

# 叠层装烟下变频调速对烤后烟叶香气物质含量和感官评吸质量的影响

胡志忠<sup>1\*</sup>,詹 军<sup>2\*</sup>,周芳芳<sup>2</sup>,陈少鹏<sup>3</sup>,王柱石<sup>2</sup>,  
毛春堂<sup>2</sup>,资文华<sup>2</sup>,张晓龙<sup>2\*\*</sup>

(1. 广西中烟工业有限责任公司 技术中心,广西 南宁 535001; 2. 云南瑞升烟草技术(集团)有限公司,  
云南 昆明 650106; 3. 重庆市烟草公司烟叶分公司,重庆 400023)

**摘要:** 为了优化四棚密集烤房配套烘烤工艺,改善烤后烟叶的香气质量,以 K326 中部叶为试验材料,研究了密集烘烤阶段变频器不同频率对密集烤房叠层装烟烤后烟叶香气质量和感官评吸质量的影响。结果表明,在烘烤过程中适当降低变频风机频率能明显提升烤后烟叶类胡萝卜素降解产物、苯丙氨酸类香气物质和类西柏烷类香气物质含量等,但不利于美拉德反应产物的积累与形成。适当降低变频风机频率对烤后烟叶的感官评吸质量具有明显的改善作用。总体上,密集烘烤过程中,变频风机在烤烟变黄期以 35 Hz-35 Hz-40 Hz 和 30 Hz-35 Hz-40 Hz、定色期以 50 Hz-35 Hz-25 Hz 和 45 Hz-30 Hz-30 Hz、干筋期保持 25 Hz 和 30 Hz,烤后烟叶香气物质含量高,香气质较好,香气量较足,燃烧性好,杂气和刺激性较轻,余味舒适,浓度、劲头适中。

**关键词:** 变频调速; 烤烟; 叠层装烟; 香气物质; 评吸质量

中图分类号: S572 TS44<sup>+</sup>1 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2014)01-0154-06

## Effects of Frequency Motor of Laminated Loading on Content of Aroma Composition and Smoking Quality of Flue-cured Tobacco Leaves

HU Zhi-zhong<sup>1\*</sup>,ZHAN Jun<sup>2\*</sup>,ZHOU Fang-fang<sup>2</sup>,CHEN Shao-peng<sup>3</sup>,  
WANG Zhu-shi<sup>2</sup>,MAO Chun-tang<sup>2</sup>,ZI Wen-hua<sup>2</sup>,ZHANG Xiao-long<sup>2\*\*</sup>

(1. Technical Center,China Tobacco Guangxi Industrial Co.,Ltd., Nanning 535001,China;  
2. Yunnan Reascend Tobacco Technology (Group) Co.,Ltd., Kunming 650106,China;  
3. Tobacco Leaf Branch of Chongqing Tobacco Corporation,Chongqing 400023,China)

**Abstract:** To optimize the curing technology of four-shelf bulking curing barn (BCB-4) and improve aroma quality of cured tobacco,middle leaves of K326 was used as materials to study the effects of different frequency of inverter on aroma quality and sensory evaluation of cured tobacco by laminated loading. The results showed that some components,including the carotenoid degradation products,phenylalanine aroma substances and cembranoids aroma substances,could be improved dramatically when the frequency of inverter was slowed down during the curing process. But slow frequency was harmful for formation and accumulation of maillard reaction products. And it would improve sensory evaluation by decreasing frequency of inverter. In all,the frequency

收稿日期:2013-07-04

作者简介: \* 共同第一作者。胡志忠(1977-),男,广西柳州人,助理工程师,本科,主要从事卷烟配方与香精香料研究。  
E-mail: huzhizhong000@sina.com

詹 军(1986-),男,陕西洛南人,工程师,硕士,主要从事烟叶调制与加工研究。E-mail: zhanjun\_@126.com

\*\* 通讯作者: 张晓龙(1978-),男,云南嵩明人,工程师,博士,主要从事品牌烟叶原料研究。E-mail: wllqx@163.com

of inverter was suitable at 35 Hz-35 Hz-40 Hz and 30 Hz-35 Hz-40 Hz in the yellowing period, 50 Hz-35 Hz-25 Hz and 45 Hz-30 Hz-30 Hz in the leaf drying stage, and 25 Hz and 30 Hz in the stem-drying stage. In the situations, the sensory evaluation of cured tobacco indicated that the content of aroma components was higher and its aroma quality was much better with sufficient content, good combustibility, small irritation and little offensive, comfortable aftertaste, suitable smoke concentration and strength.

**Key words:** frequency control; flue-cured tobacco; laminated loading; aroma composition; smoking quality

密集式烤房是近几年各大烟叶产区大规模推广应用的新型烤烟烘烤设备,是烟叶烘烤环节的一次重大技术改革。密集式烤房具有容量大、装烟多、独立供热、风机强制供热和通风排湿等优点,能有效提高烟叶烘烤的安全性、烘烤效率和烟叶质量<sup>[1-4]</sup>,但在生产应用过程中仍存在装烟量不足、烘烤质量下降等明显问题<sup>[5]</sup>。相关研究<sup>[6-8]</sup>认为,密集烤房适当增加装烟密度能在一定程度上改善烤后烟叶化学成分协调性、提高烟叶外观质量和香气物质含量,改善评吸质量。近年来研究指出,密集烤房叠层装烟<sup>[9]</sup>、烟夹<sup>[10]</sup>和散叶装烟<sup>[11]</sup>烘烤均能在一定程度上增加装烟密度,提高烤后烟叶质量。但烟夹和散叶装烟烘烤技术难度大、风险高,目前除贵州、湖北等部分主产烟区已完全掌握该项技术外,各主产烟区仍在积极探索。

密集烤房叠层装烟是在现有三层卧式密集烤房的基础上对层间距进行改造而来的。叠层装烟烘烤能明显增加装烟密度,改善烤房内气流和空气温湿度分布的均匀性,从而提高烤后烟叶质量,降低烘烤能耗成本<sup>[12-14]</sup>。其中,烘烤过程中风机转速对烤房叶间风速和温湿度均匀性具有重要影响,进而对烤后烟叶的质量存在明显影响<sup>[15-16]</sup>。目前,关于叠层装烟密集烘烤过程中温湿度以及风机转速控制等因素的研究尚未见报道。鉴于此,采用风机变频技术对密集烤房叠层装烟下烤后烟叶的香气质量和评吸质量进行了研究,以期为我国密集烘烤工艺优化和烟叶质量特色提高提供理论基础。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

试验于 2012 年在云南省昆明市石林彝族自治县占屯村云烟印象庄园内进行,叠层装烟密集烤房(8 m×2.7 m×3.2 m)5 座。试验田土壤为红壤,肥力中等。供试烤烟品种 K326,5 月 10 日进行烟苗移栽,田间管理按优质烤烟栽培生产技术规范进行。以烤烟中部叶(11—12 位叶)为试验材料,烟叶成熟

时按照叶位单叶采收。

### 1.2 试验设计

烤房温湿度参照三段式烘烤工艺正常烘烤,风机频率共设置 5 个处理,如表 1 所示。每个处理挑选成熟度、大小基本一致的叶片,按每竿 130 片绑竿标记,分别挂置在烤房各层距离装烟室门口各 2、4、6 m 处,每层 6 竿。要求各处理烟叶采自同一田地,并在同一天内完成采收、编烟、装炕与开烤。烤后烟叶回潮后按烤烟国家标准(GB 2635—92)对标记烟叶分级,中部叶取 C3F(中部橘黄三级)各 2.0 kg 用于香气物质分析和感官评吸,重复 3 次。

表 1 不同处理风机频率设置

烘烤阶段	温度/℃	处理					Hz
		CK	T1	T2	T3	T4	
变黄前期	35~38	45	35	30	35	30	
变黄中期	38~40	50	40	35	35	40	
变黄后期	40~42	50	45	40	40	45	
定色前期	42~47	50	50	45	50	45	
定色中期	47~50	45	35	30	35	30	
定色后期	50~54	45	30	30	25	25	
干筋前期	54~60	45	30	30	25	25	
干筋后期	60~68	45	30	30	25	25	

注:CK 中的风机频率设置参考文献[17]。

### 1.3 测定项目与方法

1.3.1 致香物质种类及含量 致香物质的样品处理与 GC/MS 分析条件参考文献[18]中方法,其中内标化合物采用萘。

1.3.2 烟叶评吸质量鉴定 将各处理烟叶切丝后卷制成长 70 mm、圆周 24.5 mm 的烟支,经过挑选、平衡水分后,由红云红河烟草(集团)有限责任公司、云南瑞升烟草技术(集团)有限公司组织评吸专家根据标准 YC/T 138—1998 烟草及烟草制品感官评价方法,按单料烟“标度值”标准(表 2),采用“九分制”标准对香气质、香气量、杂气、刺激性、余味、燃烧性、灰色、浓度和劲头统一进行感官质量评吸鉴定,劲头文字描述,不计入总分。

表 2 烤烟评吸质量指标及评分标准

标度值/分	香气质	香气量	浓度	刺激性	杂气	余味	燃烧性	灰色	劲头
9	很好	充足	很浓	很小	很轻	很好	很好	白	很大
8	好	足	浓	小	轻	好	好	白	大
7	较好	较足	较浓	较小	较轻	较好	较好	白	较大
6	稍好	尚足	稍浓	稍小	尚轻	稍好	稍好	灰白	稍大
5	中	中	中	中	中	中	中	灰白	中
4	稍差	稍有	稍淡	稍大	稍重	稍差	稍差	灰白	稍小
3	较差	较淡	较淡	较大	较重	较差	较差	黑	较小
2	差	平淡	淡	大	重	差	差	黑	小
1	很差	很平淡	很淡	很大	很重	很差	很差	黑	很小

#### 1.4 数据处理

采用 Excel 2003 进行数据处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 变频调速对密集烤房叠层装烟烤后烟叶香气质量的影响

2.1.1 类胡萝卜素降解产物 类胡萝卜素降解产物是烟叶香气质量的重要组分,它们产生的香味阈值相对较低,刺激性小,对香气质量贡献大,在感官上带来明显的细腻、高雅和清新的感受<sup>[19-20]</sup>。由表 3 可知,密集烤房叠层装烟适当降低变频风机频率能明显提升烤后烟叶类胡萝卜素降解产物含量。其中, T1、T2、T3 处理类胡萝卜素降解产物总量分别较 CK

表 3 不同处理烤后烟叶的类胡萝卜素降解产物含量

香气物质	处理				
	T1	T2	T3	T4	CK
$\beta$ -大马酮	3.235	3.529	3.554	3.192	3.861
$\beta$ -二氢大马酮	1.046	0.998	1.001	0.992	1.075
香叶基丙酮	0.876	0.809	0.767	0.737	0.827
$\beta$ -紫罗兰酮	0.520	0.532	0.677	0.516	0.559
二氢猕猴桃内酯	0.337	0.333	0.291	0.161	0.365
巨豆三烯酮 A	1.363	1.416	1.099	1.231	1.262
巨豆三烯酮 B	5.116	5.553	4.174	5.145	4.398
巨豆三烯酮 C	1.243	1.368	0.992	0.918	1.221
巨豆三烯酮 D	5.487	5.062	3.859	4.411	5.031
3-氧代- $\alpha$ -紫罗兰醇	0.077	0.094	0.089	0.073	0.085
金合欢基丙酮 A	6.362	9.979	10.522	7.760	6.776
金合欢基丙酮 B	0.140	0.150	0.060	0.049	0.079
氧化异佛尔酮	0.581	0.440	0.418	0.354	0.529
藏花醛	0.217	0.221	0.275	0.267	0.157
类胡萝卜素降解产物总量	26.600	30.484	27.778	25.806	26.225

提高了 1.43%、16.24%、5.92%,以 T2 处理增加最明显;而 T4 处理类胡萝卜素降解产物总量最低,较 CK 减少 1.60%。类胡萝卜素各降解产物中,与 CK 相比, T1、T2、T3、T4 处理烤后烟叶的  $\beta$ -大马酮、 $\beta$ -二氢大马酮和二氢猕猴桃内酯含量均有所降低,藏花醛含量有所增高;香叶基丙酮、巨豆三烯酮 D 和氧化异佛尔酮含量均以 T1 处理最高; $\beta$ -紫罗兰酮和金合欢基丙酮 A 含量以 T3 处理最高,其中金合欢基丙酮 A 含量较 CK 增加了 55.28%;巨豆三烯酮 A、巨豆三烯酮 C、3-氧代- $\alpha$ -紫罗兰醇以及金合欢基丙酮 B 含量以 T2 处理最高,而其金合欢基丙酮 A 和金合欢基丙酮 B 的含量分别较 CK 提高了 47.27%、89.27%,是引起 T2 处理类胡萝卜素降解产物总量明显增加的主要因素。

2.1.2 苯丙氨酸类香气物质 对 8 种苯丙氨酸类香气物质进行分析(表 4)可知, T3 处理的苯丙氨酸类香气物质总量最高,较 CK 增加了 27.82%; T1 和 T2 处理分别较 CK 增加了 2.26% 和 7.95%,差异不明显;而 T4 处理有所降低。8 种苯丙氨酸类香气物质中,苯甲醛、苯甲醇、苯乙醛和苯乙醇是最主要的 4 种,这 4 种香气物质含量均以 T3 处理最高;而对烟叶香气质量具有重要影响能够增加烟花香味的苯甲醇含量以 T4 处理最低,是导致该处理苯丙氨酸类香气物质含量最低的主要原因。其余 4 种香气物质中,吡啶和邻苯二甲酸二丁酯含量均以 T3 处理最高;2-甲氧基-4-乙基苯酚含量以 T2 处理最高(1.225  $\mu\text{g/g}$ );丁基化羟基甲苯含量以 T1 处理较高。总体分析可知,适宜的风机频率有利于苯丙氨酸类香气物质的积累。

表 4 不同处理烤后烟叶的苯丙氨酸类香气物质含量  
μg/g

香气物质	处理				
	T1	T2	T3	T4	CK
苯甲醛	0.117	0.109	0.154	0.141	0.089
苯甲醇	6.289	6.254	7.265	2.921	6.329
苯乙醛	0.709	0.418	1.007	0.784	0.365
苯乙醇	1.637	2.181	2.623	1.433	1.477
吲哚	0.218	0.228	0.263	0.142	0.218
2-甲氧基-4-乙烯基苯酚	0.982	1.225	1.216	0.763	1.095
丁基化羟甲基苯	0.149	0.079	0.077	0.077	0.135
邻苯二甲酸二丁酯	1.655	1.916	2.089	1.695	1.788
苯丙氨酸类香气物质总量	11.756	12.410	14.694	7.956	11.496

2.1.3 美拉德反应产物 烟叶调制过程中,美拉德反应是形成烟叶香气物质的重要过程。由表 5 可知,各处理美拉德反应产物总量表现为 CK>T2>T1>T3>T4。其中糠酸、面包酮、2-吡啶甲醛和 1-(1H-吡咯-2-基)-乙酮含量以 T1 处理最高;糠醇、丁内酯、4-吡啶甲醛、5-甲基糠醛和 2,3'-联吡啶的含量以 T2 处理最高,但 5-甲基糠醛与 T3 处理无差异;吡啶、己醛、胡薄荷酮以及 1-(3-吡啶基)-乙酮的含量以 T3 处理最高;苯并[b]噻吩的含量以 T4 处理最高,其他香气物质含量均以 T2 处理最高。由此可知,密集烘烤过低风机频率不利于美拉德反应产物的积累与形成。

表 5 不同处理烤后烟叶的美拉德反应产物含量  
μg/g

香气物质	处理				
	T1	T2	T3	T4	CK
糠醛	1.406	1.411	1.370	1.120	1.747
糠醇	0.564	0.606	0.523	0.423	0.543
糠酸	0.129	0.124	0.123	0.090	0.113
吡啶	0.138	0.187	0.211	0.172	0.141
己醛	0.102	0.111	0.161	0.126	0.095
面包酮(2-甲基四氢呋喃-3-酮)	0.277	0.152	0.100	0.102	0.258
丁内酯	0.046	0.072	0.054	0.029	0.050
2-吡啶甲醛	0.084	0.078	0.075	0.059	0.078
4-吡啶甲醛	0.131	0.159	0.137	0.100	0.153
5-甲基糠醛	0.057	0.071	0.071	0.066	0.059
胡薄荷酮	0.139	0.150	0.175	0.163	0.115
2,3'-联吡啶	0.098	0.255	0.220	0.093	0.146
2-环戊烯-1,4-二酮	0.149	0.141	0.095	0.062	0.179
1-(2-呋喃基)-乙酮	0.062	0.056	0.038	0.043	0.081
1-(1H-吡咯-2-基)-乙酮	0.485	0.452	0.309	0.264	0.472
1-(3-吡啶基)-乙酮	0.093	0.134	0.141	0.093	0.085
苯并[b]噻吩	0.119	0.113	0.117	0.146	0.121
2,3-二氢苯并呋喃	0.164	0.081	0.118	0.133	0.172
美拉德反应产物总量	4.243	4.353	4.038	3.284	4.608

2.1.4 类西柏烷类物质 由表 6 可见,类西柏烷类香气物质总量以 T2 处理最高,T1 处理次之,T3 处理与 CK 之间差异不明显,T4 处理最低。4 种类西柏烷类香气物质中,茄酮含量以 T1 处理最高,其次为 CK,而 T3 和 T4 处理较低且两者间差异不明显;降茄二酮含量在 5 个处理间差异较大,以 T1 处理最低,T3 处理和 CK 均为最高;茄那士酮含量除 T3 处理和 CK 较高外,其他 3 个处理间差异不大;各处理间西柏三烯二醇含量差异较大,表现为 T2>T3>CK>T1>T4。

表 6 不同处理烤后烟叶的类西柏烷类香气物质含量  
μg/g

香气物质	处理				
	T1	T2	T3	T4	CK
茄酮	12.207	9.277	8.177	8.073	10.138
降茄二酮	0.099	0.148	0.248	0.102	0.248
茄那士酮	0.335	0.445	0.556	0.343	0.537
西柏三烯二醇	6.975	13.004	9.689	2.824	7.630
类西柏烷类物质总量	19.616	22.874	18.670	11.342	18.552

2.1.5 其他香气物质 对其他类香气物质进行分析(表 7),以 T3 处理的其他类香气物质含量最高,T2 处理次之,T1 与 T4 处理间差异较小但均低于 CK。18 种其他类香气物质中,各处理之间差异较大,其中植醇、3-甲基-2-丁烯醛、2,4-庚二烯醛 A、2,4-庚二烯醛 B、壬醛、十四醛含量均以 T3 处理最高,而十四醛含量分别较 T1、T2、T4 处理和 CK 增加了 8.111 μg/g、6.214 μg/g、6.203 μg/g 和 7.164 μg/g。

表 7 不同处理烤后烟叶的其他香气物质含量  
μg/g

香气物质	处理				
	T1	T2	T3	T4	CK
植醇	1.609	1.790	2.241	1.016	1.537
1-戊烯-3-酮	1.389	0.959	0.361	0.956	1.617
3-羟基-2-丁酮	0.195	0.293	0.258	0.038	0.224
3-甲基-1-丁醇	1.301	0.948	1.128	1.414	0.701
3-甲基-2-丁烯醛	0.199	0.200	0.221	0.178	0.167
2,4-庚二烯醛 A	0.033	0.053	0.095	0.031	0.043
2,4-庚二烯醛 B	0.034	0.039	0.045	0.028	0.030
1H-吡咯-2-甲醛	—	0.026	0.014	0.012	—
壬醛	0.161	0.235	0.283	0.205	0.172
2,6-壬二烯醛	0.361	0.297	0.258	0.313	0.448
去氢去甲基烟碱	0.334	0.388	0.354	0.249	0.284
十四醛	1.239	3.136	9.350	3.147	2.186
萹	0.842	1.052	0.890	0.691	1.398
棕榈酸甲酯	0.463	0.472	0.612	0.562	0.693
棕榈酸	0.815	1.271	0.898	0.337	0.899
棕榈酸乙酯	0.697	0.839	0.836	0.468	0.670
寸拜醇	1.014	1.571	1.151	0.657	1.265
亚麻酸甲酯	1.215	1.160	0.847	0.492	1.465
其他类香气物质总量	11.901	14.729	19.842	10.794	13.800

2.1.6 香气物质总量 由表 8 可知,密集烘烤不同处理下,除新植二烯外的香气物质总量表现为  $T3 > T2 > CK > T1 > T4$ ,其中  $T1$  处理和  $CK$  之间差异较小。香气物质总量以  $T3$  处理最高,较  $CK$  增加了 8.82%;其次为  $T4$  处理,较  $CK$  增加了 5.49%; $T2$  处理较  $CK$  略有增加, $T1$  处理较  $CK$  有所降低。对比六大类香气物质,其中新植二烯含量占香气物质总量的

91.00%~93.93%。新植二烯被认为是叶绿素降解的重要香气成分,也可作为捕集烟香气溶胶内香气物质的载体,具有携带烟叶中挥发性香气物质和致香成分进入烟气的 ability。4 个处理中新植二烯含量以  $T1$  处理最低, $T3$  处理最高。由此可见,密集烤房叠层装烟,烘烤过程中不同阶段适当降低风机频率实现变速通风有利于提高烤后烟叶香气质量。

表 8 不同处理烤后烟叶的香气物质总量

 $\mu\text{g/g}$ 

香气物质	处理				
	T1	T2	T3	T4	CK
类胡萝卜素降解产物总量	26.600	30.484	27.778	25.806	26.225
苯丙氨酸类香气物质总量	11.756	12.410	14.694	7.956	11.496
美拉德反应产物总量	4.243	4.353	4.038	3.284	4.608
类西柏烷类物质总量	19.616	22.874	18.670	11.342	18.552
其他类香气物质总量	11.901	14.729	19.842	10.794	13.800
新植二烯	816.159	858.372	920.932	915.979	849.729
香气物质含量(除新植二烯外)	74.116	84.850	85.022	59.182	74.681
香气物质总量	890.275	943.222	1 005.954	975.161	924.410

## 2.2 变频调速对密集烤房叠层装烟烤后烟叶感官质量的影响

由表 9 可以看出,不同变频调速处理对密集烤房叠层装烟烤后烟叶的感官评吸质量均具有一定的改善作用。不同处理中烤后烟叶评吸质量总分表现为  $T3 > T2 > T1 > T4 > CK$ 。对比各感官评吸质量指标,5 个处理间的香气质和燃烧性得分均相同;香气量得分以  $T3$  和  $T2$  处理最高, $T1$  处理得分最低;与  $CK$  相比,其他处理的杂气和刺激性得

分均表现较好,杂气和刺激性得分分别以  $T3$  和  $T1$  处理表现最为突出; $T4$  处理的余味得分较  $CK$  有所下降,其他 3 个处理的得分均较  $CK$  有所提高;灰色以  $T2$  和  $T3$  处理最好,为灰白至白;与  $CK$  相比,各处理的浓度得分均有一定程度下降,但是  $T3$  和  $T2$  处理与  $CK$  差异较小。由此可见,以  $T2$  和  $T3$  处理烤后烟叶香气质较好,香气量较足,燃烧性好,杂气和刺激性较轻,余味舒适,浓度和劲头适中。

表 9 不同处理烤后烟叶的感官评吸质量

分

处理	评吸指标									
	香气质	香气量	杂气	刺激性	余味	燃烧性	灰色	浓度	总分	劲头
T1	7.00	6.50	7.00	7.25	6.75	7.00	6.00	6.50	54.00	中偏小
T2	7.00	7.00	7.00	7.00	6.75	7.00	6.50	6.75	55.00	中等
T3	7.00	7.00	7.25	7.00	6.75	7.00	6.50	6.75	55.25	中等
T4	7.00	6.75	6.75	7.00	6.25	7.00	6.25	6.50	53.50	中偏大
CK	7.00	6.75	6.63	6.63	6.50	7.00	6.00	6.88	53.39	中偏大

## 3 结论与讨论

密集烤房强制通风、热风循环,适宜的风速是保证烟叶烘烤顺利进行的重要前提条件之一。密集烤房叠层装烟,装烟密度的增大势必造成烤房内风速及其温湿度的变化。刘闯等<sup>[21]</sup>、何亚浩等<sup>[22]</sup>和李旭华等<sup>[22]</sup>研究认为,对密集烤房循环风机加装变频器可以有效实现烘烤过程中的变速通风,减小烤房内平面温差和垂直温差,同时变频器的软启动能有效保护风机设备。本试验结果表明,叠层装烟采用变

频风机在烟叶变黄前期-中期-后期以 35 Hz-35 Hz-40 Hz 和 30 Hz-35 Hz-40 Hz、定色期以 50 Hz-35 Hz-25 Hz和 45 Hz-30 Hz-30 Hz、干筋期保持 25 Hz 和 30 Hz 烤后烟叶香气物质含量高,评吸质量好。

密集烤房装烟密度和变黄期风机转速共同决定烘烤过程中烤房内部温湿度,进而控制烘烤过程中烟叶水分散失速度和散失量<sup>[7]</sup>。变黄期风机转速增大,烤房内环境湿度降低,烟叶提前失水,酶活性降低,影响大分子物质的降解转化,因此,在变黄期采

用较低频率,降低风机转速有利于淀粉、蛋白质等大分子物质降解,为定色期香气物质的转化积累提供基础。进入定色期,烟叶水分需要大量排出,如果风速过低,湿气排出慢,造成高温高湿的环境,易出现烤坏烟叶的现象;若风速过高,通风量过大,烤后烟叶香气量不足、刺激性大,正反面色差大,颜色趋于柠檬黄<sup>[24]</sup>。因此,密集烘烤叠层装烟定色前期风机以 50 Hz 运转,快速排湿,定色后期以 35 Hz-25 Hz 运转,延长定色后期时间有利于香气物质的形成。干筋期温度较高,如果风速仍然较高,势必会在排湿的同时使烟叶的一部分挥发性香气物质散失掉,且相关研究<sup>[25]</sup>表明,干筋期香气物质总量基本保持不变,但大分子香气物质继续增加,小分子物质明显减少,这是因为在干筋期仍有许多小分子香气前提物质聚缩成大分子香气物质。而通过减小风机转速,使水分持续有度地排出,能够创造一个适宜的反应环境,有利于烟叶香气物质的转化和积累,同时,也减少了烟叶油分和部分小分子香气物质的挥发散失。因此,干筋期风机以 25 Hz 运转,有利于烟叶香气物质保留,改善烤后烟叶质量。且这与马力等<sup>[26]</sup>、樊军辉等<sup>[27]</sup>的研究结果基本一致。

总体来看,叠层装烟密集烘烤,采用变频风机对不同烘烤阶段进行变频调速影响了烘烤过程中的通风状况,对烟叶内水分的排出造成了一定的影响,从而对烟叶内在生理生化和组织结构变化产生了影响。因此,密集烘烤过程中叠层装烟采用变频风机变速通风有利于烟叶内在大分子物质和香气前提物质充分降解,促进香气物质积累,改善烤后烟叶评吸质量。

#### 参考文献:

- [1] 王汉文. 烤烟密集烘烤及其配套技术[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社,2006.
- [2] 詹军,张晓龙,周芳芳,等. 密集烤房与普通烤房烤后烟叶香气质量的对比分析[J]. 河南农业科学,2013,42(7):36-42,56.
- [3] 王爱华,王松峰,腾春富,等. 密集烘烤不同变筋温度对烟叶香气物质和评吸质量的影响[J]. 华北农学报,2012,27(增刊):116-121.
- [4] 霍开玲,宋朝鹏,张卫建,等. 密集烘烤烤烟细胞壁主要成分及降解酶变化研究[J]. 华北农学报,2010,25(4):166-169.
- [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] 贺帆,王涛,樊军辉,等. 装烟密度对密集烘烤中上部烟叶香气质量的影响[J]. 江西农业大学学报,2013,35(1):33-37.
- [7] 马力,宋朝鹏,段史江,等. 密集烤房装烟密度和变黄期风机转速对烟叶淀粉降解及经济性性状的影响[J]. 江西农业大学学报,2011,33(5):873-879.
- [8] 詹军,李伟,武圣江,等. 密集烤房装烟密度对上部烟叶质量的影响[J]. 作物研究,2011,25(5):473-476.
- [9] 王战义,刘闯,韩永镜,等. 不同装烟方式对烘烤能耗和烟叶质量的影响[J]. 江西农业大学学报,2012,24(10):80-82.
- [10] 李伟,詹军,张丰收,等. 装烟密度对烤烟中性致香物质含量的影响[J]. 西北农业学报,2012,21(2):94-98.
- [11] 谢已书,邹焱,李国彬,等. 密集烤房不同装烟方式的烘烤效果[J]. 中国烟草科学,2010,31(3):67-69.
- [12] 黄泽祥. 烟叶烘烤新工艺优化及烘烤能源的代替研究[D]. 北京:中国农业科学院,2011.
- [13] 钟平,林云通,林方荣,等. 烤烟叠层密集烤房试验研究[J]. 湖南农业科学,2010(1):82-84,85.
- [14] 李茂军,王晓剑,王行,等. 3层改4层密集烤房在烘烤中的应用[J]. 广东农业科学,2012,39(15):14-15,27.
- [15] 赵华武,崔国民,赵永振,等. 密集烘烤过程中烤房叶间风速指标的灰色关联聚类分析[J]. 西南大学学报:自然科学版,2011,33(11):140-145.
- [16] 詹军,宫长荣,王涛,等. 密集烘烤干筋期风机转速对上部烟叶香气物质和评吸质量的影响[J]. 河南农业大学学报,2011,45(5):502-507.
- [17] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 23219—2008 烤烟烘烤技术规程[S]. 北京:中国标准出版社,2009:5-11.
- [18] 詹军,李伟,王涛,等. 密集烘烤定色期升温速度对上部烟叶吸食品质的影响[J]. 江西农业大学学报,2011,33(5):866-872.
- [19] Lloyd R A. Flue-cured tobacco flavor I. Essence and essential oil components[J]. Tobacco Science,1976,20:40-48.
- [20] 史宏志,顾少龙,段卫东,等. 不同基因型烤烟质体色素降解及与烤后烟叶挥发性降解物含量关系[J]. 中国农业科学,2010,45(16):3346-3356.
- [21] 刘闯,王学龙,豆显武,等. 变频调速技术在烟叶密集烘烤中的应用研究初报[J]. 浙江农业科学,2010(3):563-566.
- [22] 何亚浩,贺帆,杨荣生,等. 密集烘烤过程中风机变频技术对烟叶质量的影响[J]. 西北农业学报,2011,20(4):76-81.
- [23] 李旭华,邱妙文,文俊,等. 变频电机对密集烘烤烟叶质量的影响[J]. 中国烟草科学,2012,33(1):74-77.
- [24] 裴晓东,李帆,龙大彬,等. 基于模糊综合评判的不同风机转速对烤烟上部叶可用性影响的研究[J]. 南方农业学报,2011,42(12):1528-1531.
- [25] 宫长荣,陈江华,吴洪田,等. 密集烤房[M]. 北京:科学出版社,2010:216-231.
- [26] 马力,段史江,李沛,等. 密集烤房不同循环风机烘烤烟叶的色素降解及感官质量[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版,2011,37(5):479-483.
- [27] 樊军辉,陈江华,宋朝鹏,等. 密集烘烤后期风机转速对烤后烟叶质量的影响[J]. 江西农业大学学报,2010,32(6):1115-1120.