

新型卷烟双向阻湿剂的性能研究及其应用效果评估

Performance evaluation and application of novel two-way water-blocking additive in tobacco

张旭倩¹

田兆福²

王宏生²

张晓鸣¹

ZHANG Xu-qian¹ TIAN Zhao-fu² WANG Hong-sheng² ZHANG Xiao-ming¹

(1. 江南大学食品学院, 江苏 无锡 214122; 2. 广西中烟工业有限责任公司, 广西 南宁 530001)

(1. *The State Key Laboratory of Food Science and Technology, School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China*; 2. *Tobacco Guangxi Industrial Co., Ltd, Nanning, Guangxi 530001, China*)

摘要:卷烟烟气中的含水率直接影响卷烟评吸的感官舒适度,而卷烟在贮藏过程中其含水率极易受到环境影响。为了提高卷烟烟丝中的水分稳定性,亟待开发在高湿、低湿环境中均有效的双向阻水添加剂。通过对脂肪烃类物质和多糖类物质的复配添加,利用两者的协同效应,可以达到良好的保润目的。通过在 35 °C 下模拟高湿、低湿环境,对烟丝进行加速贮藏试验,证明脂肪烃类和多糖类化合物均对烟丝的双向阻水有一定效果,当类脂 GY/多糖 B 按烟丝总重量的 (1.0%/0.1%) 复配添加时能达到很好的协同作用。通过环境扫描电镜(ESEM)观测,发现烟丝表面阻湿剂涂层结构能有效减少烟丝暴露在环境中的表面积,可以证明双向阻湿剂的效果及其作用原理。

关键词:烟草;双向阻水剂;表面结构;环境扫描电镜

Abstract: The water content of mainstream smoke components is closely associated with the sensory comfort of smoking, and it was also susceptible to the environment. In order to improve the stability of the water content in cigarette tobacco, the effective two-way water-blocking additive was developed of aliphatic hydrocarbons and compound sugars, the synergy of both additives made the water content of tobacco under a good control. The function of the additive was proved by testing in the simulation environment ($RH = 32\%$ and $RH = 84\%$) in 35 °C. Finally, proved that when added 1.0% aliphatic hydrocarbon (GY) and 0.1% polysaccharose (B), a good two-way water blocking effect can be achieved, effectively delaying either the tobacco moisture absorption or desorption time. Through using the environmental scanning electron microscopy (ESEM), studied the surface of the tobacco and found the coating material isolating the tobacco from the environment, which would be a convinc-

ing evidence to show the additive does work.

Keywords: tobacco; two-way water-blocking additive; surface texture; sensory evaluation

烟丝中的水分含量既影响加工过程中卷烟的品质,又影响卷烟贮藏过程中的稳定性和产品品质。成品卷烟在储藏过程中常常受到环境中水分的影响,在南方温热潮湿的环境下吸湿受潮、在北方寒冷干旱的环境下失水解吸。孙雯等^[1]的研究表明卷烟含水率为 12%~14% 时具有较好的评吸感受,过高或过低的烟丝含水率都会对卷烟评吸感受造成不利影响。因此,卷烟的保润研究一直是烟草技术人员的研究重点。

现在常用的保润剂有甘油、丙二醇等,但它们存在干燥环境中保润性较差,高湿环境中阻水性不明显的缺点^[2]。如何开发阻水效果更好的新型保润剂越来越成为关注的热点。A. Stoilova 等^[3]利用水果中的水溶性果胶提取物对 Rodoph 卷烟进行了保润性测试,发现此类物质的多羟基组分在卷烟中具有一定的保润性能。还有一些研究^[4,5]表明吡咯烷酮羧酸类、魔芋多糖等天然提取物较甘油、丙二醇表现出更好的保润性能,同时也能提高烟气品质,改善感官评吸效果,是较为理想的保润剂。但是因提取工艺、成本的限制,加上天然保润剂成分较为复杂,不同批次稳定性差等因素,其在卷烟中的应用受到一定限制。

本研究致力于选取安全、单一的试剂,替代甘油、丙二醇,达到更好的保润、阻湿效果。脂肪烃类由长碳链和单个羧基(-COOH)组成,具有很强的疏水性,利用脂肪烃类在烟丝表面成膜可以形成一道疏水屏障阻隔水分迁移;多糖类物质中则有大量羟基(-OH)、羧基(-COOH)等亲水基团,可以与水分子之间产生氢键作用,锁住多糖膜两侧水分,从而防止水分子透过膜层。在韩聪等^[6]对卷烟吸湿机理的研究基础上,本研究拟研制在高湿环境防水、低湿环境锁水的

作者简介:张旭倩(1989—),女,江南大学在读硕士研究生。

E-mail: zqx1437@163.com

通讯作者:张晓鸣

收稿日期:2015-05-18

双向阻湿剂,并利用环境扫描电镜(ESEM)分析,评估双向阻湿剂的作用效果。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

烟丝:广西中烟工业公司;

月桂酸、棕榈酸、硬脂酸、D-葡萄糖酸钙、无水乙醇、氯化钾:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

氯化镁:分析纯,上海试剂一厂;

类脂GY、多糖A、多糖B、多糖C:本实验自制。

1.2 仪器与设备

恒温培养箱:DHP-9052型,上海市欣荣有限科技公司;

恒温恒湿箱:HWS-150型,上海森信实验仪器有限公司;

磁力搅拌器:C-MAG型,德国IKA公司;

环境扫描电镜:ESEM-2020型,美国Philips公司。

1.3 试验方法

1.3.1 单一保润剂处理烟丝样品 将样品烟丝过20目筛,取20目以上的整丝8份,20g/份,置于温度 $(22\pm 1)^\circ\text{C}$ 、相对湿度(RH)为 $(60\pm 2)\%$ 的恒温恒湿箱中平衡48h,平衡后的烟丝含水率在12.5%左右。

分别加入5g,质量分数为4.0%的月桂酸、棕榈酸、硬脂酸、类脂GY(I类);或分别加入4g,质量分数为0.5%的多糖类A、多糖类B、多糖类C(II类),使I类保润剂的用量为烟丝重量的1.0%,II类保润剂的用量为烟丝重量的0.1%,加入4g纯水作为空白对照,置于温度 $(22\pm 1)^\circ\text{C}$ 、相对湿度(RH)为 $(60\pm 2)\%$ 的恒温恒湿箱中平衡72h,使不同处理的烟丝中起始水分含量基本保持一致,并测量样品起始水分含量。

1.3.2 复配保润剂处理烟丝样品 将样品烟丝过20目筛,取20目以上的整丝7份,20g/份,置于温度 $(22\pm 1)^\circ\text{C}$ 、相对湿度(RH)为 $(60\pm 2)\%$ 的恒温恒湿箱中平衡48h,平衡后的烟丝含水率在12.5%左右。

根据1.3.1中保润效果评估,分别选取I类、II类中效果好的保润剂复配,经反复试验,确保I类、II类保润剂的添加

量和添加比例,对照组加入等量常用保润剂甘油,置于温度 $(22\pm 1)^\circ\text{C}$ 、相对湿度(RH)为 $(60\pm 2)\%$ 的恒温恒湿箱中平衡72h,使不同处理的烟丝中起始水分含量基本保持一致,并测量样品起始水分含量。

1.3.3 双向阻湿剂性能测试 根据中华人民共和国进出口商品检验行业标准SN 0180—1992中规定,配制饱和KCl溶液于干燥器中,将干燥器置于 $(35\pm 1)^\circ\text{C}$ 的恒温培养箱中,并保证干燥器中的相对湿度(RH)为 $(84\pm 1)\%$,以此模拟相对独立的高湿度恒温恒湿环境。配制饱和 MgCl_2 溶液于干燥器中,将干燥器置于 $(35\pm 1)^\circ\text{C}$ 的恒温培养箱中,并保证干燥器中的相对湿度(RH)为 $(32\pm 1)\%$,以此模拟相对独立的低湿度恒温恒湿环境。

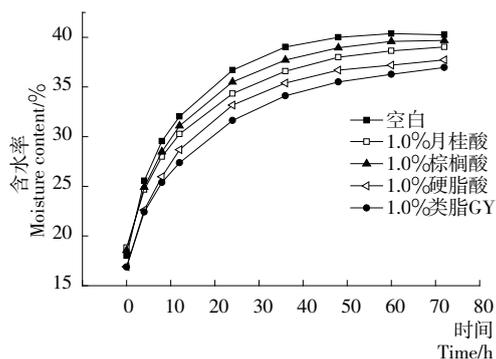
分别取1.3.1和1.3.2中的样品各3g置于称量瓶,每个样品取2个平行,将称量瓶开口分别置于上述环境中进行烟丝吸湿、解吸试验,采用差量法^[7]测试烟丝含水率的变化。即用烘箱测量法测得烟丝的起始含水率,试验开始后每隔一定时间取出称量瓶称重(精确到0.0001g),直至两次称量结果相差小于0.0010g。

1.3.4 环境扫描电镜(ESEM)观测 对1.3.1和1.3.2中保润性能良好的样品,分别选RH为 $(32\pm 1)\%$ 、 $(60\pm 1)\%$ 和 $(84\pm 1)\%$ 的平衡状态下的添加保润剂的样品和空白组对照,将样品直接置于样品台上进行环境扫描电镜分析,观察样品烟丝表面的微观组织结构。电镜样品室选择环境真空模式,采用气体二次电子信号成像;工作电压为15~20kV,工作距离10mm,观测图放大倍数400倍。

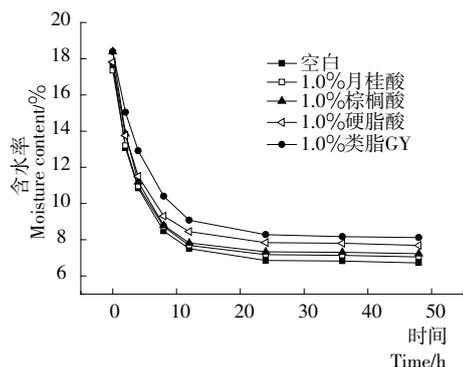
2 结果与讨论

2.1 保润效果评估

2.1.1 脂肪烃类对烟丝水分变化的影响 脂肪烃类物质是以长碳链为主,具有很强的疏水性,通过将脂肪烃喷涂在烟丝表面,能使烟丝表面较少直接暴露在环境中,减缓水分透过烟丝表面的速率,从而达到控制烟丝水分的目的。将添加脂肪烃类的样品烟丝和空白对照组分别在高湿(RH=84%)、低湿(RH=32%)条件下吸湿、解吸至平衡状态,将烟丝含水率对测试时间作图,见图1。



(a) 烟丝吸湿平衡过程



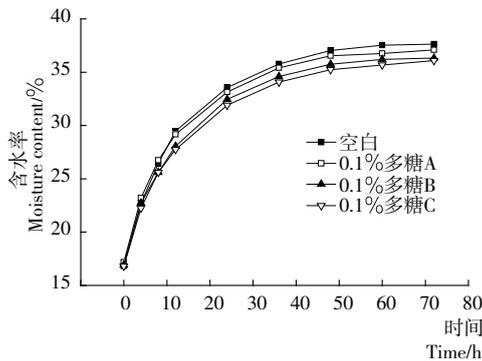
(b) 烟丝解吸平衡过程

图1 脂肪烃类对烟丝水分含量的影响

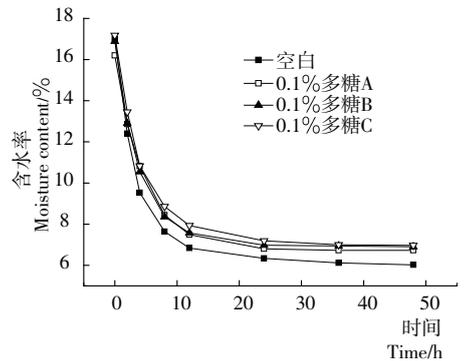
Figure 1 Effect of aliphatic hydrocarbons on the moisture content of tobacco

在环境相对湿度 84% 条件下,添加脂肪烃的烟丝和空白烟丝均迅速吸湿,烟丝含水率上升很快。在开始的 0~12 h,烟丝水分含量成线性上升;12~36 h,烟丝吸湿速率下降,烟丝含水率上升较慢;36 h 之后,烟丝含水率变化很小。通过烟丝含水率的多少,可以判断出脂肪烃的阻湿效果为:类脂 GY>硬脂酸>棕榈酸>月桂酸($P<0.05$)。烟丝吸湿速率和含水率都随着所添加的脂肪烃类物质的碳链延长而减小,这与脂肪烃的结构关系一致,即随着碳链的增长,极性减弱,亲油性增加,通过疏水作用从而达到双向隔离水分的效果。其中类脂 GY 分子具有较大的空间结构和更强的疏水性,从而增加了分子的亲油性,因此阻湿效果更佳。

在环境相对湿度 32% 条件下,0~8 h,烟丝含水率呈线性下降,解吸速率因添加的脂肪烃的不同而略有差异;8~24 h,烟丝含水率的降低速度变小,此阶段所散失的水分跟烟丝结合较为紧密,解吸速率下降;24 h 后,烟丝含水率逐渐趋于平衡。但不同添加剂的烟丝的水分含量平衡终点表现出明显差异性,喷涂脂肪烃的烟丝较空白有更高的平衡含水率,即



(a) 烟丝吸湿平衡过程



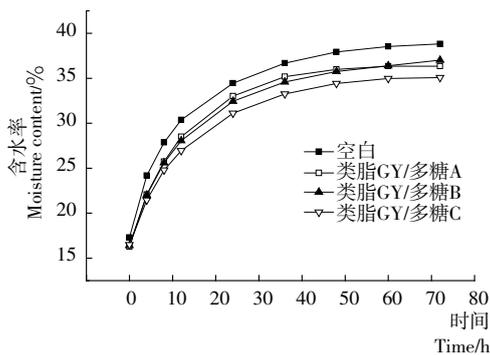
(b) 烟丝解吸平衡过程

图 2 多糖类物质对烟丝水分含量的影响

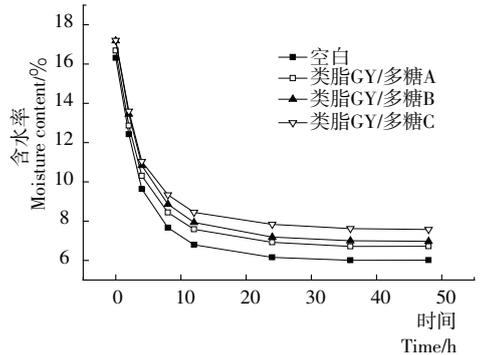
Figure 2 Effect of the polysaccharide on the moisture content of tobacco

在环境相对湿度 32% 时,存放时间的延长,烟丝的含水率呈线性下降,而添加多糖 A、多糖 B 和多糖 C 的烟丝水分含量下降速率比空白烟丝慢($P<0.05$),即水分保持性较空白烟丝更好,水分散失速率较慢。

多糖类保润剂中多糖 A 和多糖 B 具有一定的双向阻水效果,但阻水效果不及脂肪烃类明显,可能多糖类保润剂中亲水基团结合了较多的水分子,影响了烟丝中的水分分布和



(a) 烟丝吸湿平衡过程



(b) 烟丝解吸平衡过程

图 3 复配添加剂对烟丝水分含量的影响

Figure 3 Effect of compound additives on the moisture content of tobacco

脂肪烃添加剂对烟丝水分的截留效果好于空白,并随着碳链的增长,持水效果越好,这与高湿度环境下脂肪烃类表现出的阻湿效果结论一致。

2.1.2 多糖类对烟丝水分变化的影响 多糖类保润剂作为亲水性大分子,其保润性能的差异取决于对水分子作用力的大小^[8]。多糖分子含有大量的亲水基团与三维网络空间结构,容易与邻近的水分子通过氢键缔合,截留水分,防止其穿过烟丝表面的多糖膜层,从而形成保护屏障,有效地控制烟丝的水分。

多糖类物质对烟丝水分含量的影响见图 2。在环境相对湿度 84% 时,0~12 h 阶段,添加多糖 A 和多糖 B 的烟丝吸湿速率比空白烟丝小,表明多糖 A 和多糖 B 在烟丝表面成膜,减缓了烟丝吸湿。吸湿平衡后,添加多糖 A、多糖 B 的烟丝比空白烟丝的平衡含水率分别低 1.03% 和 1.21% ($P<0.05$)。而添加多糖 C 的烟丝平衡含水率与空白烟丝相比无显著差异,可能是多糖 C 所含的亲水基团与水结合,表现出较好的亲水性。

水分存在状态。

2.1.3 复配添加剂的双向阻湿效果 选取脂肪烃类添加剂中阻水效果好的类脂 GY 和多糖类添加剂复配添加,考察其阻湿效果。将脂肪烃类的疏水碳链的阻水与多糖的亲水基团、三维网络结构的锁水功效相结合,产生协同效应,从而达到更佳的双向阻湿效果。添加复配添加剂的烟丝吸湿、解吸曲线见图 3。

由图 3(a)可知,在高湿环境条件下,烟丝含水率随时间增加而增长,与空白烟丝相比,3种复配添加剂都能有效降低烟丝在对应时段的含水率,即添加复配保润剂的烟丝吸湿量较小。其中以多糖 B/类脂 GY(0.1%/1.0%)阻水效果最佳,72 h后平衡含水率为 35.08%,比空白烟丝的含水率 38.83%降低 3.75%($P < 0.05$),同时,烟丝水分含量达到 35%的时间延迟了 30 h,为空白烟丝所需时间的 200%,有效延缓了烟丝吸湿时间。

由图 3(b)可知,烟丝处于低湿环境条件,48 h后烟丝含水率趋于平衡,其平衡含水率大小排序为:多糖 B/类脂 GY

(0.1%/1.0%) > 多糖 B'/类脂 GY(0.1%/1.0%) > 多糖 A/类脂 GY(0.2%/1%) > 空白。

不同阻湿剂对烟丝样品吸湿速率、解吸速率的影响分别见表 1、2。比较复配添加剂烟丝与空白烟丝的吸湿、解吸速率,在表 1 吸湿阶段的 0~12 h、表 2 解吸阶段的 0~8 h,可以看出复配添加剂烟丝比空白烟丝的吸湿、解吸速率低,即在复配添加剂的影响下,烟丝表面的水分扩散进展得较慢,复配添加剂有效地延缓了烟丝水分变化的速度,并影响最终平衡含水量,将烟丝的水分变化控制在较小范围,达到有效的双向阻湿。

表 1 阻湿剂对烟丝样品吸湿速率的影响

Table 1 Effect of different humectants on rate of water absorption of tobacco mg/(g · h)

名称	吸湿时间							
	4 h	8 h	12 h	24 h	36 h	48 h	60 h	72 h
空白	37.38	22.68	16.05	9.73	4.70	2.66	1.63	0.70
多糖 A/类脂 GY	36.18	23.00	15.90	9.43	4.46	2.48	1.39	0.92
多糖 B'/类脂 GY	36.38	23.58	15.25	8.98	4.63	2.61	1.40	0.90
多糖 B/类脂 GY	35.60	21.70	13.93	8.65	4.60	2.50	1.05	0.87

表 2 阻湿剂对烟丝样品解吸速率的影响

Table 2 Effect of different humectants on rate of water desorption of tobacco mg/(g · h)

名称	吸湿时间						
	2 h	4 h	8 h	12 h	24 h	36 h	48 h
空白	58.55	33.90	12.15	4.78	0.65	0.25	-0.01
多糖 A/类脂 GY	50.10	35.95	12.68	5.60	1.38	0.39	-0.02
多糖 B'/类脂 GY	49.20	32.85	12.63	5.95	1.42	0.46	-0.02
多糖 B/类脂 GY	47.85	33.45	12.05	5.47	1.58	0.32	0.02

2.2 烟丝的表面形态比较

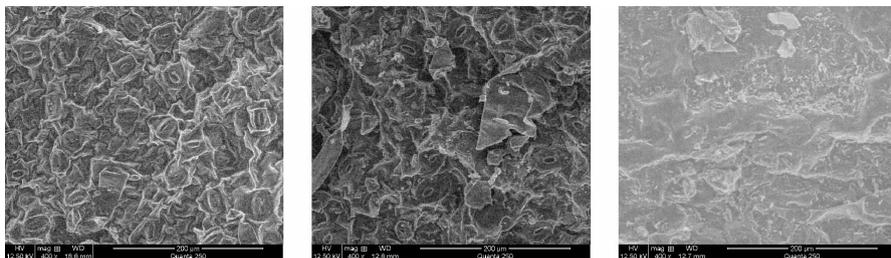
利用环境扫描电镜,可以观察含水分的烟丝表面结构。通过对比烟丝表面结构的不同,分析阻湿剂双向阻水的原因。在 $RH=60\%$ 的环境下,样品烟丝表面的环境扫描电镜观测图见图 4,在相对湿度 60% 的环境中平衡 72 h 后的空白样品、添加类脂 GY 样品、复配添加多糖 B/类脂 GY 样品的表面组织结构有明显不同。

空白样品表面很多褶皱,烟叶细胞组织直接暴露在环境中,褶皱细密;添加类脂 GY 样品表面能看到细密的类脂 GY 涂层,表面褶皱相比空白样品明显较少,且被类脂 GY 覆盖的表面因为其疏水作用,吸湿过程受阻,从而整体上吸湿速

率较空白样小;从复配添加多糖 B/类脂 GY 样品表面可以看到较为均匀的阻湿剂,覆盖面比添加类脂 GY 样品更加多且连续,阻湿剂填补了烟丝褶皱的沟壑部位,减少了暴露在环境中的表面积。多糖 B 的黏度及其三维空间结构增强了阻湿膜连续性,烟丝通过毛细管解吸的几率下降,此外,在复配添加多糖 B/类脂 GY 样品中暴露的烟叶组织的气孔最少,大大减少了烟丝内部水分通过气孔散失的比例。

3 结论

与传统保润剂甘油、丙二醇和其他天然保润剂相比,多糖 B/类脂 GY 复配添加剂具有良好、稳定的双向阻湿性能,



(a) 空白样品 (b) 添加类脂GY样品 (c) 复配添加多糖B/类脂GY样品

图 4 样品烟丝和参照烟丝在 $RH=60\%$ 的表面环境扫描电镜观测图

Figure 4 ESEM micrographs of tobacco surface in $RH=60\%$

表6 20 mm 丁断面倾斜角度 l 值方差计算

Table 6 The variance calculation for gradient of the cross-section of the 20 mm-cross-section

行	求和	平均	方差	列	求和	平均	方差
1	226.50	18.88	11.27	1	92.01	8.36	29.10
2	190.55	15.88	12.19	2	91.30	8.30	27.42
3	148.48	12.37	13.16	3	90.01	8.18	27.69
4	110.47	9.21	13.63	4	90.13	8.19	27.98
5	71.95	6.00	14.24	5	90.28	8.21	29.68
6	49.08	4.09	9.02	6	92.31	8.39	32.17
7	39.58	3.30	4.11	7	94.52	8.59	35.08
8	43.37	3.61	5.80	8	97.29	8.84	40.12
9	60.30	5.03	12.67	9	100.94	9.18	44.96
10	93.19	7.77	16.35	10	105.67	9.61	50.35
11	139.06	11.59	16.67	11	110.69	10.06	57.09
				12	117.38	10.67	61.84

表7 20 mm 丁断面倾斜角度 l 值方差分析

Table 7 The variance analysis for gradient of the cross-section of the 20 mm-cross-section

差异源	平方和	自由度	均方和	F 值	P 值	F 临界值	
						0.05	0.01
行	3 297.382	10	329.738	27.121	2.46E-25	1.918	2.486
列	83.111	11	7.556	0.621	0.807	1.877	2.413
误差	1 337.360	110	12.158				
总计	4 717.853	131					

丁断面倾斜角度 l 值影响不显著。

又由方差分析可知:离心切削滚筒与切丁刀中心之间的水平间距 $\Delta x=290$ mm 时得到的丁断面偏差相对值 η 、丁断面倾斜度 l 值的平均值及方差最小(分别见表 4、6 第 7 行),所以离心切削滚筒与切丁刀中心水平间距优选 290 mm;由

表 2、3 可知,在 290 mm 中心间距下,离心切削滚筒和切丁刀之间的转速比为 0.15~0.17 时,丁断面偏差相对值 η 、丁断面倾斜度 l ,指标达到了国际同类产品标准。

3 结论

本研究通过对三维切丁机切削成形机理分析,建立了三维切丁机切割果蔬断面曲线方程,分析了影响丁断面形状的主要因素;以丁断面相对偏差 η 、倾斜度 l 为评价指标,仿真分析了不同离心切削滚筒与切丁条刀中心水平间距、离心切削滚筒与切丁条刀转速比对丁断面质量指标的影响,通过双因素方差分析,得到了上述两因素对丁断面相对偏差 η 及断面倾斜度 l 影响的权重关系,据此优选出离心切削滚筒与切丁条刀中心水平间距最优值,以及离心切削滚筒和切丁条刀之间的转速比的合理范围,从而为切丁机参数优化提供了依据。

参考文献

- 1 祁景瑞,胡文忠,姜爱丽,等. 果蔬切割加工与保鲜技术研究进展[J]. 保鲜与加工,2005,5(4):7~9.
- 2 胡小松. 中国果蔬加工产业现状与发展态势[J]. 食品与机械,2005,21(3):4~9.
- 3 杨德勇,胡建平,许晓东,等. 多功能果蔬鲜切机的研制[J]. 食品与机械,2012,28(3):183~185.
- 4 胡建平,黄英飒,杨德勇. 果蔬三维切丁机设计与试验[J]. 农业工程学报,2011,27(12):353~357.
- 5 王益强. 多功能蔬菜加工机的研制[D]. 北京:中国农业大学,2007.
- 6 杨德勇,胡建平,许晓东,等. 新型果蔬切丁机的设计[J]. 机械设计与制造,2012(7):25~27.
- 7 黄英飒. 果蔬三维切丁机设计及成形机理研究[D]. 镇江:江苏大学,2011.
- 8 王式安. 数理统计[M]. 北京:北京理工大学出版社,1995:110~116.

(上接第 22 页)

能够延缓烟丝中水分的散失速度。对比空白组,在相对湿度 $RH=84\%$ 的环境下,能使烟丝从 12% 的初始含水率达到 35% 的时间延缓 2 倍;在相对湿度 $RH=32\%$ 的环境下,能使烟丝含水率从 12% 降到 8% 的时间延缓 2 倍。

通过观察添加复配阻湿剂后烟丝表面的环境扫描电镜图,可以直观地看到在高湿或低湿的环境中,复配阻湿剂都能通过覆被在烟丝表面,减少暴露的表面积,达到有效延缓烟丝表面的水分变化,将烟丝表面较长时间地维持在一个相对稳定的状态。即添加剂以化学吸附等方式将水分锁定在阻湿膜两侧,从而达到控制烟丝中水分的目的。

参考文献

- 1 孙雯,李雪梅,曾晓鹰. 烟丝含水率对卷烟燃吸品质、烟气水分及颗粒物挥发性成分的影响[J]. 烟草科技,2009(11):34~39.
- 2 张丽,张相辉,徐丽霞. 保润剂对卷烟保润性能的影响[J]. 郑州轻

工业学院学报,2012(10):38~40,58.

- 3 A Stoilova. Comparative investigations of the influence of polyvalent alcohols and fruit extracts on the physicochemical properties of tobacco[J]. Beitrage Zur Tabakforschung Int, 1994,16(1):1~19.
- 4 阮晓明,王青海,徐海涛. 新型天然保润剂 PDS 在卷烟中的应用[J]. 烟草科技,2006(9):8~10.
- 5 郭国宁,严恒,蔡冰. KSAP-T 的保润性能及其应用研究[J]. 安徽农业科学,2010,38(12):6 569~6 572.
- 6 韩聃,田兆福,王宏生. 基于 LF-NMR 和 ESEM 对卷烟吸湿机制研究[J/OL]. 中国科技论文在线,2013(10)[2014-03-02]. <http://www.paper.edu.cn/html/releasepaper/2013/10/356/>.
- 7 何保江,刘强,赵明月. 烟草保润性能测试方法[J]. 烟草科技,2009(2):25~28,45.
- 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):9~12.