

不同加热非燃烧再造烟叶特性研究

Study on heat-not-burn reconstituted tobacco prepared by different process

刘达岸^{1,2,3} 李鹏飞^{1,2} 刘冰¹ 罗诚浩¹ 刘华臣¹

LIU Da-an^{1,2,3} LI Peng-fei^{1,2} LIU Bing¹ LUO Cheng-hao¹ LIU Hua-chen¹

陈胜^{1,2} 韩鹏^{1,2} 姚建武^{1,2} 刘雄斌^{1,2,3}

CHEN Sheng^{1,2} HAN Peng^{1,2} YAO Jian-wu^{1,2} LIU Xiong-bin^{1,2,3}

(1. 湖北中烟工业有限责任公司,湖北 武汉 430040;2. 湖北新业烟草薄片开发有限公司,湖北 武汉 430050;
3. 重组烟叶应用技术研究湖北省重点实验室,湖北 武汉 430040)

(1. China Tobacco Hubei Industrial Co., Ltd., Wuhan, Hubei 430040, China; 2. Hubei Xinye Reconstituted Tobacco Development Co., Ltd., Wuhan, Hubei 430050, China; 3. Applied Technology Research of Reconstituted Tobacco Hubei Province Key Laboratory, Wuhan, Hubei 430040, China)

摘要:为更好地了解加热非燃烧烟草材料特性,收集了造纸法、辊压法、稠浆法 3 种工艺制造的加热非燃烧再造烟叶烟草材料,从微观结构、纤维形态、抗张性能、再造烟叶化学成分、烟气化学成分、感官质量等方面进行了系统研究。结果表明,造纸法加热非燃烧再造烟叶的微观结构及纤维形态与其他 2 种截然不同,主要是纤维交织形成的网状结构,辊压法与稠浆法加热非燃烧再造烟叶的微观结构主要是烟草颗粒团聚形成的不平整平面,三者的抗张强度与断裂拉伸伸长率呈反比;3 种加热非燃烧再造烟叶的水分及甘油含量均较高,其对应烟气中的水分及甘油含量亦然,且 3 种再造烟叶和其对应烟气中水分及甘油含量呈正比关系,3 种再造烟叶烟气中除甘油焦油释放量均明显低于传统烤烟型卷烟;辊压法和稠浆法加热非燃烧再造烟叶的综合感官质量接近,均优于造纸法的。

关键词:加热非燃烧;新型烟草制品;再造烟叶;造纸法;辊压法;稠浆法

Abstract: Heat-not-burn tobacco product, a novel tobacco product with low harmful substances deliveries, is developing rapidly under current severe tobacco control policies. To better understand the characteristics of heat-not-burn reconstituted tobacco (HnB Recon), 3 different kinds of HnB Recon were collected, including papermaking process (PP), rolling process (RP), and slurry process (SP) HnB Recon, and studied systematically in microstructural, fiber shape, strength tensile, chemical constituents, smoke constituents and sensory quality. Results, the microstructure of PP HnB Recon which completely different from RP HnB Recon and SP HnB Recon, was a network consisted of different fibers twisted randomly, while the microstructure of RP HnB Recon and SP HnB Recon was unsmooth plane consisted of particle clusters, and their tensile strength was inversely proportional to their rupture elongation; The contents of water and glycerol were relatively high in 3 different HnB Recons, and they had the same trend as in corresponding smoke, and in a proportion relationship between HnB Recon and its corresponding smoke. The Tar (without glycerol) deliveries was much lower than traditional flue-cured cigarette; The sensory quality of RP HnB Recon and SP HnB Recon was similar, and better than that of PP HnB Recon.

Keywords: heat not burn; novel tobacco product; reconstituted tobacco; papermaking process; rolling process; slurry process

在日趋严峻的控烟形势下,新型烟草制品发展十分迅速^[1]。新型烟草制品区别于传统燃烧型卷烟,主要包括加热非燃烧(Heat not Burn)卷烟、电子烟、无烟气烟草制品 3 大类,其中加热非燃烧卷烟具有低温加热(500℃以下)非燃烧的特点,相比传统卷烟,燃烧时的高温裂解产物大量减少,侧流烟气和环境烟气也大幅降低,可有效减少使用者对有害成分的暴露^[2],成为了新的研究热点。国外的研究大多集中在毒理研究方面^[3-4];中国刘珊等^[5]研究了不同烟支结构和加热方式的加热非燃烧卷烟在烟草材料和烟气释放等方面的特性;赵龙等^[6]研究了甘油对烟丝加热状态下烟气中挥发性和半挥发性成分的影响;杨继等^[7]利用热重/差示扫描量热法和热裂解分析研究了空气氛围下典型电加热和炭加热新

作者简介:刘达岸(1987—),男,湖北中烟工业有限责任公司工程师,硕士。E-mail: liuda@hjl.hbtobacco.cn

收稿日期:2018-02-22

型卷烟烟草材料热行为;刘珊等^[8]研究了加热状态下烤烟、白肋烟、香料烟 3 种不同类型烟叶的烟气释放特征。

再造烟叶是绝大部分加热非燃烧卷烟的发烟材料,再造烟叶的制造工艺主要有造纸法、辊压法和稠浆法 3 种^[9],关于不同制造工艺对加热非燃烧卷烟特性影响的研究尚未见报道。为更好地了解加热非燃烧再造烟叶特性,本试验拟从微观结构、纤维形态、抗张性能、再造烟叶化学成分、烟气化学成分、感官质量方面系统研究 3 种不同工艺制造的加热非燃烧再造烟叶。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂和仪器

造纸法加热非燃烧再造烟叶(再造烟叶 A)、辊压法加热非燃烧再造烟叶(再造烟叶 B)、稠浆法加热非燃烧再造烟叶(再造烟叶 C):湖北新业烟草薄片开发有限公司;

烟碱标准品:国家烟草质量监督检验中心;

氯化钠、无水乙醇、丙三醇、异丙醇:分析纯,FLUKA 试剂,美国 Sigma Aldrich 公司;

蒸馏水:二次蒸馏水,实验室制备;

电子天平:BSA423S 型,感量 0.001 g,德国 Sartorius 公司;

转盘式吸烟机:RM200A 型,德国 Borgwaldt 公司;

气相色谱仪:GC6890 型,美国 Agilent 公司;

纤维形态分析仪:MorfiCompact 型,法国 TechPap 公司;

扫描电子显微镜:KYKY-2800B SEM 型,中国中科科仪公司;

抗张分析仪:Tensile Tester Horizontal 型,德国 FRANK-PTI 公司。

1.2 方法

1.2.1 微观结构、纤维形态及抗张性能分析

(1) 微观结构:取 3 种片状不同的烟草材料,截成 2 小段后用导电性胶带固定于样品台,在离子溅射仪上真空干燥并进行铂喷镀,在扫描电镜下观察其微观结构,每小段样品在相同放大倍数下观察。

(2) 纤维形态:准确称取 3.0 g 不含水分的烟草材料,将其充分疏解于 1 000 mL 蒸馏水中,取 10 mL 含有已疏解烟草材料的试样,定容至 1 000 mL,置于纤维形态分析仪分析。

(3) 抗张性能:将每种再造烟叶样品用抗张强度仪的取样器各取 15 mm×250 mm 的样品 10 个,并对样品进行温湿度调节后,将样品夹在抗张强度仪夹头上,摆正并夹紧样品后开始测定^[10]。

1.2.2 再造烟叶化学成分分析 将不同的烟草材料样品均匀地放在温度(22±2)℃、相对湿度(60±2)%的环境中平衡 48 h。

(1) 含水率的测定:按 YC/T 31—1996 执行。

(2) 总烟碱的测定:按 YC/T 246—2008 执行。

(3) 甘油和丙二醇的测定:按 YC/T 243—2008 执行。

1.2.3 烟气化学成分分析 不同烟草材料卷制成烟支并平衡后,在电加热装置加热至 300~350℃时使用吸烟机抽吸。

(1) 总粒相物和焦油的测定:按 GB 19609—2004 执行。

(2) 盐碱和甘油的测定:按 GB/T 23355—2009 执行。

(3) 水分的测定:按 GB/T 23203.1—2008 执行。

1.2.4 感官质量对比分析 不同烟草材料卷制成烟支并平衡后,在电加热装置加热至 300~350℃的条件下,由 7 名具有评吸资格的专业人员组成评吸小组,以暗评打分的方式,参照 GB 5606.4—2005 标准对样品的光泽、香气、协调、杂气、刺激性、余味分别打分进行感官评价,通过统计得到不同样品感官质量特征。

2 结果与讨论

2.1 微观结构、纤维形态及抗张性能分析

2.1.1 微观结构 由于烟草材料的微观结构可能对其物理性能、烟气释放行为产生影响^[11],故考察了不同烟草材料的微观结构。由图 1 可知,再造烟叶 A 与其他 2 种具有截然不同的表面微观结构,其表面为长束纤维状物相互交织形成的网状结构;再造烟叶 B 表面为含少量束状纤维的不平整面,再造烟叶 C 的表面较平整,不含束状纤维结构。再造烟叶 A 的表面结构与其他 2 种不同的原因:① 造纸法工艺对烟草原料的制浆处理是将烟草纤维搓磨成丝状,而辊压法和稠浆法工艺对烟草原料的处理均为粉碎至 80~100 目的颗粒;② 由于造纸法工艺与其他 2 种的成型原理不同,造纸法原料通常含有易于被磨成束状的烟梗原料^[12]。但 3 种再造烟叶的断面结构较为相似,未见明显差异。

2.1.2 纤维特征及抗张性能 由表 1 可知,再造烟叶 A 含有大量纤维,长度主要分布在 0.20~1.25 mm 和 1.50 mm 以上 2 个区间,再造烟叶 B 和再造烟叶 C 的纤维计数明显少于再造烟叶 A,推测主要为木浆纤维,颗粒状物质较多,3 种不同烟草材料纤维形态及数量差异亦源于烟草原料的处理方

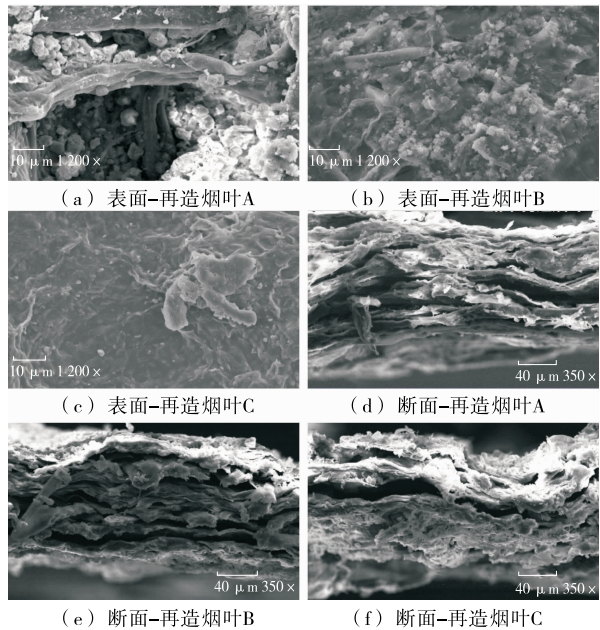


图 1 不同再造烟叶的表面 SEM 图片和断面 SEM 图片

Figure 1 Surface and cross-section images of different HnB Recon

表 1 不同再造烟叶的纤维特征及抗张性能

Table 1 Fiber characteristics and tensile strength of different HnB Recon

样品	纤维计数/ ($\times 10^6 \cdot g^{-1}$)	纤维平均 长度/ μm	纤维长度分布/%					抗张强度/ ($kN \cdot m^{-1}$)	断裂拉伸 伸长率/%
			0.20~0.50 mm	0.50~0.75 mm	0.75~1.25 mm	1.25~1.50 mm	1.50 mm 以上		
再造烟叶 A	3.897	968	24.6	20.3	26.9	6.0	22.2	0.569	0.03
再造烟叶 B	0.224	672	30.0	20.9	21.3	0.0	27.7	0.432	0.19
再造烟叶 C	0.502	860	28.2	13.3	26.6	11.4	20.5	0.396	0.23

式,且与对应的微观结构一致。

再造烟叶的抗张性能是部分加热非燃烧卷烟的重要加工性能评价指标,再造烟叶 A 的抗张强度为 0.569 kN/m,明显高于其他 2 种,而断裂拉伸伸长率与抗张强度呈反比。影响抗张性能的因素颇多,包括制造工艺、厚度、水分等^[13]。

2.2 再造烟叶烟草材料化学成分分析

为了考察不同再造烟叶制造工艺制备的加热非燃烧型再造烟叶的特性差异,对比分析了 3 种不同烟草材料的一些化学成分。研究指出,甘油和丙二醇都具有自身发烟雾化和促进烟草在加热状态下释放烟气的作用^[14],作为雾化剂广泛应用于加热非燃烧型卷烟和电子烟产品^[7]。

由图 2 可知,3 种不同烟草材料的甘油质量分数均超过 20%,再造烟叶 A、再造烟叶 B、再造烟叶 C 中甘油质量分数分别为 25.6%,32.4%,28.9%;但三者的丙二醇质量分数均不足 1%。三者的含水率略有差异,均高于普通再造烟叶,可能与甘油的保润性存在一定关系。再造烟叶 A 的烟碱质量分数显著低于其他 2 种,再造烟叶 B 的烟碱质量分数略高于再造烟叶 C,推测烟碱在再造烟叶中的含量与制造工艺密切相关。

2.3 烟气化学成分

图 3 为 3 种烟草材料烟气总粒相物(TPM)、水分、烟碱、焦油及甘油的分析结果。由图 3 可知,再造烟叶 B、C 烟气 TPM 释放量高于再造烟叶 A;3 种烟气中水分含量较高,均

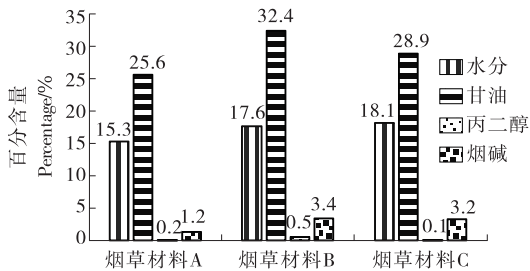


图 2 不同再造烟叶的水分、甘油、丙二醇和烟碱含量

Figure 2 Contents of water, glycerol, propylene glycol and nicotine for different HnB Recon

在 10 mg/支以上,加热非燃烧卷烟相比传统卷烟,具有低温加热和无侧流烟气两大特点,高温和侧流烟气均会导致主流烟气水分的损失^[8]。由于烟草材料中添加了大量的甘油,再造烟叶 A 和再造烟叶 C 的烟气焦油中 30% 以上为甘油,而再造烟叶 B 烟气甘油释放量也接近焦油的 40%。去除甘油后,3 种再造烟叶的烟气焦油释放量分别为 3.85, 5.23, 5.47 mg/支,均明显低于传统烤烟型卷烟。由图 2、3 可知,烟气中水分及甘油释放量均与再造烟叶中水分及甘油含量呈正相关,推测除甘油焦油含量的差异与不同的再造烟叶制造工艺相关。

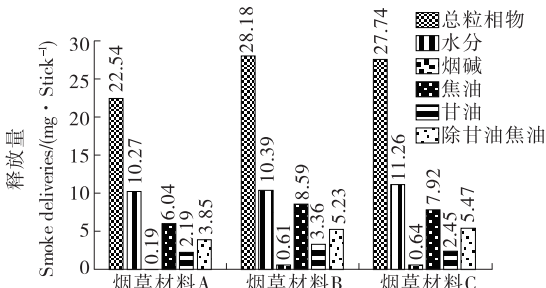


图 3 不同再造烟叶加热非燃烧状态下烟气释放行为

Figure 3 Smoke deliveries of HnB Recon materials under same heat-not-burn condition

2.4 感官质量分析

参照卷烟感官评吸方法对相同加热非燃烧状态下的不同烟草材料进行评吸,每位评委的评价打分情况见表 2。

整体感官质量由优到次依次为:再造烟叶 B、再造烟叶 C、再造烟叶 A。由图 4 可知,光泽方面,烟草材料 A 优于其他 2 种,具体为烟草材料 A 的颜色呈亮黄色,接近天然烟叶的颜色,烟草材料 B 和烟草材料 C 的颜色均较深,推测颜色差异应与不同烟草材料的添加剂配方相关^[15];香气方面,烟草材料 B 与烟草材料 C 具有充足的烟草本香,而烟草材料 A 的烟草香气略淡薄;烟草材料 C 的感官协调为三者中最优,其他 2 个相当;烟草材料 B 的杂气最轻,略有杂气,稍优于烟草材料 A 和烟草材料 C;刺激性方面,3 种不同卷烟材料表

表 2 不同样品感官质量具体得分情况

Table 2 Details for sensory qualities of different sample

样品	光泽	香气	协调	杂气	刺激性	余味	感官质量得分
再造烟叶 A	4.50	26.07	4.45	9.07	17.57	21.86	83.52
再造烟叶 B	3.43	28.34	4.43	10.07	17.57	21.14	84.98
再造烟叶 C	4.00	27.53	4.93	9.14	17.50	21.43	84.53

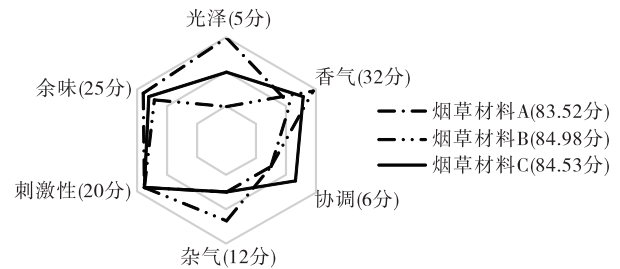


图 4 不同再造烟叶在加热非燃烧状态下的感官质量

Figure 4 Sensory qualities of different HnB Recon under same heat-not-burn condition

现相当,无明显差异;余味方面,烟草材料 A 最为干净舒适,烟草材料 C 其次,烟草材料 B 最次,余味尚净、尚舒适。

总体而言,烟草材料 B 由于在香气和杂气方面的突出表现,综合感官质量最优,但烟草材料 A 在余味方面表现最优;烟草材料 C 在感官质量方面与烟草材料 B 相似,综合感官质量略次于烟草材料 B。推测造纸法再造烟叶的萃取-浓缩-涂布的烟草液处理工艺可能为导致烟草材料 A 与其他 2 种感官质量差异明显的原因,从不同制造工艺角度理解,烟草材料 A 为形态和内质的双重再造,而其他 2 种可近似理解为形态的再造。

3 结论

本试验从微观结构、纤维形态、抗张性能、再造烟叶化学成分、烟气化学成分、感官质量方面对 3 种加热非燃烧再造烟叶进行了系统探究。结果表明,造纸法加热非燃烧再造烟叶的微观结构及纤维形态与辊压法及稠浆法的截然不同,造纸法再造烟叶抗张强度最高;3 种加热非燃烧再造烟叶及其烟气中的水分及甘油含量均较高,且 3 种再造烟叶和其对应烟气中水分及甘油含量相对呈正比关系,3 种再造烟叶烟气中除甘油焦油释放量均明显低于传统烤烟型卷烟,与赵龙^[6]、刘珊^[14]等的研究结果一致;辊压法和稠浆法加热非燃烧再造烟叶的综合感官质量接近,均优于造纸法加热非燃烧再造烟叶。

本研究仅涉及制造工艺,而加热非燃烧再造烟叶的感官质量与其原料配方、加工过程中香味前体物质的变化、加热过程中致香成分变化等因素密切相关。因此,对于加热非燃烧再造烟叶感官质量的影响因素有待进一步深入研究。

参考文献

[1] STRATTON K, SHETTY P, WALLACE R, et al. Clearing the smoke: The science base for tobacco harm reduction-executive summary[J]. Tob Control, 2001, 10(2): 189-195.

[2] 艾思. 非传统烟草制品初探[J]. 中国烟草, 2013(5): 59.

[3] TITZ B, BOUE S, PHILLIPS B, et al. Effects of cigarette smoke, cessation, and switching to two heat-not-burn tobacco products on lung lipid metabolism in C57BL/6 and Apoe-/-Mice-an integrative systems toxicology analysis[J]. Toxicological Sciences, 2016, 149(2): 441-457.

[4] DOOLITTLE D J, LEE C K, IVETT J L, et al. Comparative studies on the genotoxic activity of mainstream smoke condensate from cigarettes which burn or only heat tobacco[J]. Environmental and Molecular Mutagenesis, 1990, 15(2): 93-105.

[5] 刘珊, 崔凯, 曾世通, 等. 加热非燃烧型烟草制品剖析[J]. 烟草科技, 2016, 49(11): 56-65.

[6] 赵龙, 刘珊, 曾世通, 等. 甘油对烟丝加热状态下烟气中挥发性和半挥发性成分的影响[J]. 烟草科技, 2016, 49(4): 53-60.

[7] 杨继, 杨树, 段沅杏, 等. 加热不燃烧卷烟烟草材料的热分析研究[J]. 中国烟草学报, 2015, 21(6): 7-13.

[8] 刘珊, 唐培培, 曾世通, 等. 加热状态下烟叶烟气的释放特征[J]. 烟草科技, 2015, 48(4): 27-31.

[9] 戴路, 陶丰, 袁凯龙, 等. 造纸法再造烟叶的研究进展[J]. 中国造纸学报, 2013, 28(1): 65-69.

[10] 国家烟草专卖局. YC/T 16—2014 再造烟叶[S]. 北京: 国家烟草专卖局, 2014: 5.

[11] 刘有才, 徐建平, 徐志刚, 等. 硼对上部烟叶组织结构及对降低烟气焦油含量的影响[J]. 土壤通报, 2011(2): 448-451.

[12] 张军, 曹茜, 李新生, 等. 再造烟叶原料烟梗中果胶的去除[J]. 烟草科技, 2011(9): 5-11.

[13] 李晓, 徐亮, 张彩云, 等. 木浆纤维加入量对造纸法再造烟叶物理指标的影响[J]. 郑州轻工业学院学报: 自然科学版, 2009, 24(2): 8-9.

[14] 唐培培. 烟叶原料加热非燃烧状态下释放烟气特征研究[D]. 郑州: 中国烟草总公司郑州烟草研究院, 2015: 79-84.

[15] 王予, 高仁吉. 添加剂在造纸法再造烟叶中作用的研究进展[J]. 广东化工, 2016, 43(12): 131-132.

(上接第 25 页)

[14] 吴兵, 张立彦. 加热对三黄鸡腿肉特性的影响研究[J]. 食品工业科技, 2011(5): 108-112.

[15] 罗章, 马美湖, 孙术国, 等. 不同加热处理对牦牛肉风味组成和质构特性的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(15): 148-154.

[16] ROLDAN M, ANTEQUERA T, MARTIN A, et al. Effect of different temperature-time combinations on physicochemical, microbiological, textural and structural features of sous-vide cooked lamb loins[J]. Meat Science, 2013, 93(3): 572-578.

[17] 袁贤训, 王铁平. 一种无烟真空智能炸锅创新与应用[J]. 中国新技术新产品, 2017(6): 133-134.

[18] ERICKSON R H, KIM Y S. Digestion and absorption of dietary protein[J]. Annual Review of Medicine, 1990, 41(41):

133-139.

[19] 段振华. 高级食品化学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2012: 92.

[20] 唐传核, 徐建祥, 彭志英. 脂肪酸营养与功能的最新研究[J]. 中国油脂, 2000, 25(6): 20-23.

[21] TREVISAN A J, ALMEIDA L D, SAMPAIO GR, et al. Influence of home cooking conditions on Maillard reaction products in beef[J]. Food Chemistry, 2016, 196: 161-169.

[22] 薛静, 马继民, 张信祥, 等. 两种海洋蛸类营养成分分析与评价[J]. 中国食品学报, 2015, 15(12): 203-211.

[23] 龚艳琴, 李玉艳, 夏中生, 等. 大弹涂鱼鱼体和肌肉营养成分分析及营养评价[J]. 基因组学与应用生物学, 2008, 27(4): 392-395.