



引用格式:张峻松,李强,崔凯,等.不同烟草原料物理保润性能影响因素研究[J].轻工学报,2016,31(2):47-53.

中图分类号:TS412 文献标识码:A

DOI:10.3969/j.issn.2096-1553.2016.2.007

文章编号:2096-1553(2016)02-0047-07

不同烟草原料物理保润性能影响因素研究

Study on influence factors on moisture retention of different tobacco materials

张峻松¹,李强¹,崔凯²,霍现宽²,侯鹏娟¹,马骥²,李皓¹
ZHANG Jun-song¹, LI Qiang¹, CUI Kai², HUO Xian-kuan², HOU Peng-juan¹,
MA Ji², LI Hao¹

1. 郑州轻工业学院 食品与生物工程学院,河南 郑州 450001;

2. 中国烟草总公司 郑州烟草研究院,河南 郑州 450001

1. *Colloge of Food and Bioengineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450001, China;*

2. *Zhengzhou Tobacco Research Institute of CNTC, Zhengzhou 450001, China*

关键词:

烟草原料;物理保润性能;水分比;Weibull模型

Key words:

tobacco material; moisture retentivity; moisture retention; Weibull model

摘要:为研究不同烟草原料物理保润性能的差异性,以国内具有代表性的烤烟、薄片、膨胀梗丝、白肋烟、香料烟为研究对象,以含水率测试手套箱法为检测手段,以 Weibull 模型拟合失水过程水分比随失水时间变化曲线、模型中特征时间参数 α 值大小,作为物理保润性能差异性的评价指标.结果表明:Weibull 模型能够较好地用于表征烟草样品干燥动力学;不同部位烟草物理保润性能顺序为:中部 > 上部 > 下部;不同品种烟草物理保润性能顺序为:K326 > 红大 > 云烟 87;不同类型烟草物理保润性能顺序为:云烟 87 C3F > 膨胀梗丝 > 香料烟 > 薄片 > 白肋烟;冻干后的烟草样品比平衡水分样品物理保润性能要好.

收稿日期:2015-11-15

基金项目:国家烟草专卖局资助项目(110201201010)

作者简介:张峻松(1971—),男,河南省项城市人,郑州轻工业学院教授,博士,主要研究方向为烟草化学.

Abstract: In order to investigate moisture retention of different leaf tobacco materials, the moisture retention of flue-cured tobacco, tobacco sheet expanded stem burley tobacco and oriental tobacco were detected by the moisture content testing glove box. With water losing time fitting curve in water losing process by Weibull model and characterization time parameter α as indicators of material moisture retentivity. The results showed that: Weibull model could be well used for characterization of tobacco samples drying dynamics; The moisture retentivity in different stalk positions of tobacco: middle > upper > bottom; The moisture retentivity in different varieties were as follows: K326 > Hongda > Yun87; The moisture retentivity in different types of tobacco were as follows: Yun87 C3F > expanded stem > oriental tobacco > tobacco stem > burley tobacco; The material moisture retentivity of freeze-dried sample was better than that of the equilibrium sample.

0 引言

烟草是一种胶质毛细状多孔材料,多孔结构决定了烟草结构的孔隙率较高,这为水分凝聚提供了较大的物理空间,对水分有较高的吸附能力.另外,烟草内部还有较多的多糖、果胶、蛋白质等亲水基质,可以通过羟基等极性基团与水分子结合^[1-4].烟草原料的物理保润性能是指在不同的环境条件下,烟草维持自身正常水分含量的能力^[5-6].原料保润性能的优劣与卷烟水分散失的速度和多少有密切关系^[7].近年来,文献报道的测试烟草物理保润性能的方法主要有常规烘箱法^[8-10]、静态差量法^[11]和硫酸干燥器取样法^[12-13]等,但这些方法一般存在实验周期较长、步骤繁多、准确度不高等问题.本文拟利用操作简单、准确度高的烟草含水率测试手套箱法^[14-16]测试不同烟草原料的含水率,基于 Weibull 模型研究失水过程中含水率的变化和失水的快慢程度,探究烟草原料物理保润性能的影响因素,为进一步提高烟草保润性能提供理论依据.

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

材料:2013年烤烟,云烟87 B2F, C3F, X2F;红大 C3F;K326 C3F;云南省农业科学院提供.造纸法薄片,河南许昌薄片有限公司产.CO₂膨胀梗丝,江苏中烟工业有限责任公司产.

2013年湖北恩施白肋烟 B2F, C3F, X2F;重庆白肋烟 C3F;新疆香料烟一级;中国烟草总公司郑州烟草研究院提供.

仪器:HP22-A型温湿度电子测量仪,瑞士罗卓尼克上海分公司产;101-0型电热鼓风干燥箱,上海市浦东荣丰科学仪器有限公司产;FD-1A-50冷冻干燥机,北京博医康实验仪器有限公司产;BSA224/BSA124型分析天平,德国 Sartorius 公司产;QS-2A实验室烟叶切丝机,郑州嘉德机电科技有限公司产.

1.2 方法

1.2.1 样品制备 不同烟草原料分别保存在湿度 $RH = (60 \pm 3)\%$, 温度 $T = (22 \pm 1)^\circ\text{C}$ 环境中,平衡 48 h,切丝机切丝,宽度为 1.0 mm.为制备物理结构差异较大的样品,将切后样品分成 2 等份作如下处理.

1) 平衡水分:将样品置于 $RH = (60 \pm 3)\%$, 温度 $T = (22 \pm 1)^\circ\text{C}$ 环境中平衡 48 h 以上,制得平衡水分样品 a;

2) 冻干:调节样品湿基含水率,使烟草内部孔隙间充满水分.冷冻干燥前,低温冷冻样品,形成稳定的固体骨架,然后置于冷冻干燥机中, -50°C 条件下处理 24 h,样品呈现疏松、多孔的海绵状结构,制得冻干样品 b.

1.2.2 烟草含水率的测试方法 将 1.2.1 处理后的实验样品置于相对湿度 $RH = (60 \pm 3)\%$, 温度 $T = (22 \pm 1)^\circ\text{C}$ 的环境中^[17],平衡 48 h;然后准确称取 4 g (精确至 0.000 1 g) 实验

样品置于烟草含水率测试手套箱中,测定实验样品在 $RH = 30\%$ 的湿度环境中烟丝质量随失水时间的数值变化,每 1 min 记录 1 次,测试周期 4 000 min 以上.采用烘箱法^[18]测定实验样品干基含水率,最后作出实验样品干基含水率随失水时间的变化曲线.

1.2.3 烟草样品物理保润性能评价方法 在食品工业中,国内外研究者提出了水分比 MR (Moisture Ratio) 的概念^[19-21],用来描述在某一干燥条件下,物料水分残余量的相对比值,可反应样品失水的难易程度

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_o - M_e}$$

式中, M_t 为 t 时刻对应的干基含水率/ $\%$, M_e 为样品最终干基含水率/ $\%$, M_o 为样品初始干基含水率/ $\%$.

近年来,基于统计学的 Weibull 分布函数已逐渐应用于建立水果、蔬菜等食品的干燥过程模型,Weibull 分布函数有较好的适用性和兼容性,在热力学等领域有广泛应用^[22-25].该函数能较好地描述干燥过程中水分迁移过程,拟合精度较高,因此,采用该函数可对物料干燥过程进行动力学描述. Weibull 分布函数为

$$MR = \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right]$$

式中, t 为失水时间/ min ; α 为特征时间参数/ min ; β 为失水过程中的形状参数,与样品在失水过程中开始阶段的速率有关,其值越小表示开始的干燥速率越大.

烟草样品在 t 时刻的 MR 由 α 和 β 来进行确定.使用 Weibull 模型对 t 和 MR 进行拟合,得到 Weibull 模型的各项参数值, α 表示 MR 随失水时间变化的快慢,其值等于 MR 为 e^{-1} 时所用的时间,对任意干燥条件,干燥时间 $t = \alpha$ 时样品 MR 约为定值 0.37.因此,Weibull 模型用于描述解湿过程时,其特征时间参数 α 即为脱除水分达到初始含水率 63% 时所需的时间. α 值

越小,说明样品 MR 变化得越快,本研究中使用 α 值大小评价样品的物理保润性能.

2 结果与讨论

2.1 烟草样品物理保润性能评价方法的验证

选取云烟 87 C3F - a 样品进行重复实验,样品编号为云烟 87 C3F - 1,云烟 87 C3F - 2,云烟 87 C3F - 3,云烟 87 C3F - 4.使用相对标准偏差 RSD (Relative Standard Deviation) 考察基于 Weibull 模型对烟草样品物理保润性能评价方法的准确性,结果见表 1.由表 1 可知:特征时间参数 α 值相对标准偏差为 1.57%,说明该模型能够较好地用于表征烟草样品干燥动力学.

表 1 实验样品解湿行为重复性实验结果

Table 1 Repetitive results of samples desorption behavior

样品	α/min		β		α 的 $RSD/\%$
	数值	拟合误差	数值	拟合误差 $\times 10^{-4}$	
云烟 87 C3F - 1	364.813	13.07	0.81	0.03	1.57
云烟 87 C3F - 2	369.865	12.91	0.80	0.03	
云烟 87 C3F - 3	378.110	13.21	0.81	0.03	
云烟 87 C3F - 4	374.986	13.35	0.81	0.03	

2.2 不同烟草原料的物理保润性能差异性分析

2.2.1 不同部位对样品物理保润性能的影响

选取云烟 87 B2F (上部)、云烟 87 C3F (中部)、云烟 87 X2F (下部),分析不同部位烟丝物理保润性能间的差异,烟丝的水分比变化曲线和解湿行为相关指标分别见图 1 和表 2.

由图 1 可知,烟草样品在失水过程中的前 1 000 min, MR 变化范围较大,之后变化趋于平缓.失水初期,物理作用是水分散失的主要原因,并且烟草的多孔结构为水分的凝集提供了较大的物理空间,散失的几乎全为自由水,其保润性能由于物理结构的不同也会有较大的差异.

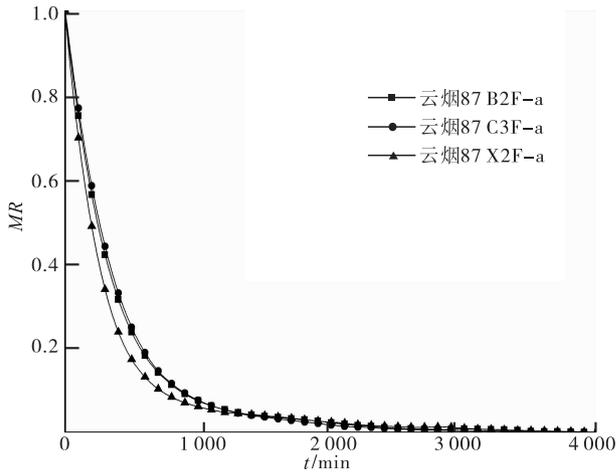


图1 云烟87不同部位烟丝水分比
随失水时间变化曲线

Fig. 1 Moisture content curve of different tobacco part of Yunyan 87 with water losing time

表2 云烟87不同部位烟丝解湿行为相关指标

Table 2 Desorption behavior related indicators of different tobacco part of Yunyan 87

样品	初始干基 含水率/%	平衡干基 含水率/%	干基含 水率差值/%	α /min
云烟87 B2F-a	15.12	8.47	6.65	354.591
云烟87 C3F-a	18.19	9.07	9.12	370.899
云烟87 X2F-a	14.68	8.81	5.87	286.847

由表2可知,在解湿过程中,云烟87上、中、下3个部位的烟丝初始干基含水率有较大区别,中部样品的初始干基含水率较高,干基含水率变化幅度也最大,平衡时云烟87中部位烟丝的最终干基含水率较大,上部和下部较为接近.由表2中 α 值对比分析可知:云烟87 C3F-a > 云烟87 B2F-a > 云烟87 X2F-a,说明烟丝部位不同对烟草物理保润性能有较大影响,中部烟物理保润性能较好,下部烟水分散失较快,物理保润性能较差.

2.2.2 不同品种对样品物理保润性能的影响

选取曲靖地区烤烟云烟87 C3F-a,红大 C3F-a, K326 C3F-a 烟丝样品,比较不同品种烟丝间物理保润性能的差异,解湿过程水分比

变化曲线和解湿行为相关指标见图2和表3.

由图2可知,烟草样品在失水过程的前1000 min,水分比变化范围较大,在500 min左右时,水分散失程度出现较大差异,1000 min后,水分散失程度差异较小.由表3可知,在失水过程中云烟87,红大, K326 中部烟丝初始干基含水率有较小差异, K326 中部烟丝的初始干基含水率较高,干基含水率变化幅度也较大.

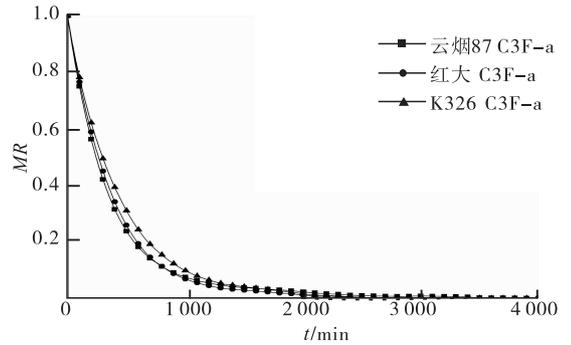


图2 不同品种烟丝水分比随失水时间变化曲线
Fig. 2 Moisture content curve of different tobacco varieties with water losing time

表3 不同品种烟丝解湿行为相关指标

Table 3 Desorption behavior related indicators of different tobacco varieties

样品	初始干基 含水率/%	平衡干基 含水率/%	干基含 水率差值/%	α /min
云烟87 C3F-a	18.19	9.07	9.12	370.899
红大 C3F-a	17.78	9.61	8.17	374.769
K326 C3F-a	18.55	9.78	8.77	427.593

对表3中 α 值大小对比分析可知, K326 C3F-a > 红大 C3F-a > 云烟87 C3F-a,表明 K326 C3F-a 样品失水所需时间较长,即烟丝水分扩散较慢,说明 K326 C3F-a 保润性能较好,其次是红大 C3F-a,云烟87 C3F-a 物理保润性能较差,说明烟丝品种对烟草物理保润性能影响较大.因此,在改善卷烟产品保润性能时,可考虑通过使用不同品种的烟丝来适当调节卷烟产品的物理保润性能.

2.2.3 不同类型样品物理保润性能分析 烤

烟、造纸法薄片、膨胀梗丝、白肋烟、香料烟等不同类型烟草样品由于各自物理结构及内在化学成分明显不同^[26-32],其保润性能也有明显差异.选取烤烟云烟87 C3F-a,河南许昌薄片-a,江苏CO₂膨胀梗丝-a,恩施白肋烟 C3F-a,新疆香料烟一级-a共5种样品,解湿过程水分比变化曲线和解湿行为相关指标见图3和表4.

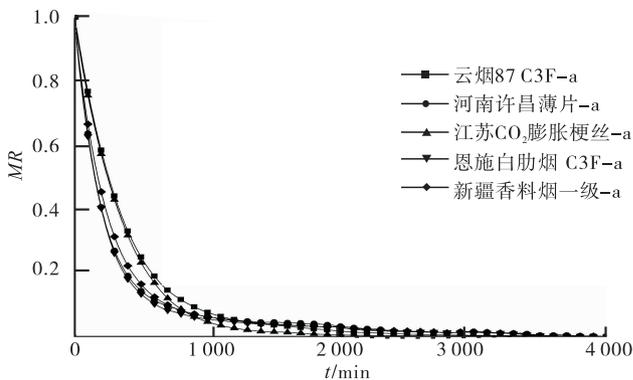


图3 不同类型样品水分比随失水时间变化曲线

Fig. 3 Moisture content curve of different types of samples with water losing time

表4 不同类型样品解湿行为相关指标

Table 4 Desorption behavior related indicators of different types of samples

样品	初始干基含水率/%	平衡干基含水率/%	干基含水率差值/%	α /min
烤烟云烟87 C3F-a	18.19	9.07	9.12	370.899
河南许昌薄片-a	11.77	7.37	4.40	237.750
江苏CO ₂ 膨胀梗丝-a	18.00	8.72	9.28	348.358
恩施白肋烟 C3F-a	13.51	7.83	5.68	229.896
新疆香料烟一级-a	12.58	7.46	5.12	265.747

由图3可知:不同类型的烟草样品,其物理保润性差异较大.样品开始失水时,失水快慢程度出现较大差异;随着失水时间的增加,水分比差异增大,在500 min左右时,水分比差异达到最大.之后失水程度逐渐减缓,差异性较小,在2500 min左右时,失水速率趋于一致.

由表4可知:5种类型烟草样品的初始干基含水率差异比较明显,云烟87 C3F-a,江苏CO₂膨胀梗丝-a的初始干基含水率明显高于

其他3种样品;云烟87 C3F-a的平衡干基含水率最大,河南许昌薄片-a最小;在失水过程中,云烟87 C3F-a,江苏CO₂膨胀梗丝-a的干基含水率变化幅度也较大.对表4中 α 值大小对比分析可知:云烟87 C3F-a的 α 值最大,即烤烟水分扩散比较慢,具有较好的保润性能,其次是江苏CO₂膨胀梗丝-a,新疆香料烟一级-a,河南许昌薄片-a,恩施白肋烟 C3F-a保润性能较差.

2.2.4 物理结构对样品物理保润性能的影响

考察烟草样品分别用平衡水分和冻干两种方式处理后保润性能的差异,处理条件不同,导致物理结构不同,其保润性能也有明显的差异.选取云烟87 C3F-a,云烟87 C3F-b,红大 C3F-a,红大 C3F-b,K326 C3F-a,K326 C3F-b,重庆白肋烟 C3F-a,重庆白肋烟 C3F-b,新疆香料烟一级-a,新疆香料烟一级-b样品,两种处理方式样品失水过程中水分比变化曲线见图4,解湿行为相关指标见表5.

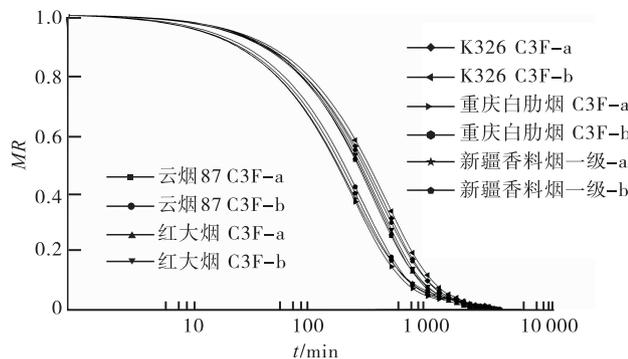


图4 不同处理方式样品水分比随失水时间变化曲线

Fig. 4 Moisture content curve of different treatment of samples with water losing time

由图4可知,样品水分散失主要发生在1000 min前,1000 min后水分比随失水时间变化缓慢.图中不同处理方式样品间对比分析发现,样品间曲线变化趋势有较大差别,表明不同处理方式样品间水分散失的快慢程度有较为

明显的差异. 可见处理方式改变了样品物理结构, 会造成卷烟原料物理保润性能有较大差异.

由表 5 可知, 同一实验样品, 初始干基含水率基本相同, 干基含水率变化幅度差异较小, 说明在失水过程中, 物理结构的改变对样品失水

3 结论

本文采用烟草含水率测试手套箱法测试不同烟草样品物理保润性能, 并分析其差异性, 得出如下结论.

1) 考察基于 Weibull 模型对烟草样品物理保润性能评价方法的准确性, 特征时间参数 α 值相对标准偏差为 1.57%, 说明该模型能够较好地用于表征烟草样品干燥动力学.

2) α 值大小反映不同卷烟原料物理保润性能的差异, 可得出相同品种的烟草以中部烟的保润性能最好; 不同品种烟草的保润性能, 其大小依次为: K326 > 红大 > 云烟 87; 不同类型烟草样品物理保润性能大小依次为: 烤烟云烟 87 > CO₂ 膨胀梗丝 > 香料烟一级 > 造纸法薄片 > 恩施白肋烟; 冻干样品物理保润性能比平衡水分样品的物理保润性能好.

参考文献:

[1] 王瑞新. 烟草化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 109.

[2] 韩聃. 卷烟吸湿规律及机制研究[D]. 无锡: 江南大学, 2014.

[3] 马林, 周冰. 烟草自身保润性能[J]. 广东化工, 2009, 10: 93.

[4] 殷春燕. 乳酸钾改善卷烟保润性能及烟气品质的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2014.

[5] 张丽. 卷烟保润性能及其应用技术研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2012.

[6] 杨斌. 卷烟原料物理保润性能评价及封阻性保润剂的应用研究[D]. 上海: 复旦大学, 2013.

[7] 郭亮, 黄辉, 朱维华, 等. 不同温湿度条件下烤后烟叶回潮效果分析[J]. 中国农学通报, 2012, 28(27): 265.

[8] 易锦满, 文俊, 杨庆. 几种保润剂的性能比较[J]. 烟草科技, 2006(4): 9.

表 5 不同处理方式样品解湿行为相关指标

Table 5 Desorption behavior related indicators of different treatment of samples

样品名称	初始干基含水率/%	平衡干基含水率/%	干基含水率差值/%	α /min
云烟 87 C3F - a	18.19	9.07	9.12	370.90
云烟 87 C3F - b	18.06	9.32	8.74	415.68
红大 C3F - a	17.78	9.61	8.17	374.77
红大 C3F - b	17.58	9.25	8.33	389.30
K326 C3F - a	18.55	9.78	8.77	427.59
K326 C3F - b	18.74	9.48	9.26	460.02
重庆白肋烟 C3F - a	13.18	7.83	5.35	254.30
重庆白肋烟 C3F - b	12.76	7.65	5.11	290.51
新疆香料烟一级 - a	12.58	7.46	5.12	265.75
新疆香料烟一级 - b	13.73	7.42	6.31	275.22

的多少影响较小, 但是对失水快慢的影响较大.

利用 Weibull 模型对失水过程的干燥曲线进行拟合, 结果如表 6 所示. 在相同的干燥条件下, 冻干样品的 α 值均大于对应平衡水分样品, 说明冻干后样品的水分散失较慢, 物理保润性能有所改善. 样品冻干后复水, 由于是多孔疏松结构, 毛细管间附着着较多水分, 提高了毛细管水分吸附量, 因此, 冻干后样品持水能力较好, 即物理保润性能较好.

表 6 不同处理方式物理保润性能对比分析

Table 6 Moisture retention properties comparative analysis of different treatment

样品	平衡水分 α_1 /min	冻干 α_2 /min	α 变化率/%
云烟 87 C3F	370.90	415.68	12.07
红大 C3F	374.77	389.30	3.88
K326 C3F	427.59	460.02	7.58
重庆白肋烟 C3F	254.30	290.51	14.24
新疆香料烟一级	265.75	275.22	3.56

注: 变化率 = $\frac{\alpha_2 - \alpha_1}{\alpha_1} \times 100\%$.

- [9] 阮晓明,王青海,徐海涛,等. 新型天然保润剂 PDS 在卷烟中的应用[J]. 烟草科技,2006(9):8.
- [10] 王明锋,朱保昆,者为,等. 多糖类新型保润剂 BR-22 的开发及应用研究[J]. 食品工业,2010(5):49.
- [11] 刘洋,刘珊,胡军,等. 仙人掌多糖的提取及其在卷烟中的应用[J]. 烟草科技,2010(10):8.
- [12] 张效康. 保润剂保润性能及过程的实验[J]. 烟草科技,1994(4):11.
- [13] 金敖熙,黄绍和. 烟叶的一些吸湿特性[J]. 烟草科技,1993(1):7.
- [14] 胡军,何保江,赵明月,等. 烟草含水率连续测量的方法及其装置. 中国专利:200810230655.2[P]. 2009-03-25.
- [15] 何保江,刘强,赵明月,等. 烟草保润性能测试方法[J]. 烟草科技,2009(2):25.
- [16] 何保江,马宇平,戴建国,等. 一种烟草含水率测试手套箱. 中国专利:200920257978.0[P]. 2010-06-30.
- [17] 中国国家标准化管理委员会. 烟草及烟草制品调节和测试的大气环境:GB/T 16447—2004[S]. 北京:中国标准出版社,2004.
- [18] 中国国家标准化管理委员会. 烟草及烟草制品试样的制备和水分测定 烘箱法:YC/T 31—1996[S]. 北京:中国标准出版社,1996.
- [19] 丁玉庭,胡逸茗,吕飞,等. 丁香鱼薄层干燥数学模型研究[J]. 食品工业科技,2011(6):86.
- [20] 刘坤,鲁周民,包蓉,等. 红枣薄层干燥数学模型研究[J]. 食品科学,2011,15:80.
- [21] 关志强,王秀芝,李敏,等. 荔枝果肉热风干燥薄层模型[J]. 农业机械学报,2012(2):151.
- [22] 王振中,林孔勋. Weibull 曲线拟合方法的研究——优选法在拟合植物病害流行方程的应用[J]. 华南农业大学学报,1986(1):17.
- [23] 马丽娜,刘映红,张玲,等. 不同病毒接种烟株对烟蚜生长发育和繁殖的影响[J]. 植物保护学报,2007(1):10.
- [24] 刘泽,李斌,于川芳. 复合传热对薄层烟丝干燥强化传质作用的动力学分析[J]. 烟草科技,2009(11):5.
- [25] 徐德龙,戴永生,金殿明,等. 干燥脱水条件对片烟复水特性的影响[J]. 烟草科技,2013(4):5.
- [26] 徐安传,王超. 烟叶内含有有机酸和水溶性糖与其保润性间相互关系的研究[C]//云南省烟草学会 2007—2008 年度学术年会,昆明:[出版社不详],2008:59-67.
- [27] 楼佳颖,张乾,王兵,等. 不同卷烟原料物理保润机理研究[J]. 中国烟草学报,2014(6):49.
- [28] 张相辉,李智宇,宋振兴,等. 石油醚提取物与烟丝保润性能的关系研究[J]. 中国农学通报,2010,18:96.
- [29] 周东. 国产造纸法烟草薄片质量改进及应用研究[D]. 青岛:中国农业科学院烟草研究所,2011.
- [30] 李国芸. 水分胁迫对香料烟生理特性及品质的影响[D]. 郑州:河南农业大学,2008.
- [31] 刘洋,胡军,刘菲,等. 不同类型烟叶的孔结构表征[J]. 烟草科技,2015(3):84.
- [32] 闫克玉,赵铭钦. 烟草原料学[M]. 北京:科学出版社,2002:277-281.