

新型再造烟叶裹衣的制备和性能

胡念武^{1,2,3}, 刘志昌^{1,2,3}, 高颂^{1,2,3}, 万超^{1,2,3}, 王子维^{1,2,3}, 汪丹^{1,2,3}, 王磊⁴

(1.湖北中烟工业有限责任公司, 武汉 430040; 2.湖北新业烟草薄片开发有限公司, 武汉 430056;
3.重组烟叶应用技术研究湖北省重点实验室, 武汉 430056; 4.湖北工业大学 绿色轻工材料
湖北省重点实验室, 武汉 430068)

摘要: 目的 为替代天然雪茄外包皮, 开发一种新型再造烟叶雪茄烟裹衣, 重点改善再造烟叶裹衣色泽的稳定性。方法 基于再造烟叶生产技术, 以烟梗浆、漂白针叶木浆和漂白阔叶木浆制备新型再造烟叶裹衣, 通过添加一定尺度的木质素改善裹衣的色泽稳定性。结果 制备的再造烟叶裹衣抗张强度为 1.13 kN/m, 透气度为 29.3 cm³/(min·cm²), 伸长率为 1.42%, 阴燃速率为 0.849 s/mm; 木质素质量分数为 4.0%时(以天然色素用量计), 色差(ΔE=4.49, 12 h)与空白样品相比(ΔE=13.47, 12 h), 色泽稳定性提高了 66.7%; 感官质量评价较好。结论 开发的新型再造烟叶裹衣完全达到了再造烟叶裹衣对物理性能、燃烧特性和色泽稳定性要求(ΔE≤5.0, 12 h内), 同时满足再造烟叶感官质量的评价指标要求。

关键词: 再造烟叶; 裹衣; 木质素; 色差; 物理性能

中图分类号: TS453 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)23-0123-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.23.017

Preparation and Properties of New Cigarette Wrapper Based on Reconstituted Tobacco Sheet

HU Nian-wu^{1,2,3}, LIU Zhi-chang^{1,2,3}, GAO Song^{1,2,3}, WAN Chao^{1,2,3},
WANG Zi-wei^{1,2,3}, WANG Dan^{1,2,3}, WANG Lei⁴

(1.China Tobacco Hubei Industrial Co., Ltd., Wuhan 430040, China; 2.Hubei Xinye Reconstituted Tobacco Development Co., Ltd., Wuhan 430056, China; 3.Applied Technology Research of Reconstituted Tobacco Hubei Province Key Laboratory, Wuhan 430056, China; 4.Hubei Provincial Key Laboratory of Green Materials for Light Industry, Hubei University of Technology, Wuhan 430068, China)

ABSTRACT: The work aims to develop a new reconstituted tobacco sheet used for cigar wrapper, and focus on improving the color stability of cigar wrapper from tobacco sheet to replace the natural cigar wrapper. Based on the production technology of reconstituted tobacco, a new cigarette wrapper based on reconstituted tobacco sheet was prepared with tobacco stem pulp, bleached softwood pulp and bleached hardwood pulp. Lignin with certain molecular weight was used to increase the color stability of natural pigments. The tensile strength of the reconstituted tobacco sheet was 1.13 kN/m. Its air permeability was 29.3 cm³/(min·cm²). Its elongation percentage was 1.42%. Its static combustibility rate was 0.849 s/mm. Its content of alkaline lignin was 4.0% (calculated in natural pigment). Its chromatic aberration was 4.49 (ΔE=4.49, 12 h). Its color stability was increased by 66.7% compared with that of the control sample (ΔE=13.47, 12 h). Its sensory

收稿日期: 2021-01-11

作者简介: 胡念武(1984—), 硕士, 工程师, 主要研究方向为再造烟叶制造工艺。

通信作者: 王磊(1982—), 博士, 副教授, 主要研究方向为生物基功能材料和纤维。

quality was good. The cigarette wrapper from reconstituted tobacco fully meets the requirements of physical properties, combustion characteristic and color stability ($\Delta E \leq 5.0$, within 12 h), and meets the evaluation index of sensory quality for cigar wrapper.

KEY WORDS: reconstituted tobacco sheet; cigar wrapper; lignin; chromatic aberration; physical property

造纸法再造烟叶又叫重组烟叶或再造烟叶,理化特性与烟草相似,在改善卷烟各项质量指标方面具有明显优势,其在卷烟工业中得到越来越广泛的应用^[1-4]。雪茄烟具有焦油和烟碱含量低,对人体危害较普通卷烟小的特点,逐渐为广大消费者所接受^[5-11]。在雪茄烟的生产过程中,雪茄烟外包皮需要满足较高的质量要求。目前优质晒烟或白肋烟多在工业上使用,并作为雪茄烟外包皮。我国雪茄烟外包皮却存在燃烧性差、质量不高(颜色暗淡、光泽度差、叶片厚实和支脉粗大等)和标准化程度低等问题^[12-18],成为我国生产高档雪茄烟的直接限制因素。此外,由于手工生产雪茄烟的效率低下,机制雪茄烟亟须解决雪茄烟衣的生产问题。

再造烟叶裹衣的制备中,着色大多来源于天然色素(如类胡萝卜素等),具有与生态环境的相容性好、可生物降解、无毒等优点,天然色素多是还原性物质,日晒牢度较差^[19-20]。为拓宽再造烟叶在雪茄烟外包装中的应用范围,实现内芯烟丝和裹衣的多重应用,需改善再造烟叶裹衣的外观稳定性。木质素为三维立体网状结构的天然高分子聚合物^[21-22],作为造纸工业的副产物,来源广泛、价格低廉,相关研究表明,木质素具有良好的抗紫外线性能^[23-26],可用于提高天然色素的色泽稳定性,从而实现再造烟叶替代天然雪茄外包皮的技术可行性。

1 实验

1.1 材料和仪器

主要材料:柠檬酸钠,国药集团试剂公司;柠檬酸钾,国药集团试剂公司;天然色素 A, B, 湖北中烟集团;木质素、山东亚太森博浆纸有限公司。

主要仪器:机械搅拌器,德国 IKA;磁力搅拌器,德国 IKA;自动电位滴定仪,上海精科;鼓风干燥箱,上海精科;高速分散机,德国 IKA;紫外光耐候试验箱,南京环科实验设备有限公司;RK-3A 凯塞法抄片器,奥地利 PTI-Flank;CSR-II型卷烟纸阴燃速率测量仪,中国科学院安徽光学精密机械研究所;L&W 透气度测定仪,瑞典 L&W 公司;L&W 抗张强度测定仪,瑞典 L&W 公司;L&W Elrepho 白度仪,瑞典 L&W 公司;HPLC,日本岛津公司 LC-20AT;PALL 超滤设备,美国 PALL 公司,MinimII;扫描电子显微镜,中国科学院科学仪器厂,KYKY-2800B。

1.2 方法

1.2.1 涂布液着色剂的制备

1) 一定尺度的木质素制备。称取 100 g 碱木质素,加入 10 g NaOH,配制质量分数为 15%的碱木质素溶液,通过 PALL 超滤设备进行膜分离(膜采用 3, 5 kg/mol),得到 3~5 kg/mol 碱木质素组分,再经酸析得到木质素。上述分离得到的木质素、水和 NaOH 配制成质量分数为 10%的溶液(质量比为 100 : 890 : 10),称为木质素体系。

2) 涂布液着色剂制备。将 10.0 g 天然色素 A 和 10.0 g 天然色素 B 加入 80.0 g 水中搅拌均匀,再加入 0.1%(质量分数)的维生素 C(以天然色素 A/B 计算),调节体系 pH 至 3.0~3.5,制备成天然色素体系。通过恒流泵加入上述木质素体系至酸性天然色素体系中(滴加时间 30 min),木质素缓慢析出并包覆在天然色素的表面,赋予色素抗紫外线功能。滴加完成后,再依次加入 4 g 的柠檬酸钾、4 g 的柠檬酸钠、3 g 的焦糖、15 g 的 WY9345、50 g 的 WY9935、40 g 的 WY3822,搅拌 10 min 完全溶解,实验中木质素按照表 1 的用量加入天然色素体系,优化提高色泽稳定的最佳比例。

1.2.2 再造烟叶裹衣的制备

称取一定量的烟梗原料,料液比为 1 : 3.75(质量比),在(65±5)°C下萃取 40 min,固液分离得到萃取后的烟梗,用盘磨制备 CMP(Chemi-Mechanical Pulping)浆(30±1)°SR(打浆度也称叩解度,用°SR表示,反映纤维打浆程度,衡量纤维脱水难易程度的重要指标);漂白针叶木浆、漂白阔叶木浆分别按照 40, 20 °SR 进行打浆。烟梗浆、漂白针叶木浆、漂白阔叶木浆按照 6 : 3 : 1(质量比)的比例混合,同时添加质量分数为 20%的 CaCO₃(以浆料绝干质量计),抄造定量(40±1)g/m²基片,再将上述制备的涂布液着色剂浸涂到基片(涂布量 10 g/m²),制得再造烟叶裹衣,定量为(50±1)g/m²,并进行物理性能和色泽稳定性的分析检测,以及再造烟叶裹衣感官质量的评价。工艺流程见图 1。

1.2.3 再造烟叶裹衣物理性能和色泽稳定性检测

抗张强度按照 GB/T 453—2002 进行测定;透气度按照 GB/T 458—2002 进行测定;阴燃速率按照

YC/T 197—2005 进行测定；Lab 值按照 QB/T 2804—2006 进行测定。

1.2.4 样品扫描电镜分析

用镊子将制备的雪茄裹衣样品粘结到样品座上，并在真空环境下进行表面喷金处理，然后采用 JSM-6390LV 型高分辨场扫描电镜对样品的微观形貌进行分析。

1.2.5 再造烟叶裹衣感官质量评价

按照 QB/XYBP.BPSK 59.2—2020 评价。将已分盘的再造烟叶裹衣样品切成长度为 8~10 mm 的长条状，包裹于软蓝烟支卷烟纸上，按包裹烟支的方法进行再造烟叶裹衣样品制作。样品评价前需统一评吸标准。

由 5 人以上评吸员组成评吸小组记录评吸结果，各指标以 1 分为计分单位。评分标度见表 1。评分权重为香气 0.25，烟叶 0.25，嗅香一致性 0.5；再造烟叶裹衣分为合格 (≥70) 和不合格 (<70) 这 2 个档次。

结果统计按式 (1) 计算单项平均得分，精确至 0.1。

$$\bar{X}_i = 10 \times K_i \frac{\sum X_i}{N} \quad (1)$$

式中： $\sum X_i$ 为某单项得分和； N 为参加评吸人数； K_i 为某单项权重； \bar{X}_i 为某单项平均得分。

2 结果和分析

2.1 紫外光对再造烟叶裹衣色泽稳定性的影响

按照上述实验方法，制备再造烟叶裹衣用着色剂，重点研究不同木质素用量对色泽稳定性的影响，实验结果见表 2 和图 2。

由表 2 和图 2 实验结果可知，添加木质素并通过溶解析出的方法，对天然色素表面包覆，色泽稳定性明显提高，随着木质素用量的增加 (图 2 从右向左) 色泽变化明显。研究发现，色泽稳定性与木质素用量、光照时间有着重要相关性，尤其是木质素用量的影响，分析如下所述。

1) 在相同木质素用量条件下，随着光照时间的增加，色差 ΔE 也随之增加，与未添加木质素的样品相比，添加木质素后的色差 ΔE 趋于稳定的时间会延长，从 8 h 增加至 12 h 后，增加幅度达 50%，12 h 后增加幅度较小且趋于稳定。

2) 在光照时间相同的条件下，随着木质素用量增加，色差 ΔE 明显降低，且随着木质素用量的增加，色差 ΔE 的变化幅度变小。如木质素质量分数从 1% 增加至 2%，色差 ΔE 的变化幅度较大，分别为 28.30% (光照 8 h) 和 25.44% (光照 12 h)；木质素质量分数从 4% 增加至 5%，色差 ΔE 的变化幅度最小，分别为 2.69% (光照 8 h) 和 2.0% (光照 12 h)。

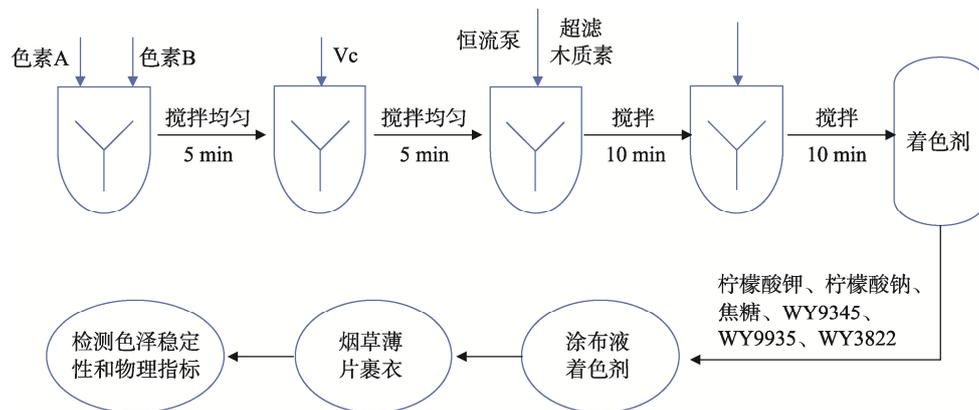


图 1 涂布液、着色剂和再造烟叶裹衣的制备流程

Fig.1 Preparation process of coating liquid, coloring solution and reconstituted tobacco wrapper

表 1 再造烟叶裹衣感官评价各项指标评分标度

Tab.1 Sensory evaluation index scale of reconstituted tobacco wrapper

指标	10	9—8	7—6	5—4	≤3
香气	好	较好	尚好	较差	差
烟味	好	较好	尚好	较差	差
嗅香一致性	一致		基本一致		不一致

表2 木质素用量对再造烟叶裹衣色泽稳定性的影响
 Tab.2 Effect of lignin dosage on color stability of reconstituted tobacco wrapper

木质素质量分数/%	时间/h	Lab 值						
		<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	$\Delta L/\%$	$\Delta a/\%$	$\Delta b/\%$	ΔE
0.0	0	50.1	24.2	29.4	0	0	0	0
	2	52.5	20.1	27.8	2.44	4.1	1.64	5.05
	6	54.1	17.4	26.3	4.04	6.8	3.14	8.51
	8	56.8	15	25.4	6.73	9.2	4.04	12.09
	12	58.7	14.8	25.1	8.63	9.4	4.34	13.47
	16	59.2	14.2	25	9.13	9.99	4.44	14.24
	24	59.5	13.9	24.5	9.4	10.29	4.88	14.77
	1.0	0	50.1	24.2	29.4	0	0	0
2		52.4	22.3	27.6	2.26	1.89	1.76	3.43
6		53.2	18.2	25.5	3.06	6.01	3.87	7.78
8		55.2	17.4	25.2	5.07	6.81	4.17	9.47
12		56.1	17.3	24.9	5.98	6.91	4.48	10.18
16		56.2	16.8	24.8	6.08	7.42	4.58	10.63
24		57	16.6	25	6.88	7.62	4.38	11.16
2.0		0	50.1	24.2	29.4	0	0	0
	2	52.1	22.6	28.2	1.96	1.59	1.16	2.78
	6	52.5	19.9	27.8	2.36	4.3	1.56	5.15
	8	54.2	19.1	27.5	4.07	5.11	1.86	6.79
	12	55.1	18.9	27.2	4.97	5.31	2.16	7.59
	16	55.4	18.7	27.1	5.28	5.51	2.27	7.96
	24	55.6	17.7	26.7	5.48	6.51	2.67	8.92
	3.0	0	50.1	24.2	29.4	0	0	0
2		51.8	23.2	29	1.66	0.98	0.36	1.96
6		52	20.7	27.9	1.86	3.5	1.46	4.22
8		52.1	20.4	27.2	1.96	3.8	2.16	4.79
12		52.2	19.3	27	2.06	4.9	2.37	5.82
16		52.6	19.1	26.8	2.46	5.11	2.57	6.23
24		54.1	19	25.9	4	5.23	3.47	7.44
4.0		0	50.1	24.2	29.4	0	0	0
	2	51.4	23.4	29	1.26	0.78	0.36	1.52
	6	51.9	23.2	28.8	1.76	0.98	0.56	2.09
	8	52.7	22.9	28.6	2.56	1.29	0.76	2.97
	12	53.1	21	28.3	2.96	3.2	1.06	4.49
	16	53.7	20	28	3.57	4.2	1.36	5.68
	24	54	19.6	27.9	3.87	4.6	1.46	6.19
	5.0	0	50.1	24.2	29.4	0	0	0
2		51.2	24	29	1.05	0.18	0.36	1.13
6		51.4	23.3	28.9	1.26	0.88	0.46	1.6
8		52.8	23.2	28.8	2.66	0.98	0.56	2.89
12		53	21	28.4	2.86	3.2	0.96	4.4
16		53.4	20.3	28.2	3.27	3.9	1.16	5.22
24		53.6	20	28	3.47	4.2	1.36	5.61

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

基于再造烟叶裹衣产品对色泽稳定性的要求指标 (光照 12 h, $\Delta E \leq 5.0$), 当光照时间为 12 h, 对于不同的木质素用量来说, 木质素质量分数为 4.0% (以天然色素用量计), 色差 $\Delta E=4.49$, 与空白样品相比 (光照 12 h, $\Delta E=13.47$), 色泽稳定性提高了 66.67%, 达到了再造烟叶裹衣产品对色泽稳定性的技术要求。

2.2 再造烟叶裹衣物理性能和表面形貌的分析

2.2.1 物理性能

对加入木质素制备的再造烟叶裹衣, 研究木质素的添加量对其他物理指标和燃烧性能的影响, 实验结果见表 3。

由表 3 结果可知, 在木质素质量分数为 1%~5% 时 (尤其木质素质量分数为 1%~4%), 再造烟叶裹衣的各项物理指标变化不大, 当木质素质量分数达到 5%, 最大变化幅度不超过 8%。在木质素质量分数为 4% 时, 制备的再造烟叶裹衣抗张强度为 1.13 kN/m, 透气度为 $29.3 \text{ cm}^3/(\text{min} \cdot \text{cm}^2)$, 伸长率为 1.42%, 阴燃速率为 0.849 s/mm , 完全达到了再造烟叶裹衣产品对

上述物理指标和燃烧性能的要求。

2.2.2 表面形貌

利用扫描电镜对样品的表面形态进行分析, 见图 3。由扫描电镜可以看出, 样品中主要成分为纤维素 (图 3a) 和大量 CaCO_3 (图 3b)。

2.3 质量评价

基于上述制备的新型再造烟叶裹衣, 评价其对卷烟感官质量的影响, 依据再造烟叶裹衣感官质量评价方法, 样品编号 1#—6# 分别对应木质素质量分数为 0, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%。感官质量评价结果见表 4。

由表 4 可知, 随着木质素用量的增加, 香气呈现略有下降的趋势, 这与木质素会产生微量木质气相关^[25], 同时也导致烟味和嗅香一致性略有下降, 当木质素质量分数 $\leq 4.0\%$ 时, 香气、烟味和嗅香一致性指标变化不大; 当木质素质量分数达到 5% 时, 下降幅度较大。木质素质量分数为 1%~4% 时, 再造烟叶裹衣的感官质量较好。综合再造烟叶裹衣对色泽稳定性和物理指标要求, 木质素质量分数 4% 是最优用量。

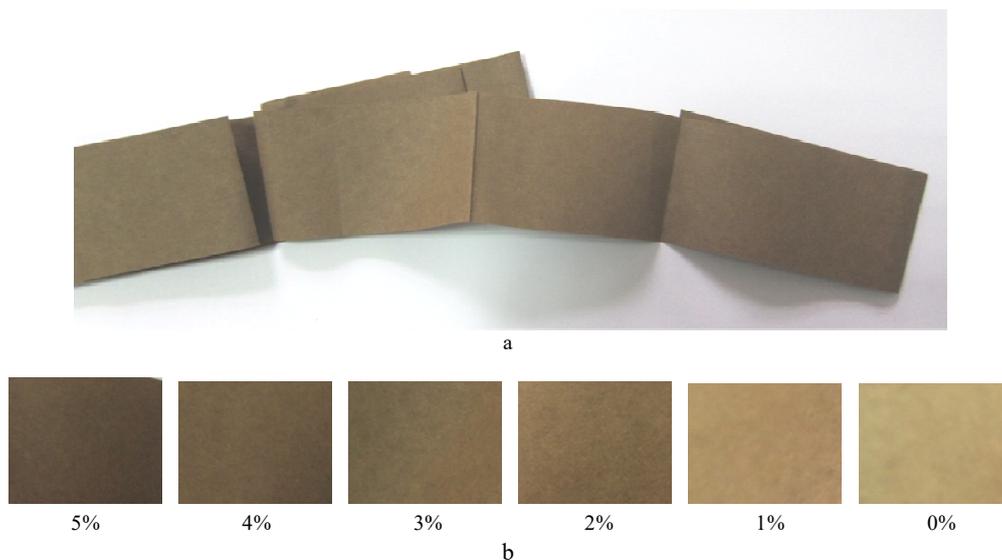


图 2 不同质量分数的木质素对再造烟叶裹衣色泽稳定性的影响 (光照 12 h)

Fig.2 Effect of lignin dosage on color stability of reconstituted tobacco wrapper (12 h of illumination)

表 3 再造烟叶裹衣物理性能的测定

Tab.3 Determination of physical properties of reconstituted tobacco wrapper

木质质量分数/%	抗张强度/(kN·m ⁻¹)	透气度/(cm ³ ·min ⁻¹ ·cm ⁻²)	伸长率/%	阴燃速率/(s·mm ⁻¹)
0	1.17	29.8	1.48	0.842
1.0	1.17	29.5	1.46	0.843
2.0	1.16	29.5	1.45	0.845
3.0	1.16	29.4	1.42	0.845
4.0	1.13	29.3	1.42	0.849
5.0	1.07	29.1	1.36	0.854

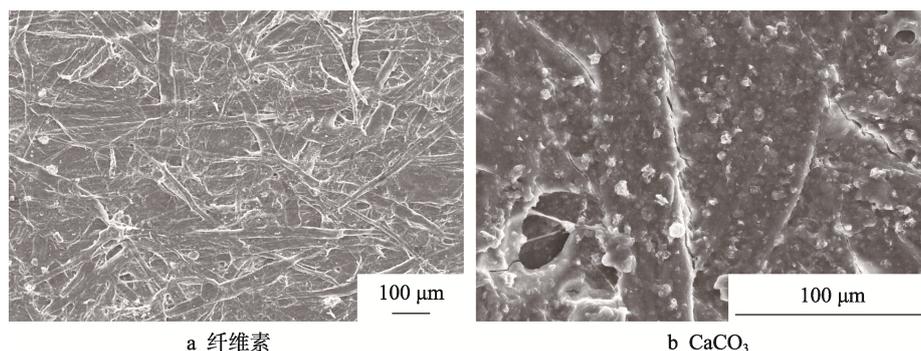


图3 样品扫描电镜分析
Fig.3 SEM analysis of samples

表4 再造烟叶裹衣感官质量评价

Tab.4 Sensory quality evaluation table of reconstituted tobacco wrapper

样品编号	评价指标			总分
	香气	烟味	嗅香一致性	
1 [#]	9	9	8	85.0
2 [#]	9	8	9	87.5
3 [#]	9	8	9	87.5
4 [#]	8	8	9	85.0
5 [#]	8	8	9	85.0
6 [#]	8	7	8	77.5

3 结语

基于再造烟叶裹衣产品对色泽稳定性的要求指标(光照 12 h, $\Delta E \leq 5.0$),天然色素加入木质素后,色泽稳定性明显提高。当光照时间为 12 h,木质素质量分数为 4.0%(以天然色素用量计)时,色差 $\Delta E=4.49$,与空白样品相比(光照 12 h, $\Delta E=13.47$),色泽稳定性提高了 66.67%,完全达到了再造烟叶裹衣产品对色泽稳定性的技术要求。

木质素质量分数为 1%~5%时(尤其木质素质量分数为 1%~4%时),制备的再造烟叶裹衣的各项物理指标变化不大,最大变化幅度不超过 8%(木质素质量分数为 5%)。基于再造烟叶裹衣对色泽稳定性的要求,木质素质量分数为 4%时,制备的再造烟叶裹衣抗张强度为 1.13 kN/m,透气度为 $29.3 \text{ cm}^3/(\text{min} \cdot \text{cm}^2)$,伸长率为 1.42%,阴燃速率为 0.849 s/mm,达到了再造烟叶裹衣产品对物理指标和燃烧性能的要求。

再造烟叶裹衣感官质量表明,木质素质量分数为 0~4%时,香气、烟味和嗅香一致性指标变化不大,再造烟叶裹衣的感官质量较好;木质素质量分数达到 5%时,下降幅度较大,这或许与木质素会产生微量木质气相关。

参考文献:

- [1] 汪华文. 造纸法薄片在卷烟中的应用效果分析[J]. 烟草科技, 2000(8): 15—16.
WANG Hua-wen. Analysis of the Application of Paper-Making Reconstituted Tobacco in Cigarettes[J]. Tobacco Science & Technology, 2000(8): 15—16.
- [2] 陈祖刚, 蔡冰, 王建新, 等. 国内外造纸法薄片工艺与品质比较[J]. 烟草科技, 2002(2): 4—10.
CHEN Zu-gang, CAI Bing, WANG Jian-xin, et al. Comparison between Domestic and Foreign Paper-Process Tobacco Sheets[J]. Tobacco Science & Technology, 2002(2): 4—10.
- [3] 许日鹏, 苏文强, 段继生. 烟草薄片的开发与应用[J]. 上海造纸, 2008, 39(5): 46—49.
XU Ri-peng, SU Wen-qiang, DUAN Ji-sheng. Development and Application of Tobacco Sheet[J]. Shanghai Paper Making, 2008, 39(5): 46—49.
- [4] 卢昕博, 戴路, 张博, 等. 卷烟纸技术研究进展[J]. 中国造纸学报, 2018, 33(2): 65—71.
LU Xin-bo, DAI Lu, ZHANG Bo, et al. Research Progress in Cigarette Paper Technology[J]. Transactions of China Pulp and Paper, 2018, 33(2): 65—71.
- [5] 孙福山, 陈江华, 刘建利. 烟叶收购质量现状与改善等级结构技术探讨[J]. 中国烟草学报, 2002, 8(2): 29—33.
SUN Fu-shan, CHEN Jiang-hua, LIU Jian-li. Status Quo of Tobacco Leaf Purchase Quality and Improvement of Grade Structure Technology[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2002, 8(2): 29—33.
- [6] 时向东, 王一恒, 崔俊明, 等. 雪茄外包皮烟叶品种的比较试验[J]. 烟草科技, 2010(8): 65—68.
SHI Xiang-dong, WANG Yi-heng, CUI Jun-ming, et al. Comparison Experiment on Cigar Wrapper Tobaccos[J]. Tobacco Science & Technology, 2010(8): 65—68.
- [7] TRIPATHI S N, BHATTACHARYA B. Physical and Chemical Quality Characteristics of Cigar Wrapper Varieties (N Tabacum L)[J]. Indian Agriculturist, 1986, 30(3): 205—212.

- [8] SINGH K D. Studies on Soil-Versus-Foliar Application of Nitrogen in Relation to Yield and Smoking Scores in Cigar Wrapper Tobacco[J]. *Annals of Agricultural Research*, 1987, 8(2): 194—200.
- [9] GUELSER C, YILMAZ N K, CANDEMIR F. Accumulation of Tobacco Mosaic Virus (TMV) at Different Depths Clay and Loamy Sand Textural Soils due to Tobacco Waste Application[J]. *Environmental Monitoring & Assessment*, 2008, 146(1): 235—242.
- [10] LAMONDIA J A. The Association of Tobacco Mosaic Virus with Green Spot of Cured Wrapper Tobacco Leaves[J]. *Plant Disease*, 2008, 92(1): 37—41.
- [11] 时向东, 汪文杰, 王卫武, 等. 遮荫下氮肥用量对雪茄外包皮烟叶光合特性的调控效应[J]. *植物营养与肥料学报*, 2007, 13(2): 299—304.
SHI Xiang-dong, WANG Wen-jie, WANG Wei-wu, et al. Response of Photosynthetic Characteristics in Leaves of Cigar Wrapper Tobacco to Nitrogen Application under Shady Condition[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2007, 13(2): 299—304.
- [12] 时向东, 刘艳芳, 文志强, 等. 施 N 水平对雪茄外包皮烟叶片生长发育和内源激素含量的影响[J]. *西北植物学报*, 2007, 27(8): 1625—1630.
SHI Xiang-dong, LIU Yan-fang, WEN Zhi-qiang, et al. Effects of Nitrogen Levels on Growth and Content of Endogenous Hormones of Cigar Wrapper Leaves[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2007, 27(8): 1625—1630.
- [13] 汪文杰. 氮肥用量对雪茄外包皮烟生长发育光合特性及品质的影响[D]. 郑州: 河南农业大学, 2006: 1—7.
WANG Wen-jie. Effect of the Nitrogen Fertilizer Application Rate on Growth and Development Photosynthetic Characteristics and Quality of Cigar Wrapper Tobacco[D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2006: 1—7.
- [14] 许建营. 烟草工艺与调香技术[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2007: 50—56.
XU Jian-ying. Tobacco Technology and Flavoring Technology[M]. Beijing: China Textile & Apparel Press, 2007: 50—56.
- [15] 安瑞, 谢益民, 王磊, 等. 烟草薄片型卷烟纸的制备及性能研究[J]. *中国造纸*, 2012, 31(1): 45—48.
AN Rui, XIE Yi-min, WANG Lei, et al. Cigarette Paper Based on Tobacco Sheet: Its Preparation and Properties[J]. *China Pulp & Paper*, 2012, 31(1): 45—48.
- [16] GB/T 5606.1—2004, 卷烟第 1 部分: 抽样[S].
GB/T 5606.1—2004, Cigarette Part 1: Sampling[S].
- [17] GB/T 16447—2004, 烟草及烟草制品 调节和测试的大气环境[S].
GB/T 16447—2004, Tobacco and Tobacco Products Atmospheric Environment for Adjustment and Testing[S].
- [18] GB 5606.4—2005, 卷烟第 4 部分: 感官技术要求[S].
GB 5606.4—2005, Cigarette Part 4: Sensory Technical Requirements[S].
- [19] 余振华, 李姗姗, 沈靖轩, 等. 功能性添加剂在卷烟纸上应用的研究进展[J]. *中国造纸*, 2010, 29(2): 57—60.
YU Zhen-hua, LI Shan-shan, SHEN Jing-xuan, et al. Research Progress in the Application of Functional Additives in Cigarette Paper[J]. *China Pulp & Paper*, 2010, 29(2): 57—60.
- [20] 骆雪萍, 郑荣辉, 欧升辉, 等. 天然色素在卷烟纸染色中的影响因素[J]. *包装工程*, 2007(11): 19—21.
LUO Xue-ping, ZHENG Rong-hui, OU Sheng-hui, et al. Influencing Factors of Natural Pigment in Dyeing of Cigarette Paper[J]. *Packaging Engineering*, 2007(11): 19—21.
- [21] 杨淑蕙. 植物纤维化学 第 3 版[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2001: 69.
YANG Shu-hui. Lignocellulosic Chemistry The 3rd Edition[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2001: 69.
- [22] LI Ming-fu, ZHANG Qing-tong, CHEN Chang-zhou, et al. Lignin Interaction with Cellulase during Enzymatic Hydrolysis[J]. *Paper and Biomaterials*, 2019, 4(4): 15—30.
- [23] BAURHOO B, RUIZ-FERIA C A, ZHAO X. Purified Lignin: Nutritional and Health Impacts on Farm Animals-A Review[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2008, 144(3): 175—184.
- [24] ERAKOVIC S, JANKOVIC A, TSUI G C P, et al. Novel Bioactive Antimicrobial Lignin Containing Coatings on Titanium Obtained by Electrophoretic Deposition[J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2014, 15(7): 12294—12322.
- [25] 朱梦妮, 田维珍, 王兴, 等. 不同来源木质素抗氧化活性研究[J]. *中国造纸学报*, 2019, 34(4): 14—20.
ZHU Meng-ni, TIAN Wei-zhen, WANG Xing, et al. Chemical Structure and Antioxidant Activity of Different Sources of Lignin[J]. *Transactions of China Pulp and Paper*, 2019, 34(4): 14—20.
- [26] MEI Xiu-wen, LIU Jia, PENG Feng, et al. Phosphoric Acid-Assisted Pretreatment Strategy for the Rational Synthesis of Lignin-Derived Hierarchical Porous Carbon Toward High-Performance Supercapacitors[J]. *Paper and Biomaterials*, 2020, 5(1): 43—53.