

## 低温变黄与干筋烘烤工艺对中上部烟叶质量的影响

詹 军<sup>1</sup>, 张晓龙<sup>1</sup>, 周芳芳<sup>1</sup>, 毛春堂<sup>1</sup>, 李晓亚<sup>1</sup>, 包崇彦<sup>1</sup>, 宫长荣<sup>2\*</sup>

(1. 云南瑞升烟草技术(集团)有限公司, 云南 昆明 650106; 2. 河南农业大学 烟草学院, 河南 郑州 450002)

**摘要:** 为了优化与改进密集烤房烘烤工艺, 以现行三段式烘烤工艺为对照(CK), 研究了低温变黄与干筋烘烤工艺(即增加 35 ℃ 和 60 ℃ 稳温时间, 低温 65 ℃ 干筋)对中、上部烟叶外观质量、化学成分、香气物质和评吸质量的影响。结果表明, 低温烘烤工艺对不同部位烟叶质量的影响有所不同。上部烟叶的外观质量、化学成分协调性和感官评吸质量在该工艺下得到了较为突出的改善, 其致香物质总量、质体色素降解产物、苯丙氨酸类香气物质、类西柏烷类物质和其他类香气物质的含量分别较 CK 显著增加了 36.93%、24.66%、52.48%、92.18%、64.78%。该工艺一定程度上提高了上部烟叶的质量, 但是对中部烟叶质量的改善效果较为一般。

**关键词:** 密集烘烤; 低温; 变黄期; 干筋期; 烤烟; 烟叶质量

**中图分类号:** S572 TS44<sup>+</sup>1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2012)11-0155-06

## Effect of Baking Technology at Low Temperature in Yellowing Stage and Stem-drying Stage on Tobacco Quality

ZHAN Jun<sup>1</sup>, ZHANG Xiao-long<sup>1</sup>, ZHOU Fang-fang<sup>1</sup>, MAO Chun-tang<sup>1</sup>, LI Xiao-ya<sup>1</sup>,  
BAO Chong-yan<sup>1</sup>, GONG Chang-rong<sup>2\*</sup>

(1. Yunnan Reacend Tobacco Technology (Group) Co., Ltd., Kunming 650106, China;

2. College of Tobacco Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** To optimize and improve bulk curing technology, the effects of a new bulk curing technology on the appearance quality, chemical composition, aroma components and smoking quality of middle and upper leaves were studied with the control of three-stage flue-curing technology. The results showed that effect on tobacco leaves in different positions was different under low temperature curing. The appearance quality, harmony of chemical components and smoking quality of upper leaves in the low temperature curing progress were improved much more. Besides, the content of aroma components, degradation products of chromoplast pigment, phenylalanine aroma components, cembratriendiol compounds, and other aroma components increased by 36.93%, 24.66%, 52.48%, 92.18% and 64.78% compared with CK. To a certain extent, the low temperature curing could improve quality of upper leaves, but to middle leaves the improvement was not so obvious.

**Key words:** bulk curing; low temperature; yellowing stage; stem-drying stage; flue-cured tobacco; tobacco quality

密集烘烤装烟密度大, 节省烘烤用工, 有利于提高专业化程度和烟叶烘烤质量, 现已成为中国烤烟烘烤的发展方向<sup>[1]</sup>。但由于目前密集烘烤技术在我国尚

不成熟, 烤后烟叶僵硬、颜色淡、油分减少、香气物质减少等现象仍然普遍存在<sup>[2-3]</sup>。因此, 结合我国密集烤房的特点, 研究并规范密集烘烤工艺、改善密集烤房烤后

收稿日期: 2012-06-20

基金项目: 国家烟草专卖局资助项目(3300806156)

作者简介: 詹 军(1986-), 男, 陕西洛南人, 助理农艺师, 硕士, 主要从事烟叶调制与生理研究。E-mail: zhanjun\_@126.com

\* 通讯作者: 宫长荣(1948-), 男, 河南荥阳人, 教授, 主要从事烟草调制与加工研究。E-mail: gongchr009@126.com

烟叶的质量已经成为当前烤烟生产最迫切的任务<sup>[3]</sup>。烘烤工艺不同会直接影响烟叶的外观颜色和内含物质的含量,并最终影响烤烟的吸食品质和香气质量的形成以及风格特色的彰显<sup>[2]</sup>。烘烤过程中,温湿度不仅在很大程度上决定了烟叶内部各种生理生化变化和和各种大分子物质的转化<sup>[4]</sup>,而且决定着烤后烟叶的烘烤质量,成为烘烤技术操作的核心和决定烘烤成败的关键。干筋期干球温度的高低对烟叶香气质量和香吃味的影响也较为突出。研究发现,干筋期温度超过 71 ℃ 会引起糖分焦化<sup>[5]</sup>。迄今为止,已有许多关于密集烘烤过程中变黄、定色和干筋期温湿度对烤烟生理生化特性及烤后烟叶质量的影响研究<sup>[6-16]</sup>,但在这些研究中,烟叶变黄的温度一般在 38~42 ℃,而干筋的温度多介于 68~70 ℃,烟叶变黄和干筋的温度均较高,尤其是干筋期温度较高易造成烟叶烤红和香气物质的损失。鉴于此,以传统三段式烘烤工艺为对照,研究了低温充分变黄与干筋烘烤工艺对烤烟中、上部叶外观质量、常规化学成分含量及协调性、致香物质含量和感官评吸质量的影响,为进一步提高烤后烟叶质量和优化密集烘烤工艺提供新的依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

试验于 2011 年在福建省南平武夷山市星村镇黄村烤房群进行,供试烤房为 6 座气流下降式密集烤房。供试烤烟品种为云烟 87。田间管理按优质烤烟栽培生产技术规范进行。以中部叶(第 11~12 位叶)和上部叶(第 15~16 位叶)为试验材料,依据成熟标准,烟叶成熟时按照叶位单叶采收。

### 1.2 试验设计

试验共设 2 个处理,其中,CK 为常规烘烤工艺:  
(1)变黄阶段——在 38 ℃(湿球温度 36 ℃)稳温 24 h

以上,烟叶达到 8~9 成黄为准,开烤后 2 h 内风机转速 1 440 r/min,之后风机转速 960 r/min。温度以 0.5 ℃/h 升至 42 ℃(湿球温度 37 ℃)稳定,稳温 12 h 以上,以烟叶变黄达到黄片青筋 9 成黄,叶片充分失水凋萎、主脉发软、微有勾尖为准,风机转速 960 r/min;(2)定色阶段——温度以 0.5 ℃/h 升至 47 ℃(湿球温度 38 ℃)稳定,烟筋变黄(泛白)、叶片小卷边半干为准,风机转速 1 440 r/min。以 0.5 ℃/h 速度升至 54 ℃(湿球温度 39 ℃)稳定,稳温 12 h 以上,风机转速 960 r/min;(3)干筋阶段——温度以 1 ℃/h 升至 68 ℃(湿球温度 42 ℃)稳定,稳温至烟叶干筋,风机转速 960 r/min。 $T_1$  为新烘烤工艺:在变黄阶段前期增加 35 ℃ 稳温点,干筋阶段前期增加 60 ℃ 稳温点,并采用相对低温 65 ℃ 进行干筋(各阶段具体工艺指标为:干球温度 35 ℃ 稳温 12 h 左右,使烟叶尖部变黄 10 cm 左右;之后干球温度以 0.5 ℃/h 升至 38 ℃,保持湿球温度 36 ℃;54 ℃ 稳温结束后以 0.5 ℃/h 升温至 60 ℃,保持湿球温度 41 ℃,稳温 12 h;之后干球温度以 0.5 ℃/h 升至 65 ℃,保持湿球温度 42 ℃,稳温直到干筋),处理中其他工艺均按照常规烘烤工艺进行。烟叶按成熟标准采收后,参照文献<sup>[14]</sup>的方法进行叶片挑选、编竿、装炕、开烤,装烟密度为 65 kg/m<sup>3</sup>(中部叶)和 70 kg/m<sup>3</sup>(上部叶)。回潮后按烤烟国家标准(GB 2635—1992)对标记烟叶分级,中部叶取 C3F(中部橘黄三级)、上部叶取 B2F(上部橘黄二级)各 2.0 kg 用于各指标测定,重复 3 次。

### 1.3 测定项目与方法

1.3.1 外观质量 外观质量的鉴定按照文献<sup>[1]</sup>的方法进行,以颜色、成熟度、结构、身份、油分和色度 6 项指标作为烤烟外观质量评价指标,具体评定标准见表 1,各指标权重分别为 0.30、0.25、0.15、0.12、0.10、0.08。采用指数和法评价烤烟外观质量状况。

表 1 烟叶外观质量评定标准

颜色	分数	成熟度	分数	结构	分数	身份	分数	油分	分数	色度	分数
柠檬黄	6~9	完熟	6~9	疏松	8~10	中等	7~10	多	8~10	浓	8~10
橘黄	7~10	成熟	7~10	尚疏松	5~8	稍薄	4~7	有	5~8	强	6~8
红棕	3~7	尚熟	4~7	稍密	3~5	稍厚	4~7	稍有	3~5	中	4~6
微带青	3~6	欠熟	0~4	紧密	0~3	薄	0~4	少	0~3	弱	2~4
青黄	1~4	假熟	3~5			厚	0~4			浅	0~2
杂色	0~3										

1.3.2 常规化学成分 试样的制备采用烘箱法(YC/T 31—1996);淀粉含量采用酸解法测定<sup>[17]</sup>;其他化学成分的测定采用连续流动法(烟碱:YC/T 160—2002,水溶性糖、还原糖:YC/T 159—2002,

氯:YC/T 162—2002,总氮:YC/T 161—2002,钾:YC/T 217—2007,蛋白质:YC/T 249—2008)。化学成分的综合评价参照王彦亭等<sup>[18]</sup>的方法进行,并以指数和法计算化学成分协调性得分,计算方法如

下:协调性得分=烟碱 $\times 0.17$ +总氮 $\times 0.09$ +还原糖 $\times 0.14$ +钾 $\times 0.08$ +淀粉 $\times 0.07$ +糖碱比 $\times 0.25$ +氮碱比 $\times 0.11$ +钾氯比 $\times 0.09$ ,式中各指标分别表示其得分,数字为各指标的权重。

1.3.3 香气物质提取及定性定量分析 香气物质含量由云南瑞升烟草技术(集团)有限公司通过 GC/MS 法进行测定,其样品处理与 GC/MS 分析条件按文献[19]的方法进行。

1.3.4 烟叶评吸鉴定 卷制长 70 mm、圆周 27.5 mm 的单料烟支,经过挑选、平衡水分后,由云南烟草科学研究院、云南瑞升烟草技术(集团)有限公司、云南中烟工业公司、红云红河集团技术中心的 10 名专家进行评吸,感官评价包括香韵、香气量、香气质、浓度、刺激性、劲头、杂气、口感,各评吸指标满分分别为 10、15、15、10、15、5、10、20。

#### 1.4 数据处理

采用 Excel 2003 进行数据处理,用 SPSS 17.0 中的 Independent-samples T Test 进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同烘烤工艺对烟叶外观质量的影响

烤烟中部叶和上部叶的颜色、成熟度、结构、油分分别为橘黄、成熟、疏松、有,但是  $T_1$  处理对中部、上部烟叶各指标得分的影响不尽相同。与 CK 相比,其在一定程度上改善了中部烟叶的结构、油分和色度,尤其对色度的改善最为明显,达到强,但是  $T_1$  处理降低了烤烟的颜色、成熟度、身份得分,最终降低了综合评价得分,但差异不显著;在上部叶中,2 个处理除成熟度得分无差异外,其他各指标均表现为  $T_1$  处理高于 CK,综合评价也为  $T_1$  优于 CK,且差异显著(表 2)。

表 2 不同处理烟叶的外观质量评价

部位	处理	颜色	成熟度	结构	身份	油分	色度	总分
中部叶	$T_1$	8.5	8.0	9.0	8.0	8.0	7.5	82.60a
	CK	9.0	9.0	8.5	9.0	7.0	6.0	84.85a
上部叶	$T_1$	8.5	8.0	8.5	8.0	8.0	6.0	80.65a
	CK	7.5	8.0	8.0	7.5	7.5	5.0	75.00b

注:差异显著性分析在同一部位不同处理间进行,不同小写字母表示差异达到 0.05 显著水平,下同。

### 2.2 不同烘烤工艺对烟叶常规化学成分及协调性的影响

从表 3 可以看出,中部叶中, $T_1$  处理的总糖、还原糖、钾含量均较 CK 有所提高,淀粉、总氮、烟碱、蛋白质含量较 CK 分别降低了 11.49%、3.14%、2.64%、8.15%,而氯含量在 2 个处理间无差异;上

部叶中, $T_1$  处理的总糖、还原糖含量较 CK 显著增加了 6.60%、27.54%,而淀粉、总氮、烟碱、蛋白质、钾、氯含量均较 CK 有所下降,除烟碱含量外,其余指标  $T_1$  处理与 CK 差异均达显著水平。

表 3 不同处理烟叶的化学成分含量及协调性

化学指标	中部叶		上部叶	
	$T_1$	CK	$T_1$	CK
总糖/%	28.52a	27.24a	26.48a	24.84b
还原糖/%	24.24a	21.28b	24.08a	18.88b
淀粉/%	4.70a	5.31a	3.11b	5.01a
总氮/%	2.16a	2.23a	2.92b	3.23a
烟碱/%	2.58a	2.65a	2.87a	3.01a
蛋白质/%	8.23a	8.96a	7.73b	9.04a
钾/%	2.94a	2.86a	2.12b	2.48a
氯/%	0.28a	0.28a	0.26b	0.38a
总糖/烟碱	11.05	10.28	9.24	8.25
总氮/烟碱	0.84	0.84	1.02	1.07
钾/氯	10.50	10.21	8.15	6.53

化学成分含量高低与烟叶质量尤其是吸食品质有关,但是在强调烟叶各化学成分含量适宜的同时,更应强调烟叶内在化学成分的协调性<sup>[20]</sup>。通过对烟叶化学成分协调性得分进行计算(表 4)可以发现,中部叶中,2 个处理的烟碱、总氮、钾和钾氯比协调性得分均为满分, $T_1$  处理的还原糖、糖碱比、氮碱比得分均小于 CK,而淀粉得分高于 CK;上部叶中,除了  $T_1$  处理的还原糖和钾的协调性得分低于 CK 外,其他指标的协调性得分均高于 CK。综合考虑,中部叶化学成分含量和协调性以 CK 略好,而上部叶则以  $T_1$  处理较优。

表 4 不同处理烟叶的化学成分协调性综合得分

化学指标	中部叶		上部叶	
	$T_1$	CK	$T_1$	CK
烟碱	100.00	100.00	93.27	78.87
总氮	100.00	100.00	60.00	50.00
还原糖	88.80	100.00	89.60	100.00
钾	100.00	100.00	92.40	99.60
淀粉	85.92	73.80	100.00	79.80
总糖/烟碱	93.78	96.88	100.00	98.33
总氮/烟碱	92.48	92.77	100.00	98.46
钾/氯	100.00	100.00	100.00	92.63
综合评分	95.07	96.59	93.19	89.21

### 2.3 不同烘烤工艺对烟叶香气物质的影响

从表 5 可以看出,与 CK 相比,采用新烘烤工艺( $T_1$  处理)进行烘烤后,中部烟叶中的香气物质总量、质体色素降解产物总含量、棕色化反应产物总量、类西柏烷类物质总量、其他类香气物质总量显著降低,而苯丙氨酸类香气物质总量显著增加,而 2 个

处理的类胡萝卜素降解产物总量差异不显著;  $T_1$  处理的上部烟叶香气物质总量、质体色素降解产物总含量、叶绿素降解产物总量、苯丙氨酸类香气物质总量、类西柏烷类物质总量和其他类香气物质总量分别较 CK 显著增加了 36.93%、24.66%、29.63%、

52.48%、92.18%、64.78%, 而类胡萝卜素降解产物总量、棕色化反应产物总量均较 CK 有所下降, 但差异不显著。可见, 采用新工艺( $T_1$  处理)能显著提高上部烟叶中大部分香气物质的含量, 但对中部烟叶香气物质含量的影响则相反。

表 5 不同处理烟叶的香气物质含量

 $\mu\text{g/g}$ 

香气物质	中部叶		上部叶	
	$T_1$	CK	$T_1$	CK
芳樟醇	0.125	0.146	0.159	0.177
$\beta$ -大马酮	4.349	5.582	4.585	6.262
香叶基丙酮	1.245	1.744	1.920	2.402
$\beta$ -紫罗兰酮	3.570	3.491	4.360	3.486
巨豆三烯酮 A	1.328	1.136	1.027	1.268
巨豆三烯酮 B	5.548	3.591	3.670	5.375
巨豆三烯酮 C	1.433	2.057	1.407	1.323
巨豆三烯酮 D	4.770	4.800	4.332	5.142
$\beta$ -二氢大马酮	1.046	1.189	1.260	1.435
金合欢基丙酮 A	8.197	9.627	7.766	7.893
金合欢基丙酮 B	0.524	1.584	0.687	0.365
6-甲基-2-庚酮	0.056	0.062	0.043	0.055
二氢猕猴桃内酯	1.276	1.440	1.472	1.213
6-甲基-5-庚烯-2-酮	0.745	0.584	0.626	0.688
3-氧代- $\alpha$ -紫罗兰醇	0.355	0.417	0.256	0.154
类胡萝卜素降解产物总量	34.567a	37.450a	33.570a	37.238a
新植二烯	292.461	388.439	330.580	255.552
植醇	4.208	9.061	4.292	2.773
叶绿素降解产物总量	296.669b	397.500a	334.872a	258.325b
质体色素降解产物总含量	331.236b	434.950a	368.442a	295.563b
糠醛	1.446	2.225	1.981	1.739
糠醇	0.522	0.668	0.564	0.505
吡啶	0.069	0.129	0.033	0.145
吡咯	0.163	0.187	0.091	0.238
己醛	0.109	0.146	0.084	0.138
5-甲基-2-糠醛	0.063	0.084	0.069	0.087
2-戊基呋喃	0.144	0.122	0.164	0.141
2-乙基吡啶	0.368	0.248	0.159	0.200
棕色化反应产物总量	2.884b	3.809a	3.145a	3.193a
苯甲醇	7.382	5.707	6.641	4.115
苯乙醇	3.046	2.641	3.462	1.951
苯甲醛	0.178	0.125	0.132	0.104
苯乙醛	0.558	0.801	0.693	0.997
苯丙氨酸类总量	11.164a	9.274b	10.928a	7.167b
茄酮	14.700	14.253	24.403	23.967
西柏三烯二醇	26.820	42.964	39.888	9.487
类西柏烷类物质总量	41.520b	57.217a	64.291a	33.454b
其他类香气物质总量	93.169b	171.535a	105.807a	64.209b
香气物质总量	479.973b	676.785a	552.613a	403.586b

#### 2.4 不同烘烤工艺对烟叶感官评吸质量的影响

由表 6 可见, 与 CK 相比, 中部烟叶  $T_1$  处理的香韵、浓度、杂气、口感略有改善, 但香气量、香气质、刺激性和劲头有所降低, 总体评吸质量以 CK 略好; 上部叶, 除  $T_1$  处理的香气量较 CK 略有下降、劲头和杂气得分与对 CK 无差异外, 其余评吸指标的得

分均优于 CK, 尤其是香韵、香气质、刺激性和口感的改善最为突出。可见, 相对低温变黄与干筋对上部烟叶的评吸结果改善较为明显, 其烤后烟叶感官评吸质量表现为香韵丰富、香气量较充足、香气质纯净细腻、烟气浓度和劲头较适中、刺激性和杂气较少、口感舒适。

表 6 不同处理烟叶评吸结果

部位	处理	香韵	香气量	香气质	浓度	刺激性	劲头	杂气	口感	合计
中部叶	T <sub>1</sub>	6.75	11.75	11.34	7.12	11.71	3.21	6.74	16.95	75.58
	CK	6.71	12.00	11.64	7.00	11.86	3.36	6.64	16.93	76.14
上部叶	T <sub>1</sub>	7.00	11.98	11.64	7.07	11.43	3.50	6.50	16.19	75.31
	CK	6.50	12.00	11.00	7.00	11.07	3.50	6.50	16.00	73.57

### 3 结论与讨论

目前,我国密集烤房烤后烟叶(尤其是上部烟叶)普遍存在淀粉、蛋白质、色素等大分子物质残留量过高等问题,最终导致光滑烟偏多、香气物质降低。密集烘烤过程中各种大分子物质均是在各种酶的作用下降解的,而影响酶活性变化的一个最重要因素是温度。师会勤等<sup>[21]</sup>研究发现,烘烤过程中变黄阶段温、湿度对烟叶品质的影响均较大,其中温度对烟叶品质影响更大。蔡宪杰等<sup>[22]</sup>研究发现,烘烤过程中,烟叶淀粉酶的活性变化呈双峰曲线,36℃时出现一个峰值,此时鲜烟的淀粉酶活性最高,38℃出现另一个高峰。烟叶淀粉、蛋白质、色素等物质含量过高时,叶片光滑僵硬、填充力下降、燃烧性变差、产生焦糊气味,对烟气产生不良影响<sup>[23-24]</sup>。本研究结果表明,采取低温烘烤能降低中、上部烟叶的淀粉、总氮、烟碱和蛋白质含量,尤其上部烟叶的降低达到显著水平,这可能是因为,在变黄阶段采取低温烘烤能延长淀粉酶、蛋白酶、色素酶等酶的作用时间,并使其保持在较高的活性水平。

国内外研究普遍认为,烟叶成熟和调制过程是香气前体物降解、香气物质形成和转化的主要时期,烤烟大部分香气物质在变黄期和定色期形成,到干筋后期可能会分解<sup>[25]</sup>。因此,变黄、定色和干筋期温湿度条件对烟叶的香吃味具有决定性影响。本研究发现,低温烘烤能显著提高上部烟叶的致香物质总量和大部分香气物质的含量,这可能是因为,在变黄期的低温烘烤下,烟叶细胞内一些与香气物质有关的酶系统达到了一定的动态平衡,促进各种大分子物质充分降解形成了大量的香气前体物质,而干筋期较低的温度不仅能够减少香气物质因高温而造成的降解损失,还能够促使一些小分子香气前体物在较合适的温度下继续发生聚缩形成某些大分子香气物质<sup>[2]</sup>。值得注意的是,低温烘烤工艺能显著提高上部烟叶的香气物质含量,但对中部烟叶有相反作用,具体原因仍需要从烟叶自身素质和酶类物质作进一步深入分析。

干筋期干球温度的高低对烟叶香气质量和香吃味的影响也较为突出,日本岗山烟草试验场的研究<sup>[26]</sup>指出,在烘烤温度达到60℃以后,烟叶香气变浓,青生味消失,但是随着温度继续提高,香气量减少;而当烟叶干片以后,以2℃/h的升温速度分别升到60、65、70℃干筋,调制后烟叶香气浓淡的顺序为60℃>65℃>70℃。

有资料显示,目前我国密集烤房烤后烟叶的外观质量缺陷主要体现在烟叶的颜色、结构和油分方面<sup>[27]</sup>。而通过采取低温变黄与干筋的烘烤工艺能够明显改善烟叶(尤其是上部烟叶)的颜色、结构和油分,分析原因,一方面可能是低温延长变黄时间能够使烟叶内部大分子物质充分降解,提高烟叶的变黄程度,最终导致烟叶结构疏松程度较高,另一方面可能是干筋期采取相对低温(65℃)烘烤,不仅能够降低烟叶在高温烘烤下变红而影响烟叶颜色和质量的风险,而且能够减少高温下烟叶表面油分的散失。

本研究结果表明,低温烘烤工艺使各种酶处于比较适宜的状态,从而促进烟叶内淀粉、蛋白质、烟碱、总氮等物质降解。但该工艺对不同部位烟叶质量的影响有所不同。上部烟叶的外观质量、化学成分协调性和感官评吸质量在该工艺下得到了较为突出的改善,其致香物质总量和大部分香气物质的含量也得到了显著提高,但是该工艺对中部烟叶质量的改善效果较为一般。

#### 参考文献:

- [1] 詹军,武圣江,宫长荣.密集烤房中应用翅片管换热器对对烟叶质量的影响[J].湖南农业科学,2011(23):127-130,135.
- [2] 詹军,武圣江,贺帆,等.密集烘烤干筋期温湿度对上部烟叶外观质量和内在品质的影响[J].甘肃农业大学学报,2011,46(6):29-35.
- [3] 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.
- [4] 王怀珠,杨焕文,郭红英.烘烤过程中温湿度对烤烟淀粉降解及相关酶活性的影响[J].作物学报,2006,32(2):313-316.

- [5] 白震译. 烤烟烘烤干筋期的温度与香吃味[J]. 烟草科技, 1984(1): 56-60.
- [6] 宫长荣, 刘霞, 王卫峰. 密集烘烤温湿度条件对烟叶生理生化特性和品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2007, 35(6): 77-82, 88.
- [7] 代丽, 黄永成, 宫长荣, 等. 密集式烘烤条件下不同变黄温湿度对烤后烟叶致香物质的影响[J]. 华北农学报, 2008, 23(6): 148-152.
- [8] 王松峰, 王爱华, 毕庆文, 等. 烘烤过程中湿度条件对烤烟生理指标及烤后质量的影响[J]. 中国烟草科学, 2008, 29(5): 52-56.
- [9] 黄山, 杨虹琦, 张发明, 等. 烘烤温湿度变化对不同烤烟品种烟叶膜脂过氧化作用的影响[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2009, 35(5): 485-492.
- [10] 宫长荣, 袁红涛, 陈江华. 烤烟烘烤过程中烟叶淀粉酶活性变化及色素降解规律的研究[J]. 中国烟草学报, 2009, 8(2): 16-20.
- [11] 张晓远, 毕庆文, 汪健, 等. 变黄期温湿度及持续时间对上部烟叶呼吸速率和化学成分的影响[J]. 烟草科技, 2009(9): 56-59.
- [12] 师会勤, 艾复清, 万红友. 烘烤变黄环境对烤后烟叶化学组分的影响[J]. 江西农业大学学报, 2004, 26(5): 749-753.
- [13] 张保占, 孟智勇, 马浩波, 等. 密集烘烤定色阶段不同湿球温度对烤后烟叶品质的影响[J]. 河南农业科学, 2012, 41(1): 56-61.
- [14] 詹军, 周芳芳, 贺帆, 等. 密集烘烤后期湿度对烤烟香气品质的影响[J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2012, 34(3): 1-8.
- [15] 詹军, 宫长荣, 李伟, 等. 密集烘烤干筋期干球和湿球温度对烟叶香气质量的影响[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2011, 37(5): 484-489.
- [16] 龚顺禹, 杨焕文, 王怀珠, 等. 烟叶中淀粉降解酶活性与烘烤温湿度的关系研究[J]. 华北农学报, 2005, 20(4): 17-20.
- [17] 王瑞新, 韩富根, 杨素勤. 烟草化学品质分析[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1990.
- [18] 王彦亭, 谢剑平, 李志宏. 中国烟草种植区划[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 24-29, 36-37.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 师会勤, 艾复清, 万红友. 烘烤变黄环境对烤后烟叶化学组分的影响[J]. 江西农业大学学报, 2004, 26(5): 749-753.
- [22] 蔡宪杰, 尹启生, 王信民, 等. 烘烤过程中温湿度对烤烟淀粉酶活性的影响[J]. 烟草科技, 2006(12): 43-45, 64.
- [23] 周冀衡. 烟草生理与生物化学[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1996: 334.
- [24] 宫长荣, 王能如, 汪耀富, 等. 烟叶烘烤原理[M]. 北京: 科学技术出版社, 1994: 105.
- [25] 史宏志, 刘国顺. 烟草香味学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 4-13.
- [26] 茆寅生. 日本烟草调制的研究 I. 烤烟烘烤条件与香气吃味的关系[J]. 中国烟草科学, 1986(2): 40-42.
- [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.