

密集烘烤过程中基于色度学和形态学的烤烟外观变化与化学成分关系

王涛¹ 贺帆¹ 詹军¹ 李伟¹
赵华武¹ 裴晓东² 龙大彬² 官长荣¹

1. 河南农业大学烟草学院, 郑州 450002; 2. 湖南省烟草公司浏阳市公司, 浏阳 410300

摘要 以烤烟中部叶为试验材料,对密集烘烤过程中烤烟颜色参数(L^* 、 a^* 、 b^*)、形态特征变化及其与主要化学成分的关系进行了研究。结果表明:密集烘烤过程中烤烟叶片正面与背面各颜色指标变化趋势基本一致,且烘烤前期变化较大,烘烤后期变化幅度较小,同时正面变化速度较背面快。烘烤开始时烟叶厚度收缩率一直呈现较大变化,进入干筋期变化趋势减缓;其余各形态指标前期变化幅度较小,中期相对剧烈,后期又逐渐减缓。相关分析表明,烟叶正面和背面 L^* 、 a^* 、 b^* 与烟叶形态和主要化学成分大部分达到显著或极显著水平。回归分析表明,烤烟烟叶颜色参数与其形态和化学成分各指标的回归方程表现出较好的拟合度。烘烤过程中烟叶颜色参数的变化可以用来定量预测形态和主要化学成分的变化。

关键词 烤烟; 密集烘烤; 色度学; 形态学; 化学成分; 形态特征

中图分类号 TS 44⁺1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2012)06-0765-06

烟叶在烘烤过程中内在化学物质发生明显生理生化反应,同时在形态学上细胞结构以及烟叶外观形态也发生明显变化。随着密集烤房的推广应用,密集烘烤技术虽然取得了许多突破和创新,但是烟叶烘烤进程的调控仍然基于技术人员对烟叶颜色变化和失水状况的判断。烟叶颜色不仅是判断烤烟成熟度的主要依据,也是烘烤操作的主要依据^[1-3]。烘烤过程中烟叶颜色与形态变化是最明显、最直观的^[4]。CIE $L^* a^* b^*$ 色度空间是基于一种颜色不能同时既是蓝又是黄理论而建立的,具有均匀的颜色空间,可以用来定量表征叶色的色泽特征^[5]。基于色度学理论的颜色特征值的分析在茶加工^[6]、水果品质检测^[7]等方面已广泛应用,但对烤烟烘烤过程中的应用研究报道较少。梁洪波等^[8]、彭新辉等^[9]、张长云等^[10]采用色度学 CIE $L^* a^* b^*$ 理论对烤后烟叶颜色与内在质量关系进行的研究表明,色度学指标与内在化学成分具有一定的相关性。因此,笔者通过对密集烘烤过程中烤烟颜色与形态变化规律进行研究,分析颜色参数与形态指标和主要化学成分

的相关性,旨在阐明密集烘烤质量的动态形成,为优化密集烘烤技术以及实现烟叶烘烤进程的精准化、智能化控制提供理论依据。

1 材料与amp;方法

1.1 试验材料

供试品种为 K326,试验地土壤为黄黏土,肥力中等;3月18日移栽,种植行距 120 cm,株距 50 cm;田间管理按当地优质烤烟栽培生产技术规范进行。以中部叶(第 11~13 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,试验于 2011 年在湖南省浏阳市淳口镇鸭头村金叶烘烤工场采用气流上升式密集烤房进行。

1.2 试验设计

烟叶按成熟标准采收后,从中挑选出烟叶成熟度、叶色、大小基本一致的叶片绑竿标记,分别挂于烤房中棚进行烘烤。烟叶在同一天内完成采收、编烟、装炕与开烤,装烟密度 65 kg/m³,采用三段式烘烤工艺进行烘烤,于烘烤过程中每隔 12 h 取样

收稿日期: 2011-12-26

基金项目: 国家烟草专卖局重大科技项目“浓香型烤烟调制关键技术”(TS-01-2011006)、国家烟草专卖局资助项目“密集烘烤工艺优化研发”(3300806156)

王涛,硕士研究生。研究方向:烟草调制。E-mail: yctzwangtao@126.com

通讯作者: 官长荣,教授。研究方向:烟草调制与加工。E-mail: gongchr009@126.com

1 次, 取样后空隙处用麻袋片挡住, 防止因取样带来试验误差; 每次选取 40 片具有代表性的完整烟叶, 其中 20 片用于烟叶形态的测定, 10 片用于颜色参数的测定, 10 片去除主脉和一级支脉在烘箱中 105 °C 杀青 5 min, 60 °C 烘干, 粉碎过孔径 0.25 mm 筛, 用于化学成分的测定。

1.3 测定项目与方法

1) 颜色参数测定。采用 HP-200 便携式精密色差仪(上海汉普光电科技有限公司), 选择大小和外观色泽基本一致的叶中部, 测量距离叶主脉约 5 cm 处对称点的叶色, 每半片叶正面等距离测量 3 个点, 每片叶 6 个点的平均值为此叶片正面的颜色值。烟叶反面颜色值测量方法同叶片正面。烟叶主脉匀称测量 6 个点, 其平均值作为该片叶主脉的颜色值。

2) 烟叶形态测定。用毫米刻度尺(浙江义乌博大文具有限公司生产)测量鲜烟叶的长度、宽度、叶边缘距离以及叶尖至叶柄的距离; 用叶片厚度仪(浙江托普仪器有限责任公司生产)测量叶片厚度。烟叶面积收缩率参照赵铭钦等^[11]的方法计算。烟叶卷曲度参照樊军辉等^[12]的方法计算。

3) 化学成分测定。还原糖、总糖和淀粉含量测定参照王瑞新等^[13]的方法。叶绿素、类胡萝卜素含量测定采用分光光度法^[14]。

1.4 数据处理

采用 Microsoft Excel 2003 和 SPSS 17.0 进行数据处理、绘图和统计分析。

2 结果与分析

2.1 密集烘烤过程中烟叶颜色参数变化

对烘烤过程中烤烟叶片与主脉亮度值(L^*)变化分析可知, 随着烘烤的进行, 叶片以及主脉的 L^* 逐渐增高, 达到最大值之后开始降低, 叶片正面与背面略有降低, 而主脉降低较明显(图 1-A)。同时, 叶片正面 L^* 的最大值出现在 48 h, 此时正处于变黄末期; 叶片背面以及主脉 L^* 的最大值均出现在 84 h, 此时正处于定色后期, 对于减小正反面色差具有积极作用。烘烤过程中, 叶片与主脉 a^* 逐渐增大, 最大值均出现在烤后样中。叶片正面与背面 a^* 变化最显著的阶段在 0~36 h, 主脉在 96 h 以前缓慢递增, 96 h 以后迅速增大(图 1-B)。密集烘烤过程中叶片正面与背面 b^* 先逐渐增加而后有所下降之后又稍有回升, 主脉 b^* 变化则与其相反(图 1-C)。总体来看, 叶片正面与背面各颜色指标变化趋势基本一致, 但是正面比反面变化速度快; 同时主脉各颜色指标的变化相对滞后。

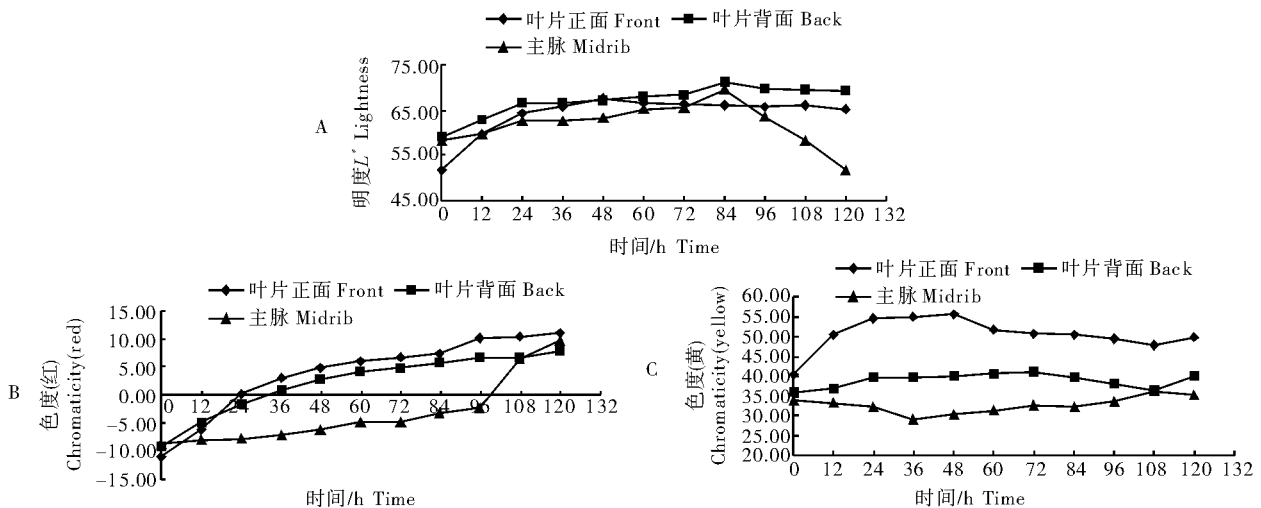


图 1 密集烘烤过程中烟叶颜色参数变化

Fig. 1 Changes of color indexes of flue-cured tobacco leaves during the bulk curing

2.2 密集烘烤过程中烟叶形态变化

1) 烟叶收缩率。由图 2 可知, 密集烘烤过程中烟叶横向、纵向、面积以及厚度收缩率逐渐增大。在 48 h 之前烟叶横向、纵向和面积收缩率变化较小, 且呈现负值; 随着烘烤的进行, 烟叶水分大量排出,

烟叶横向收缩率与面积收缩率迅速增大, 纵向收缩率变化幅度虽然较小, 也出现一个小幅跃变过程; 96 h 以后烟叶叶片基本全干, 烟叶横向、纵向以及面积收缩率虽有变化, 但趋势减缓。从烘烤开始, 随着大分子物质的降解以及水分的散失, 72 h 以前烟叶

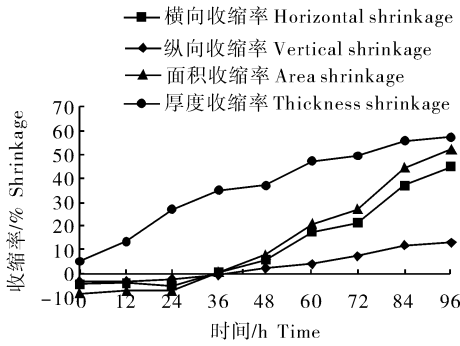


图 2 密集烘烤过程中烟叶收缩率变化
Fig.2 Changes of shrinkage of tobacco leaves during the bulk curing

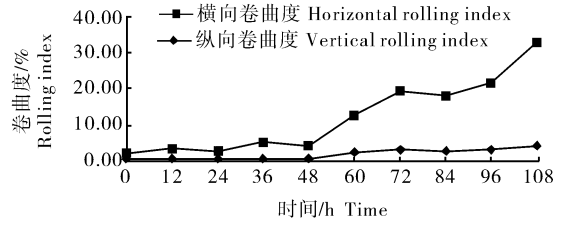


图 3 密集烘烤过程中烟叶卷曲度变化
Fig.3 Changes of rolling index of tobacco leaves during the bulk curing

厚度收缩率急剧增大,72 h 以后增幅逐渐减小。

2)烟叶卷曲度。烟叶卷曲度主要包括纵向卷曲度和横向卷曲度,用来量化烘烤过程中烟叶的卷曲状态^[10]。刚采收的成熟烟叶在自然状态下有一定的卷曲度。随着烘烤的进行,48 h 之前烟叶纵向和横向卷曲度变化幅度较小,并且有较小幅度的减小趋势;48 h 之后烟叶卷曲度急剧增大,其中烟叶横向卷曲度变化较大(图 3),这是由于烟叶水分的排出时出现“卷边”和“卷筒”现象。

2.3 密集烘烤过程中烟叶颜色与形态和化学成分相关性分析

密集烘烤过程中烟叶颜色参数与形态相关分析(表 1)表明,密集烘烤过程中除叶片背面 L^* 与各形态指标有显著或极显著正相关外,其他部位 L^* 与各形态指标相关性均不显著。烤烟叶片(叶片正面、背面和主脉) a^* 与各形态指标呈现正相关,除主脉 a^* 与烟叶厚度收缩率显著相关外,其余的均达到极显著水平。叶片正面 b^* 大多数与烟叶各收缩率呈极显著负相关,主脉 b^* 与烟叶各收缩率呈显著正相关,叶片正面 b^* 和主脉 b^* 均与烟叶各卷曲度相关性不显著;而叶片背面 b^* 烟叶各形态指标相关性均不显著。

表 1 密集烘烤过程中烟叶颜色与形态和化学成分相关性分析¹⁾

Table 1 Correlation between color indexes and morphological characteristics of tobacco leaves and chemical components during the bulk curing

| 项目 Item | 正面 L^* Front L^* | 正面 a^* Front a^* | 正面 b^* Front b^* | 背面 L^* Back L^* | 背面 a^* Back a^* | 背面 b^* Back b^* | 主脉 L^* Midrib L^* | 主脉 a^* Midrib a^* | 主脉 b^* Midrib b^* |
|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 纵向收缩率 Vertical shrinkage | 0.406 | 0.853** | -0.777* | 0.795* | 0.865** | -0.310 | 0.066 | 0.872** | 0.682* |
| 横向收缩率 Horizontal shrinkage | 0.335 | 0.808** | -0.808** | 0.731* | 0.812** | -0.375 | -0.041 | 0.901** | 0.764* |
| 面积收缩率 Area shrinkage | 0.368 | 0.831** | -0.801** | 0.762* | 0.840** | -0.334 | 0.014 | 0.889** | 0.735* |
| 厚度收缩率 Thickness shrinkage | 0.701* | 0.971** | -0.552 | 0.893** | 0.986** | 0.045 | 0.282 | 0.764* | 0.394 |
| 纵向卷曲度 Vertical rolling index | 0.446 | 0.772** | -0.194 | 0.702* | 0.789** | 0.045 | 0.243 | 0.877** | 0.552 |
| 横向卷曲度 Horizontal rolling index | 0.450 | 0.774** | -0.170 | 0.693* | 0.780** | -0.039 | 0.139 | 0.930** | 0.593 |
| 淀粉 Starch | -0.803** | -0.971** | -0.260 | -0.934** | -0.983** | -0.467 | -0.578 | -0.713* | -0.089 |
| 总糖 Total sugar | 0.913** | 0.986** | 0.461 | 0.970** | 0.995** | 0.563 | 0.613 | 0.647* | -0.041 |
| 还原糖 Reducing sugar | 0.938** | 0.983** | 0.522 | 0.965** | 0.984** | 0.598 | 0.594 | 0.625 | -0.101 |
| 叶绿素 a Chl-a | -0.932** | -0.971** | -0.521 | -0.931** | -0.976** | -0.614 | -0.601 | -0.584 | 0.172 |
| 叶绿素 b Chl-b | -0.908** | -0.978** | -0.457 | -0.945** | -0.989** | -0.583 | -0.611 | -0.624 | 0.084 |
| 叶绿素 Chl | -0.925** | -0.975** | -0.498 | -0.938** | -0.982** | -0.604 | -0.606 | -0.600 | 0.140 |
| 类胡萝卜素 Carotenoids | -0.868** | -0.981** | -0.382 | -0.924** | -0.983** | -0.537 | -0.562 | -0.664* | 0.048 |

1) * 表示差异显著, ** 表示差异极显著 * indicate significant difference at 5% level, ** indicate very significant difference at 1% level.

对密集烘烤过程中烤烟颜色与主要化学成分进行相关性分析(表1)表明,烤烟叶片正面 L^* 、 a^* 与背面 L^* 、 a^* 均分别与各化学成分指标呈负相关且达到极显著水平。叶片正面 b^* 与叶片背面 b^* 与各化学成分指标的相关性均不显著。而主脉各颜色指标除 a^* 与淀粉、类胡萝卜素含量呈显著负相关,与总糖含量呈显著正相关外,与其他各化学成分指标的相关性均不显著。

2.4 密集烘烤过程中烟叶颜色与形态和化学成分的回归分析

建立回归方程初始参数的选择标准视自变量对因变量作用的显著程度(表1),分别以烟叶纵向收缩率(\hat{Y}_1)、横向收缩率(\hat{Y}_2)、面积收缩率(\hat{Y}_3)、厚度

收缩率(\hat{Y}_4)、纵向卷曲度(\hat{Y}_5)、横向卷曲度(\hat{Y}_6)6个形态指标为因变量,以叶片正面 L^* (X_1)、叶片正面 a^* (X_2)、叶片正面 b^* (X_3)、叶片背面 L^* (X_4)、叶片背面 a^* (X_5)为自变量,就密集烘烤过程中各颜色指标与各形态指标关系进行回归分析,拟合出回归方程($\hat{Y}_1 \sim \hat{Y}_6$)。分别以淀粉(\hat{Y}_7)、总糖(\hat{Y}_8)、还原糖(\hat{Y}_9)、叶绿素 a (\hat{Y}_{10})、叶绿素 b (\hat{Y}_{11})、叶绿素(\hat{Y}_{12})、类胡萝卜素(\hat{Y}_{13})7个化学成分指标为因变量,以叶片正面 L^* (X_1)、叶片正面 a^* (X_2)、叶片正面 b^* (X_3)、叶片背面 L^* (X_4)、叶片背面 a^* (X_5)和叶片背面 b^* (X_6)为自变量,就密集烘烤过程中各颜色指标与主要化学成分指标关系进行回归分析,拟合出回归方程($\hat{Y}_7 \sim \hat{Y}_{13}$)。

$$\hat{Y}_1 = -2.941X_1 + 1.737X_2 + 0.317X_3 + 0.244X_4 + 0.347X_5 + 153.464 (R^2 = 0.986, P < 0.01)$$

$$\hat{Y}_2 = -6.788X_1 + 6.951X_2 - 0.923X_3 + 0.365X_4 - 2.803X_5 + 454.565 (R^2 = 0.977, P < 0.05)$$

$$\hat{Y}_3 = -8.376X_1 + 7.209X_2 - 0.709X_3 + 0.625X_4 - 0.495X_5 + 526.684 (R^2 = 0.983, P < 0.01)$$

$$\hat{Y}_4 = -3.945X_1 + 0.981X_2 + 1.359X_3 - 0.786X_4 + 5.854X_5 + 256.113 (R^2 = 0.991, P < 0.01)$$

$$\hat{Y}_5 = 0.514X_1 - 0.039X_2 - 0.480X_3 + 0.090X_4 - 0.056X_5 - 12.566 (R^2 = 0.948, P < 0.05)$$

$$\hat{Y}_6 = 1.652X_1 + 1.146X_2 - 2.370X_3 + 0.480X_4 - 0.828X_5 - 8.818 (R^2 = 0.899, P < 0.05)$$

$$\hat{Y}_7 = 0.170X_1 - 0.130X_2 + 0.616X_3 - 0.295X_4 - 1.948X_5 - 1.014X_6 + 37.908 (R^2 = 0.998, P < 0.01)$$

$$\hat{Y}_8 = 0.604X_1 - 0.263X_2 - 0.289X_3 + 0.160X_4 + 0.899X_5 + 0.186X_6 - 18.598 (R^2 = 0.999, P < 0.01)$$

$$\hat{Y}_9 = 0.492X_1 + 0.167X_2 - 0.191X_3 + 0.100X_4 + 0.145X_5 + 0.199X_6 - 22.165 (R^2 = 0.993, P < 0.01)$$

$$\hat{Y}_{10} = -0.011X_1 + 0.006X_2 - 0.004X_3 + 0.037X_4 - 0.076X_5 - 0.022X_6 - 0.337 (R^2 = 0.990, P < 0.01)$$

$$\hat{Y}_{11} = -0.017X_1 + 0.014X_2 + 0.007X_3 + 0.013X_4 - 0.048X_5 - 0.011X_6 + 0.516 (R^2 = 0.998, P < 0.01)$$

$$\hat{Y}_{12} = -0.028X_1 + 0.020X_2 + 0.004X_3 + 0.049X_4 - 0.124X_5 - 0.034X_6 + 0.179 (R^2 = 0.995, P < 0.01)$$

$$\hat{Y}_{13} = -0.004X_1 - 0.006X_2 + 0.004X_3 + 0.009X_4 - 0.012X_5 - 0.009X_6 + 0.449 (R^2 = 0.987, P < 0.01)$$

密集烘烤过程中烤烟烟叶颜色参数与其形态和化学成分各指标的回归方程拟合度较好,方差分析表明均达到显著或极显著水平。

3 讨论

烟叶内色素、淀粉等大分子物质的降解转化主要集中在变黄期,定色和干筋期烟叶内水分大量排出,酶的活性逐步降低,大分子物质降解转化变慢^[15-17]。因此,在密集烘烤过程中烟叶颜色参数变化主要集中在烘烤前期,烘烤后期变化幅度较小。叶片正面与背面各颜色指标变化趋势基本一致,但是正面变化速度较背面快。这主要是因为烟叶属于典型异面叶,叶面和叶背的细胞结构和生理生化特征存在较大差异,水分蒸发以及色素含量变化也不同^[18]。通常情况下,主脉变黄速度较慢,完成变黄

需要的温度较高,试验结果也表明,主脉各颜色指标变化主要在定色后期。上述研究结果与武圣江等^[19]的研究结果基本一致。烟叶在烘烤过程中的形态变化主要呈现由膨胀到收缩干燥,由下表向上表内卷的规律,所以烟叶出现“勾尖卷边”和“卷筒”现象。从叶片解剖结构分析,形态的变化是由于烘烤过程中上表皮细胞的厚度、宽度及栅栏组织厚度、栅栏细胞间隙的收缩率,远大于下表皮细胞的厚度、宽度和海绵组织厚度、海绵细胞间隙所导致^[20],在宏观上烟叶形态的变化是烟叶干燥程度的体现。从试验结果看,烘烤开始烟叶厚度收缩率一直呈现较大变化,但是进入干筋期变化趋势减缓;其余各形态指标变化呈现前期变化幅度较小,中期相对剧烈,后期又逐渐减缓的规律即密集烘烤过程中烟叶形态变化主要集中在定色期,这与樊军辉等^[12]的研究结果

相一致。根据烘烤中烟叶颜色参数、形态指标和化学成分变化规律,0~36 h是颜色参数变化的最显著的时期,此时,合理调控烘烤环境和时间,有利于改善烟叶颜色。密集烤房采用热风循环对流传热,定色期风速过高,烟叶内水分排出过快,将导致烟叶收缩形变减小,烤后烟叶僵硬;烘烤过程中除厚度收缩率,其余各形态指标变化主要在48~96 h,因此,此时适宜的风机转速有利于增大烟叶收缩形变,抑制僵硬烟叶的产生。

烟叶烘烤在于创造一个环境调控烟叶失水干燥与叶内生理生化过程的协调。烘烤过程中烤烟颜色以及形态的变化是烟叶生理生化变化以及失水干燥的宏观体现^[21],同时也是作为调整温湿度重要外观指标。烟叶颜色和形态变化是紧密联系、相辅相成的,并在一定阶段内相互偶联的^[22]。相关分析表明,密集烘烤过程中烟叶叶片正面 L^* 、 a^* 、 b^* 和背面 L^* 、 a^* 与收缩率和卷曲度的相关性较好,通过拟合回归方程表明,根据烟叶颜色参数变化可以对形态变化进行精准预测。刘新民^[23]通过对烤后烟叶各颜色参数与化学成分之间的关系研究指出,各项颜色参数与总糖、烟碱、总氮和蛋白质有显著相关性,但与还原糖和淀粉的相关性不显著。本试验结果表明,密集烘烤过程中烟叶正面 L^* 、 a^* 、 b^* 和背面 L^* 、 a^* 、 b^* 与淀粉、总糖、还原糖、叶绿素 a 、叶绿素 b 、叶绿素和类胡萝卜素相关性较好。通过回归分析拟合方程发现,可以从定量的角度把烘烤过程中烤烟颜色变化与形态和化学成分含量变化联系起来。烘烤过程中烟叶内叶绿素、淀粉、蛋白质等大分子物质的分解转化程度以及以葡萄糖、果糖和氨基酸为代表的一系列小分子物质脱水缩合为致香物质的过程是烟叶质量形成的重要规律。在现行烘烤模式下,协调烟叶外观指标与内在物质变化是提高烟叶质量的关键因素,但是本试验只是初步研究结果,有关密集烘烤过程中烤烟烟叶细胞结构、生理生化特征的变化与各颜色参数的关系还有待进一步深入研究。

参 考 文 献

[1] 李向阳,刘国顺,史周,等.利用室内光谱红边参数估测烤烟叶片成熟度[J].遥感学报,2007,11(2):269-275.

- [2] 霍开玲,张勇刚,樊军辉,等.密集烘烤中烤烟颜色变化及其与主要成分的关系研究[J].湖南农业科学,2011(9):115-119.
- [3] 秦霆镐,陈丽娜,赵刘丽,等.烟叶颜色在1931CIE-XYZ色度系统中的变化[J].湖北农业科学,2010(4):964-967.
- [4] 官长荣,陈江华,吴洪田,等.密集烤房[M].北京:科学出版社,2010:212-213.
- [5] 霍开玲,宋朝鹏,武圣江,等.不同成熟度烟叶烘烤中颜色值和色素含量的变化[J].中国农业科学,2011,44(10):2013-2021.
- [6] 陈玉琼,汤海燕,余志,等.梯田秀峰茶加工过程中主要生化成分的变化[J].华中农业大学学报,2010,29(5):644-647.
- [7] SALVADOR A, SANZ T, FISZMAN S M. Changes in color and texture and their relationship with eating quality during storage of two different dessert bananas[J]. Postharvest Biology and Technology, 2007, 43(3): 319-325.
- [8] 梁洪波,李念胜,元建,等.烤烟烟叶颜色与内在品质的关系[J].中国烟草科学,2002,23(1):9-11.
- [9] 彭新辉,易建华,周清明,等.同部位不同等级烤烟的色泽和化学成分及其关系[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2008,34(1):39-43.
- [10] 张长云,周淑平,田晓霞,等.初烤烟叶颜色与化学成分关系分析[J].广西农业科学,2007,38(6):621-624.
- [11] 赵铭钦,官长荣,汪耀富,等.不同烘烤条件下烟叶失水规律的研究[J].河南农业大学学报,1995,29(4):382-387.
- [12] 樊军辉,陈江华,宋朝鹏,等.不同烤房烘烤过程中烟叶形态和物理特性的变化[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2010,38(6):109-114.
- [13] 王瑞新,韩富根,杨素琴,等.烟草化学品质分析[M].郑州:河南科学技术出版社,1998.
- [14] 邹琦.植物生理生化实验指导[M].北京:中国农业出版社,1995:31-39.
- [15] 官长荣,袁洪涛,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,2002,8(2):16-20.
- [16] 艾复清,韦谊,陈丽萍.烘烤变黄环境对上部叶蛋白酶活性的影响[J].湖北农业科学,2010(3):683-685.
- [17] 艾复清,樊宇.变黄环境对烤烟中部叶叶香酚含量变化规律的影响[J].湖北农业科学,2010(1):165-167.
- [18] 黄勇,周冀衡,刘建利,等.不同成熟度烤烟叶细胞化学研究[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2007,33(5):559-563.
- [19] 武圣江,周义和,宋朝鹏,等.密集烘烤过程中烤烟上部叶质地和色度变化研究[J].中国烟草学报,2010,16(5):72-77.
- [20] 王能如,李章海,徐增汉,等.烘烤过程中上部叶片厚度及解剖结构的变化[J].烟草科技,2005(9):29-31.
- [21] 宋朝鹏,荆永锋,李常军,等.调制过程中烤烟烟叶色素降解及其调控措施研究进展[J].作物杂志,2008(6):8-11.
- [22] 官长荣.密集式烘烤[M].北京:中国轻工业出版社,2007:11-12.
- [23] 刘新民.颜色量化分析在烤烟品质评价中的应用研究[D].中国农业科学院烟草研究所,2004.

Relationship between changes of appearance characteristics and chemical components of tobacco leaves based on colorimetry and morphology during bulk curing

WANG Tao¹ HE Fan¹ ZHAN Jun¹ LI Wei¹ ZHAO Hua-wu¹
PEI Xiao-dong² LONG Da-bin² GONG Chang-rong¹

1. *College of Tobacco Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China;*

2. *Liuyang Branch of Hunan Province Tobacco Company, Liuyang 410300, China*

Abstract Using flue-cured tobacco cutters as experimental materials, changes of color indexes (L^* , a^* , b^*), states of tobacco leaves and their relationship with main chemical components were studied to provide a theoretical basis for the optimization of curing technology and precise and intelligent control of curing process. Results showed that color indexes of front and back side of tobacco leaves had the same trends during bulk curing. It had big changes in the prior period, and small changes during later periods of curing process. Front side changed faster than back side. Thickness shrinkage showed a large change rate since the start of the curing, while it slowed down in stem-drying stage. The rest of the state indexes had larger changes in middle and smaller changes in prior and later period. Correlation analysis showed that certain relationships existed among color indexes, states of tobacco leaves and chemical components, most of which were significant or extremely significant. Regression analysis indicated that the regression equation had a high fitting degree and these models could be used to predict the states of tobacco leaves and chemical components.

Key words flue-cured tobacco; bulk curing; colorimetry; morphology; chemical components; morphological characteristics

(责任编辑:陆文昌)