

利用色差法测定配方烟丝中的梗丝含量*

祁 林¹, 唐习书¹, 王仕宏¹, 刘继辉¹, 高占勇¹,
邱昌桂², 吕献周¹, 高 辉^{2**}

[1. 红云红河烟草(集团)有限责任公司, 云南 昆明 650231;

2. 云南同创检测技术股份有限公司, 云南 昆明 650106]

摘要:【目的】建立一种简单、快捷、准确的梗丝含量测定方法, 为评价梗丝有效利用率和掺配均匀性提供技术手段。【方法】将梗丝和叶丝分别制成粉末后配制成具有不同梗丝含量的烟末, 各试验样品充分混匀后使用色差计测定其 CIE- $L^*a^*b^*$ 色空间值; 以混合烟末与纯叶丝烟末之间的 Hunter 色差 ΔE 为自变量, 以梗丝含量为因变量建立两者之间的函数模型, 并对函数模型的准确度、精密度和重复性进行验证。【结果】建立了梗丝含量与 Hunter 色差 ΔE 的线性回归模型, 模型拟合度高, 决定系数为 0.999 5; 工作模型准确度测试的相对误差为 2.00%~3.37%, 精密度测试的变异系数为 1.98%~2.72%, 重复性测试的变异系数为 2.40%, 均符合定量分析的要求。【结论】建立了一种基于色差法推导配方烟丝中梗丝含量的测定方法, 该方法操作简单、快捷、成本低、准确度和精密度高、重复性较好, 适用于配方烟丝中梗丝含量的测定。

关键词: 配方烟丝; 梗丝含量; 色差法

中图分类号: TS 452.1

文献标志码: A

文章编号: 1004-390X (2020) 06-1023-06

Determination of Cut Stem Content in Cut Filler by Chromatic Aberration Method

QI Lin¹, TANG Xishu¹, WANG Shihong¹, LIU Jihui¹, GAO Zhanyong¹,
QIU Changgui², LYU Xianzhou¹, GAO Hui²

[1. Hongyun-Honghe Tobacco (Group) Co., Ltd., Kunming 650231, China;

2. Yunnan Comtestor Detecting Technique Co., Ltd., Kunming 650106, China]

Abstract: [Purpose] To establish a simple, rapid and accurate method for the determination of cut stem content in order to provide a technical means for the evaluation of effective utilization rate and blending uniformity of cut stem. [Method] The cut stem and cut tobacco were made into powder respectively, and then tobacco powder with different stem content was prepared. The CIE- $L^*a^*b^*$ color space value of each test sample was measured by colorimeter after it was fully mixed. The Hunter chromatic aberration ΔE between mixed tobacco powder and pure tobacco powder was used as the independent variable, and the stem content was used as the dependent variable to establish the function model between them, and the accuracy, precision and repeatability of the function model were verified. [Results] The linear regression model between cut stem content and ΔE was established, the

收稿日期: 2020-02-25

修回日期: 2020-08-18

网络首发时间: 2020-11-04 10:31:45

*基金项目: 红云红河烟草(集团)有限责任公司科技项目(HYHH2018GY02)。

作者简介: 祁林(1986—), 男, 河南新乡人, 硕士, 工程师, 主要从事烟草工艺技术研究。

E-mail: 372925687@qq.com

**通信作者 Corresponding author: 高辉(1986—), 男, 安徽阜阳人, 硕士, 高级工程师, 主要从事烟草化学及工艺技术研究。E-mail: gaohui6699@163.com

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/53.1044.S.20201103.0958.002.html>



model had high fitting degree and the determination coefficient was 0.999 5. The relative error of the accuracy test of the working model was 2.00%-3.37%, the variation coefficient of the precision test was 1.98%-2.72%, and the variation coefficient of the repeatability test was 2.40%, all of which met the requirements of quantitative analysis. [**Conclusion**] A method for the determination of cut stem content in cut filler based on chromatic aberration method was established. The method was simple, rapid, low cost, high accuracy, precision and good repeatability, and it was suitable for the accurate determination of cut stem content in cut filler.

Keywords: cut filler; cut stem content; chromatic aberration method

卷烟配方烟丝一般由叶丝、梗丝和再造烟叶丝组成,各组分含量的稳定性对卷烟产品的抽吸品质影响极大^[1]。近年来,梗丝在卷烟危害性的降低、卷烟烟气水平的调控以及烟叶原料应用效率的提高等方面发挥着越来越重要的作用,其在配方中的掺配比例以及在卷烟烟支中的掺配均匀性也越来越受到重视。因此,准确测定配方烟丝中的梗丝含量是判断和评价梗丝有效利用率和掺配质量的关键,也受到行业内工艺技术和质量检测人员的广泛关注。测定梗丝在配方烟丝中的实际比例,通常是根据其形态特征和颜色的差异采用人工肉眼观察或借助视觉放大系统来进行挑选和称量获得。该方法虽然操作简单,但存在耗时较长、人为影响大和不适用于大量检测等缺点。随着梗丝制造技术的不断发展,生产出来的梗丝与叶丝形态特征差异越来越小,通过人工视觉挑选变得越加困难。此外,由于叶丝、梗丝和再造烟叶丝表观密度相近,也无法利用密度的差异将其分离。

为解决这一难题,胡立中等^[2]利用均匀试验设计方法确立预测的样品集,并依据梗丝和烟丝不同的光谱特性,使用近红外光谱检测仪收集样品集的光谱信息,采用偏最小二乘法建立梗丝在烟支中比例的近红外测试模型;李斌等^[3]利用梗丝与烟丝间化学组成及性质的差异而引发不同热解行为的特性,采用热重分析仪获取程序升温过程中不同样品质量变化曲线,通过对热解曲线进行差异性解析,最终获取烟丝中梗丝的含量。然而这两种方法对仪器设备要求较高,且数据处理和建模相对较复杂。随着国际上色度学理论与实践的发展,国内烟草行业也逐步引入色度这一指标,并在与烟叶化学成分的相关性研究^[4-7]、烟叶加工质量评价^[8-10]、再造梗丝回填率及再造烟叶

涂布率测定^[11-12]等方面得到了广泛应用。烟梗与烟叶由于在质体色素等内在化学成分含量和比例上存在较大差异,导致最终制成的梗丝与叶丝在外观颜色上也存在较大差异,而这种差异可以利用色差仪进行准确量化和表征,为色差法预测配方烟丝中的梗丝含量奠定了理论基础,且梗丝与叶丝的色差参数差异越大,梗丝含量的预测结果越准确。为此,本研究利用色差法建立一种能准确、快速测定配方烟丝中梗丝含量的方法,旨在为卷烟产品质量维护提供一种快速可行的分析手段。

1 材料与方法

1.1 材料

红云红河烟草(集团)有限责任公司会泽卷烟厂在线生产的通用成品梗丝及某规格卷烟的滚筒干燥后叶丝。

1.2 方法

1.2.1 试验样品制备

一个批次生产时间内,分别在梗丝加香出口和叶丝干燥冷却出口进行横截面取样,每间隔 5 min 取样 1 次,每次约 0.5 kg,均取样 8 次,即得到梗丝和叶丝样品各 4 kg。在实验室充分混匀后取梗丝 1 kg 和叶丝 3 kg 置于 45 ℃ 的烘箱中干燥 2 h,并用旋风磨粉碎,过孔径 250 μm (60 目)筛,所得样品粉末再置于温度 (22±1)℃、相对湿度 (60±2)% 的恒温恒湿箱中平衡 48 h。取平衡后的梗丝和叶丝粉末按照表 1 的方案进行掺配,得到不同梗丝含量的烟末样品,将每个混合样品置于密闭容器中充分混匀后再装入做好标识的自封袋中待检。

1.2.2 色差参数测定

每次取约 10 g 的烟末置于石英杯中,用专门

表1 梗丝与叶丝的掺配方案

Tab. 1 Blending scheme of cut stem and cut tobacco

用途 purpose	样品编号 sample No.	梗丝/g cut stem	叶丝/g cut tobacco
建模样品 modeling samples	S ₁	0.00	100.00
	S ₂	2.50	97.50
	S ₃	5.00	95.00
	S ₄	7.50	92.50
	S ₅	10.00	90.00
	S ₆	12.50	87.50
	S ₇	15.00	85.00
	S ₈	17.50	82.50
	S ₉	20.00	80.00
	S ₁₀	22.50	77.50
	S ₁₁	25.00	75.00
	S ₁₂	30.00	70.00
	S ₁₃	40.00	60.00
	S ₁₄	50.00	50.00
	S ₁₅	100.00	0.00
验证样品 validation samples	S ₁₆	6.25	93.75
	S ₁₇	8.75	91.25
	S ₁₈	11.25	88.75
	S ₁₉	13.75	86.25
	S ₂₀	16.25	83.75

注: 每个样品 (S₁~S₂₀) 的总质量均为 100.00 g。

Note: The total weight of each sample (S₁~S₂₀) was 100.00 g.

配备的压样器将烟末尽量压紧压平, 以确保石英杯倒置后烟末不会松散脱落, 然后将石英杯缓慢倒置, 使用 DC-P3 型全自动测色色差计在石英杯的底部测定其 CIE- $L^*a^*b^*$ 色空间值。 L^* 表示明度值 (从黑到白), a^* 表示红度值 (从绿到红), b^* 表示黄度值 (从蓝到黄)。将每个石英杯中的烟末样品选择 3 个不同的位置进行测定, 色差计每连续测定 3 次自动计算 1 次平均值, 将不同梗丝占比的烟末样品各取样 20 次进行测定, 即每个试验样品记录 20 个 L^* 、 a^* 和 b^* 值, 测定结果取其平均值。色差计主要技术指标按照文献[9]中的方法进行设置, 并计算 Hunter 色差值 ΔE 。

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

式中, ΔL^* 、 Δa^* 和 Δb^* 分别为 2 个物体表面色的明度差和色品坐标差, 即待测样品与标样 (纯叶丝粉末样品 S₁) 明度值、红度值和黄度值的差值。

1.2.3 梗丝含量预测模型的建立

按照 1.2.2 节的方法测定建模样品 (S₁~S₁₅)

的 L^* 、 a^* 和 b^* 值, 并根据 Hunter 色差公式计算出 ΔE 值, 利用梗丝含量和 Hunter 色差 ΔE 值进行作图和回归分析, 得到梗丝含量与 ΔE 值的线性回归模型 $y = a\Delta E + b$ 。式中, y 为梗丝含量; ΔE 为色差; a 、 b 为常数。

1.2.4 预测模型的准确度验证

按照 1.2.2 节的方法测定验证集样品 (S₁₆~S₂₀) 的 L^* 、 a^* 和 b^* 值, 根据 Hunter 色差公式计算出 ΔE 值, 然后将 ΔE 值代入梗丝含量预测模型中, 计算出验证集样品的梗丝含量, 并与实际掺配值进行比较, 以验证工作模型的准确度。

1.2.5 预测模型的精密度测试

选取 5 个烟末样品 (S₅、S₇、S₁₈、S₁₉ 和 S₂₀), 采用色差法分别进行 6 次平行测定, 即每个烟末样品得到 6 个梗丝含量预测值, 再分别计算 5 个烟末样品 6 次预测值的变异系数, 若变异系数均小于 5%, 则说明本方法的精密度可满足定量分析的要求。

1.2.6 预测模型的重复性测试

选取某一烟末样品 (S₆), 采用色差法对其连续测定 6 d, 得到 6 个梗丝含量预测值, 再计算 6 次预测值的变异系数, 若变异系数小于 5%, 则说明本方法的重复性可满足定量分析的要求。

1.2.7 数据分析

利用 IBM SPSS Statistics 19.0 软件对相关数据进行独立样本 t 检验和配对 t 检验分析; 利用 Microsoft Excel 2010 对梗丝含量和 Hunter 色差值 ΔE 进行作图和回归分析, 建立梗丝含量与 ΔE 的函数模型。

2 结果与分析

2.1 梗丝与叶丝色差参数的差异性分析

由表 2 可知: 梗丝与叶丝 3 个色差参数 L^* 、 a^* 和 b^* 值的差异性均达到了极显著水平 ($P < 0.01$), 因此, 利用色差法建立推导梗丝含量的测定方法具有一定的可行性。

2.2 基于色差参数推导配方烟丝中梗丝含量的测定方法

2.2.1 预测模型的建立

以纯叶丝烟末样品 S₁ (梗丝含量为 0) 的色差参数为基础值, 根据 Hunter 色差值公式计算出 S₂~S₁₅ 烟末样品的 ΔE 值, 结果见表 3。

由图 1 可知: 梗丝含量 (y) 与 Hunter 色差值 (ΔE)

表 2 梗丝与叶丝色差参数的独立样本 *t* 检验

Tab. 2 Independent sample <i>t</i> test of chromatic aberration parameters between cut stem and cut tobacco				
色差参数 chromatic aberration parameters	梗丝 cut stem	叶丝 cut tobacco	差值 difference value	<i>P</i> 值 <i>P</i> value
<i>L</i> [*]	55.70±0.39	63.08±0.49	7.38	0.000
<i>a</i> [*]	7.89±0.10	11.08±0.12	3.19	0.000
<i>b</i> [*]	22.75±0.31	30.70±0.48	7.95	0.000

表 3 不同梗丝含量样品 *L*^{*}、*a*^{*}和 *b*^{*}值测定结果及 Hunter 色差值 (ΔE)

Tab. 3 The <i>L</i> [*] , <i>a</i> [*] , <i>b</i> [*] and Hunter chromatic aberration (ΔE) values of samples with different cut stem contents					
样品编号 sample No.	梗丝含量/% cut stem content	<i>L</i> [*]	<i>a</i> [*]	<i>b</i> [*]	ΔE
S ₁	0	63.08±0.19	11.08±0.07	30.70±0.18	0.000
S ₂	2.5	62.89±0.22	10.96±0.08	30.47±0.17	0.322
S ₃	5.0	62.67±0.08	10.90±0.13	30.19±0.15	0.679
S ₄	7.5	62.47±0.15	10.82±0.08	29.96±0.11	0.994
S ₅	10.0	62.23±0.27	10.75±0.07	29.72±0.13	1.339
S ₆	12.5	62.12±0.20	10.68±0.12	29.66±0.13	1.471
S ₇	15.0	61.95±0.11	10.58±0.10	29.46±0.10	1.751
S ₈	17.5	61.74±0.13	10.47±0.12	29.26±0.18	2.059
S ₉	20.0	61.63±0.24	10.41±0.09	29.00±0.15	2.333
S ₁₀	22.5	61.32±0.26	10.33±0.10	28.76±0.21	2.725
S ₁₁	25.0	61.15±0.22	10.26±0.10	28.59±0.24	2.975
S ₁₂	30.0	60.92±0.11	10.11±0.06	28.13±0.23	3.494
S ₁₃	40.0	60.02±0.17	9.75±0.07	27.45±0.17	4.658
S ₁₄	50.0	59.49±0.07	9.42±0.09	26.62±0.12	5.682
S ₁₅	100.0	55.70±0.09	7.89±0.12	22.75±0.11	11.307

的线性回归模型为 $y=8.898\ 9\Delta E-0.957\ 1$ ($R^2=0.999\ 5$), 说明梗丝含量与 ΔE 值之间的线性回归模型拟合度较高, 且两者之间的相关性达到了极显著水平 ($P=0.000$), ΔE 越大, 梗丝含量越高。

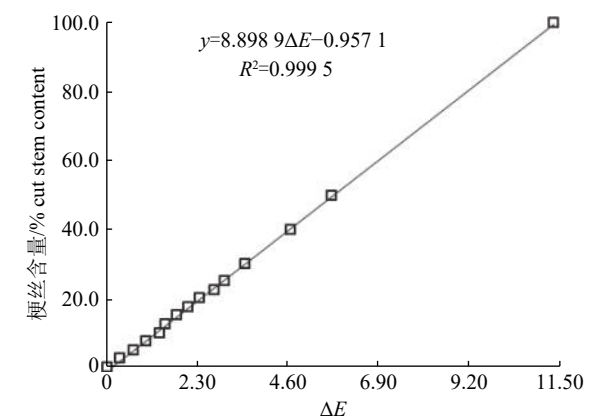


图 1 梗丝含量与 Hunter 色差值 (ΔE) 的变化趋势图及回归方程

Fig. 1 Trend chart and regression equation between cut stem contents and Hunter chromatic aberration (ΔE)

2.2.2 预测模型的准确度验证

由表 4 可知: 验证集样品采用色差预测模型预测的梗丝含量与实际掺配量的相对误差介于 2.00%~3.37% 之间, 均小于 5%, 说明预测模型的准确度较高。对 5 个样品的预测值与实际掺配值进行配对 *t* 检验, $P=0.637>0.05$, 说明 2 组数据没有显著性差异, 表明基于色差参数 *L*^{*}、*a*^{*}和 *b*^{*}值推导配方烟丝中梗丝含量的测定方法可行。

2.2.3 预测模型的精密度和重复性测试

由表 5 可知: 5 个烟末样品梗丝含量 6 次平行测定结果的变异系数介于 1.98%~2.72% 之间, 均小于 5%, 说明该方法测定配方烟丝中的梗丝含量的精密度较高, 可满足定量分析的要求。

由表 6 可知: 采用色差法对 S₆ 样品连续测定 6 d, 梗丝含量的预测结果为 11.81%~12.59%, 标准偏差为 0.29%, 变异系数为 2.40%, 说明本方法的重复性较好, 可满足定量分析的要求。

表 4 预测模型的准确度验证结果
Tab. 4 Accuracy verification result of prediction model

样品 samples	L^*	a^*	b^*	ΔE	预测值/% predicted value	实际值/% actual value	差值/% difference value	相对误差/% relative error
S ₁₆	62.56	10.86	30.15	0.786	6.04	6.25	0.21	3.37
S ₁₇	62.35	10.77	29.92	1.118	8.99	8.75	0.24	2.75
S ₁₈	62.16	10.68	29.71	1.405	11.54	11.25	0.29	2.59
S ₁₉	62.02	10.62	29.56	1.619	13.45	13.75	0.30	2.16
S ₂₀	61.79	10.52	29.32	1.970	16.57	16.25	0.32	2.00

表 5 色差法测定配方烟丝中梗丝含量的精密度测试结果
Tab. 5 Precision test of the measurement method of cut stem content in cut filler by chromatic aberration method %

样品 samples	1	2	3	4	5	6	平均值 average value	标准偏差 standard deviation	变异系数 coefficient of variation
S ₅	10.45	10.78	10.10	10.27	10.16	10.02	10.30	0.28	2.72
S ₇	14.63	15.08	15.21	15.39	14.74	14.55	14.93	0.34	2.29
S ₁₈	11.67	11.79	11.48	11.36	11.09	11.91	11.55	0.30	2.61
S ₁₉	13.37	13.78	13.90	13.25	13.07	13.59	13.50	0.32	2.37
S ₂₀	17.02	16.60	16.85	16.36	16.71	16.12	16.61	0.33	1.98

表 6 色差法测定配方烟丝中梗丝含量的重复性测试结果
Tab. 6 Repeatability test of the measurement method of cut stem content in cut filler by chromatic aberration method

测定时间 measurement time	L^*	a^*	b^*	ΔE	预测值/% predicted value
第1天 the 1 st day	62.12	10.65	29.62	1.510	12.48
第2天 the 2 nd day	62.15	10.67	29.66	1.455	11.99
第3天 the 3 rd day	62.14	10.66	29.64	1.475	12.17
第4天 the 4 th day	62.13	10.66	29.63	1.485	12.26
第5天 the 5 th day	62.11	10.65	29.61	1.522	12.59
第6天 the 6 th day	62.17	10.68	29.67	1.435	11.81
平均值 average value					12.22
标准偏差 standard deviation					0.29
变异系数 coefficient of variation					2.40

3 讨论

梗丝是卷烟配方烟丝的重要组成部分,在降低卷烟危害性、提升卷烟燃烧性能、调控卷烟烟气水平以及提高烟叶原料应用效率等方面发挥着重要的作用^[13]。准确测定配方烟丝中的梗丝含量,是判断和评价梗丝有效利用率及其掺配质量的关键。为解决传统人工挑选方法测定梗丝含量存在的不足,胡立中等^[2]和李斌等^[3]分别采用均匀设计-PLS-NIR法和热分析技术对配方烟丝中的梗丝含量进行了预测,然而这两种方法对仪器设备要求较高,且数据处理和建模过程相对较复杂。随着国际上色度学理论与技术的不断发展,其简单、快捷、成本低的优势日益凸显。本研究发

现:梗丝与叶丝的明度值 L^* 、红度值 a^* 和黄度值 b^* 3 个色差参数的差异性均达到了极显著水平 ($P<0.01$),且梗丝含量与 Hunter 色差值 ΔE 之间的相关性也达到了极显著水平 ($P<0.01$),为色差法预测配方烟丝中的梗丝含量奠定了基础。

在实际生产中,即使同一规格的卷烟,不同批次的叶组配方也会因为原料库存的限制发生部分烟叶原料替换的现象;由于不同产区和醇化时间,替换的烟叶原料的颜色也存在一定差异^[14-15],最终会导致同一规格卷烟不同批次间叶丝色度值的差异。因此,在利用色差法测定配方烟丝中的梗丝含量时,应以每个生产批次为单位分别进行建模和预测。在建立某一批次配方烟丝中梗丝含量的预测模型时,应参照本研究的取样方法,获取足够量有代表性的叶丝与梗丝样本,以确保所建模型的稳健性及预测结果的准确性。此外,在

进行 CIE- $L^*a^*b^*$ 色空间值测定时, 应先将烟末样品充分混匀, 选择透光性较好的石英器皿作为待测烟末的容器, 根据石英器皿的容积装入适量的烟末, 并使用压样器将烟末尽量压紧压平 (类似于烟末样品的近红外光谱扫描), 以确保色度值测定的准确性。同时为减小测量误差, 每个烟末样品的色度值建议平行测定 10 次以上。使用色差计测定样品的色度值, 需要待测样品表面保持平整, 且测色光筒需要垂直固定于样品表面并按压约 3 s。该技术尚无法在线对分布不规则的烟丝样品进行检测, 只能通过离线的方式将烟丝制成粉末后进行测定, 但是该方法相较于光谱法和热重法预测梗丝含量依然具有快捷高效的优势。

4 结论

本研究建立了一种基于色差法推导配方烟丝中梗丝含量的测定方法, 梗丝含量与 Hunter 色差 ΔE 的线性回归模型拟合度较高, 决定系数为 0.9995; 工作模型准确度测试的相对误差为 2.00%~3.37%, 精密度测试的变异系数为 1.98%~2.72%, 重复性测试的变异系数为 2.40%, 均符合定量分析的要求。该方法简单高效、成本低、精密度高以及重复性好, 适用于配方烟丝中梗丝含量的测定。

[参考文献]

- [1] 王兵, 马永亮, 申玉军, 等. “三丝”对卷烟烟气特性及感官质量的影响[J]. 烟草科技, 2004(8): 13. DOI: 10.3969/j.issn.1002-0861.2004.08.004.
- [2] 胡立中, 张胜军, 余小平, 等. 均匀设计-PLS-NIR 法预测卷烟配方烟丝中梗丝及薄片丝含量[J]. 中国烟草学报, 2010, 16(2): 26. DOI: 10.3969/j.issn.1004-5708.2010.02.006.
- [3] 李斌, 蔡佳校, 何邦华, 等. 一种基于热分析技术测定烟丝中梗丝含量的方法: 201710577469.5 [P]. 2017-10-20.
- [4] 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. DOI: 10.3969/j.issn.1007-5119.2002.01.001.
- [5] 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.
- [6] 贺帆, 王涛, 樊士军, 等. 基于色度学的密集烘烤过程中烟叶主要化学成分变化模型研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2014, 42(5): 111. DOI: 10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.05.009.
- [7] 贺帆, 王涛, 王梅, 等. 烘烤过程中烟叶颜色变化与主要化学成分的关系[J]. 中国烟草学报, 2014, 20(6): 97. DOI: 10.3969/j.issn.1004-5708.2014.06.015.
- [8] 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. DOI: 10.3969/j.issn.1004-5708.2010.05.014.
- [9] 王跃昆, 龙明海, 何邦华, 等. 打叶复烤成品片烟质量稳定性的色差法评价[J]. 烟草科技, 2013(12): 9. DOI: 10.3969/j.issn.1002-0861.2013.12.002.
- [10] LONG M H, HUA Y K, WANG X G, et al. Effect of different combined moistening and redrying treatments on the physicochemical and sensory capabilities of smoking food-tobacco materials[J]. Drying Technology, 2017, 36(1): 52. DOI: 10.1080/07373937.2017.1299752.
- [11] 蒋宇凡, 徐光忠, 俞京, 等. 利用色差测定再造梗丝回填率[J]. 中国烟草学报, 2018, 24(1): 21. DOI: 10.16472/j.chinatobacco.2017.175.
- [12] 蒋宇凡, 俞京, 徐保明, 等. 色差法测定再造烟叶成品涂布率[J]. 造纸科学与技术, 2019, 38(1): 51. DOI: 10.19696/j.issn1671-1451.2019.1.051.
- [13] 于建军. 卷烟工艺学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [14] 过伟民, 蔡宪杰, 王信民, 等. 烤烟中部烟叶外观区域特征分布及其与外观品质和物理特性的关系[J]. 烟草科技, 2016, 49(12): 21. DOI: 10.16135/j.issn1002-0861.2016.0134.
- [15] 柳均, 汪宏毅, 覃光炯, 等. 初烤烟叶空间颜色指标与化学成分关系的研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2019, 34(2): 284. DOI: 10.12101/j.issn.1004-390X(n).201801032.

责任编辑: 何馨成