

密闭式烘烤条件对 K326 烤后烟叶质量的影响

汪华国¹, 晏飞¹, 李文标¹, 方亮¹, 柴建国¹, 胡小东¹, 王文伦¹, 陈伟², 杨涛², 杨亚腾^{2*}

(1. 云南省烟草公司楚雄州公司, 云南楚雄 675000; 2. 云南中海路德清洁技术有限公司, 云南昆明 650214)

摘要 [目的]研究密闭式烘烤条件对烤后烟叶质量的影响。[方法]以楚雄地区 K326 烟叶为烘烤对象,对电能密闭式热泵烤房与传统密集型烤房烤后烟叶的化学成分、致香物质以及感官评吸进行对比。烘烤过程中,使用气体分析仪实时监测并记录烤房内氧气、二氧化碳浓度的变化。烘烤结束时,对密闭式热泵烤房与传统密集型烤房进行气体测定;对样品进行化学成分、致香物质以及感官质量评价对比。[结果]密闭式热泵烤房内二氧化碳浓度明显高于传统密集型烤房;密闭式热泵烤房烤后烟叶淀粉含量较传统密集型烤房降低 35.09%;密闭式热泵烤房相较于传统密集型烤房烤后烟叶总致香物质含量增加,香气质量、杂气、烟气浓度、刺激性和余味均明显改善,内在化学成分的协调性与整体感官质量表现为密闭式热泵烤房优于传统密集型烤房。[结论]密闭式烘烤条件对改善烤后烟叶品质有一定的作用。

关键词 密闭式烘烤;热泵;二氧化碳;淀粉

中图分类号 TS44 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)15-0176-05

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2021.15.046



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Closed Baking Conditions on the Quality of K326 Cured Tobacco Leaves

WANG Hua-guo, YAN Fei, LI Wen-biao et al (Chuxiong Prefecture Branch of Yunnan Tobacco Company, Chuxiong, Yunnan 675000)

Abstract [Objective] To study the effects of closed baking conditions on the quality of cured tobacco leaves. [Method] Taking K326 tobacco leaves in Chuxiong area as the baking object, the chemical composition, aroma substances and sensory evaluation of flue-cured tobacco leaves in enclosed heat pump curing barn and traditional intensive curing barn were compared. During the baking process, the changes of oxygen and carbon dioxide concentrations in the curing barn were monitored and recorded by gas analyzer. At the end of baking, the gas determination was made in enclosed heat pump curing barn and traditional intensive curing barn. The chemical components, aroma substances and sensory quality of tobacco samples were evaluated and compared. [Result] The carbon dioxide concentration in the enclosed heat pump curing barn was significantly higher than that in the traditional intensive curing barn. The starch content in the flue-cured tobacco leaves in the enclosed heat pump curing barn reduced 35.09% than that in the traditional intensive curing barn. The total aroma substance content in flue-cured tobacco leaves in the enclosed heat pump curing barn increased than that in the traditional intensive curing barn, and the aroma quality, miscellaneous gas, smoke concentration, irritation and aftertaste were increased. The coordination of internal chemical components and overall sensory quality in the tobacco leaves in enclosed heat pump curing barn was better than those in the traditional intensive curing barn. [Conclusion] The closed baking conditions had certain effects on improving the quality of flue-cured tobacco leaves.

Key words Closed baking; Heat pump; Carbon dioxide; Starch

烟草作为一种重要的经济作物,提升烟叶质量一直是烟草产业发展的核心问题^[1]。烟叶质量受土壤、栽培技术、烘烤等因素的影响,其中烘烤是决定烟叶质量优劣的重要因素,烟叶烘烤质量将决定烟农利益乃至影响烟草产业的可持续发展^[2]。

烟叶生产加工过程中,烤房作为烟叶烘烤环节的加工工具对烟叶烘烤质量的影响至关重要^[3-5]。随着科技的进步,烟叶烘烤模式从最初的明火烤烟向火管烤烟、自然排湿型普通烤房烤烟、密集烤房烤烟、节能环保烤房烤烟演变^[6-7],在这一系列的演变过程中烘烤环节用工、烘烤操作难度都得到大幅度降低^[8],但同时也暴露出一些新的问题^[9-10],例如烟叶气污染物集中排放带来的环保压力,风速过大带来的烤后烟叶油份降低,干筋期长时间高温带来的烤后烟叶枯焦味重,强制排湿导致的烤后香气减少、评吸口感下降等^[11]。

针对上述问题,开展新能源替代煤炭作为燃料进行烟叶烘烤,是降低环境污染、解决当前烟叶供需矛盾、“减工、降本、提质、增效”的有效途径^[12]。就当前情况来看,烟叶烘烤所采用的新能源主要有生物质燃料、热泵、太阳能、甲醇燃料

等。热泵是近年来出现并运用较多的制热设备,与燃煤烤房相比,热泵烤房避免了因燃煤而产生的大气污染,省去了烘烤过程中频繁的人工操作,温湿度控制精准度高。

目前有关热泵烤房的研究已有一些报道,但主要集中在烤房性能测试及烘烤成本方面^[13],而关于烤房内气体组分对烟叶烘烤质量的影响研究报道较少。电能密闭式热泵烤房以热泵作为供热、除湿设备,烤房整体结构密闭,无进风口、排湿口,烟叶烘烤在密闭环境下进行。笔者以电能密闭式热泵烤房为研究对象,以传统密集型烤房为对照,分析了电能密闭式热泵烤房与传统密集型烤房在烘烤过程中氧气与二氧化碳浓度的变化规律以及烤后烟叶常规化学成分、致香物质、感官质量尤其是淀粉含量的变化,旨在为探索适合当前烟叶清洁烘烤新模式、改善烤后烟叶质量等烘烤方式提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料 试验于 2018 年在云南省楚雄州市午镇法邑烘烤工场进行,供试品种为当地主栽品种 K326。供试烤房为 T₁ 为电能密闭式热泵烤房,气流下降式,烤房装烟室规格为 8.0 m×2.7 m×3.5 m,2 路 3 层,墙体材料为聚苯乙烯,厚度 5 cm。CK 为传统密集型烤房,气流下降式,装烟室规格为 8.0 m×2.7 m×3.5 m,2 路 3 层,墙体材料为砖混结构,厚度 24 cm。

基金项目 中国烟草总公司云南省公司科技计划重点项目(2017YN21)。**作者简介** 汪华国(1974—),男,云南楚雄人,农艺师,从事烟草栽培及调制研究。*通信作者,从事经济作物烘烤工艺研究。**收稿日期** 2020-11-17

密闭式热泵烤房不设冷风门、排湿口,烟叶水分通过配套热泵烘烤设备以冷凝水排出。传统密集型烤房有冷风门、排湿口,烟叶水分通过高速风机强制送风,以冷风门进新风,通过排湿口将水分排出。

供试烟叶选取同一片大田烟叶,田间管理按当地优质烤烟栽培生产技术规范进行。试验田地势较为平坦,黄壤土,土壤肥力中等。供试烤烟品种为 K326,4月23日移栽,前植作物为蚕豆。烟叶成熟时按照叶位单叶同时采收,统一编烟,并对杆样进行挂牌记录,按相同挂置位置分别挂置于密闭式热泵烤房和传统密集型烤房进行烘烤。

1.2 试验设计 试验设置2个处理: T_1 为密闭式热泵烤房,CK为传统密集型烤房。

烟叶按成熟标准采收后,挑选成熟度一致、大小基本相同的叶片,按相同叶片数进行编烟作为杆样,并做好标记,分别挂置烤房中每一层距离装烟室门口各2、4、6m处,每层6竿。各处理烟叶采自同一地块,并在同一天内完成采收、编烟、装烟、开烤。烘烤过程中均严格按照试验操作规范记录烟叶变化、温湿度变化、烘烤异常情况数据,回潮后按 GB/T 2635—1992 中的方法对标记烟叶进行分级,并称取 C3F (中桔三)烟叶样品 2.0 kg,各处理3次重复;每份样品混匀后,将烟样一分为二,一半烟叶除去主叶脉后测其常规化学成分、致香物质,另一半烟叶切丝混匀卷烟作为评吸样品。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 氧气和二氧化碳浓度。氧气和二氧化碳浓度使用德国仪器国际贸易(上海)有限公司生产的烟气分析仪(型号 testo350)测定,每6s测定1次烘烤过程中烤房内 O_2 和 CO_2 浓度的变化,并绘制气体成分变化趋势图。

1.3.2 常规化学成分。烟叶常规化学成分由云南同创检测技术股份有限公司进行测定。试样的制备采用烘箱法(YC/T 31—1996);烟叶化学成分的测定采用流动分析法:总糖(YC/T 159—2002)、还原糖(YC/T 159—2002)、总植物碱(YC/T 160—2002)、总氮(YC/T 161—2002)、淀粉(YC/T 216—2007)、蛋白质(YC/T 166—2003)、钾离子(YC/T 173—2003)、氯离子(YC/T 162—2011)。

1.3.3 烟叶致香成分。烟叶致香成分由云南同创检测技术股份有限公司检测。①样品制备:粉碎过60目筛,在温度22℃、相对湿度60%的环境下平衡24h,采用同时蒸馏方法萃取致香成分。②分析方法:致香物质的测定采用GC/MS法,添加内标物萘,采用气质联用分析仪(美国安捷伦,Agilent GC6890N/MS5975I)进行检测,分析测定条件如下:毛细管柱 HP-5MS(30 m×0.25 mm×0.25 m);进样口温度260℃;载气 He,流速 1 mL/min;升温程序为 50℃(保持 1 min),升温速度 8℃/min 升温至 160℃(保持 2 min),升温速度 8℃/min 升温至 280℃(保持 15 min),GC-MS 接口温度 280℃,离子源为 EI 源,电子能量 70 eV,扫描范围为 35~455 amu;分析样品由 GC/MS 鉴定结果和 NIST 库检索定性。

1.3.4 感官质量评价。将各处理烟叶混匀切丝后卷制成长70mm、圆周27.5mm的烟支,经过挑选、平衡水分后,由红河烟草(集团)有限责任公司、云南瑞升烟草技术(集团)有限公司的3名评吸专家以标准YC/T 138—1998烟草及烟草制品感官评价方法为基础,按单料烟“标度值”标准统一进行感官质量评吸鉴定,并采用“九分制”标准打分,香气质、香气量、杂气、浓度、刺激性、余味、燃烧性、灰色、使用价值、劲头的满分均为9分(表1),其中使用价值、劲头不计入总分。

表1 “标度值”单料烟评吸描述及评分要求

Table 1 “Scale value” description and scoring requirements of single material smoke assessment

| 标度值 Scale value | 香气质 Aroma quality | 香气量 Aroma amount | 杂气 Miscellaneous gas | 浓度 Concentration | 刺激性 Irritation | 余味 Aftertaste | 燃烧性 Combustibility | 使用价值 Use value | 灰色 Gray | 劲头 Strength |
|-----------------------|-------------------------|------------------------|----------------------------|---------------------|-------------------|------------------|-----------------------|-------------------|------------|----------------|
| 1 | 很差 | 很平淡 | 很重 | 很淡 | 很大 | 不净,不舒适 | 很差 | 很差 | 黑色 | 很小、很大 |
| 2 | 差 | 平淡 | 重 | 淡 | 大 | 略净,略舒适 | 差 | 差 | 黑色 | |
| 3 | 较差 | 较淡 | 较重 | 较淡 | 较大 | 尚净、尚舒适 | 较差 | 较差 | 黑色 | 小、大 |
| 4 | 稍差 | 稍有 | 稍重 | 稍淡 | 稍大 | 较净、稍舒适 | 稍差 | 稍差 | 灰白 | |
| 5 | 中 | 中 | 中 | 中 | 中 | 较净、尚舒适 | 中 | 中 | 灰白 | 较小、较大 |
| 6 | 稍好 | 尚足 | 尚轻 | 稍浓 | 稍小 | 较净、较舒适 | 稍好 | 稍好 | 灰白 | |
| 7 | 较好 | 较足 | 较轻 | 较浓 | 较小 | 尚纯净、舒适 | 较好 | 较好 | 白 | 稍小、稍大 |
| 8 | 好 | 足 | 轻 | 浓 | 小 | 较纯净、舒适 | 好 | 好 | 白 | |
| 9 | 很好 | 充足 | 很轻 | 很浓 | 很小 | 纯净、舒适 | 很好 | 很好 | 白 | 中等 |

2 结果与分析

2.1 密闭式热泵烤房与传统密集型烤房氧气与二氧化碳浓度测定

由图1可知,在密闭式热泵烤房和传统密集型烤房烘烤过程中,烤房内部气体中 O_2 浓度的变化趋势均先下降后上升再趋于稳定, CO_2 浓度的变化表现为先上升再下降后趋于稳定,且 O_2 和 CO_2 浓度的剧烈变化主要在48℃之前,此后趋于平稳。密闭式热泵烤房内部气体中的氧气浓度在变黄期(38~42℃)均低于传统密集型烤房,而二氧化碳浓度在整个烘烤过程中均表现为密闭式热泵烤房高于传统密集

型烤房,在变黄期(38~42℃)表现为密闭式热泵烤房显著高于排湿型热泵烤房。由此可见,密闭式热泵烤房由于其烤房内部气体与外界环境中气体交换较少,致使其内部气体中的二氧化碳含量在变黄期(38~42℃)要显著高于传统密集型烤房,而氧气浓度则相反。

2.2 烤后化学成分分析 由表2可知, T_1 处理两糖差高于CK处理,而 T_1 处理淀粉含量显著低于CK处理,淀粉含量降低了35.96%,说明密闭式烘烤条件有利于降低烟叶淀粉含量。韩锦峰等^[14]研究发现,二氧化碳浓度明显地促进淀粉

酶活性,并抑制多酚氧化酶第二活性高峰,保证和提高烟叶外观质量和内在品质。根据气体分析检测结果,密闭式热泵烤房较传统密集型烤房二氧化碳浓度明显提高,而烤后烟叶淀粉含量降低。由此可见,在密闭式烘烤条件下,烤房内二氧化碳浓度能够创造一个适宜烟叶内部生理生化反应的环境,促进淀粉的充分降解。这一结果与韩锦峰等^[14]研究发

现相吻合。

由表2可知,T₁处理还原糖、总氮、钾离子含量等均较为接近国内优质烟叶的要求。从烤后烟叶化学成分的协调性指标来看,T₁处理在化学成分的协调性表现好于CK处理。从化学成分检测指标来看,T₁处理能够在整体上提高烤后中部烟叶内在化学成分的协调性。

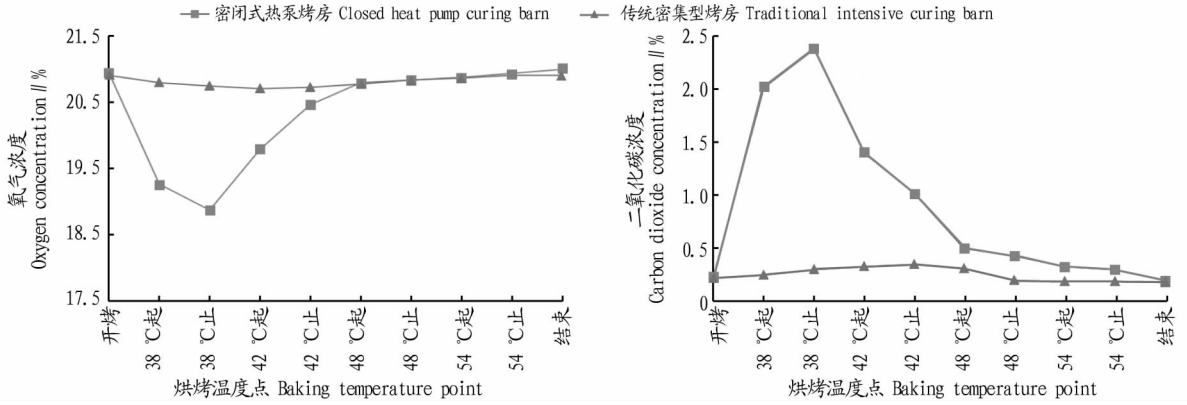


图1 密闭式热泵烤房与传统密集型烤房氧气和二氧化碳浓度的变化趋势

Fig. 1 Change trends of oxygen and carbon dioxide concentration in closed heat pump curing barn and traditional intensive curing barn

表2 烤后烟叶的常规化学成分含量及协调性

Table 2 Content and coordination of conventional chemical components of flue-cured tobacco leaves

| 烤房 Curing barn | 淀粉含量 Starch content % | 蛋白质含量 Protein content % | 总糖含量 Total sugar content % | 还原糖含量 Reducing sugar content % | 总植物碱 含量 Total alkaloid content % | 总氮含量 Total nitrogen content % | 钾离子含量 Potassium ion content % | 氮碱比 Nitrogen- alkali ratio | 糖碱比 Sugar- nicotine ratio | 两糖差 Difference of total sugar and reducing sugar |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 国内优质烟叶目标 值 Domestic high- quality tobacco tar- get value | ≤3.5 | <10 | 20~24 | 18~22 | 2.2~2.8 | 2.0~2.5 | ≥2.5 | 0.95~1.05 | 8.5~9.5 | 3~5 |
| T ₁ | 2.96 | 5.00 | 37.40 | 22.90 | 2.18 | 1.94 | 1.88 | 0.89 | 17.16 | 14.50 |
| CK | 4.56 | 4.64 | 40.40 | 27.80 | 2.28 | 1.73 | 1.38 | 0.76 | 17.72 | 12.60 |

2.3 烤后烟叶致香物质含量分析 由表3、4可知,共鉴定出67种致香物质。整体来看,2种烤房烤后烟叶中的主要致香物质相同,根据香气前提物质在烤烟烘烤过程中的代谢将致香物质分类,T₁处理相比于CK,类胡萝卜素降解产物、新

植二烯、叶绿素降解产物、质体色素降解产物、类西柏烷类物质和总致香物质含量分别增加了3.02%、9.84%、9.77%、9.58%、10.99%和8.60%。这说明在密闭式烘烤条件下烟叶内大分子物质分解较为充分,有利于小分子物质的合成。

表3 烤后烟叶的致香物质含量(按香气前提物分类)

Table 3 The content of aroma substances in flue-cured tobacco leaves(classified by aroma prerequisites)

| 处理 Treatment | 芳樟醇 | β-大马酮 | β-紫罗兰酮 | 香叶基丙酮 | 巨豆三烯酮A | 巨豆三烯酮B | 巨豆三烯酮C | 巨豆三烯酮D | β-二氢大马酮 | 氧化异佛尔酮 | 金合欢基丙酮A | 金合欢基丙酮B |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------|-------------|--------------|---------------|-------------|--------|---------|-----------|------------|--------|---------|---------|
| T ₁ | 0.216 | 4.466 | 1.493 | 0.463 | 0.789 | 3.363 | 1.028 | 3.248 | 1.289 | 0.486 | 6.224 | 0.103 |
| CK | 0.231 | 4.912 | 1.443 | 0.606 | 0.813 | 3.088 | 0.921 | 2.653 | 1.589 | 0.442 | 5.365 | 0.161 |
| 较CK增幅 Increased amplitude in T ₁ compared with CK//% | -6.49 | -9.08 | 3.47 | -23.60 | -2.95 | 8.91 | 11.62 | 22.43 | -18.88 | 9.95 | 16.01 | -36.02 |
| 处理 Treatment | 二氢猕猴桃内酯 | 3-氧代-α-紫罗兰醇 | 2-环戊烯-1,4-二酮 | 6-甲基-5-庚烯-2-酮 | 类胡萝卜素降解产物含量 | 植醇 | 新植二烯 | 叶绿素降解产物含量 | 质体色素降解产物含量 | 吡嗪 | | |
| T ₁ | 0.332 | 0.030 | 0.117 | 0.123 | 23.770 | 2.584 | 871.553 | 874.137 | 897.907 | 0.142 | | |
| CK | 0.436 | 0.106 | 0.120 | 0.188 | 23.074 | 2.864 | 793.505 | 796.369 | 819.443 | 0.225 | | |
| 较CK增幅 Increased amplitude in T ₁ compared with CK//% | -23.85 | -71.70 | -2.50 | -34.57 | 3.02 | -9.78 | 9.84 | 9.77 | 9.58 | -36.89 | | |

接下表

续表 3

| | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------|----------------|---------------------------------------|-------------------|--------------|-----------------------|----------------------|------------------|------------------|----------------------------|--------|
| 处理 Treatment | 藏花醛 | 苯甲醇 | 苯乙醇 | 苯甲醛 | 苯乙醛 | 邻苯二甲 酸二丁酯 | 2-甲氧基-4- 乙基苯酚 | 2-甲氧 基-苯酚 | 苯丙氨酸类 致香物质含量 | 糠醛 | 糠醇 | 吡啶 |
| T ₁ | 0.061 | 4.178 | 1.144 | 0.032 | 0.853 | 0.868 | 1.215 | 0.007 | 8.500 | 0.843 | 0.350 | 0.116 |
| CK | 0.069 | 4.230 | 1.651 | 0.040 | 0.493 | 0.949 | 1.380 | 0.096 | 9.133 | 1.019 | 0.334 | 0.135 |
| 较 CK 增幅 Increased amplitude in T ₁ compared with CK//% | -11.59 | -1.23 | -30.71 | -20.00 | 73.02 | -8.54 | -11.96 | -92.71 | -6.93 | -17.27 | 4.79 | -14.07 |
| 处理 Treatment | 己醛 | 糠酸 | 胡薄荷酮 | 5-甲基 糠醛 | 4-吡啶 甲醛 | 2-吡啶 甲醛 | 2,3'-联 吡啶 | 2,3-二氢 苯并呋喃 | 1-(3-吡啶 基)-乙酮 | 1-(2-呋喃 基)-乙酮 | 2-甲基-四 氢呋喃-3- 酮(面包酮) | |
| T ₁ | 0.079 | 0.053 | 0.084 | 0.029 | 0.056 | 0.026 | 0.034 | 0.148 | 0.012 | 0.033 | 0.553 | |
| CK | 0.100 | 0.060 | 0.121 | 0.029 | 0.136 | 0.028 | 0.064 | 0.204 | 0.014 | 0.021 | 0.509 | |
| 较 CK 增幅 Increased amplitude in T ₁ compared with CK//% | -21 | -11.67 | -30.58 | 0 | -58.82 | -7.14 | -46.88 | -27.45 | -14.29 | 57.14 | 8.64 | |
| 处理 Treatment | 1-(1H-吡 咯-2-基)- 乙酮 | 2-戊基 呋喃 | 苯并[b] 噻吩 | 3-(1-甲基乙 基)(1H)吡 啶[3,4-b]吡 啶 | 棕色化 反应产物 含量 | 茄酮 | 茄那士酮 | 西柏三 烯二醇 | 类西柏烷 类物质含量 | 壬醛 | 2,6-壬 二烯醛 | |
| T ₁ | 0.228 | 0.206 | 0.043 | 0.837 | 3.730 | 7.988 | 0.653 | 7.159 | 15.800 | 0.190 | 0.350 | |
| CK | 0.242 | 0.301 | 0.055 | 0.845 | 4.217 | 7.591 | 0.236 | 6.409 | 14.236 | 0.205 | 0.498 | |
| 较 CK 增幅 Increased amplitude in T ₁ compared with CK//% | -5.79 | -31.56 | -21.82 | -0.95 | -11.55 | 5.23 | 176.69 | 11.70 | 10.99 | -7.32 | -29.72 | |
| 处理 Treatment | 2,4-庚二 烯醛 A | 2,4-庚二 烯醛 B | 3-甲基-2- 丁烯醛 | 1-戊烯- 3-酮 | 3-羟基- 2-丁酮 | 十四醛 | 丁内酯 | 亚麻酸 甲酯 | 棕榈酸 甲酯 | 棕榈酸 乙酯 | | |
| T ₁ | 0.030 | 0.039 | 0.115 | 0.698 | 0.421 | 0.350 | 0.050 | 5.255 | 0.480 | 0.520 | | |
| CK | 0.077 | 0.096 | 0.142 | 0.739 | 0.490 | 0.464 | 0.048 | 5.269 | 0.466 | 0.628 | | |
| 较 CK 增幅 Increased amplitude in T ₁ compared with CK//% | -61.04 | -59.38 | -19.01 | -5.55 | -14.08 | -24.57 | 4.17 | -0.27 | 3.00 | -17.20 | | |
| 处理 Treatment | 寸拜醇 | 3-甲基- 1-丁醇 | 棕榈酸 | 去氢去甲 基烟碱 | 肉豆蔻 酸甲酯 | 肉豆蔻酸 | 2,3,6-三甲基- 1,4-萘二酮 | 其他类致 香物质含量(除新植二烯) | 致香物质总量 | 致香物 质总量 | | |
| T ₁ | 4.507 | 0.752 | 7.076 | 0.112 | 0.011 | 0.026 | 0.062 | 21.044 | 75.428 | 946.981 | | |
| CK | 3.067 | 0.340 | 12.086 | 0.164 | 0.021 | 0.036 | 0.129 | 24.965 | 78.489 | 871.994 | | |
| 较 CK 增幅 Increased amplitude in T ₁ compared with CK//% | 46.95 | 121.18 | -41.45 | -31.71 | -47.62 | -27.78 | -51.94 | -15.71 | -3.90 | 8.60 | | |

表 4 烤后烟叶的致香物质种类、含量及所占比例(按香气前体物质分类)

Table 4 The types, content and proportion of aroma substances in flue-cured tobacco leaves(classified by aroma precursor substances)

| 项目 Items | 致香物质种类 | | 致香物质含量 | | 占比 | |
|--------------------------------------------|------------------------------|----|-----------------------------------------------|---------|----------------|-------|
| | Kinds of aroma substances//种 | | Content of aroma substances// $\mu\text{g/g}$ | | Proportion//% | |
| | T ₁ | CK | T ₁ | CK | T ₁ | CK |
| 类胡萝卜素降解产物 Carotenoid degradation products | 16 | 16 | 23.770 | 23.074 | 2.51 | 2.65 |
| 叶绿素降解产物 Chlorophyll degradation products | 2 | 2 | 874.137 | 796.369 | 92.31 | 91.33 |
| 苯丙氨酸类致香物质 Phenylalanine aroma substances | 9 | 9 | 8.500 | 9.133 | 0.90 | 1.05 |
| 棕色化反应产物 Browning reaction products | 18 | 18 | 3.730 | 4.217 | 0.39 | 0.48 |
| 类西柏烷类物质 Ceparanoids | 3 | 3 | 15.800 | 14.236 | 1.67 | 1.63 |
| 其他类致香物质 Other aroma substances | 19 | 19 | 21.044 | 24.965 | 2.22 | 2.86 |
| 致香物质总量 Total amount of aromatic substances | 67 | 67 | 946.981 | 871.994 | 100 | 100 |

2.4 烤后烟叶感官质量分析 由表 5 可知,密闭式热泵烤房烤后烟叶香气质较细腻、柔和,丰富性较好,香气量较足,烟气浓度较浓,刺激性较小,微有木质气,余味舒适。传统密集型烤房烤后中部烟叶香气质稍好,细腻度、丰富性稍欠,香气量稍欠,烟气浓度较浓,刺激性稍小,杂气尚轻,微有木质气,余味较舒适。由此可见,密闭式热泵烤房烤后中部烟叶的香气质量、杂气、烟气浓度、刺激性、余味均有明显改善,感官质量整体上表现为密闭式热泵烤房优于传统密

集型烤房。

3 结论与讨论

该研究结果表明,相较于传统密集型烤房,密闭式热泵烤房烤后烟叶淀粉含量显著降低,初烤烟叶香气质较为细腻、愉悦,圆润感增加,香气量增加,浓度增,刺激性减小,余味较好。使用密闭式热泵烤房烤后烟叶在化学成分的协调性、致香物质总量以及评吸结果上都表现出优于传统密集型烤房。由此可见,密闭式烘烤条件下,有利于烟叶内部生理

生化反应进行,为烟叶生理生化反应创造一个较为适宜的温湿度和烤房气体环境,增强淀粉酶、蛋白酶等酶活性,使烟叶

内生理生化反应有序进行,有效促进淀粉、色素等大分子物质的充分降解,提升烟叶外观与内在质量。

表5 不同类型烤房烤后烟叶的感官评吸质量

Table 5 Sensory evaluation and smoking quality of flue-cured tobacco leaves in different types of curing barn

| 处理 Treatment | 呼吸专家 Evaluation smoking experts | 香气质 Aroma quality | 香气量 Aroma amount | 杂气 Miscell- aneous gas | 浓度 Concen- tration | 刺激性 Irritation | 余味 Aftertaste | 燃烧性 Combust- ibility | 灰色 Gray | 使用价值 Use value | 劲头 Strength | 总分 Total score | 等级类别 Grade level |
|-----------------|------------------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------------|--------------------------|-------------------|------------------|----------------------------|------------|----------------------|----------------|----------------------|------------------------|
| T ₁ | 专家1 | 7.00 | 7.00 | 6.50 | 7.00 | 7.00 | 6.50 | 6.50 | 6.00 | 6.50 | 4.50 | 53.50 | 二类 |
| | 专家2 | 7.00 | 6.50 | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 6.50 | 6.50 | 6.50 | 5.00 | 54.50 | |
| | 专家3 | 6.50 | 6.00 | 7.00 | 6.00 | 7.00 | 6.50 | 7.00 | 7.00 | 6.00 | 3.00 | 53.00 | |
| | 平均值 | 6.83 | 6.50 | 6.83 | 6.67 | 7.00 | 6.67 | 6.67 | 6.50 | 6.33 | 4.17 | 53.67 | |
| CK | 专家1 | 6.50 | 6.00 | 6.00 | 7.00 | 6.50 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 4.00 | 50.00 | 三类 |
| | 专家2 | 6.50 | 6.00 | 7.00 | 6.50 | 7.50 | 6.50 | 6.00 | 4.50 | 6.00 | 4.00 | 50.50 | |
| | 专家3 | 6.00 | 6.00 | 6.50 | 6.00 | 6.50 | 6.00 | 6.50 | 5.00 | 5.00 | 3.00 | 48.50 | |
| | 平均值 | 6.33 | 6.00 | 6.50 | 6.50 | 6.83 | 6.17 | 6.17 | 5.17 | 5.67 | 3.67 | 49.67 | |

注:使用价值、劲头不计入总分

Note:The use value and strength were not calculated in the total score

然而,电能密闭式热泵烤房作为新型能源烤房,其烘烤过程中烟叶生理生化反应研究极少。同时,电能密闭式热泵烤房的推广应用还有待因地制宜完善相关研究,比如工艺优化、采烤烟叶条件的匹配等。随着科学技术的发展,电能密闭式热泵烤房在烟叶烘烤质量和热量有效利用率将进一步提升。

参考文献

- [1] 訾天镇,郭月清.关于提高烟叶品质的几点意见[J].河南科技,1981(2):22-25.
- [2] 李传玉,杨辉,王玉平,等.不同烘烤工艺对烟叶主要质量性状的影响[J].贵州农业科学,2008,36(5):155-157.
- [3] 宋朝鹏,陈江华,许自成,等.我国烤房的建设现状与发展方向[J].中国烟草学报,2009,15(3):83-86.
- [4] 詹军,樊军辉,宋朝鹏,等.密集烤房研究进展与展望[J].南方农业学报,2011,42(11):1406-1411.
- [5] 徐秀红,孙福山,王永,等.我国密集烤房研究应用现状及发展方向探

讨[J].中国烟草科学,2008,29(4):54-56,61.

- [6] 宫长荣,潘建斌,宋朝鹏.我国烟叶烘烤设备的演变与研究进展[J].烟草科技,2005,38(11):34-37.
- [7] 周喜新,周冀衡,黄国强.烟叶烘烤对环境的影响及其环境成本的实证研究[J].湖南农业科学,2013(2):42-43.
- [8] 云南省烟草农业科学研究院.烤烟密集型自动化烤房及烘烤工艺技术[M].北京:科学出版社,2012.
- [9] 贺智谋,邱荣俊,廖成福,等.空气能热泵烤房与传统密集烤房烟叶烘烤成本及质量对比研究[J].安徽农业科学,2013,41(24):10033,10044.
- [10] 陈智生.推广以电代煤提高能源利用率[J].云南电业,2012(8):13-14.
- [11] 郑飞,张扬.四种不同燃料密集烤房的应用研究[J].山西农经,2016(3):129.
- [12] 铁燕,和智君,罗会龙.烟叶烘烤密集烤房应用现状及展望[J].中国农学通报,2009,25(13):260-262.
- [13] 田效园,李许涛,高彬彬,等.热泵与燃煤密集烤房烘烤效益对比与研究[J].安徽农业科学,2016,44(6):106-108.
- [14] 韩锦峰,贾琪光,宫长荣,等.二氧化碳对烤烟烘烤的促进作用[J].河南科技,1986(2):5-7.

(上接第172页)

相关数据。

应用 ITS2 序列和 psbA-trnH 序列的聚类分析所建的 NJ 系统发育树存在一定差异,在亲缘关系的分析上不够精准,还需有较多的数据积累才行。

参考文献

- [1] 卫平,宋庆生.陕西产四种五加化学成分的含量测定[J].西北药学杂志,1987,2(3):13-15.
- [2] 简毓峰,胡浩斌.短柄五加的化学成分与药理活性研究进展[J].中药材,2011,34(8):1302-1306.
- [3] 中国科学院中国植物志编辑委员会.中国植物志:第54卷[M].北京:科学出版社,1978:86-116.
- [4] Flora of China Editorial Committee. Flora of China; V13[M]. Beijing: Science Press & St Louis: Missouri Botanical Garden Press, 2011:466-472.
- [5] 向其柏.五加科植物的新分类群及某些修订[J].南京林业大学学报(自然科学版),1985,9(2):15-28.
- [6] 陈士林,姚辉,韩建萍,等.中药材 DNA 条形码分子鉴定指导原则[J].中国中药杂志,2013,38(2):141-148.
- [7] 孙涛,孔德英,滕少娜,等.基于 ITS2 条形码的人参属物种鉴定研究[J].湖北农业科学,2016,55(19):5072-5074.
- [8] 潘绿昌,李园园,刘红昌,等.基于 ITS2 和 psbA-trnH 序列的忍冬属 5 种中药材 DNA 条形码鉴定研究[J/OL].基因组学与应用生物学,2018-11-15[2020-10-25].http://kns.cnki.net/kcms/detail/45.1369.Q.

20181115.0924.002.html.

- [9] 万如,王亚军,安巍,等.基于 psbA-trnH 序列条形码鉴定 21 份枸杞属植物[J].江苏农业科学,2019,47(1):56-59.
- [10] 李笑,谭朝阳,徐德宏,等.益母草植物 DNA 条形码的鉴定研究[J].中国药师,2020,23(3):442-447.
- [11] 方洁,吕群丹,陈正道,等.市售覆盆子药材 DNA 条形码鉴定研究[J].中国现代应用药学,2020,37(4):437-442.
- [12] 吕瑞华,冯昭,马添翼,等.陕西关中野生商陆资源的 ITS2 和 psbA-trnH 条形码序列研究[J].药学学报,2020,55(8):1951-1956.
- [13] 郑梦迪,张彦,张寒,等.活血丹及其同属药用植物的分子鉴定[J].时珍国医国药,2019,30(6):1397-1398.
- [14] 李园园,蔡莉,杨继勇,等.基于 ITS2 和 psbA-trnH 序列的金钗石斛 DNA 条形码鉴定研究[J].基因组学与应用生物学,2018,37(8):3516-3524.
- [15] 曾旭,李秋实,王铃,等.基于 ITS2 条形码的五加皮基原植物及其易混品的鉴定[J].中国现代中药,2012,14(2):15-18.
- [16] 陈镜安,杨璐,李荣钊,等.基于 ITS2 的竹节参及其近缘物种和混伪品鉴定评估[J].中草药,2018,49(15):3672-3680.
- [17] 刘新星,欧巧明,石有太,等.基于 ITS2 序列鉴别道地药材岷县当归及其混伪品[J].中草药,2018,49(20):4877-4883.
- [18] 林凤越,曹辉,任次欢,等.基于 ITS2 序列的人参及同属易混品西洋参种子的分子鉴定[J].中草药,2019,50(9):2188-2193.
- [19] 刘金欣,李耿,陈彩霞,等.基于 ITS2 序列的中药材苍术种苗 DNA 条形码鉴定[J].中国实验方剂学杂志,2018,24(2):34-38.
- [20] 陈士林.中药 DNA 条形码分子鉴定[M].北京:人民卫生出版社,2012:494-495.