

薄板干燥工序烟丝水分对颗粒赋香卷烟致香成分及抽吸品质的影响

Study on the influence of moisture content of cut tobacco in thin-board drying process on the aroma components and smoking quality of granular flavored cigarettes

李 超¹ 刘劲芸² 胡 燕¹ 李娥贤³

LI Chao¹ LIU Jin-yun² HU Yan¹ LI E-xian³

吴亿勤¹ 王庆华¹ 蔡洁云⁴

WU Yi-qin¹ WANG Qing-hua¹ CAI Jie-yun⁴

(1. 云南中烟工业有限责任公司技术中心, 云南 昆明 650223; 2. 云南中烟新材料科技有限公司, 云南 昆明 650106; 3. 云南省农业科学院生物技术与种质资源研究所, 云南 昆明 650201; 4. 云南省烟草质量监督检测站, 云南 昆明 650106)

(1. Cigarette Product Quality Test Center, Technology Center of China Tobacco Yunnan Industrial Co., Ltd., Kunming, Yunnan 650223, China; 2. Yunnan Industrial Tobacco HI-TECH Material Co., Ltd., Kunming, Yunnan 650106, China; 3. Institute of Biotechnology and Germplasm Resources, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming, Yunnan 650201, China; 4. Yunnan Tobacco Quality Supervision and Test Station, Kunming, Yunnan 650106, China)

摘要:目的:考察不同水分烟丝在薄板干燥工序中对同一规格不同批次颗粒赋香卷烟中试样致香物质组成及含量的影响。方法:采用静态顶空—气相色谱质谱(HS-GC/MS)联用法,对中国市售两个不同批次(A、B)颗粒赋香卷烟(品牌H)样品在不同水分影响下的致香成分进行分析测定。结果:①当烟丝水分为15%时,A批次样品鉴定出38个化合物,B批次样品鉴定出37个化合物;②当烟丝水分为15%时,致香成分的数量和含量最多,12%时次之;③赋香卷烟感官评吸分数与挥发性成分相对含量检测结果一致。结论:在卷烟薄板干燥工序过程中烟丝水分设定为15%,有助于提升颗粒赋香卷烟香气品质,同时降低杂气和刺激性。

关键词:烟丝水分;薄板干燥;致香成分;抽吸品质

Abstract: Objective: To study the influence of different moisture content in the drying process of the sheet on the composition and

content of aroma substances in test samples of different batches of granular cigarettes of the same specification. **Methods:** A static headspace-gas chromatography-mass spectrometry (HS-GC/MS) method was established. The 2-phenethyl acetate was used as the internal standard. The NIST library were used to search for qualitative and internal standards. Quantitatively, the aroma components in two different batches (A, B) samples of the domestic commercial granular aroma cigarette brand R were determined.

Results: ① When the moisture content was 15%, the main aroma components were detected in the two batches of finished aromatic cigarettes, including 38 kinds in the batch A and 37 kinds in the batch B; ② When the moisture content was 15%, the amount and content of aroma inducing components were the highest, followed by 12% and 18%; ③ The evaluation results of aromatic cigarettes were consistent with the relative contents of aromatic substances. **Conclusion:** When the moisture content at 15%, it is more conducive to the retention of aromatic components and the reduction of impurities and irritation.

Keywords: moisture content; drying process of thin plate; aroma component; smoking quality

基金项目:云南中烟重点科技项目(编号:2019JC01)

作者简介:李超,男,云南中烟工业有限责任公司高级工程师,硕士。

通信作者:蔡洁云(1984—),女,云南省烟草质量监督检测站工程师,硕士。E-mail: 1163916844@qq.com

收稿日期:2021-03-27

烟用赋香颗粒技术在中式卷烟多个高端规格中得到

了广泛应用。烟用颗粒赋香滤棒是在滤棒中加入一些具有增香、增甜及降低烟气有害成分等功效的材料,可改善焦油含量降低带来的卷烟自然香气和甜润感损失^[1-2]。吴家灿等^[3]通过流化床造粒工艺开发赋香型麦冬颗粒,制备的麦冬颗粒应用于卷烟滤棒,能改善抽吸舒适性,提升烟气在口腔中的滋润感和甜感,有效降低主流烟气的燥热感。李景权等^[4]以 OSA 变性淀粉作为壁材制备微胶囊颗粒,应用到卷烟中可以提高薄荷香型特征烟用香精的释香时间,改善卷烟感官质量。烟用颗粒赋香滤棒生产过程中造粒、颗粒赋香以及加工成滤棒全为委外加工,存在烟用赋香颗粒赋香体系配制工艺尚不完善,监管流程无法控制、检测时间长、有效成分易损失等众多环节影响质量的波动^[5-6]。需强化对烟用滤棒颗粒粒径范围、水分等基本工艺参数进行控制。烟丝水分是影响卷烟燃烧和感官质量的重要因素。卷烟致香成分和主流烟气指标也随着烟丝水分含量的变化而变化。只有在水分合适的情况下,卷烟才能充分发挥满足消费者的需求^[7-8]。张宏宇等^[9]采用同步热分析技术考察了不同湿度下的烟丝燃烧性,发现烟丝含水率对其燃烧和热解反应的各个阶段均有一定影响。喻赛波等^[10]研究发现细支卷烟烟丝水分分为 11.5%~13.8%,烟丝结构分布、卷烟抽吸时燃烧锥落头率以及感官抽吸品质受烟丝含水率影响大。目前关于烟丝水分对颗粒赋香卷烟致香成分的影响未见相关研究报道,而且生产技术和质量管理尚无相关行业标准。

颗粒赋香卷烟致香物质众多、组分复杂、部分成分含量较低。目前,常规的检测分析方法有:水蒸气蒸馏法、溶剂提取法、微波萃取法和超临界萃取法等前处理后通过气相色谱—质谱联用法(GC-MS)进行检测分析^[11-14]。但这些传统前处理方法操作步骤多、萃取时间长、易造成有效成分分解,且在痕量分析中可能出现溶剂污染的问题。利用静态顶空—气相色谱质谱联用法可以避免以上问题,减少检测中不必要的干扰^[13]。

试验拟采用静态顶空—气相色谱质谱联用仪,对颗粒赋香卷烟生产过程中的关键数据进行分析,并对薄板干燥工序中水分的控制选择对颗粒赋香卷烟致香物质和感官品质的影响进行探究,通过对颗粒赋香卷烟致香物质检测分析来指导在线的生产过程。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 材料及试剂

H 品牌 A、B 两批次的颗粒赋香卷烟样品;U 公司;

He:纯度>99.999%,市售;

无水乙醇:分析纯,市售。

1.1.2 主要仪器

电子分析天平:JE203G 型,瑞士 METTLER 公司;

气相色谱/质谱联用仪:8860-5977B 型,美国 AGI-

LENT 公司;

螺口顶空瓶:22.5 mm×75.5 mm,精密茶色 20 mL,宁波哈迈仪器科技有限公司。

1.2 方法

1.2.1 样品前处理 室温条件下,精确称取颗粒赋香卷烟 0.75 g(精确到 0.000 1 g),置于 20 mL 的精密茶色螺口顶空瓶中,加入内标标准工作液,立即将顶空瓶盖旋紧并使其密封,利用静态顶空—气相色谱质谱(HS-GC/MS)法检测分析待检颗粒赋香滤棒卷烟样品中的致香物质。

1.2.2 顶空进样器条件 设置加热炉温度 100 ℃;载气为高纯氢气(99.99%),取样针温度 130 ℃;压力 139.9 kPa;进样量设置 2 mL;加热平衡时间设置 30 min;加压时间设置 0.3 min;进样时间 0.3 min;按时间模式进样;采用恒定操作模式;拔针时间 0.5 min。

1.2.3 GC-MS 检测条件 在前期试验的基础上结合文献[15],设定检测条件如下:

(1) GC 分析条件:进样口温度为 240 ℃;载气为高纯氢气(99.99%),恒流,流速为 1 mL/min,并且恒压,设置为不分流进样;色谱柱为 PE-35MS(30 m×0.32 mm,0.25 μm);程序升温条件为:起始柱温设置为 50 ℃,保持 2 min,以 8 ℃/min 的速率升至 240 ℃,保持 5 min。

(2) MS 条件:电离方式为 EI⁺;离子源温度为 230 ℃;电压为 70 eV;溶剂延迟为 4.5 min;全扫描方式,扫描范围为 30~500 amu;传输线温度为 250 ℃。

1.2.4 定性、定量分析

(1) 定性分析:通过将质谱作为检测器和气相色谱联用,利用 NIST 谱库检索,在较短时间内使颗粒赋香卷烟样品中的致香成分可以得到鉴定。

(2) 定量分析:内标物为 99% 的 1-乙酸-2-苯乙酯,采用内标法对颗粒赋香卷烟样品中致香成分进行半定量分析^[12]。按式(1)计算赋香卷烟样品中的致香成分的含量。

$$X = \frac{A_s}{A_i} \times \frac{m_i}{M}, \quad (1)$$

式中:

X ——每个化合物含量,mg/kg;

A_s ——每个化合物积分峰面积;

A_i ——内标物质积分峰面积;

m_i ——内标物质的质量,g;

M ——赋香卷烟样品质量,g。

1.2.5 工序参数设置 薄板干燥工序的工艺参数设定见表 1。

1.2.6 卷烟评吸试验 抽取两个批次在上述 3 个不同薄板干燥工序工艺参数下的颗粒赋香卷烟样品,密闭保存,组织相关评吸人员按照 GB 5606.4—2005《卷烟 感官技术要求》进行感官评价,并对其项目进行针对性的定性描述。

表 1 薄板干燥工序工艺参数设置
Table 1 Process parameter setting of sheet drying process

烟丝水分/%	热风温度/℃	热风风量/(m ³ ·h ⁻¹)	干燥温度/℃	排潮风门压力/kPa
12	115	2 200	150	0.088
15	115	2 200	145	0.088
18	115	2 200	140	0.088

2 结果与讨论

2.1 薄板干燥工序烟丝水分对颗粒赋香卷烟致香成分及含量的影响

由表 2 可知,以薄板干燥工艺烟丝水分为 15% 的赋香卷烟样品为例,A、B 两批次的赋香卷烟致香成分有一定的差异性,其中,A 批次分离鉴定出 38 个化合物,其含量占化合物检出总含量的 90.55%,B 批次分离鉴定出 37 个化合物,其含量占化合物检出总含量的 87.23%。致香成分主要以 2-戊-酮、羟基丙酮、烟碱为主。对鉴定出的化学成分进行统计分析,发现 6-甲基-3,5-庚二烯-2-酮、六氢金合欢基丙酮和顺-2-戊烯醇在 A 批次中未检测出;而氧化异佛尔酮、巨豆三烯酮 2、二氢猕猴桃内酯和苯乙烯在 B 批次中未检测出。由表 2 可知,烟丝水分为 15% 时,A 批次中致香物质的相对总含量为 181.499 mg/kg,略低于 B 批次中的致香物质相对总含量(205.171 mg/kg),A、B 两批次水分为 15% 时致香物质的相对总含量均高于烟丝水分为 12% 和 18% 时的。相同批次样品在不同水分下的致香成分有所不同。A 批次烟丝在水分为 18% 时只检出 37 种致香成分,未检测到巨豆三烯酮 2。B 批次烟丝水分为 18% 时只检出 35 种致香成分,未检测出水合麦芽酚和柠檬烯。但烟丝水分为 12% 和 15% 时这两种成分均有检出。此外,研究发现 A、B 两批次烟丝在水分为 15% 时巨豆三烯酮 1、巨豆三烯酮 2、氧化异佛尔酮、二氢猕猴桃内酯、 β -大马酮、香叶基丙酮等成分含量较高,这些成分是卷烟中的重要致香成分,对提高卷烟香气质量具有不同程度的作用,能明显增加香气量,减少杂气和刺激性,改善余味,赋予卷烟不同的特征香韵。具有烤烟味的茄酮在烟丝水分为 15% 时含量最多,茄酮是烟草中非常关键的致香物质,由烟草中西柏三烯类物质的生化降解产生,能显著增强烟香,改善吸味,调和烟气,并减少刺激感。其次含量偏高的 1,2-丙二醇、柠檬烯等成分,可以细柔卷烟烟气,降低刺激和醇和口感。而在烟丝水分为 12% 时己醛、吡啶等化学成分含量偏高,会带来青杂气、刺激感等不利影响。

在薄板干燥工序烟丝水分影响下 A、B 两批次赋香卷烟样品中的致香物质共有 12 类,不同种类化合物成分在

种类上相差并不大(见图 1)。但在烟丝水分为 18% 时检出致香成分种类最少,说明薄板干燥时烟丝水分过高会影响赋香卷烟中挥发性成分的种类,化合物的种类在不同水分的赋香颗粒卷烟样品中存在差异。酮类化合物虽总含量不算高,但所含的种类却最多,其对于卷烟的吸味、香气、满足感均具有较强影响;醇类化合物种类也较多,其不仅能起到保润作用,还带有芳香气息,能够有效增加烟气的丰富性与浓度。不同种类的化合物在赋香卷烟样品中的含量占比如图 2 所示。生物碱类化合物占总含量的 50%~60%,是样品相对含量最高的。其次是羧酸类、烯烃类和酮类,这 3 类化合物相对含量在烟丝水分为 15% 时最高。羧酸类和烯烃类在 A、B 两批次样品中含量差异较大,同一水分下,A 批次赋香卷烟样品中羧酸类物质含量少于 B 批次,而其烯烃类化合物含量多于 B 批次。虽然其他类化合物含量差异不明显,但对调节烟草香味却起到关键作用。不同烟丝水分影响下两个批次香味的不同与致香成分种类和相对含量的差异具有相关性。

2.2 A、B 两批次赋香卷烟主要致香成分

两个批次样品中相对含量较高的前 5 个主体香气成分为:烟碱、新植二烯、乙酸、2-戊-酮、羟基丙酮,其在不同烟丝水分下的相对含量变化如表 3 所示。当烟丝水分为 15% 时,A、B 批次中主要致香物质的相对总含量最高,分别为 153.154,181.866 mg/kg。12% 时次之。主要致香物质中含量最高的成分均为烟碱,又名尼古丁,其裂解产物会产生类似树脂的香气。在两批次样品中新植二烯含量仅次于烟碱,它是叶绿素降解产物,具有清新的香气,可通过燃烧醇和烟气,降低烟气的刺激性,烟草表现出独特的清香和醇厚香气的原因与新植二烯和类胡萝卜素降解物含量密不可分。其他如 2-戊-酮、羟基丙酮、乙酸等致香物质,可调节烟草酸碱度、增加烟气的丰富性和协调性。由于这些主要致香物质所占比例高,是构成颗粒赋香卷烟香味的重要成分,能够明显增加香气量、降低杂气减轻刺激、带来特征香气、改善口腔余味。以上致香成分分析结果表明,薄板干燥工序烟丝的水分不同会导致烟碱、新植二烯、乙酸等卷烟主要致香物质的含量发生变化。在加工过程中提高烟丝含水率有助于提升卷烟抗碎性,降低烟丝造碎程度^[7],但过高的水分会影响主要挥发性成分的释放。颗粒赋香卷烟在薄板干燥工序中烟丝水分宜控制在 15%。

2.3 薄板干燥工序烟丝水分对赋香卷烟抽吸品质的影响

为考察薄板干燥工序烟丝水分对 A、B 两个批次赋香卷烟成品感官质量的影响,比较了 3 个水分下两个批次赋香卷烟的评吸结果,见表 4。在不同烟丝水分下,两批次赋香卷烟样品香气、杂气、刺激性、余味方面差异明显。烟丝水分为 15% 时两批次香气和余味评分最高,其次是

表 2 薄板干燥工序烟丝水分对 A、B 两批次赋香卷烟样品致香成分的影响

Table 2 Effect of moisture content in the drying process of thin plate on the aroma components of two batches of Flavored cigarette samples A and B

mg/kg

化合物名称	批次 A			批次 B		
	12%	15%	18%	12%	15%	18%
2-戊-酮	8.023	9.183	6.047	4.216	13.163	7.007
3-羟基丁醛	0.519	0.412	0.308	0.336	0.379	0.343
癸烷	1.317	1.318	1.318	0.557	0.656	0.609
柠檬烯	0.309	0.662	0.459	0.221	0.462	——
吡啶	2.203	2.107	1.696	1.378	1.334	1.303
2-戊烯醛	0.397	0.421	0.418	1.047	1.104	1.088
γ -壬内酯	0.593	0.658	0.647	0.153	0.234	0.218
6-甲基-2-庚酮	0.443	0.443	0.441	0.172	0.265	0.270
3,5-二甲基苯酚	1.309	1.632	1.613	0.318	0.805	0.773
羟基丙酮	3.281	7.398	4.351	3.098	6.956	3.984
6-甲基-3,5-庚二烯-2-酮	——	——	——	0.425	0.455	0.454
氧化异佛尔酮	0.617	0.762	0.730	——	——	——
茄酮	1.732	1.772	1.731	1.554	1.968	1.748
2-甲基-4,5-二氢-1H-咪唑	0.392	0.448	0.445	0.571	0.572	0.572
1-乙酸-2-苯乙酯(内标)	152.361	152.361	152.361	152.361	152.361	152.361
β -大马酮	0.933	0.943	0.859	0.375	0.561	0.479
烟碱	90.107	87.162	87.742	102.103	100.381	99.801
新植二烯	13.195	36.210	30.206	12.126	23.98	23.239
六氢金合欢基丙酮	——	——	——	0.457	0.673	0.622
巨豆三烯酮 1	1.576	1.634	1.565	0.589	0.649	0.587
(+)-香柏酮	1.331	1.572	1.530	1.342	1.349	1.337
巨豆三烯酮 2	0.163	0.279	——	——	——	——
二氢猕猴桃内酯	0.625	0.696	0.618	——	——	——
三乙酸甘油酯	0.453	0.816	0.698	0.432	0.458	0.421
甘油	0.214	0.225	0.210	0.217	0.279	0.213
香叶基丙酮	0.655	0.713	0.323	0.131	0.221	0.130
苯酚	1.617	0.927	0.914	0.901	0.703	0.789
1,2-丙二醇	1.329	1.568	1.370	2.317	3.317	2.003
乙酸	8.161	13.201	10.071	27.071	37.386	20.175
面包酮	0.504	0.539	0.479	0.610	0.623	0.587
3-甲基-1-丁醇	0.642	0.642	0.152	0.152	0.269	0.253
己醛	0.986	0.748	0.741	1.761	1.593	1.556
2-己烯-1-醇	0.476	0.676	0.401	0.781	0.981	0.678
正十六烷	1.293	1.377	1.287	0.309	0.534	0.279
苯甲醛	0.366	0.569	0.164	0.278	0.341	0.168
γ -丁内酯	0.212	0.723	0.204	0.201	0.223	0.139
糠醇	0.543	0.748	0.640	1.211	1.502	0.933
泛解酸内酯	0.973	0.973	0.644	0.243	0.318	0.277
水合麦芽酚	0.511	0.523	0.522	0.133	0.174	——
苯乙烯	0.609	0.637	0.601	——	——	——
顺-2-戊烯醇	——	——	——	0.122	0.136	0.108

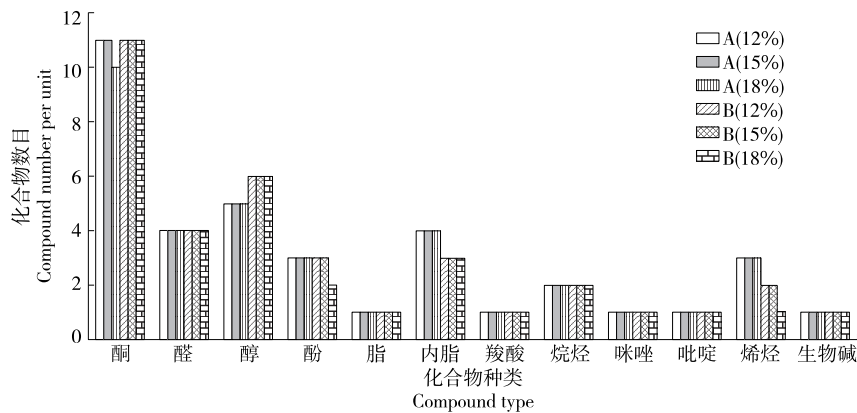


图 1 不同烟丝水分影响下 A、B 批次中不同种类致香物质数目统计
Figure 1 Statistics of aroma species in A and B

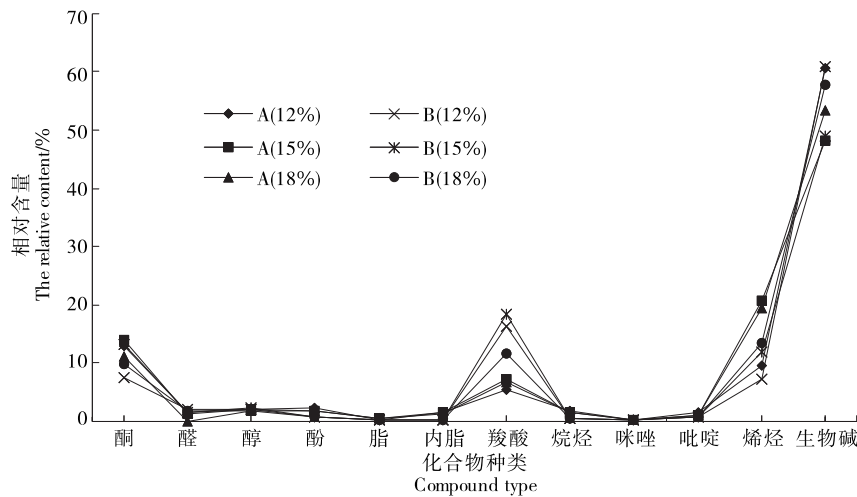


图 2 不同烟丝水分影响下 A、B 批次中不同种类致香物质相对含量统计
Figure 2 The proportion of different aroma species's content in A and B

表 3 薄板干燥工序中烟丝水分对 A、B 批次主要物质含量的影响

名称	mg/kg					
	批次 A			批次 B		
	12%	15%	18%	12%	15%	18%
2-戊-酮	8.023	9.183	6.047	4.216	13.163	7.007
羟基丙酮	3.281	7.398	4.351	3.098	6.956	3.984
烟碱	90.107	87.162	87.742	102.103	100.381	99.801
新植二烯	13.195	36.210	30.206	12.126	23.980	23.239
乙酸	8.161	13.201	10.071	27.071	37.386	20.175
主要致香物质相对总含量	122.767	153.154	138.417	148.614	181.866	154.206
样品致香物质相对总含量	148.609	181.317	162.145	164.810	207.365	175.504

12%时。当烟丝水分为 12%和 18%时,赋香卷烟样品烟
气粗糙、有杂气、鼻腔和喉部刺激性突出,当烟丝水分为
15%时,卷烟样品杂气、刺激性较少。光泽和协调性方
面,不同水分和批次样品间差异并不明显。从卷烟感官
评价结果来看,对于同一批次的卷烟,烟丝水分不同时抽
吸感受也不相同,赋香卷烟评吸结果与主要化合物相对

含量的变化规律相同。烟丝水分过低会增加赋香卷烟的
刺激性,而水分过高会增加卷烟烟气杂气,降低舒适性和
协调性,烟丝的水分直接影响卷烟的致香成分释放和内
在感官质量,是赋香卷烟内在质量控制的重要指标。选
择恰当的烟丝水分对提升赋香卷烟抽吸品质方面有明显
作用。

表 4 不同烟丝水分下两批次赋香卷烟评吸结果分析

Table 4 Analysis of smoke evaluation results of in two batches of commercial Fragrant cigarettes

样品名称	水分/%	光泽(5)	香气(32)	谐调(6)	杂气(12)	刺激性(20)	余味(25)	总分(100)
1#(A 批次)	12	5	28.93	4.98	10.48	16.96	21.08	82.43
2#(A 批次)	15	5	30.43	5.09	11.42	17.59	22.89	87.42
3#(A 批次)	18	5	28.02	4.72	10.05	17.21	21.43	81.43
4#(B 批次)	12	5	27.88	4.99	10.67	17.03	22.72	83.29
5#(B 批次)	15	5	29.03	5.10	11.23	17.90	23.76	87.02
6#(B 批次)	18	5	27.21	4.79	10.01	17.03	22.15	81.19

3 结论

利用静态顶空—气相色谱质谱(HS-GC/MS)联用法,研究了薄板干燥工序烟丝水分对 H 品牌 A 批次、B 批次的颗粒赋香卷烟中挥发性成分的影响。通过对致香成分进行分析检测,发现不同水分烟丝制备的颗粒赋香卷烟致香成分具有明显差异。两个批次样品中主要香气成分为:烟碱、新植二烯、乙酸、2-戊-酮、羟基丙酮。在卷烟薄板干燥工序过程中烟丝水分设定为 15%,有助于保证颗粒赋香卷烟香气品质,同时降低杂气和刺激性。试验仅研究了薄板干燥工序烟丝水分对颗粒赋香卷烟中挥发性成分的影响。后续将进一步挖掘薄板干燥工序对卷烟产品感官质量影响较大的其他关键参数,逐步确定该工序工艺类参数的设计范围,实现对薄板干燥工序的精准调控,进而使卷烟感官质量得到保证。

参考文献

[1] 吴彦, 刘鸿, 李志华, 等. 一种壳聚糖/琼脂糖干凝胶颗粒的制备及在烟滤嘴中的应用: CN107028217A[P]. 2017-08-11.
WU Yan, LIU Hong, LI Zhi-hua, et al. Preparation of chitosan/agarose xerogel particles and its application in smoke filters: CN107028217A[P]. 2017-08-11.

[2] 赵瑞峰, 叶荣飞, 黄艳, 等. 热敏型薄荷油加香颗粒的制备工艺优化[J]. 香料香精化妆品, 2014(3): 17-21.
ZHAO Rui-feng, YE Rong-fei, HUANG Yan, et al. Optimization of preparation process of thermosensitive peppermint oil fragrance granules[J]. Flavor and Flavor Cosmetics, 2014(3): 17-21.

[3] 吴家灿, 廖头根, 王猛, 等. 赋香型麦冬颗粒的制备及在卷烟滤棒中的应用[J]. 化学研究与应用, 2016, 28(11): 1 639-1 646.
WU Jia-can, LIAO Tou-gen, WANG Meng, et al. Preparation of fuxiang type Maidong granules and its application in cigarette filter rod[J]. Chemical Research and Application, 2016, 28(11): 1 639-1 646.

[4] 李景权, 何昱轩, 孙文轩. 卷烟薄荷香型微胶囊颗粒的制备及其应用研究[J]. 食品工业科技, 2020, 41(20): 194-199.
LI Jing-quan, HE Yu-xuan, SUN We-xuan. Preparation and application of peppermint flavor microcapsules in cigarette[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(20): 194-199.

[5] 段胜智, 李军营, 杨利云, 等. 烟叶致香成分及其环境影响因子的研究进展[J]. 贵州农业科学, 2015, 43(1): 45-52.
DUAN Sheng-zhi, LI Ying-ying, YANG Li-yun, et al. Research progress on aroma components and environmental influencing factors of tobacco leaves[J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2015, 43(1): 45-52.

[6] 刘宇, 颜合洪. 烟叶致香物质的研究进展[J]. 作物研究所, 2006, 20(5): 470-474.
LIU Yu, YAN He-hong. Advances in research on aromatic compounds in tobacco leaves[J]. Crop Research Institute, 2006, 20(5): 470-474.

[7] 黎洪利, 文鹏, 戴迎雪, 等. 烟支含水率对卷烟烟气成分的影响[J]. 中国烟草学报, 2009, 15(2): 10-14.
LI Hong-li, WEN Peng, DAI Ying-xue, et al. Effects of moisture content on cigarette smoke composition[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2009, 15(2): 10-14.

[8] 李超, 李娥贤, 秦云华, 等. 碳化温度对成品卷烟烟丝挥发性致香成分的影响初探[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2018, 33(4): 101-108.
LI Chao, LI E-xian, QIN Yun-hua, et al. Effect of carbonization temperature on volatile aroma components in finished tobacco[J]. Journal of Yunnan Agricultural University (Natural Science), 2018, 33(4): 101-108.

[9] 张宏宇, 刘春波, 申钦鹏, 等. 烟丝含水率对其燃烧性的影响研究[J]. 分析测试学报, 2014, 33(11): 1 279-1 284.
ZHANG Hong-yu, LIU Chun-bo, SHEN Qin-peng, et al. Influence of moisture content on flammability of cut tobacco[J]. Journal of Analysis and Measurement, 2014, 33(11): 1 279-1 284.

[10] 喻赛波, 谭超, 王诗太, 等. 烟丝含水率对细支卷烟的影响[J]. 食品与机械, 2018, 34(5): 216-220.
YU Sai-bo, TAN Chao, WANG Shi-tai, et al. Effect of cut tobacco moisture content on fine cigarette[J]. Food & Machinery, 2018, 34(5): 216-220.

[11] 常爱霞, 贾兴华, 郝廷亮, 等. 特香型烤烟挥发性致香物质的测定与分析[J]. 中国烟草科学, 2002(1): 1-5.
CHANG Ai-xia, JIA Xing-hua, HAO Ting-liang, et al. Determination and analysis of volatile aromatic compounds in flue-cured tobacco[J]. Chinese Tobacco Science, 2002(1): 1-5.

(下转第 166 页)

- [11] 江雪彬, 胡开利, 吴雪芹, 等. 叶片结构与烟丝结构的相关关系[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(1): 129-132.
JIANG Xue-shan, HU Kai-li, WU Xue-qin, et al. Relationships between leaf structure of tobacco strips structure of cut tobacco[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2018, 46(1): 129-132.
- [12] 刘泽, 何邦华, 林文强, 等. 片烟形态、结构与烟丝结构的关系[J]. 烟草科技, 2020, 53(11): 83-88.
LIU Ze, HE Bang-hua, LIN Wen-qiang, et al. Relationships between morphology and structure of tobacco strips and structure of cut tobacco[J]. Tobacco Science & Technology, 2020, 53(11): 83-88.
- [13] 唐军, 邱昌桂, 周冰, 等. 不同尺寸片烟及不同长度成品烟丝化学成分的变化[J]. 烟草科技, 2016, 49(11): 42-55.
TANG Jun, QIU Chang-gui, ZHOU Bing, et al. Variations of chemical components in different strip sizes and cut filler lengths of tobacco[J]. Tobacco Science & Technology, 2016, 49(11): 42-55.
- [14] 余娜, 夏艺丰, 朱文魁, 等. 叶片结构与叶丝结构关系模型研究[J]. 郑州轻工业学院学报(自然科学版), 2013, 28(3): 24-28.
YU Na, XIA Yi-feng, ZHU Kui-wen, et al. Study on the model of relation of tobacco lamina structure and cut tobacco structure[J]. Journal of Zhengzhou University of Light Industry (Natural Science), 2013, 28(3): 24-28.
- [15] 刘志平, 姜焕元, 林平, 等. 叶片大小与叶丝尺寸关系的探讨[J]. 烟草科技, 2002, 17(2): 15-17.
LIU Zhi-ping, JIANG Huan-yuan, LIN Ping, et al. Discussion on the relationship between leaf size and cut tobacco size[J]. Tobacco Science & Technology, 2002, 17(2): 15-17.
- [16] 李善莲, 申晓锋, 李华杰, 等. 烟丝结构对卷烟端部落丝量的影响[J]. 烟草科技, 2010(2): 5-7, 10.
LI Shan-lian, SHEN Xiao-feng, LI Hua-jie, et al. Effects of cut tobacco size on tobacco loss from cigarette end[J]. Tobacco Science & Technology, 2010(2): 5-7, 10.
- [17] 段鹏, 韩李峰, 赵亚恒, 等. 滚筒复烤方式下不同尺寸烟片的干燥与收缩特性对比分析[J]. 食品与机械, 2021, 37(3): 47-51.
DUAN Kun, HAN Li-feng, ZHAO Ya-heng, et al. Variations of chemical components in different strip sizes and cut filler lengths of tobacco[J]. Food & Machinery, 2021, 37(3): 47-51.
- [18] 刘超, 赵阔, 杨永锋, 等. 打叶后浓香型烤烟不同尺寸片烟质量变化特征[J]. 食品与机械, 2018, 34(11): 56-60.
LIU Chao, ZHAO Kuo, YANG Yong-feng, et al. The quality variation characteristics among different strip size of robust flavor style flue-cured tobacco leaf in henan[J]. Food & Machinery, 2018, 34(11): 56-60.

(上接第 137 页)

- [16] 杨阳, 汪玉成, 吕玉祥, 等. 基于软件定义的电力通信网络业务感知流量调度机制研究[J]. 自动化与仪器仪表, 2017(8): 146-149.
YANG Yang, WANG Yu-cheng, LU Yu-xiang, et al. Research on service-aware traffic dispatch mechanism of power communication network based on software definition[J]. Automation and Instrumentation, 2017(8): 146-149.
- [17] 徐彬泰, 周洁, 于秋生, 等. 基于协作智能与子梯度优化算法的电力业务差异化 QoS 路由策略[J]. 电测与仪表, 2020, 57(10): 50-57.
XU Bin-tai, ZHOU Jie, YU Qiu-sheng, et al. Differentiated QoS routing strategy for power services based on collaborative intelligence and sub-gradient optimization algorithm[J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2020, 57(10): 50-57.
- [18] 翟学明, 王佳, 李金泽. 基于蚁群算法和 BP 神经网络的信道分配策略的研究[J]. 传感技术学报, 2016, 29(3): 445-450.
ZHAI Xue-ming, WANG Jia, LI Jin-ze. Research on channel allocation strategy based on ant colony algorithm and BP neural network[J]. Journal of Sensing Technology, 2016, 29(3): 445-450.
- [19] 李祝红, 赵灿明, 闫龙, 等. 智能电网中电力线通信网络负载均衡的机会路由协议[J]. 计算机应用, 2019, 39(3): 812-816.
LI Zhu-hong, ZHAO Can-ming, YAN Long, et al. Opportunistic routing protocol for load balancing of power line communication network in smartgrid[J]. Computer Applications, 2019, 39(3): 812-816.
- [20] 叶波. 基于负载均衡度的云计算任务调度算法[J]. 东北电力大学学报, 2019, 39(1): 88-95.
YE Bo. Cloud computing task scheduling algorithm based on load balancing degree [J]. Journal of Northeast Electric Power University, 2019, 39(1): 88-95.

(上接第 160 页)

- [12] 曹琳, 秦利霞, 康诗钊, 等. 香精香料的常见检测方法综述[J]. 上海应用技术大学, 2017, 45(21): 17-20.
CAO Lin, QIN Li-xia, KANG Shi-zhao, et al. Review of common detection methods of flavors and fragrances [J]. Shanghai University of Technology of Technology, 2017, 45(21): 17-20.
- [13] 黄曼艳, 陈森林, 陶红, 等. 烟叶中致香成分前处理与检测方法研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(9): 2 072-2 079.
HUANG Man-yan, CHEN Sen-lin, TAO Hong, et al. Research progress of pretreatment and detection methods for aroma components in tobacco leaves[J]. Journal of Food Safety and Quality, 2018, 9(9): 2 072-2 079.
- [14] 蒋举兴, 夏启东, 段焰青, 等. 卷烟香精香料中 23 种加香物质的气相色谱质谱法检测[J]. 食品工业, 2013, 34(9): 221-223.
JIANG Ju-xing, XIA Qi-dong, DUAN Yan-qing, et al. Determination of 23 flavor compounds in cigarette flavor by gas chromatography mass spectrometry[J]. Food Industry, 2013, 34(9): 221-223.
- [15] 李超, 刘秀明, 秦云华, 等. 基于挥发性特征组分的卷烟烟丝质量趋势分析[J]. 烟草科技, 2017, 50(11): 41-46.
LI Chao, LIU Xiu-ming, QIN Yun-hua, et al. Analysis of tobacco quality trend based on volatile characteristic components[J]. Tobacco Science and Technology, 2017, 50(11): 41-46.