

电热密集烤箱烘烤烟叶变黄期湿度容差研究*

郑竹山¹, 陈 颐^{1**}, 孙书斌², 李梦狄², 邓 春³, 王亚辉¹, 杨世波⁴

(1. 云南省烟草农业科学研究院, 云南 昆明 650031; 2. 湖北中烟工业有限责任公司, 湖北 襄阳 441000;

3. 云南省烟草公司玉溪市公司, 云南 玉溪 652800; 4. 云南省香料烟有限责任公司, 云南 保山 678000)

摘要:【目的】探讨适宜密集烘烤变黄期湿度的容差范围。【方法】采用电热式温湿自控密集烤烟箱, 以 K326 品种为试验材料, 研究了在变黄期各湿度梯度处理对不同部位烤后烟叶经济性状、内在化学成分和感官评吸质量的影响。【结果】(1) 在相对湿度 60%~80% 条件下, 烤至 72 h 时不同部位烟叶的失水率均达到 40%~60%, 叶绿素降解率均高于 80%, 有利于烟叶变黄和定色; (2) 相对湿度 70%~80% 条件下, 不同部位烤后烟叶的经济性状指标较高, 其中上等烟比例最高可达 78.01%, 均价最高可达 29.26 CNY/kg; (3) 相对湿度 60%~80% 条件下, 不同部位烤后烟叶的内在化学成分较协调, 且烟叶感官评吸质量较好, 其中下、中部叶以相对湿度 70%~80% 处理、上部叶以相对湿度 65%~70% 处理的感官评吸质量达到最大值。【结论】变黄期以相对湿度 60%~80% 容差范围烘烤处理的烤后烟叶基本满足工业可用性。

关键词: 密集烘烤; 烟叶; 变黄期; 湿度; 容差范围

中图分类号: TS 441

文献标识码: A

文章编号: 1004-390X (2019) 04-0637-08

Study on the Humidity Tolerance of Flue-curing Barn during Yellowing Stage on Tobacco Leaves

ZHENG Zhushan¹, CHEN Yi¹, SUN Shubin², LI Mengdi², DENG Chun³,

WANG Yahui¹, YANG Shibo⁴

(1. Yunnan Academy of Tobacco Agricultural Sciences, Kunming 650031, China;

2. China Tobacco Hubei Industrial Co., Ltd., Xiangyang 441000, China;

3. Yuxi City Branch of Yunnan Tobacco Company, Yuxi 652800, China;

4. Yunnan Aromatic Tobacco Co., Ltd., Baoshan 678000, China)

Abstract: [Purpose] To discuss the suitable tolerance range of humidity during yellowing stage. [Method] We studied the effects of different parts under different humidity gradient treatment during yellowing stage on the economic characters, chemical composition and sensory quality. The electrothermal temperature humidity control dense flue-curing barn was used for this experiment, and flue-cured tobacco variety K326 was took as the test material. [Result] (1) With relative humidity of 60%-80% and curing for 72 hours, the filtration rate of different parts of flue-cured tobacco achieved 40% to 60%, the chlorophyll degradation rate achieved over 80%, which was good for tobacco leaves turn yellow and set the color. (2) During yellowing stage under relative humidity of

收稿日期: 2018-10-09

修回日期: 2019-04-05

网络首发时间: 2019-07-23 14:33:02

*基金项目: 云南省科技厅项目(2017FB074); 云南省烟草公司科技项目(2015YN05, 2018530000241022)。

作者简介: 郑竹山(1995—), 男, 云南保山人, 学士, 技术员, 主要从事烟草调制技术研究。

E-mail: muzi5929@126.com

**通信作者 Corresponding author: 陈颐(1987—), 男, 湖南冷水江人, 博士, 助理研究员, 主要从事烟草调制技术研究。E-mail: 229781579@qq.com

网络首发地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/53.1044.S.20190723.1343.003.html>



70%-80%, different parts of flue-cured tobacco had a better economic characters, among them, the proportion of superior tobacco could be as high as 78.01%, and the average price could be up to 29.28 CNY/kg. (3) During yellowing stage between relative humidity of 60%-80%, the internal chemical composition of different parts of flue-cured tobacco was more harmonious, and the sensory evaluation of absorption was better, what's more, the middle leaves and the lower leaves yellow treated at relative humidity of 70%-80% and upper leaves at relative humidity of 65%-70%, the sensory smoking quality reached maximum value. [Conclusion] The roasted tobacco baked for relative humidity of 60%-80% during the yellowing stage can met on industrial demands.

Keywords: bulk curing; tobacco leaves; yellowing stage; humidity; tolerance range

水分是烤烟烘烤过程中烟叶物质降解及转化的基础, 直接影响烟叶的生理代谢过程和形态结构变化, 最终决定烟叶的品质与可用性^[1]。近年来, 随着中国密集烤房的迅速发展, 烤房湿度的精准控制水平不断提高, 但是密集烘烤变黄期湿度的选控迄今还没有明确的界定, 烟农选控湿度随意性大, 导致烘烤烟叶存在含青度高、僵硬等问题, 严重影响了密集烘烤烟叶质量的进一步提升^[2]。因此, 探明密集烘烤变黄期适宜的关键参数, 为密集烘烤提供更加可靠的湿度选控范围, 对保障卷烟工业原料的可用性具有极为重要的意义^[3-4]。目前, 国内外烟草研究工作者围绕烘烤变黄期湿度参数开展了大量研究, 主要集中于以下几个方面: (1) 不同烤房类型变黄期湿度参数研究。文俊等^[5]对气流上升式密集烤房烘烤关键湿球温度下烟叶内在品质进行了研究, 得出变黄期的湿度和时间优化组合对烟叶化学成分的转化和质量的形成影响最大, 其中湿度影响更大; 任杰等^[6]对气流下降式密集烤房最适变黄期湿度研究表明: 干湿球温度为 42 °C/37 °C 中棚变黄程度达到黄片青筋、主脉变软转火, 烤后烟叶外观质量最好, 化学成分协调, 感官质量评价最优。(2) 不同品种变黄期湿度参数研究。魏硕等^[7]对 K326 品种烟叶变黄阶段不同湿度处理下生理变化进行研究, 发现变黄前期失水可显著提升烤后烟叶拉力和填充值; 刘勇等^[8]对多雨生态区云烟 87 品种烟叶烘烤工艺优化进行研究, 得出采用变黄前期边升温边排湿、变黄后期提前排湿的烘烤工艺, 有利于提高烟叶等级结构、均价和上等烟叶比例。(3) 不同部位变黄期湿度参数研究。李生栋等^[9]采用水分干燥数学模型来预测不同部位烟叶烘烤过程中变黄期含水率变化, 结果发现 Wang & Singh

模型可更好地描述和预测烟叶烘烤过程中烟叶含水率, 且中部叶和上部叶烟叶变黄期失水速率呈现“慢—快—慢”的变化趋势; 孙光伟等^[10]对不同部位烟叶变黄烘烤进行研究表明: 同一湿球温度曲线下, 中部叶变黄烘烤干球温度控制在 37~38 °C, 而上部叶以 36 °C 和 38 °C 处理烤后烟叶质量最佳。目前烟叶烘烤中湿度方面的研究多集中在多参数互相控制^[11-12]或烟叶水分测定方法上^[13-14], 而单一变量研究烘烤过程中湿度容差范围对烟叶可用性的影响研究鲜有报道。本研究采用“密集透视烤箱+固定电子秤”和叶绿素测定仪组合分析, 系统性研究密集烘烤变黄期的湿度控制参数, 跟踪测量烘烤中水分变化和叶绿素降解, 旨在探讨变黄期各湿度梯度处理烤后烟叶, 其内在化学成分与感官质量的变化规律, 最终找到适宜密集烘烤变黄期湿度的容差范围, 为烘烤工艺的优化与完善提供理论依据和思路。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2016 年在云南省玉溪市红塔区研和试验基地(海拔 1 635 m, N 24°14'21", E 102°29'58")进行。供试品种为 K326, 前茬作物水稻, 植烟土壤基本理化性状为: pH 6.4, 有机质 10.7 g/kg, 有效氮 82.0 mg/kg, 有效钾 160.0 mg/kg, 有效磷 90.0 mg/kg。配置 3 台电热自动控温、控湿中型可视化密集烤箱(国产, 云南省烟草农业科学研究院定制机)(容量 2 000~2 400 片)进行烘烤试验, 编烟装烤时每个智能控制烤烟箱装烟 20~24 竿, 共 2 层, 每竿编烟 100 片左右, 确保处理间装烟密度一致, 烘烤过程中严格按处理方案及时准确升温排湿, 风速调控由温控仪自动控制执行。

1.2 试验设计

选取田间长势一致、正常成熟落黄的下部叶(自下而上第 4~5 片)、中部叶(自下而上第 9~11 片)、上部叶(自下而上第 15~16 片)鲜烟叶来进行处理和装烟烘烤。试验在小型密集烤箱设施环境中进行, 烘烤变黄期工艺主要依据玉溪烟区主推烘烤模式并参考烘烤专家经验设计(图 1)。变黄期温度设定: 叶尖部变黄 8 cm 左右干球温度为 35 ℃, 叶肉变黄 7~8 成左右干球温度为 38 ℃, 叶肉全黄干球温度为 42 ℃。定色期和干筋期烘烤工艺参数按照玉溪烟区主推烘烤模式进行。变黄期湿度容差试验设计为: (1) 以相对湿度 50% 为准基点, 按+10% 的递进规律, 在烘烤下部烟叶时, 设置 5 个不同湿度处理, 即 50%、60%、70%、80% 和 90%; (2) 通过试验下部烟叶, 优化最低和最高变黄的湿度处理, 试验中部烟叶变黄的湿度处理为 55%、60%、70%、80% 和 85%; (3) 通过烘烤中部烟叶后, 再次优化最低和最高变黄的湿度处理, 试验上部烟叶变黄的湿度处理为 60%、65%、70%、75% 和 80%。

1.3 检测项目与方法

烘烤烟叶颜色、含水率动态变化分析: 各处理选取具有代表性的烟叶 10 片称重, 用叶绿素测量仪(国产, LYS-B 型)测量叶绿素, 标记烘烤; 在烘烤过程中每隔 24 h 取样, 直至烤烟变黄期结束; 对各处理标记烟叶进行称重、叶绿素测量, 记录烘烤时间^[15]。烟叶失水率(PC_水)和烟叶

叶绿素降解率(PC_{叶绿素})按下式计算:
$$PC_{水}=(W_{始}-W_t)/W_{始}\times 100\%;$$
$$PC_{叶绿素}=(EC_{始}-EC_t)/EC_{始}\times 100\%。$$
式中, W_t 表示任意取样时刻 t 样品的总质量, g; $W_{始}$ 表示烘烤起始时样品的总质量, g; EC_t 表示任意取样时刻 t 样品的叶绿素含量; $EC_{始}$ 表示烘烤起始时样品的叶绿素含量。
经济性状分析: 按照 42 级国标(GB 2635—1992)对各处理烤后烟叶逐叶分级, 各小级分别称重, 测定每个处理各级烤烟的均价、下中上等烟比例和青黄烟比例等。

化学成分分析: 各处理取烤后烟叶各 1 kg, 送云南省烟草农业科学院分析测定中心检测烟叶的常规化学成分(总糖、还原糖和烟碱等)。
感官质量分析: 主要统计香气特性、烟气特性和口感特性等 12 个指标的分值, 即愉悦性、细腻度、圆润性、绵延感、香气量、浓度、刺激性、劲头、杂气、干净度、津润感和回味。采用专家咨询法和借鉴其他专家的建议, 确定上述各评价指标的权重分别为: 0.10、0.05、0.05、0.05、0.15、0.10、0.15、0.05、0.10、0.10、0.05 和 0.05, 最终由云南中烟技术中心的 7 位专家评吸打分值作为量化分值。采用 0~5/0~10/0~15 等距标度评分法对感官质量进行量化评价, 最终依据雷达图直观展示。
回归拟合分析: 回归分析是研究自变量与因变量之间因果关系的分析方法。本研究采用

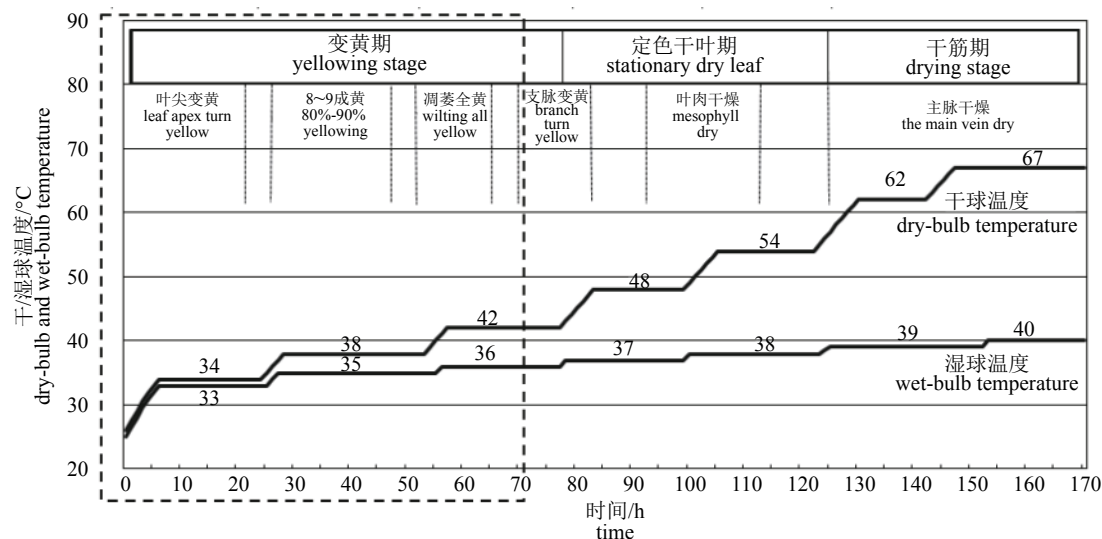


图 1 玉溪烟区密集烤房 K326 烘烤技术主推工艺图
Fig. 1 Main technical diagram of flue-curing (K326) barn in Yuxi tobacco area

Origin 8.0 软件进行回归分析, 建立 Y (感官评吸质量) 与 X (变黄期相对湿度) 的拟合方程, 并根据方程求出 Y 的最大值, 然后以 R^2 (决定系数) 验证其模型的可用性。

1.4 数据统计

所有数据均采用 Excel、SPSS 18.0 和 Origin 8.0 分析软件进行方差分析、计算、统计并作图表。

2 结果与分析

2.1 变黄期湿度梯度处理对不同部位烟叶失水率的影响

由表 1 可知: 不同湿度梯度处理下, 不同部位烟叶在变黄 24、48 和 72 h 的失水率均存在极显著差异 ($P<0.01$), 且从低湿度到高湿度表现出失水率逐渐降低的规律。下部叶和中部叶分别以相对湿度 50% 和 55% 处理下的失水率最快, 烘烤至 72 h 时, 烟叶失水率超过 60%, 即烟叶基本

表 1 各湿度梯度处理下烟叶失水率
Tab. 1 Water loss rate of tobacco leaves under different humidity gradient treatments

部位 position	湿度/% humidity	失水率/% rate of water loss		
		24 h	48 h	72 h
下部叶 lower leaves	50	21.68 aA	41.80 aA	72.44 aA
	60	18.73 bB	34.79 bB	54.71 bB
	70	18.87 bB	30.44 cB	48.95 cB
	80	16.79 cBC	29.52 cB	42.17 dC
	90	15.50 cC	22.70 dC	37.97 dC
	<i>F</i> 值	21.38**	34.26**	91.10**
中部叶 middle leaves	55	32.97 aA	48.68 aA	67.31 aA
	60	27.48 bB	44.47 bB	58.51 bB
	70	25.34 bcBC	39.41 cC	50.29 cC
	80	23.09 cCD	38.84 cC	46.87 dCD
	85	20.43 dD	34.80 dD	43.18 eD
	<i>F</i> 值	42.67**	86.23**	107.91**
上部叶 upper leaves	60	24.67 aA	42.44 aA	55.36 aA
	65	23.22 bA	40.17 bcA	51.90 bB
	70	20.99 cB	38.94 bAB	50.11 bB
	75	20.36 cdB	35.71 cBC	46.50 cC
	80	19.46 dB	33.12 dC	43.85 dC
	<i>F</i> 值	22.27**	23.46**	37.36**

注: $F_{0.05}(4, 10)=3.48$, $F_{0.01}(4, 10)=5.99$; “*” 和大写字母表示在 5% 下差异达到显著水平, “**” 和小写字母表示在 1% 下差异性达到极显著水平; 下同。
Note: $F_{0.05}(4, 10)=3.48$, $F_{0.01}(4, 10)=5.99$; “*” and capital letters mean extremely significant difference 5%, “**” and lowercase letters mean significant difference 1%; the same as below.

定色, 不能再变黄。表明低湿度处理不适宜烟叶的变黄, 会导致烟叶烤青。由此可见, 不同部位烟叶在相对湿度 60%~80% 条件下, 烤至 72 h 时的失水率均达到 40%~60%, 有利于烟叶变黄和定色。

2.2 变黄期湿度梯度处理对不同部位烟叶叶绿素降解率的影响

由表 2 可知: 各湿度梯度处理之间随着烘烤时间的延长, 叶绿素降解率不断加快, 起初即烘烤的 24 h 叶绿素降解率较慢, 上部烟叶降解率仅为 20% 左右; 至烘烤 48 h 时, 叶绿素降解率最高达到 67.11%; 至 72 h 时基本达到烟叶全黄。各湿度梯度处理下不同部位烟叶在烘烤 48 h 和 72 h 的过程中, 叶绿素降解率均存在极显著差异 ($P<0.01$)。下部叶相对湿度 50% 和中部叶相对湿度 55% 条件下, 烤至 72 h 时叶绿素降解率均在 80% 以下, 表明叶绿素降解率缓慢的原因是由于烟叶失水过快, 含水量过少, 不足以使烟叶变黄而所致。由此可见, 不同部位烟叶在相对湿度 60%~90% 条件下, 烤至 72 h 时叶绿素降解率均达到 80% 以上, 有利于烟叶变黄和定色。

表 2 各湿度梯度处理下烟叶叶绿素降解率
Tab. 2 Chlorophyll degradation rate of tobacco leaves under different humidity gradient treatments

部位 position	湿度/% humidity	降解率/% degradation rate		
		24 h	48 h	72 h
下部叶 lower leaves	50	32.41 a	37.66 cC	60.66 cB
	60	32.14 a	51.33 bB	90.40 abA
	70	31.47 a	62.52 aA	98.22 aA
	80	31.74 a	63.15 aA	96.18 aA
	90	31.67 a	53.49 bB	83.14 bA
	<i>F</i> 值	2.82	21.88**	22.52**
中部叶 middle leaves	55	28.78 a	40.59 cC	67.19 dD
	60	29.50 a	53.06 bB	90.82 bcBC
	70	29.84 a	65.25 aA	97.78 aA
	80	29.96 a	67.11 aA	94.83 abAB
	85	30.27 a	57.07 bB	88.47 cC
	<i>F</i> 值	2.13	49.34**	88.91**
上部叶 upper leaves	60	21.07 a	54.33 cB	90.93 bC
	65	22.50 a	60.42 abAB	96.02 aAB
	70	22.71 a	64.12 aA	98.29 aA
	75	22.75 a	62.53 abA	96.62 aA
	80	23.07 a	58.18 bcAB	91.84 bBC
	<i>F</i> 值	0.57**	6.46**	10.42**

2.3 变黄期湿度梯度处理对不同部位烤后烟叶经济性状的影响

由表 3 可知: 各湿度梯度处理下不同部位烤后烟叶上等烟比例、中等烟比例、下等烟比例以及均价均存在极显著差异 ($P<0.01$), 其中, 下部烟叶中等烟比例和均价以相对湿度 70%~80% 之间的处理较高, 相对湿度 50% 的低湿处理存在青黄烟; 中部烟叶上等烟比例和均价以相对湿度 70%~80% 之间的处理较高, 相对湿度 55% 的低湿处理存在青黄烟; 上部烟叶上等烟比例和均价以相对湿度 70% 的处理最高。

2.4 变黄期湿度梯度处理对不同部位烤后烟叶化学成分的影响

由表 4 可知: 各湿度梯度处理下的下部叶和中部叶烤后烟叶总糖含量、还原糖含量、氮碱比和糖碱比均存在极显著差异 ($P<0.01$), 其他指标差异不显著。其中, 下部烟叶总糖含量、还原糖含量和糖碱比以相对湿度 60%~80% 的处理较高; 中部烟叶总糖含量、还原糖含量和糖碱比以相对湿度 60%~80% 之间的处理较高; 上部烟叶烤后烟叶常规化学成分指标差异均不显著。

2.5 变黄期湿度梯度处理对不同部位烤后烟叶感官质量的影响

对下部叶和中部叶而言, 相对湿度 70%~80% 处理下烤后烟叶感官质量较好, 主要表现为香气量和香气质较好, 质感细腻柔和, 香气量和浓度适中, 刺激性较小, 干净度尚可, 口感舒适 (图 2、3); 对上部叶而言, 相对湿度 65%~70% 处理下烤后烟叶感官质量较好, 主要表现为香气丰富性较好, 香气量中偏上, 浓度较大, 刺激性较大, 杂气稍重, 烟气稍显干燥 (图 4)。

对变黄期不同湿度梯度与烤后烟叶感官质量关系进行拟合 (图 5), 下部叶变黄期湿度曲线方程为 $y=-0.10x^2+14.32x-427.5$ ($R^2=0.99$, $P=0.001$), 中部叶变黄期湿度曲线方程为 $y=-0.07x^2+10.28x-285.49$ ($R^2=0.88$, $P=0.001$), 上部叶曲线方程为 $y=-0.04x^2+6.32x-174.23$ ($R^2=0.84$, $P=0.001$)。表明不同处理下不同部位烤后烟叶感官质量变化趋势一致, 均为随着变黄期湿度的增加呈现先增加后减少的变化规律。由此可知: 变黄期下、中部叶在相对湿度 70%~80% 处理下感官质量达到最大值, 上部叶在相对湿度 65%~70% 处理下感官质

表 3 各湿度梯度处理下烤后烟叶经济性状
Tab. 3 Economic characters of flue-cured tobacco under different humidity gradient treatments

部位 position	湿度/% humidity	上等烟比例/% proportion of superior tobacco	中等烟比例/% proportion of medium tobacco	青黄烟比例/% proportion of green-yellow leaves	下等烟比例/% proportion of inferior tobacco	均价/(CNY·kg ⁻¹) average price
下部叶 lower leaves	50	—	11.49 cB	83.48 a	88.51 aA	4.90 cC
	60	—	66.84 bA	—	33.16 bcB	13.92 bB
	70	—	77.92 aA	—	22.08 cB	18.74 aA
	80	—	74.84 aA	—	25.16 bcB	16.73 aA
	90	—	63.36 bA	—	37.64 bB	13.93 bB
	F 值	—	41.35**	—	41.35**	11.70**
中部叶 middle leaves	55	—	34.35 aA	57.72 a	65.65 aA	14.11 cB
	60	62.53 bB	18.55 bB	—	18.92 bB	21.65 bA
	70	77.72 aA	15.04 bB	—	7.25 dC	28.35 aA
	80	74.22 aA	14.24 bB	—	11.54 cdBC	24.25 abA
	85	64.57 bB	17.51 bB	—	17.93 bcB	21.70 bA
	F 值	8.17**	12.75**	—	115.62**	11.52**
上部叶 upper leaves	60	60.91 dC	31.92 aA	—	17.18 aA	22.61 bA
	65	65.53 bcB	23.48 bcABC	—	9.99 bB	28.01 abA
	70	78.01 aA	17.52 cC	—	4.48 cB	29.26 aA
	75	70.60 bAB	19.67 cBC	—	9.73 bB	24.40 abA
	80	62.95 cB	27.04 abAB	—	10.00 bB	22.89 bA
	F 值	21.55**	9.28**	—	13.47**	13.28**

表 4 各湿度梯度处理下烤后烟叶化学成分

Tab. 4 Chemical composition of flue-cured tobacco under different humidity gradient treatments

部位 position	湿度/% humidity	总糖/% total sugar	还原糖/% reducing sugar	总氮/% total nitrogen	烟碱/% nicotine	氮碱比 ratio of nitrogen to nicotine	糖碱比 ratio of sugar to nicotine
下部叶 lower leaves	50	8.43 cB	6.05 cB	1.95 a	1.71 a	1.14 aA	4.92 cB
	60	14.20 bA	12.50 abAB	1.73 a	1.74 a	1.00 bB	8.18 abA
	70	18.55 aA	16.90 aA	1.78 a	1.82 a	0.98 bB	10.16 aA
	80	18.15 abA	13.19 abAB	1.64 a	1.67 a	0.98 bB	9.11 abA
	90	13.72 bB	11.10 bAB	1.64 a	1.76 a	0.93 bB	7.78 bAB
	F 值	9.37**	6.19**	3.08	1.22	11.34**	8.62**
中部叶 middle leaves	55	16.26 cB	13.15 cB	3.13 a	2.53 a	1.24 aA	6.42 cB
	60	24.14 abA	20.97 abA	2.91 a	2.67 a	1.09 abAB	9.23 abAB
	70	27.61 aA	24.65 aA	2.72 a	2.70 a	1.01 bcAB	10.24 aA
	80	25.22 abA	20.05 bA	2.60 a	2.83 a	0.92 bcB	8.90 abAB
	85	22.20 bA	19.05 bA	2.46 a	2.85 a	0.87 cB	7.80 bcAB
	F 值	12.04**	10.09**	2.93	1.34	7.04**	6.10**
上部叶 upper leaves	60	32.63 a	27.53 a	3.29 a	3.08 a	1.07 a	10.62
	65	30.19 a	26.88 a	3.02 a	3.16 a	0.96 a	9.56
	70	34.04 a	29.29 a	3.32 a	3.39 a	0.98 a	10.03
	75	29.98 a	26.04 a	3.11 a	3.30 a	0.95 a	9.17
	80	29.98 a	25.81 a	3.25 a	3.39 a	0.96 a	8.86
	F 值	1.64	1.02	0.82	1.58	1.09	1.35



图 2 不同湿度处理下烤后烟叶感官质量雷达图 (下部叶)

Fig. 2 Radar images of sensory quality of flue-cured tobacco under different humidity treatment (lower leaves)

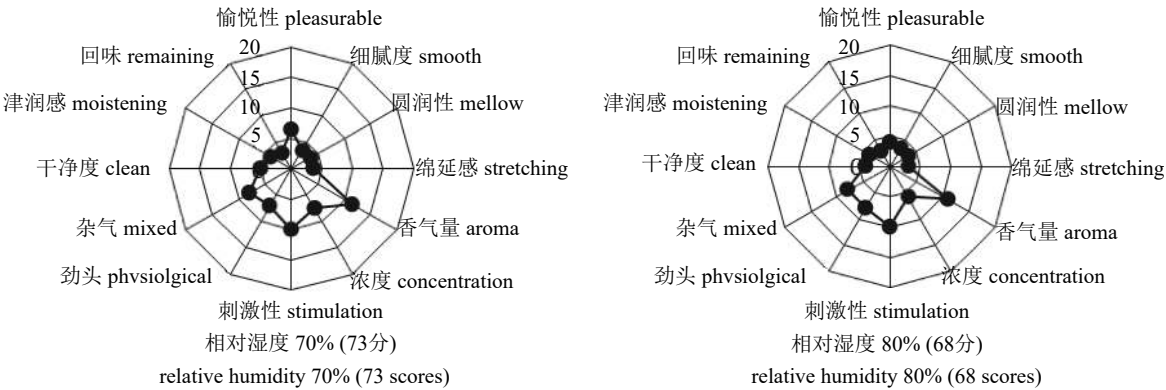


图 3 不同湿度处理下烤后烟叶感官质量雷达图 (中部叶)

Fig. 3 Radar images of sensory quality of flue-cured tobacco under different humidity treatments (middle leaves)

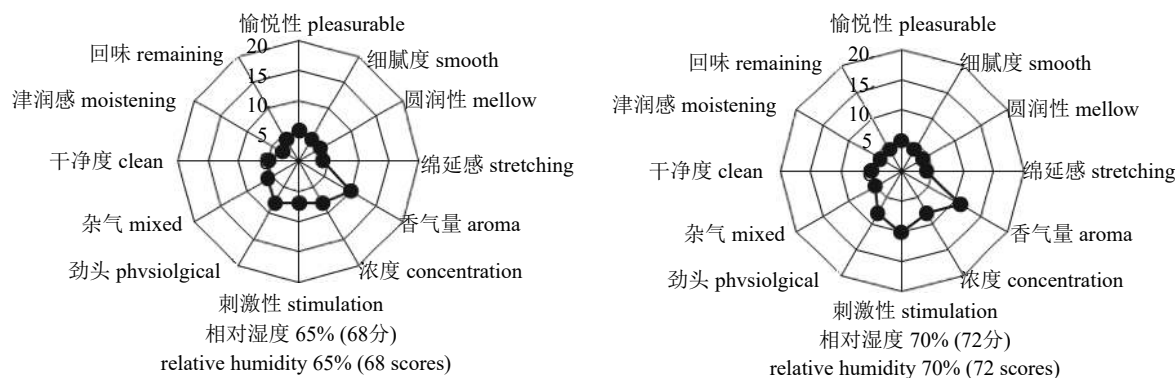


图4 不同湿度处理下烤后烟叶感官质量雷达图(上部叶)

Fig. 4 Radar images of sensory quality of flue-cured tobacco under different humidity treatments (upper leaves)

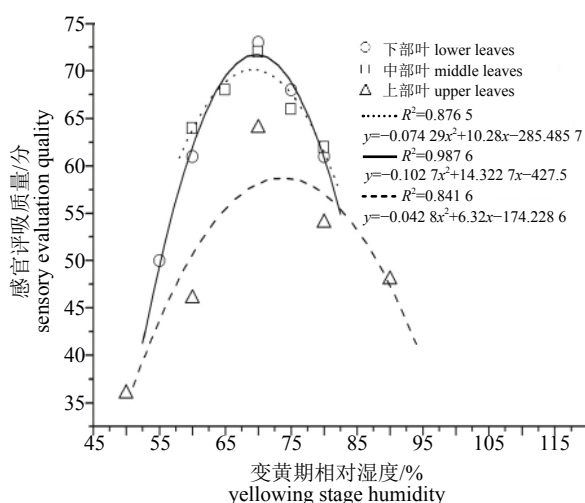


图5 变黄期不同湿度梯度与烤后烟叶感官质量关系拟合

Fig. 5 Relationships between different humidity gradients during the yellowing stage and the sensory quality of flue-cured tobacco

量达到最大值。

3 讨论

烘烤过程中,烟叶内部生理生化反应剧烈,其大分子物质的降解、转化和合成与烟叶含水率密不可分。烤房内相对湿度越低,越有利于烟叶水分的散失,导致干燥速度过快,容易产生烤青烟和微带青烟叶;若相对湿度较高,导致干燥速度过慢,则容易形成硬变黄;烟叶失水干燥和变黄相辅相成,互为条件,相互制约,烤房内相对湿度是烘烤调控的关键因素之一^[16-18]。就不同部位烟叶烘烤过程中失水率和叶绿素降解率而言,在相对湿度60%~80%条件下,不同部位的K326烟叶烤至72 h时,失水率均达到40%~60%,叶绿素降解率均在80%以上,有利于烟叶变黄和定

色。这与宋朝鹏等^[19]“中湿条件有利于烟叶叶绿素的降解转化”的观点相一致。烟叶的变黄最适湿度可能还受到品种烘烤特性以及鲜烟叶素质的影响^[20-21],在实际烘烤操作中还需进行进一步验证。

樊士军等^[22]研究表明:在烘烤过程中,优化变黄期湿度处理能显著改善中上部烟叶的外观质量,橘黄烟比例明显提升,烟叶的经济性状显著提高。本研究得出:不同部位烤后烟叶均价和上中等烟比例等经济性状指标均以相对湿度70%~80%的处理最高。造成这一现象的原因可能是变黄期相对湿度过低(50%以下)或过高(80%以上),一方面没有足够的时间使不利于烟叶品质的大分子物质如叶绿素、蛋白质、淀粉等充分或适度降解转化,最终导致青黄烟较多;另一方面会导致烟叶变黄时间过长而呈现为结构僵硬、不柔弱,烤后光滑烟比例较高。变黄期烟叶黄色的固定以变黄为基础,通过失水干燥实现,一旦烘烤过程中细胞壁物质解体,使烟叶细胞质体和膜结构的破坏变得容易,导致细胞内区间结构被破坏;若湿度控制不当,烟叶内充足的水分、酶类和自由出入细胞的氧气混杂在一起,会加快酶促棕色化反应导致烟叶褐变。因此变黄期烟叶水分控制显得尤为重要,充分协调变黄和干燥是提高烟叶经济性状的关键环节^[23]。

烟叶内在化学成分是衡量烟叶品质的关键指标,评吸则是评价烟叶品质最直接的方法,烘烤过程中保持适宜的湿度并使水分持续有度地排出,有利于大分子物质的转化和香气物质的形成,可改善烤后烟叶评吸质量^[24]。本研究表明:不同部位烤后烟叶的化学成分均以相对湿度60%~80%处理较优,感官评吸质量均以相对湿度70%

处理最佳。这是由于烟叶中糖类及蛋白质等大分子物质在相对湿度 60%~80% 烘烤环境下, 可以被大部分水解酶充分的降解转化, 生成大量的小分子物质如氨基酸、单糖等致香前体物, 从而使烤后烟叶化学成分更加协调^[25]。

目前, 变黄期湿度与烟叶质量关系的研究均在设施环境中通过密集烤箱进行, 与生产实际推广的密集烤房或者普通烤房差别较大, 密集烤房装烟密度大, 空间狭小, 烟叶性状收缩受到阻碍, 导致皱缩严重, 最终烟叶变黄程度差异明显^[26]。因此, 本研究结果变黄期湿度容差范围的适应性需进一步验证。

4 结论

通过对 K326 变黄期不同湿度梯度处理下, 烤后烟叶经济性状、内在化学成分和感官评吸质量进行综合分析可知: 在本试验条件下, 变黄期以相对湿度 60%~80% 容差范围烘烤处理的烤后烟叶基本满足工业可用性; 并初步得出变黄期下、中部叶在相对湿度 70%~80% 处理下、上部叶在相对湿度 65%~70% 处理下的感官评吸达到最大值。

[参考文献]

- [1] 武圣江, 甘家洪, 张琳璧, 等. 贵州烤烟上部叶烘烤特性研究[J]. 云南农业大学学报 (自然科学), 2015, 30(3): 433. DOI: 10.16211/j.issn.1004-390X(n).2015.03.018.
- [2] 许威, 肖先仪, 黄建, 等. 变黄期不同烘烤时间及温湿度对烟叶质量的影响[J]. 江西农业学报, 2012, 24(7): 85. DOI: 10.19386/j.cnki.jxnyxb.2012.07.026.
- [3] 王卫峰, 陈江华, 宋朝鹏, 等. 密集烤房的研究进展[J]. 中国烟草科学, 2005, 26(3): 12. DOI: 10.13496/j.issn.1007-5119.2005.03.004.
- [4] 宫长荣. 烟草调制学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [5] 文俊, 王行, 杨庆, 等. 密集烘烤关键温度点稳温时间与湿球温度优化组合研究[J]. 中国烟草科学, 2013, 34(2): 85. DOI: 10.3969/j.issn.1007-5119.2013.02.018.
- [6] 任杰, 孙卫东, 饶智, 等. 气流下降式密集烤房烘烤变黄程度对烟叶质量的影响[J]. 湖南农业大学学报 (自然科学版), 2016, 42(1): 49. DOI: 10.13331/j.cnki.jhau.2016.01.010.
- [7] 魏硕, 黄克久, 汪代斌, 等. 变黄期失水胁迫对烤烟上部叶生理和物理特性的影响[J]. 湖南农业大学学报 (自然科学版), 2017, 43(6): 630. DOI: 10.13331/j.cnki.jhau.2017.06.010.
- [8] 刘勇, 叶为民, 王玉胜, 等. 不同烘烤工艺对云烟 87 烟叶烘烤质量的影响[J]. 中国烟草科学, 2016, 37(1): 56. DOI: 10.13496/j.issn.1007-5119.2016.01.010.
- [9] 李生栋, 付宗仁, 胡蓉花, 等. 烟叶烘烤过程中水分变化及干燥数学模型构建[J]. 南方农业学报, 2018, 49(1): 121. DOI: 10.3969/j.issn.2095-1191.2018.01.20.
- [10] 孙光伟, 陈振国, 李建平, 等. 以湿球控制为主烘烤对烤烟质量的影响[J]. 湖北农业科学, 2015, 54(3): 640. DOI: 10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2015.03.033.
- [11] 王卫峰. 密集烤房烘烤温湿度条件对烟叶生理生化特征及品质的影响[D]. 郑州: 河南农业大学, 2006.
- [12] 谢鹏飞, 邓小华, 周清明, 等. 密集烘烤过程中烟叶颜色、形态和水分变化及相互关系[J]. 作物研究, 2012, 26(5): 486. DOI: 10.3969/j.issn.1001-5280.2012.05.19.
- [13] 孟可爱, 聂荣帮, 肖春生, 等. 密集烘烤过程中烟叶水分和色素含量的动态变化[J]. 湖南农业大学学报 (自然科学版), 2006, 32(2): 144. DOI: 10.13331/j.cnki.jhau.2006.02.009.
- [14] 曾建敏, 王亚辉, 肖炳光, 等. 不同烤烟品种经济烘烤效率和叶片失水特性差异研究[J]. 江西农业学报, 2011, 23(1): 1. DOI: 10.19386/j.cnki.jxnyxb.2011.01.001.
- [15] 李小方, 张志良. 植物生理学实验指导[M]. 5 版. 北京: 高等教育出版社, 2016.
- [16] 刘媛媛, 杨焕文, 董石飞, 等. 不同烘烤阶段温湿度改变对 K326 烟叶品质的影响[J]. 昆明学院学报, 2015, 37(3): 13. DOI: 10.14091/j.cnki.kmxyxb.2015.03.003.
- [17] 武圣江, 谢己书, 潘文杰, 等. 不同湿度条件下不同成熟度烤烟散叶密集烘烤生理变化研究[J]. 云南农业大学学报 (自然科学), 2012, 27(5): 733. DOI: 10.3969/j.issn.1004-390X(n).2012.05.020.
- [18] 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. DOI: 10.13496/j.issn.1007-5119.2008.05.014.
- [19] 宋朝鹏, 武圣江, 高远, 等. 烤烟密集烘烤变黄期类胡萝卜素及其降解香气成分的变化[J]. 中国农业科学, 2010, 43(20): 4246. DOI: 10.3864/j.issn.0578-1752.2010.20.016.
- [20] 王传义. 不同烤烟品种烘烤特性研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2008.
- [21] 魏硕, 顾勇, 罗定棋, 等. K326 上部叶烘烤过程失水干燥特性研究[J]. 南方农业学报, 2017, 48(3): 512. DOI: 10.3969/j.issn.2095-1191.2017.03.022.
- [22] 樊士军, 谭方利, 李红光, 等. 密集烘烤中变黄期升温速度与湿度控制组合研究[J]. 作物研究, 2013, 27(6): 646. DOI: 10.3969/j.issn.1001-5280.2013.06.30.
- [23] 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.
- [24] 刘要旭, 卢晓华, 蔡宪杰, 等. 烘烤湿球温度对皖南烟叶焦甜香风格的影响[J]. 中国烟草科学, 2018, 39(2): 89. DOI: 10.13496/j.issn.1007-5119.2018.02.013.
- [25] 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. DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2012.03.026.
- [26] 魏硕, 苏家恩, 范志勇, 等. 变黄前期失水胁迫对烟叶烘烤特性的影响[J]. 南方农业学报, 2017, 48(2): 309. DOI: 10.3969/j.issn.2095-1191.2017.02.309.

责任编辑: 何馨成