doi: 10.11857/j.issn.1674-5124.2019020017

# 烟丝含水率对成品烟丝致香成分影响的研究

李 达[1]，李晓科[1]，许仁杰[1]，袁 鹏[1]，李娥贤[2]
(1. 红云红河烟草(集团)有限责任公司, 云南 昆明 650231;
2. 云南省农业科学研究院生物技术与种质资源研究所, 云南 昆明 650223)

**摘 要:** 为研究薄板干燥工序中不同含水率对同一规格不同批次卷烟试样烟丝样品中致香物质的组成及含量的影响, 建立静态顶空-气相色谱质谱(HS-GC/MS)联用法, 以乙酸-2-苯乙酯为内标, MES 自动控制系统采集数据, 结合 NIST 和 WILEY 谱库检索定性、内标定量, 对国内市售卷烟品牌 R 的两个不同批次(E、F)样品中致香成分进行测定。两个批次的成品烟丝共检测出 41 种核心致香成分, 其中批次 E 含 39 种, 批次 F 含 37 种; 6-甲基-3,5-庚二烯-2-酮、六氢金合欢基丙酮为 E 中未检出的成分, 2-(2-戊烯基) 呋喃、氧化异佛尔酮、二氢猕猴桃内酯和苯乙烯为 F 中未检出的成分; E 中的致香物质相对总含量小于样品 F 中的致香物质相对总含量, 将薄板干燥工序烟丝含水率控制在 14% 有利于保留烟丝中的致香成分。静态顶空结合 MES 系统可以快速准确对样品进行分析测定, 条件温和, 操作简单, 数据获取自动化、智能化, 有利于提高生产质量, 在烟草行业的生产制造方面具有积极影响。

**关键词:** 卷烟烟丝; 薄板干燥; 致香成分; 自动化
**中图分类号:** TS41.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674–5124(2019)07–0074–06

# Study on the influence of different moisture content on the aroma components of finished tobacco in cigarettes

LI Da[1], LI Xiaoke[1], XU Renjie[1], YUAN Peng[1], LI Exian[2]
(1. Hongyun Honghe Tobacco (Group) Co., Ltd., Kunming 650231, China; 2. Institute of Biotechnology and Genetic Resources, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650223, China)

**Abstract**: To study the effects of different moisture content on the composition and content of aroma components in test samples of different batches of cigarettes of the same specification. A static headspace-gas chromatography-mass spectrometry (HS-GC/MS) method was established. The reaction was performed with-2-ethyl acetate as the internal standard. The data was collected by the MES automatic control system. The NIST and WILY libraries were used to search the qualitative and internal standards. Quantitatively, the aroma components in two different batches (E, F) of the domestic commercial cigarette brand R were measured. Atotal of 41 core aroma components were detected in two batches of finished cut tobacco, of which batch E contained 39 and batch F contained 37; 6-methyl-3,5-heptadien-2-one, Hexahydrofarnesyl acetone are undetected components in E, 2-(2-pentenyl) furan, isofordone oxide, dihydroactinidioli and styrene are

**收稿日期:** 2019-02-06; **收到修改稿日期:** 2019-03-25
**基金项目:** 红云红河烟草(集团)有限责任公司科技项目(HYHH2016GY04)
**作者简介:** 李 达 (1980-), 男, 云南红河州人, 工程师, 硕士, 主要从事烟草化学、信息化研究。
**通信作者:** 李娥贤 (1985-), 女, 云南昆明市人, 助理研究员, 硕士, 研究方向为生物化学。

undetected components in F; the relative total content of aroma substances in E is less than the relative total content of aroma substances in sample F, and controlling the moisture content of the drying process of thin plate at 14% is favorable to keep the aroma components in the tobacco. The static headspace combined with MES system can quickly and accurately analyze and determine samples. The conditions are mild, the operation is simple, the data acquisition is automated, intelligent, and it is conducive to improving production quality. It has a positive impact on the manufacturing of the tobacco industry.

**Keywords**: cigarette cut tobacco; drying process of thin plate; aroma component; automation

## 0　引　言

烟草是一种非常重要的经济作物, 人们曾对其进行过各种研究, 而烟草中的致香物质直接影响卷烟的品质也是衡量烟草质量的重要指标, 烟草中的致香成分可以丰富卷烟的香气, 降低卷烟的刺激性, 改善卷烟的余味[1], 因此研究烟草中的致香物质对于提高烟草品质、监控卷烟质量具有重要的意义。在烟草行业竞争激烈的现阶段, 我国面临着世界各大烟草公司的挑战, 因此, 我国要在世界烟草市场上占据一席之地, 就必须要提高烟草产品的质量[2]。烟草品质的优劣, 很大程度上取决于烟草中的致香成分, 但对烟丝中致香物质的定性定量测及指导工业生产定仍是一个难点。

烟草的化学成分非常复杂, 烟丝含水率不同也会影响烟气中挥发性成分的释放量[3]。烟草中的致香物质大多具有挥发性, 有些致香物质虽然含量很低, 但对烟草香气却起着很大的作用[4-5]。烟草的香气成分组成复杂, 种类繁多, 早在 20 世纪 50 年代, 人们就开始对烟草的致香成分进行研究, 按致香基团的不同, 一般可以把烟草香气分为酸类、醇类、酮类、醛类、酯类、内酯类、酚类、氮杂环类、呋喃类、酰胺类、醚类以及烃类[6]。李鹏等研究人员对白肋烟中的致香成分进行研究, 共得到 46 种致香成分; 刘江生等人采用固相微萃取、气象色谱、质谱(SPME GC MS)法分析烟叶和成品烟的挥发性成分, 共鉴定烟叶中 29 种挥发性成分和成品烟中 20 种挥发性成分; 谢家敏等人用溶剂提取和水蒸气蒸馏方法同时联用 GC-MS 分析, 从云南楚雄低烟叶中分离出 25 种挥发性成分[7-8]。目前对烟草致香物质的分析方法有气相色谱-质谱联用法(GC-MS), 水蒸气蒸馏法、溶剂萃取法、固相微萃取和超临界萃取等方法[9], 其中以蒸馏萃取与 GC-MS 相结合的方法为主, 这些分析方法虽然也能对烟叶中的致香成分进行检测分析, 但操作步骤繁琐, 提取效率较低, 而且溶剂的纯度在痕量分析中也是不可忽视的问题, 蒸馏萃取中, 也会存在溶剂污染的问题, 但是高纯度的气体是很容易得到, 就可以避免不必要的干扰, 顶空分析法就可以弥补溶剂污染的缺点[10]。另外通过致香成分数据来指导工业的在线制丝生产, 并提升其质量的研究也鲜见报道。

叶丝干燥是卷烟制丝过程中的重要工序之一, 对叶丝质量的变化具有重要影响, 烟丝含水率可以影响其物理性能、可燃性、烟气成分及感官特性等[11-12]。孙雯等人研究了烟丝含水率对卷烟燃吸品质、烟气水分及粒相物挥发性成分的影响, 研究发现随着烟丝含水率由 8.28% 到 18.79%, 卷烟燃吸品质发生差、好、差的变化, 烟丝含水率在 12.25% 和 14.34% 时燃吸品质较好, 同时, 总粒相物和烟碱含量随着烟丝含水率的升高而少量减少, CO 则明显增加[13]; 云雪等人发现, 卷烟含水率的升高, 卷烟落锥数量减少, 而且不同含水率条件对卷烟落锥的影响更大[14]。虽然目前在烟丝含水率方面有部分研究, 但尚无薄板干燥工序, 烟丝含水率的不同对烟丝致香成分的影响报道。因此, 为研究烟丝含水率对烟丝致香成分的影响, 为卷烟制丝选择合适的调控参数提供理论依据, 采用静态顶空-气相色谱质谱联用法结合 MES 系统(制造执行系统)管理控制烟丝生产, 研究结果对指导烟丝生产, 选择合适的工艺参数具有重要的应用价值和现实意义, 提高了卷烟生产的在线工艺品质。

## 1　材料与方法

### 1.1　试验材料、试剂及仪器

#### 1.1.1　试验材料及试剂

材料: 同一品牌规格 R 的 2 个不同批次的国内市售卷烟成品烟丝样品(批次 E、批次 F), 由红云红

河集团工艺质量部提供。试剂：内标标准工作液：乙酸-2-苯乙酯（内标，纯度为 99%，美国，Sigma 公司）。

1.1.2 试验仪器

TurboMatrix 40 Trap 顶空自动进样器（美国，PerkinElmer 公司）；Clarus 600 气相色谱-Clarus 600T 质谱联用仪 (美国，PerkinElmer 公司)；20 mL 顶空进样瓶（Supelco，American）；感量为 0.000 1 g 的电子分析天平 (德国，Sartorius 公司)。

1.1.3 数据采集

为了研究卷烟生产过程中薄板干燥工序的烟丝含水率对成品烟丝致香成分影响，红云红河集团工艺质量部设计了三种含水率工艺参数的中试放样批次进行试验。通过《红云红河烟草（集团）有限责任公司科技项目（HYHH2016GY04）》研发的集团工艺质量云平台对薄板干燥工序各个参数点进行数据采集。依据集团生产过程数据采集标准，系统通过实时数据复制机制对生产过程底层原始数据（在线数据）进行采集，并将生产厂的实时数据上报至集团 Historian 数据库，运用平台对两个中试批次的卷烟加工过程实时数据进行抽取，对采集的数据进行预处理，数据存储模式如图 1 所示。

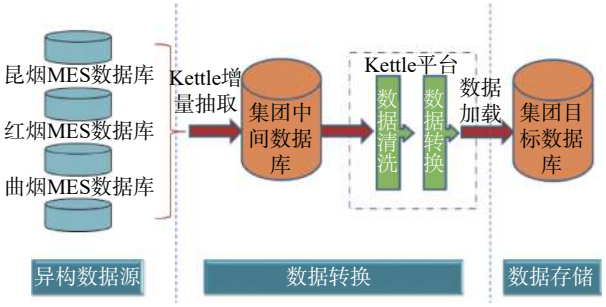


图 1 数据存储模式

## 1.2 试验方法

1.2.1 样品前处理

在室温下，精确称取烟丝样品 0.6 g（精确到 0.000 1 g），置于 20 mL 的棕色顶空瓶中，并加入 0.1 μL 的内标标准工作液乙酸-2-苯乙酯，然后立即用压盖器迅速将铝盖和顶空瓶盖紧，密封，采用 HS-GC/MS 分析方法检测待检烟丝样品中的致香物质。

1.2.2 顶空进样器条件

取样针温度为 140 ℃；加热炉温度为 110 ℃；载气为氦气（He），高纯度为 99.99%，压力为 137.9 kPa；进样量为 1 mL；样品加热平衡时间为 40 min；加压时间为 0.2 min；进样时间为 0.2 min；拔针时间为 0.5 s；进样模式：时间；操作模式：恒定。

1.2.3 气相色谱—质谱检测条件

气相色谱检测条件：色谱柱 DB-WAX 毛细管柱（30 m×0.25 mm ×0.25 μm ，美国 Aglient 公司）；进样的口温度为 250 ℃；载气为氦气（He），高纯度为 99.99% 恒流，流量为 1.0 mL/min，并且恒压；柱温箱的升温条件为：起始温度 40 ℃，保持1 min，然后以 5 ℃/min 的速率升到 220 ℃ 并保持 3 min；进样的方式为不分流进样。

质谱检测条件：电离源为 $EI^+$离子源；电压为 70 eV；离子源温度为 200 ℃；四极杆温度为 150 ℃；溶剂延迟为 3.5 min；扫描的方式为全扫描，质量数扫描的范围 33~400 amu；传输线温度 240 ℃。

采用 NIST 和 WILEY 标准谱库检索进行定性、定量分析两个不同批次的市售卷烟中的致香物质。

1.2.4 内标物的选择

烟草中的致香成分，大多数都具有挥发性，在前处理的过程中可能会使致香成分造成一定的损失，用外标定量法会使所测结果存在很大的误差，因此本试验采用内标法来进行半定量分析[15]。对内标法来说，内标物的选择很重要，结合相关资料，本试验选择乙酸-2-苯乙酯作为内标物。

# 2 结果与讨论

## 2.1 E、F 中烟丝致香成分的研究

在烟丝样品添加量为 0.6 g、顶空平衡温度为 120 ℃、平衡时间为 50 min 条件下分别对两个批次（E、F）中烟丝的致香物质进行分析测定，检测结果如表 1 所示。两个批次的烟丝中共检测出 41 种致香成分，批次 E 含其中 39 种，批次 F 含其中 37 种。E、F 中主体香气成分是烟碱、新植二烯、乙酸、2-戊酮和羟基丙酮。在所有检测出的致香成分中，样品 E 中没有检测出 6-甲基-3,5-庚二烯-2-酮、六氢金合欢基丙酮；样品 F 中未检测出 2-(2-戊烯基) 呋喃、氧化异佛尔酮、二氢猕猴桃内酯和苯乙烯，由此可见，两个样品中所含致香成分存在显著差异。在所检测出的致香成分中，氧化异佛尔酮、二氢猕猴桃内酯、巨豆三烯酮 1、巨豆三烯酮 2、$\beta$-大马酮、香叶基丙酮等成分是烟草中的类胡萝卜素因酶解或氧化发生降解产生的一些重要产物，这些物质大多具有香气，是形成烟丝高雅、清新香气的主要成分，对烟草香味的调节具有重要作用；茄酮本身具有烤烟味，

**表 1　市售卷烟 R 的两个批次中致香成分、保留时间及相对含量比较**

| 序号 | 化合物名称 | 批次E | | 批次F | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 保留时间/min | 相对含量/(mg·kg$^{-1}$) | 保留时间/min | 相对含量/(mg·kg$^{-1}$) |
| 1 | 2-戊-酮 | 4.132 | 9.113 | 4.153 | 13.091 |
| 2 | 3-羟基丁醛 | 5.258 | 0.422 | 5.266 | 0.379 |
| 3 | 癸烷 | 6.792 | 1.308 | 6.788 | 0.716 |
| 4 | 柠檬烯 | 7.230 | 0.472 | 7.241 | 0.268 |
| 5 | 吡啶 | 8.021 | 2.136 | 7.798 | 1.312 |
| 6 | 2-戊烯醛 | 7.143 | 0.411 | 7.147 | 1.019 |
| 7 | γ-壬内酯 | 8.757 | 0.698 | 8.819 | 0.254 |
| 8 | 6-甲基-2-庚酮 | 10.711 | 0.453 | 10.735 | 0.275 |
| 9 | 3,5-二甲基苯酚 | 9.557 | 1.632 | 9.546 | 0.715 |
| 10 | 2-(2-戊烯基)呋喃 | 12.185 | 0.128 | – | – |
| 11 | 羟基丙酮 | 12.382 | 4.609 | 12.330 | 3.887 |
| 12 | 6-甲基-3,5-庚二烯-2-酮 | – | – | 14.391 | 0.485 |
| 13 | 氧化异佛尔酮 | 19.857 | 0.734 | – | – |
| 14 | 茄酮 | 21.331 | 1.732 | 21.434 | 1.991 |
| 15 | 2-甲基-4,5-二氢-1H-咪唑 | 22.169 | 0.458 | 22.169 | 0.572 |
| 16 | 乙酸-2-苯乙酯(内标) | 23.555 | 166.667 | 23.552 | 166.667 |
| 17 | β-大马酮 | 26.511 | 0.936 | 26.516 | 0.531 |
| 18 | 烟碱 | 26.116 | 98.218 | 26.115 | 100.227 |
| 19 | 新植二烯 | 25.655 | 26.168 | 25.657 | 12.264 |
| 20 | 六氢金合欢基丙酮 | – | – | 29.614 | 0.673 |
| 21 | 巨豆三烯酮1 | 31.032 | 1.676 | 31.032 | 0.689 |
| 22 | (+)-香柏酮 | 32.296 | 1.532 | 32.293 | 1.341 |
| 23 | 巨豆三烯酮2 | 32.793 | 0.263 | 32.801 | 0.166 |
| 24 | 二氢猕猴桃内酯 | 33.526 | 0.616 | – | – |
| 25 | 三乙酸甘油酯 | 28.731 | 0.736 | 28.731 | 0.438 |
| 26 | 甘油 | 33.032 | 0.115 | 33.017 | 0.279 |
| 27 | 香叶基丙酮 | 24.355 | 0.726 | 24.358 | 0.231 |
| 28 | 苯酚 | 22.001 | 0.917 | 22.001 | 0.703 |
| 29 | 1,2-丙二醇 | 18.789 | 1.389 | 18.785 | 2.317 |
| 30 | 乙酸 | 15.336 | 13.183 | 15.313 | 37.898 |
| 31 | 面包酮 | 10.416 | 0.559 | 10.419 | 0.613 |
| 32 | 3-甲基-1-丁醇 | 9.172 | 0.842 | 9.172 | 0.249 |
| 33 | 己醛 | 5.913 | 0.788 | 5.813 | 1.763 |
| 34 | 2-己烯-1-醇 | 13.566 | 0.576 | 13.566 | 0.981 |
| 35 | 正十六烷 | 13.747 | 1.297 | 13.742 | 0.514 |
| 36 | 苯甲醛 | 17.016 | 0.569 | 17.018 | 0.281 |
| 37 | γ-丁内酯 | 19.229 | 0.719 | 19.229 | 0.213 |
| 38 | 糠醇 | 20.133 | 0.648 | 20.137 | 1.512 |
| 39 | 泛解酸内酯 | 27.826 | 0.973 | 27.827 | 0.418 |
| 40 | 水合麦芽酚 | 32.261 | 0.443 | 32.265 | 0.173 |
| 41 | 苯乙烯 | 10.221 | 0.897 | – | – |
| 42 | 顺-2-戊烯醇 | 8.112 | 0.275 | 8.107 | 0.106 |

其降解产物如茄醇、茄呢呋喃和降茄二酮等产物也是烟草中重要的致香物质；烟碱的含量在 E、F 中都是最高的，说明烟碱对这两个烟丝样品的香味起着关键作用，烟碱提供卷烟抽吸时的烟味、劲头、和生理满足感，同时也会带来抽吸时的刺激性，烟碱裂解产生的吡啶类化合物也会产生油树脂的香气，共同丰富烟草香味；新植二烯在这两个样品中含量也比较高，是叶绿素降解产物，本身具有清香香气，烟草燃烧可直接进入烟气，减轻刺激性、醇和烟气，新植二烯和类胡萝卜素降解物各组分之间含量的协调性可能是烟草表现出独特的清香型和香气质醇和的原因所在。其他检测出的致香物质如乙酸、糠醇、柠檬烯、苯酚等，对调节烟草酸碱度，丰富、调和烟草香味等也具有十分重要的作用。

两个样品中致香成分有 13 类，不同种类的化合物在 E、F 中的数目统计如图 2 所示，两个批次中的化合物成分在种类上相差不大，但呋喃类化合物在 E 中检测到而在 F 中并未检测到。这两个样品中所含的化合物种类最多的是酮类，其次是醇类、醛类、内酯类以及烯烃类化合物，不同种类化合物的相对含量在这两个批次的烟丝样品中也存在一定的差异。E 中的致香物质相对总含量为 179.367 mg/kg 略小于 F 中致香物质的相对总含量为 187.645 mg/kg。不同种类的化合物在 E、F 烟丝样品中的含量占比如图 3 所示，两个样品相对含量占比最高的是生物碱类化合物（烟碱）占总含量的 50%~60%，其次是酮类、羧酸类和烯烃类，由图可知，E、F 样品中含量相差较大的是羧酸类和烯烃类，F 烟丝中羧酸类含量明显高于 E 中，E 中的烯烃类化合物含量则明显高于 F，其他种类的化合物含量虽然在这两个烟丝样品中相差不大，但对调节烟草香味是不可或缺。E、F 样品中的致香成分在含量上存在一定差异：E 中癸烷、吡啶、$\gamma$-壬内酯、3,5-二甲基苯酚、羟基丙酮、$\beta$-大马酮、新植二烯、巨豆三烯酮 1、香叶基丙酮、3-甲基-1-丁醇、正十六烷、$\gamma$-丁内酯、泛解酸内酯、水合麦芽酚的相对含量高于样品 F；F 中的 2-戊-酮、2-戊烯醛、烟碱、1,2-丙二醇、乙酸、己醛、2-己烯-1-醇、糠醇相对含量则高于样品 E，致香成分含量的差异也就造成这两个样品香味的不同。

## 2.2 薄板干燥工序烟丝含水率对成品烟丝致香成分的影响

实验探究薄板干燥工序中烟丝含水率对这两个批次成品烟丝的致香成分的影响，薄板干燥工序的工艺参数设定见表 2，实时数据的设定和记录由集团工艺质量云平台系统完成，然后分别对不同含水率 (13%、14%、15%) 下的两种成品烟丝样品进行致香成分的分析测定。含水率为 14% 的烟丝样品中致香成分的数量和含量大多数较含水率为 13% 和 15% 时高，某些致香成分在不同含水率控制下致香成分有所变化。E 中巨豆三烯酮 2 在含水率为 15% 时未检测到；2-(2-戊烯基) 呋喃、顺-2-戊烯醇、6-甲基-3,5-庚二烯-2-酮和六氢金合欢基丙酮这 4 种成分在 3 种含水率条件下未检测到。F 中的致香成分含量变化与 E 类似，柠檬烯、水合麦芽酚在含水率为 13% 和 14% 都能检测到，但在含水率为 15% 时未检测出；巨豆三烯酮 2 在这 3 种含水率的样品

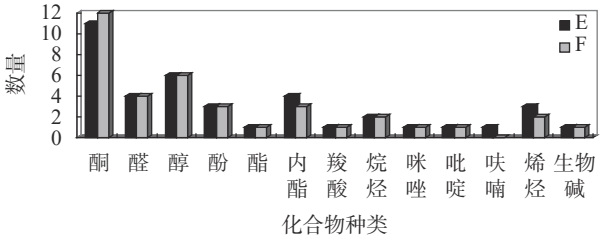


**图 2 不同香气种类化合物在 E、F 中数目统计**

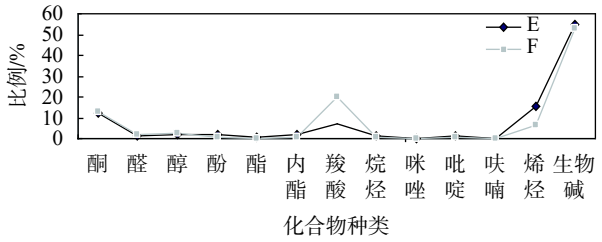


**图 3 不同香气种类化合物在 E、F 中相对含量占比**

**表 2 薄板干燥工序工艺参数设置**

| 工艺参数 | 设定值 | | |
|---|---|---|---|
| 烟丝含水率/% | 13 | 14 | 15 |
| 热风温度/℃ | 120 | 120 | 120 |
| 薄板干燥I区筒壁温度/℃ | 155 | 155 | 155 |
| 薄板干燥II区筒壁温度/℃ | 145 | 145 | 145 |
| 热风风速/($m \cdot s^{-1}$) | 0.55 | 0.55 | 0.55 |
| 滚筒转速/($r \cdot min^{-1}$) | 15 | 15 | 15 |
| 出料温度/℃ | 65 | 65 | 65 |
| 叶丝干燥热交换器薄膜阀阀门开度/% | 60 | 60 | 60 |
| 叶丝干燥筒壁I区蒸汽阀门开度/% | 80 | 80 | 80 |
| 叶丝干燥筒壁II区蒸汽阀门开度/% | 76 | 76 | 76 |
| 叶丝干燥循环风阀门开度/% | 60 | 60 | 60 |

中都没有检测出。此外, 研究发现吡啶、苯酚、己醛等化学成分在含水率较低时其含量较高, 这些物质大多有毒或对卷烟吃味不利; 柠檬烯、1,2-丙二醇、甘油等成分在含水率为 14% 时含量明显偏高, 这些物质对增加卷烟香味, 减少刺激性和干燥感有积极作用。E、F 样品中主体香气成分在不同含水率下的相对含量变化如表 3 所示, 2-戊-酮、羟基丙酮、烟碱、新植二烯、乙酸这 5 种致香成分在烟丝含水率为 14% 时总含量最高, 由于以上物质是构成烟丝香味的重要成分, 所占比例也是最高, 对平衡烟气酸碱、调和烟气香味、丰富烟草香味和降低刺激性具有重要作用, 因此, 综合来看, 设定薄板干燥工序烟丝含水率为 14% 更有利于保留烟丝中的致香成分。

**表 3　E、F 样品中主要致香物质在不同含水率控制下的含量变化**

| 名称 | 批次E相对含量 /(mg·kg$^{-1}$) | | | 批次F相对含量 /(mg·kg$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 13% | 14% | 15% | 13% | 14% | 15% |
| 2-戊-酮 | 8.125 | 9.213 | 6.337 | 4.011 | 13.271 | 7.003 |
| 羟基丙酮 | 3.306 | 7.408 | 4.292 | 3.008 | 6.987 | 3.984 |
| 烟碱 | 90.107 | 87.244 | 87.199 | 102.009 | 100.213 | 99.801 |
| 新植二烯 | 13.188 | 36.128 | 30.694 | 12.132 | 23.964 | 23.209 |
| 乙酸 | 8.181 | 13.383 | 10.887 | 27.198 | 37.598 | 20.175 |
| 主要致香物质相对总含量 | 122.907 | 153.376 | 139.409 | 148.358 | 182.033 | 154.172 |
| 样品致香物质相对总含量 | 148.788 | 181.499 | 163.137 | 167.652 | 205.171 | 173.109 |

## 3　结束语

采用静态顶空—气相色谱质谱(HS-GC/MS)联用法对 E、F 两批次的烟丝样品中致香成分进行分析测定, 该方法可以快速准确进行分析测定, 条件比较温和, 操作简单。本实验研究表明 E、F 两个批次的成品烟丝样品致香成分及比例有差异, 在所检测出的 41 种致香成分中, 批次 E 含其中的 39 种, 批次 F 含其中的 37 种, E 中的致香物质相对总含量小于 F 中的致香物质相对总含量。薄板干燥工序中将烟丝的含水率控制在 14% 更有利于保留烟丝中的致香成分。卷烟产品加工过程中, 含水率的控制选择是很重要的, 希望通过本试验研究结果能对卷烟生产加工过程中烟丝薄板干燥工序中含水率的设定提供一定的参考。

## 参考文献


[1] 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.

[2] 叶贤文,谢学云,孟韦名, 等. 采收成熟度对烤烟致香物质和感官质量的影响 [J]. 昆明学院学报, 2019, 41(3): 15-19.

[3] 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.

[4] 王宝兴, 毕勇, 李忠, 等. 云南烤烟中挥发性物质的系统研究 [A]. CORESTA 大会文集, 1996.

[5] 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.

[6] 景延秋, 宫长荣, 张月华, 等. 烟草香味物质分析研究进展 [J]. 中国烟草科学, 2005(2): 44-48.

[7] 李鹏, 吴鸣, 谢剑平. 白肋烟中一些重要碱性成分和羰基化合物的分析研究 [J]. 中国烟草学报, 2002, 8(1): 1-5.

[8] 马挺军, 曾会明. 烟草香味物质的研究进展 [J]. 农产品加工(创新版), 2010(6): 55-57.

[9] 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.

[10] 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): 2072-2079.

[11] 高辉, 邱昌桂, 徐南山, 等. 不同干燥方式对烟丝加工质量的影响 [J]. 云南农业大学学报, 2016, 31(1): 127-135.

[12] 张宏宇. 含水率对烟草燃烧性与烟气化学成分的影响 [D]. 昆明: 昆明理工大学, 2015.

[13] 孙雯, 李雪梅, 曾晓鹰, 等. 烟丝含水率对卷烟燃吸品质、烟气水分及粒相物挥发性成分的影响 [J]. 烟草科技, 2009(11): 33-39.

[14] 云雪, 訾莹莹, 赖东辉, 等. 烟丝含水率对卷烟落锥及烟气成分的影响 [J]. 安徽农业科学, 2017, 45(22): 69-72.

[15] 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.


(编辑:徐柳)