <https://doi.org/10.3390/nu12010224>.
- [5] 谈峰,胥伟,唐瑛蔓,等.藏茶设备渥堆工艺优化与品质分析[J].中国食品学报,2021,21(8):235-244.TAN F, XU W, TANG Y M, et al. Optimization of pile process and quality analysis of Tibetan tea equipment[J]. Journal of Chinese institute of food science and technology, 2021, 21(8): 235-244(in Chinese with English abstract).
- [6] 郝娟.湖北青砖茶渥堆工艺研究[D].武汉:华中农业大学,2015.HAO J. Research on the technology of Hubei dark green tea stacking[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2015(in Chinese with English abstract).
- [7] 刘盼盼,郑鹏程,龚自明,等.青砖茶渥堆工艺优化及风味物质分析[J].中国食品学报,2021,21(8):224-234.LIU P P, ZHENG P C, GONG Z M, et al. Pile-fermentation process optimization and flavor components analysis of qingzhuan tea[J]. Journal of Chinese institute of food science and technology, 2021, 21(8): 224-234(in Chinese with English abstract).
- [8] 张芬.六堡茶渥堆新工艺优化[J].农业研究与应用,2020,33(1):35-39.ZHANG F. New process optimization for pile-fermentation of Liu Pao tea[J]. Agricultural research and application, 2020, 33(1): 35-39(in Chinese with English abstract).
- [9] 蒋小平,何含阳,彭志伟,等.湖南黑毛茶渥堆发酵机械化生产探讨[J].茶叶通讯,2015,42(2):43-45.JIANG X P, HE H Y, PENG Z W, et al. Study on mechanization pile fermentation of Hunan dark tea Maocha[J]. Journal of tea communication, 2015, 42(2): 43-45(in Chinese with English abstract).
- [10] 张亚,黄亚亚,梁艳,等.黑茶渥堆工艺研究进展[J].食品与机械,2017,33(3):216-220.ZHANG Y, HUANG Y Y, LIANG Y, et al. Research progress on pile-fermentation of dark tea[J]. Food & machinery, 2017, 33(3): 216-220(in Chinese with English abstract).
- [11] 杨新河,吕帮玉,毛清黎,等.黑茶渥堆研究进展[J].广东农业科学,2014,41(14):95-99.YANG X H, LÜ B Y, MAO Q L, et al. Research progress of pile-fermentation of dark tea[J]. Guangdong agricultural sciences, 2014, 41(14): 95-99(in Chinese with English abstract).
- [12] 黄意欢.茶学实验技术[M].北京:中国农业出版社,1997.HUANG Y H. Tea science experiment technology[M]. Beijing: Chinese Agriculture Press, 1997(in Chinese).
- [13] 大连轻工业学院.食品分析[M].北京:中国轻工业出版社,

2006. Dalian Polytechnic University. Food analysis [M]. Beijing: Chinese Light Industry Press, 2006 (in Chinese).
- [14] 马梦君, 郭志明, 唐诗, 等. 青砖茶渥堆工艺研究进展[J]. 湖北农业科学, 2018, 57(9): 9-12. MA M J, GUO Z M, TANG S, et al. Study on pile-fermentation processing technology of qingzhuang tea [J]. Hubei agricultural sciences, 2018, 57(9): 9-12 (in Chinese with English abstract).
- [15] 周涌, 周皎石. 黑茶渥堆温度湿度控制的稳健参数设计[J]. 数学的实践与认识, 2017, 47(20): 270-276. ZHOU Y, ZHOU J S. The robust parameter design of the temperature and humidity controlling during pile fermentation of black tea [J]. Mathematics in practice and theory, 2017, 47(20): 270-276 (in Chinese with English abstract).
- [16] HU S, HE C, LI Y C, et al. Changes of fungal community and non-volatile metabolites during pile-fermentation of dark green tea [J/OL]. Food research international, 2021, 147: 110472 [2022-06-24]. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110472>.
- [17] 周少君, 黄湘东, 汪廷彩, 等. 广东省常见发酵茶中黄曲霉毒素B1污染现状及暴露评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2018, 30(1): 93-98. ZHOU S J, HUANG X D, WANG T C, et al. Contamination levels and exposure assessment of aflatoxin B1 in fermented tea from Guangdong Province [J]. Chinese journal of food hygiene, 2018, 30(1): 93-98 (in Chinese with English abstract).
- [18] 李浩, 谭英智, 陈柱涛, 等. 云南大叶种晒青毛茶提取物对产毒黄曲霉生长及产毒的影响[J]. 现代食品科技, 2015, 31(11): 101-106. LI H, TAN Y Z, CHEN Z T, et al. Effect of Yunnan large-leaf *Camellia sinensis* extract on growth and aflatoxin production of *Aspergillus flavus* [J]. Modern food science and technology, 2015, 31(11): 101-106 (in Chinese with English abstract).

## Developing an automatic piling machine for dark tea and its influence on formation of quality

TIAN Shiyu<sup>1,2</sup>, FENG Wen<sup>3</sup>, CHEN Yuqiong<sup>1</sup>, YU Zhi<sup>1</sup>,  
HUANG Shenkui<sup>4</sup>, CHEN Shengzhong<sup>4</sup>, CHEN Xueli<sup>5</sup>, NI Dejiang<sup>1</sup>

1. College of Horticultural Forestry/Ministry of Education Key Laboratory of Horticultural Plant Biology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. Department of Food and Drug, Guizhou Agricultural Vocational College, Guiyang 551400, China;

3. Zhejiang Lufeng Machinery Co. Ltd., Quzhou 324000, China;

4. Tengchong Gaoligongshan Ecological Tea Industry Co. Ltd., Yunnan Province, Tengchong 679100, China;

5. Xinding Biological Technology Co. Ltd., Yichang, Hubei Province, Yichang 443000, China

**Abstract** A method of temperature and humidity control in double warehouses was proposed to design an automatic piling machine for dark tea which can realize the automatic adjustment of temperature, humidity and oxygen, numerical control and automatic operation in the piling process based on simulating the natural indoor pile fermentation methods of green brick tea and Pu-erh tea and the principle of water absorption and heat generation during piling fermentation and to solve the practical problems in the current dark tea production process. The results showed that the changes of temperature (average 51°C), humidity (61%-89%) and the content of water in tea leaf (gradually reduced from 38% to 22%) in the pile fermentation process of the automatic piling machine fully met the requirements of dark tea piling. The tea leaves piled by the machine can meet the requirements of traditional processing methods, and the tea quality is stable. The results of safety analyses showed that no vomitoxin, aflatoxin B1 and zearalenone was detected in the dark tea piled by the automatic piling machine, indicating that the dark tea produced and processed by the automatic piling machine fully meets the requirements of food safety and tea quality.

**Keywords** dark tea; piling; piling machine; temperature and humidity; quality; food safety; processing automation

(责任编辑:陆文昌)