

Hydrophobic Composition of the Surface Wax from Tobacco: Separation, Identification and Moisture Retentivity of Cut Tobacco

Kaibo Chen^{1,2}, Yingbo Xu^{1,2}, Xiangyang Yan^{1,3}, Shaolin Ge^{1,2}, Rui Yang^{1,3}, Fengling Zhu^{1,3}, Shaomin Liu^{1,3*}

¹The USTC-Anhui Tobacco Joint Laboratory of Tobacco Chemistry, Hefei Anhui

²Research and Development Center, China Tobacco Anhui Industrial Corporation, Hefei Anhui

³Research Center of Tobacco and Health, University of Science and Technology of China, Hefei Anhui

Email: ^{*}liusm@ustc.edu.cn

Received: Apr. 13th, 2017; accepted: Apr. 26th, 2017; published: Apr. 30th, 2017

Abstract

This study established a novel separation and identification method for wax extraction from tobacco leaf surface using gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). Specifically, we extracted the constituent of tobacco leaf surface wax with methyl tert-butyl ether and methanol mixture (9 + 1, v/v), followed by family separation using the silica gel solid-phase extraction method. Surface wax extract was then divided into surface wax extract nonpolar, weak polarity, and polarity, followed by GC-MS analysis. Using this method, we determined the composition of wax extracts from tobacco leaf surface in China. We separated and identified 26 different kinds of alkanes and 12 alkyl alcohol. Among them, alkane is the most abundant, accounting for 61.4% of the total separation material. Among alkanes, most of which are C₁₆~nC₃₄ alkanes, i31 alkanes and 27 alkanes are the most abundant; The highest levels of alkyl alcohol as docosanoic alcohol, followed by 20 alkoxy, the content of the two compounds in the fractions II relative content was 62.5% and 20.6%, respectively. The alkyl alcohols show the characteristics of the even carbon advantage. The alkanes and alkanol were selected for the moisture retention test to evaluate the moisturizing property of cut tobacco in low humidity environment. Our results showed that both alkanes and alkanol could improve retain moisture properties of cut tobacco.

Keywords

Tobacco, Epicuticular Wax, Chromatographic Column, Gas Chromatography-Mass Spectrometry, Retain Moisture

*通讯作者。

烟叶表面蜡质非极性和弱极性成分的分离鉴定及保润性能

陈开波^{1,2}, 徐迎波^{1,2}, 闫向阳^{1,3}, 葛少林^{1,2}, 杨 芮^{1,3}, 朱凤铃^{1,3}, 刘少民^{1,3*}

¹中国科大-安徽中烟烟草化学联合实验室, 安徽 合肥

²安徽中烟工业有限责任公司技术中心, 安徽 合肥

³中国科学技术大学烟草与健康研究中心, 安徽 合肥

Email: liusm@ustc.edu.cn

收稿日期: 2017年4月13日; 录用日期: 2017年4月26日; 发布日期: 2017年4月30日

摘 要

建立了一套适宜烟叶表面蜡质提取和气相色谱-质谱联用(GC-MS)分离、鉴定的方法。以甲基叔丁基醚-甲醇混合溶液(9+1, v/v)提取烟叶表面蜡质成分, 然后通过硅胶固相萃取方法进行族分离, 将表面蜡质提取物分为非极性、弱极性和极性3个馏分, 再进行GC-MS分析。从烟叶表面蜡质的提取物中共分离和鉴定出26种烷烃和12种烷醇; 比较了表面蜡质各组分的相对含量, 其中主要成分是烷烃, 占分离物质总量的61.4%。烷烃中主要是C16~nC34的正构烷烃, 含量较高的是正三十一烷和正二十七烷; 含量最高的烷醇为二十二烷醇, 其次是二十烷醇, 两种烷醇在馏分II中的相对含量分别为62.5%和20.6%; 烷醇表现出偶数碳优势的特征。烟丝保润性能研究结果表明, 将烷烃及烷醇等烟叶蜡质主要成分喷至烟丝表面, 烟丝的失水量均小于对照样, 表明烷烃及烷醇类物质对烟丝的保润性能均有一定程度的改善作用。

关键词

烟叶, 表皮蜡质, 柱层析, 气相色谱-质谱, 保润

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

烟叶表面存在着大量的蜡质类物质, 是烟草表皮重要成分之一。Von Wettstein [1]研究发现, 外表皮层是奇、偶数的长链烷烃、蜡酯、脂肪醇、酮和游离脂肪酸的混合物。Kolattukudy [2]研究认为角质蜡是由具有相似性质的烃的混合物组成的, 这些烃是由含 25~34 个碳原子的直链和支链烃, 由表皮层内 16 和 18 个碳的脂肪酸合成这些烃类物质, 以结晶的形式转移到烟叶表面上。Severson [3]研究了不同类型烟叶的表面脂肪烃, 它们是 C25~C36 正、反异或异-支链的烃, 含量一般高达提取物的 25%。Arrendale [4]详细研究了 NC2326 新鲜烟叶中的蜡酯成分, 共鉴定出 172 种碳原子数为 30~52 的不同的蜡酯, 具有正-正、正-异或正-反异构的醇-酸组成。

蜡质化学组成复杂多样, 采用二氯甲烷(CH₂Cl₂)、三氯甲烷(CHCl₃)、正己烷(nC₆H₁₄)和甲醇(CH₃OH)

等有机溶剂能够有效提取蜡质中的化学物质；现代研究借助气相色谱 - 质谱联用(GC-MS)和核磁共振(NMR)等技术鉴定蜡质成分，目前在植物叶片表皮蜡质的研究中，已鉴定出 100 余种化合物组分。徐静 [5] 采用三氯甲烷洗脱新鲜烟叶表面蜡质，提取液氮气吹干后，使用吡啶溶解，并采用衍生剂 BSTFA 进行衍生化处理，使用 GC-MS 定性，GC-FID 定量，鉴定出的新鲜烟叶的表面蜡质主要为烷烃、烷醇和三萜类。Arrendale [4] 采用二氯甲烷洗脱新鲜烟叶表面蜡质，然后在 80% 甲醇水溶液和己烷之间进行分配，己烷相含有蜡酯、烃和脂肪醇，再使用硅胶柱对这三种组分进行分离，其中蜡酯馏分使用 Sephadex LH-20 进行浓缩富集，皂化、硅烷化后使用 GC 分析。杨艳青 [6] 采用三氯甲烷洗脱苹果表面蜡质，洗脱液浓缩后通过硅胶和氧化铝柱将氯仿提取物分为非极性、弱极性和极性 3 个馏分，其中极性组分 20% 三氟化硼的甲醇溶液进行甲酯化，进行 GC-MS 分析。周小云 [7] 以水稻成熟叶片为材料，用氯仿和正己烷两种溶剂，采用常温法、加热法和常温加热结合法提取稻叶表皮蜡质。结果表明，氯仿作溶剂的提取效果好于正己烷，常温加热结合法提取表皮蜡质含量最高，加热法居中，常温法最低。但迄今为止，仅有少量文献报道关注烟叶表皮蜡质成分的研究，且对烟草蜡质中的非极性、弱极性和极性组分未进行系统性研究。

烟草表面蜡质组分对烟草保润性能方面具有重要作用。康文功 [8] 研究了初始含水率、平衡含水率、失水率与烷烃含量相关关系，研究结果表明烟丝失水量与烷烃含量显著负相关，与失水量显著性相关的烷烃主要集中于 $C_{29}H_{60} \sim C_{35}H_{72}$ 之间，并将烷烃类返加到烟丝样品中以验证其对烟丝保润性能的影响，结果表明烟叶烷烃对烟丝的保润性能有一定程度的提高作用，烷烃类的加入量越大，烟丝保润性能提高越明显。Kolattukudy [2] 认为脂肪烃、脂肪醇和蜡质及其相关成分是构成烟叶表面化合物的主要成分，这些蜡与表面脂质等成分对烟叶表面微观结构起到一定封闭作用，使烟叶具有较强的持水力，但在烟叶加工过程中，这些表面蜡和表面脂质易受到破坏，而影响烟叶自身持水力。肯塔基大学 Davis D.L [9] 的研究表明，烟叶表面类脂物(或称蜡质)功能是保护叶表面，特别有助于防止水分从植物体内散失，主要成分包括高级脂肪酸和高级脂肪醇所形成的酯。曾世通 [10] 研究了烤烟烟叶表面蜡质对其保润性能的影响，结果表明采用二氯甲烷脱除烤烟烟叶表面蜡质后，烟叶保润性能变差，低湿条件，失水率高于脱除前，高湿条件，吸水率高于脱除前。Oliveira [11] 的研究结果表明，决定表皮水分散失程度的一个重要因素是蜡质的化学成分，而不是蜡层的厚度。因此，对烟草蜡质中改善烟草保润性能的有效成分进行深入研究十分必要。

本研究以新鲜烟叶为试材，采用气相色谱 - 质谱(GC-MS)法，结合液 - 固萃取、柱层析 - 族分离技术，对烟草叶片表皮中不同极性的蜡质组分进行提取、分离及鉴定，并将烷烃及烷醇类返加到烟丝样品中按照烟草保润性能评价方法进行保润性能评价，以验证其对烟丝保润性能的影响，为进一步研究烟草表皮蜡质组分与烟叶保润性能的关系奠定基础。

2. 材料与方 法

2.1. 试剂与材料

甲基叔丁基醚、甲醇、环己烷、甲苯。正构烷烃混标($C_7H_{16} \sim C_{40}H_{82}$)，单标 $C_{27}H_{56}$ 、 $C_{29}H_{60}$ 、 $C_{30}H_{62}$ 、 $C_{31}H_{64}$ 、 $C_{32}H_{66}$ 、 $n-C_{33}H_{68}$ ，(纯度为 99.8%，美国 Supelco 公司)。二十烷醇(97%)、二十二烷醇(97%)、二十四烷醇(99%)、二十六烷醇(97%)、二十八烷醇(99%)、三十烷醇(97%)以及衍生化试剂 BSTFA 含 1% TMCS 以及色谱纯 CH_2Cl_2 均购于 Sigma 公司(St. Louis, MO, USA)。正三十一烷烃、正二十九烷烃、正二十七烷烃购于梯希爱(上海)化成工业发展有限公司(TCI Shanghai)；二十二烷醇、二十烷醇购于梯希爱(上海)化成工业发展有限公司(TCI Shanghai)；分析纯的有机酸、丙酮、正己烷、无水乙醇、无水吡啶、无水 $NaSO_4$ 、KOH、KCl 和盐酸均购于国药集团上海化学试剂有限公司。

材料：硅藻土 545、100~500 mg 硅胶 SPE 柱(100 mg/1 mL, 500 mg/6 mL)。

新鲜烟叶及烟丝样品由安徽中烟工业有限责任公司技术中心提供。

2.2. 烟叶表面蜡质的萃取及族分离

将大约 10 g 新鲜烟叶叶片，计算其表面积后(用画图法)，在 50~100 mL 甲基叔丁基醚-甲醇混合溶液 (9 + 1, v/v) 中浸提 4×2 s，过滤，将滤液旋转蒸发至近干(或自然挥发干)，称量残留物(蜡质组分)的重量，计算蜡质成分含量(蜡质成分的含量以 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ 计)。萃取流程图见图 1。

将 10 mg 的蜡质组分与 20 mg 的硅藻土 545 混合；混合固体悬浮在 3 mL 的甲基叔丁基醚中；然后，悬浮液在 N_2 流下蒸发至近干。将 30 mg 的蜡质提取物与硅藻土的混合物施加到活化后的 SPE 柱上，然后，采用阶梯式洗脱方法实现组分的族分离。族组分 SPE 分离流程图见图 2。用 2.5 mL 正己烷-甲苯(1 + 2, v/v)洗脱非极性组分，得非极性组分 I，在 N_2 流下将洗脱液蒸发至近干，重新溶解后，过 0.45 μm 有机相滤膜，进 GC-MS 分析；用 2.5 mL 正己烷-甲基叔丁基醚(3 + 1, v/v)洗脱，得弱极性组分 II，在 N_2 流下将洗脱液蒸发至近干，重新溶解后过 0.45 μm 有机相滤膜，进 GC/MS 分析；用 2.5 mL 甲基叔丁基醚-甲醇 (9 + 1, v/v)洗脱，得极性组分 III。

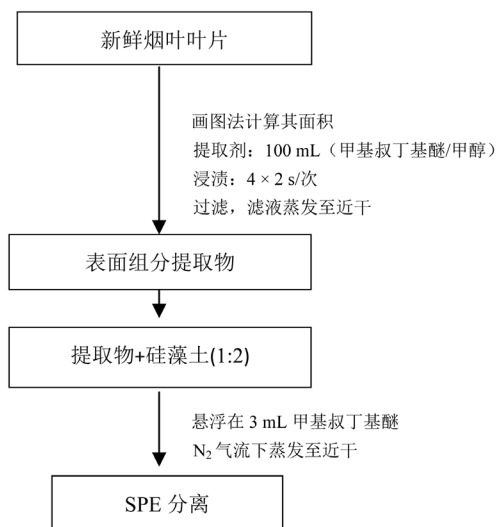


Figure 1. Isolation of the wax fraction: solvent partitioning of the whole-leaf wash from tobacco leaves

图 1. 烟叶表皮蜡质组分的提取流程

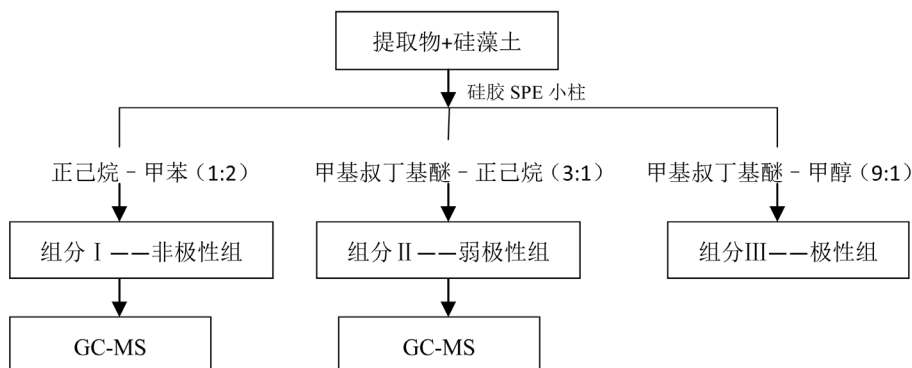


Figure 2. Isolation of the wax fraction by SPE: column chromatography

图 2. 族组分 SPE 分离流程

2.3. 烟叶表面蜡质的鉴定

2.3.1. 烷烃组分的 GC-MS 定性

GC-MS 分析所用的仪器为 Agilent 5975C 气相色谱 - 质谱联用仪, 色谱柱为 HP-5 ms capillary column (30 m × 250 μm × 0.25 μm) 毛细管色谱柱; 载气: He, 99.999%; 流速: 1.0 mL·min⁻¹; 进样口温度: 280°C; 进样量: 1 μL; 进样模式: 分流进样, 分流比: 10: 1; 升温程序: 60°C (1 min), 以 5°C min⁻¹ 升温至 200°C, 以 2°C min⁻¹ 升温至 250°C, 以 5°C min⁻¹ 升温至 300°C (10 min)。

离子源: 电子轰击(EI); 电子能量: 70 eV; 离子源温度: 250°C; 传输线温度: 300°C; 分析器: 四级杆质量分析器; 扫描模式: 全扫描; 质量扫描范围: 40~500 amu; 溶剂延迟: 4.5 min。

烟草中烷烃通过标样在色谱图上的保留时间和 GC-MS 定性。

2.3.2. 高级烷醇组分的 GC-MS 定性

衍生化方法: N₂ 吹干组分 II 中的溶剂, 加 100 μL 1: 1 (v/v) 的重蒸无水吡啶/BSTFA (三氟乙酰胺) (含 1% TMCS, 三甲基氯硅烷) 80°C 衍生化 1 h, 加入约 1 mL 色谱纯 CH₂Cl₂ 稀释后, 1 μL 进 GC-MS 分析。

GC-MS 分析: 色谱柱为 DB-5MS (30 m × 0.25 mm × 0.25 μm; J & W Scientific, Folsom, CA, USA); 载气及其流速、进样口温度、检测器温度、进样量、分流比、升温程序等操作条件均与 GC 操作条件一样, 质谱检测器的操作条件: 电子轰击能量 70 eV, 扫描范围是 50~600 m/z, EM 2000 V, SIM 操作模式, 选择的离子为 m/z 57、75 以及 103。

2.4. 样品制备及保润性能评价

准确称取 700 g 烟丝, 均分成 7 份, 分别喷施 0.5% 的 31 烷、29 烷、27 烷、二十烷醇、二十二烷醇和 1.0% 27 烷的正己烷溶液, 试样分别标记为 31 烷烃、29 烷烃、27 烷烃-0.5、27 烷烃-1、20 烷醇和 22 烷醇; 对照样仅喷环己烷; 将试样在温度(T)22°C、相对湿度(RH) 60% 条件下平衡 48 h; 然后将试样置于 22°C、RH40% 条件下, 间隔一定时间取样, 应用烘箱法测定烟丝含水率, 进行烟丝的保润性能测试。

3. 结果与讨论

3.1. 烟草叶片表皮蜡质提取主要条件的优化

3.1.1. 浸提溶剂的选择

表面蜡质成分选取常用的溶剂, 包括丙酮、二氯甲烷、氯仿、甲基叔丁基醚 - 甲醇混合液等, 评价了对烟叶表面蜡质组分的提取效果, 结果见表 1。研究表明, 极性较强的溶剂对组分 3 的提取效果较好, 以丙酮的提取效率最大, 极性弱的溶剂对组分 1 提取效果较好, 以甲基叔丁基醚 - 甲醇的提取效率最大。

Table 1. Selection of extraction solvent

表 1. 浸提溶剂的选择

溶剂	提取量(mg)			
	蜡质总量	组分 I	组分 II	组分 III
二氯甲烷	91.5	57.2	14.8	19.5
氯仿	89.7	59.1	13.9	16.7
丙酮	88.6	51.6	15.5	21.5
甲基叔丁基醚 - 甲醇 (9 + 1, v/v)	97.0	60.8	16.9	19.3

3.1.2. 浸提次数的优化

以甲基叔丁基醚 - 甲醇混合液为溶剂, 评价了提取次数对烟叶表面蜡质组分的提取效果, 结果见表 2。研究表明, 一次浸提后, 对蜡质组分的提取率达 90.01%, 二次浸提后, 对蜡质组分的提取率已达 98.15%。故选择浸提次数为 2 次。

3.2. 烟草叶片表皮蜡质组分的族分离与鉴定

3.2.1. 烟叶表皮蜡质不同极性组分的相对含量

经过柱层分离, 将烟叶表皮蜡质提取物分离为非极性、弱极性和极性三个馏分, 烟叶蜡质中的非极性馏分、弱极性馏分和极性馏分相对含量分别为 61.4%、18.2%和 20.4%, 即烟叶表皮蜡质中以非极性的烷烃类化合物为主(见图 3)。

3.2.2. 馏分 I 的组成特征

烟叶表皮蜡质组分 I 馏分分别鉴定出 26 种化合物(见表 3 和图 4), 主要成分为正构烷烃, 烷烃碳数分布在 nC11~nC34; 蜡质烷烃主要特征为正三十一烷(C31)和正二十七烷(C27)相对含量分别占 16.97% (C31)和 13.66% (C33)。其它含量较高的烷烃依次为异三十一烷(C31)、正二十九烷(C29)、正三十三烷(C33)、反三十二烷(C32)、反三十烷(C30)、正三十烷(C30)和异三十三烷(C33)。

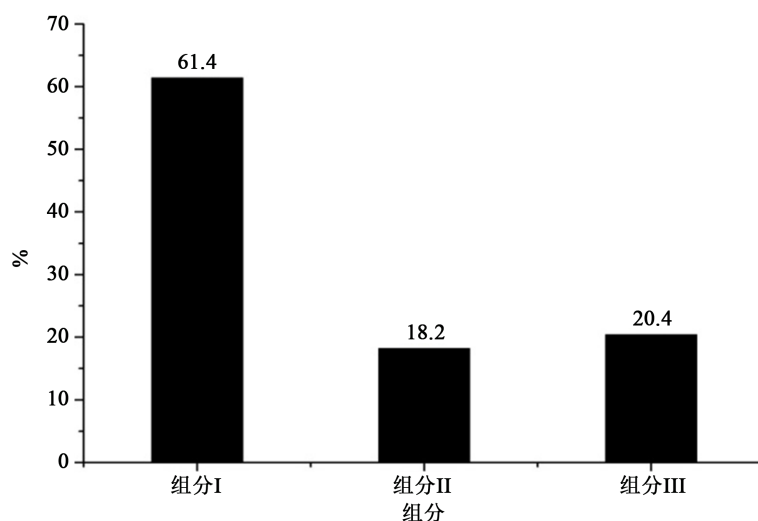


Figure 3. Relative distribution of cuticular wax of tobacco

图 3. 烟叶表皮蜡质不同极性组分的相对含量

Table 2. Optimization of the extraction times

表 2. 浸提次数的优化*

浸提次数	提取量(mg)			
	蜡质总量(提取率%)	组分 I	组分 II	组分 III
第一次	80.4 (90.0)	52.2	10.9	17.3
第二次	7.3 (8.1)	5.5	0.8	1.0
第三次	0.6 (0.7)	0.3	0.1	0.2
第四次	-	-	-	-

*以“甲基叔丁基醚 - 甲醇(9 + 1, v/v)”为溶剂

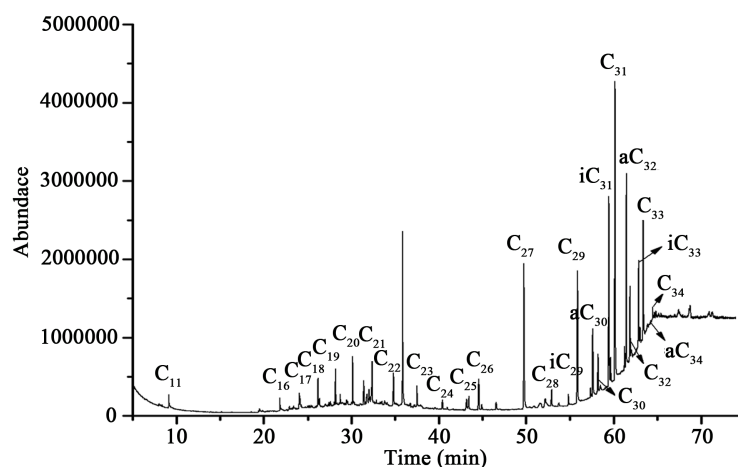


Figure 4. GC-MS chromatograms of the alkanes from tobacco
图 4. 烟叶中烷烃 GC-MS 图

Table 3. Relative distribution of main nonpolar fraction of cuticular wax of tobacco
表 3. 烟叶表皮蜡质主要非极性馏分分析

编号	化合物	分子式	保留时间(min)	相对含量(%)
1	正十一烷	C ₁₁ H ₂₄	9.114	0.64
2	正十六烷	C ₁₆ H ₃₄	21.826	0.54
3	正十七烷	C ₁₇ H ₃₆	24.051	0.55
4	正十八烷	C ₁₈ H ₃₈	26.167	1.00
5	正十九烷	C ₁₉ H ₄₀	28.185	1.12
6	正二十烷	C ₂₀ H ₄₂	30.167	1.42
7	正二十一烷	C ₂₁ H ₄₄	32.367	2.30
8	正二十二烷	C ₂₂ H ₄₆	34.828	1.37
9	正二十三烷	C ₂₃ H ₄₈	37.524	1.19
10	正二十四烷	C ₂₄ H ₅₀	40.416	0.64
11	正二十五烷	C ₂₅ H ₅₂	43.450	1.06
12	正二十六烷	C ₂₆ H ₅₄	46.577	0.64
13	正二十七烷	C ₂₇ H ₅₆	49.757	13.66
14	正二十八烷	C ₂₈ H ₅₈	52.913	1.22
15	异二十九烷	iC ₂₉ H ₆₀	54.847	0.91
16	正二十九烷	C ₂₉ H ₆₀	55.873	9.84
17	反三十烷	aC ₃₀ H ₆₂	57.633	5.42
18	正三十烷	C ₃₀ H ₆₂	58.209	2.78
19	异三十一烷	iC ₃₁ H ₆₄	59.475	11.22
20	正三十一烷	C ₃₁ H ₆₄	60.175	16.97
21	反三十二烷	aC ₃₂ H ₆₆	61.452	9.78
22	正三十二烷	C ₃₂ H ₆₆	61.873	4.07
23	异三十三烷	C ₃₃ H ₆₈	63.024	1.41
24	正三十三烷	C ₃₃ H ₆₈	63.405	7.56
25	反三十四烷	aC ₃₄ H ₇₀	64.307	1.48
26	正三十四烷	C ₃₄ H ₇₀	64.875	1.20

3.2.3. 馏分 II 的组成特征

烟叶表皮蜡质组分 II 初步鉴定出 12 种高级烷醇(见表 4), 主要成分为 1-烷醇, 碳数分布在 C18~C30; 蜡质中含量最高的高级烷醇为二十二烷醇, 其相对含量为 62.5%, 其次是二十烷醇, 其相对含量为 20.6%, 其余高级烷醇的含量很低。在奇数高级烷醇中, 仅检测到少量的十九烷醇、二十一烷醇、二十三烷醇、二十五烷醇和二十七烷醇, 五种奇数高级烷醇总的相对含量仅为 6.3%。表现出高级烷醇的偶数碳优势特征。

3.3. 非极性弱极性蜡质组分的保润性能

上述研究表明, 新鲜烟叶表面存在着大量的蜡质成分, 且主要成分为非极性的高级烷烃类化合物, 其次为以高级烷醇为代表的弱极性化合物。两类化合物作为一类疏水组分, 对稳定烟叶的含水率起到重要作用[8], 是新鲜烟叶阻碍水分挥发的主要化合物。但烟叶经过调制、复烤及制丝等工艺处理后, 其表面蜡质成分含量大大减少[9], 导致烟叶的保润性能受损。为此, 选择烟叶表面含量较高的 4 种烷烃及 2 种烷醇, 通过外加法, 将其溶液喷施于烟丝表面, 探究其对烟丝保水性能的影响。图 4 是在相对湿度 40%、温度 22℃ 条件下, 施加不同高级烷烃或高级烷醇时烟丝样品的含水率随平衡时间变化的实验结果。从图 5 中可以看出: (1) 与对照样比较, 当施加高级烷烃时, 烟丝的失水量均小于对照样, 其含水率均高于对照样品; (2) 当施加不同高级烷烃或烷醇时, 烟丝的失水量无显著差异。实验结果表明, 烷烃类及烷醇类化合物对烟丝具有一定的保润作用, 通过人工手段添加烟叶表面蜡质成分可以减缓烟丝暴露于外界环境后水分的散失, 从而改善烟丝的保水性能。

4. 结论

1) 实验结果证明, 甲基叔丁基醚-甲醇混合溶液(9+1, v/v)提取, 柱层析色谱族组分分离和 GC-MS 相结合的研究方法, 可以较好地实现烟叶表皮蜡质组分的分离与鉴定。

2) 烟叶表皮蜡质非极性组分中主要为烷烃类化合物。烷烃中 nC31 烷含量最高, 占非极性组分相对含量的近 30%。烷烃成分表现出强烈的奇数碳优势。

Table 4. Relative distribution of fraction II of cuticular wax of tobacco

表 4. 烟叶表皮蜡质组分 II 定性分析

编号	化合物	分子式	保留时间(min)	相对含量(%)
1	正十八醇	C ₁₈ H ₃₈ O	18.75	1.1
2	正十九醇	C ₁₉ H ₄₀ O	20.55	0.3
3	正二十醇	C ₂₀ H ₄₂ O	22.87	20.6
4	正二十一醇	C ₂₁ H ₄₄ O	24.81	4.2
5	正二十二醇	C ₂₂ H ₄₆ O	26.72	62.5
6	正二十三醇	C ₂₃ H ₄₈ O	28.54	1.1
7	正二十四醇	C ₂₄ H ₅₀ O	30.31	3.4
8	正二十五醇	C ₂₅ H ₅₂ O	32.56	0.9
9	正二十六醇	C ₂₆ H ₅₄ O	33.69	2.1
10	正二十七醇	C ₂₇ H ₅₆ O	35.84	1.4
11	正二十八醇	C ₂₈ H ₅₈ O	36.88	1.6
12	正三十醇	C ₃₀ H ₆₂ O	40.28	0.8

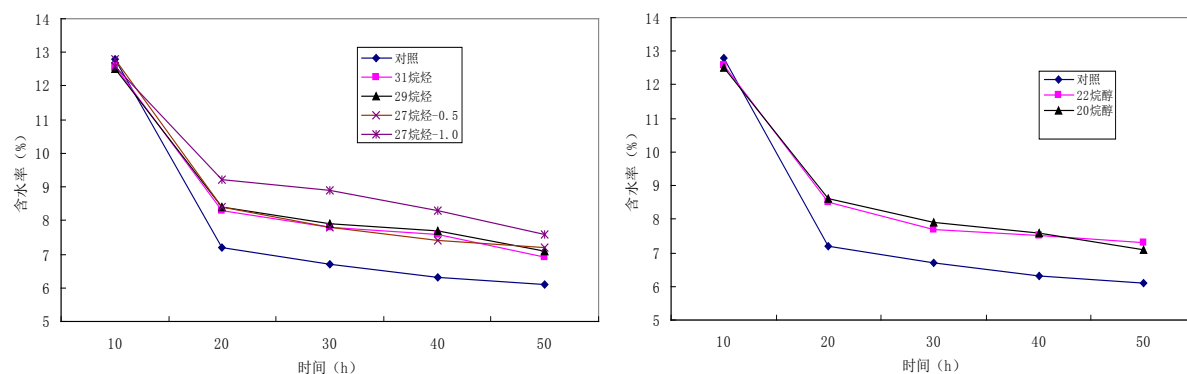


Figure 5. Effect of alkanes and alkanol on the moisture content of cut tobacco

图 5. 添加不同烷烃和烷醇烟丝样品的含水率随平衡时间的变化曲线

3) 烟叶表皮蜡质弱极性组分中, 鉴定出碳数分布在 C18~C30 之间的 12 种高级烷醇, 含量最高的为二十二烷醇。高级脂肪醇表现为强烈的偶数碳优势。

4) 高级烷烃和高级烷醇对烟丝均具有一定的保润作用, 且加大其施加量可明显提高烟丝的平衡含水率, 减缓烟丝的失水速率。研究表明人为添加烟叶蜡质成分或成为改善烟叶保润性能的可行途径。

基金项目

安徽中烟工业有限责任公司科技项目《烟叶蜡质对物理保润性能影响及封阻型保润剂的设计研究》(2015123)。

参考文献 (References)

- [1] Von Wettstein-Knowles, P.M. (1993) Waxes, Cutin and Suberin, Lipid Metabolism in Plants. CRC Press, Florida, 127-166.
- [2] Kolattukudy, P.E. (1968) Further Evidence for an Elongation-Dacarboxylation Mechanism in the Biosynthesis of Paraffins in Leaves. *Plant Physiology*, **43**, 375-383. <https://doi.org/10.1104/pp.43.3.375>
- [3] Severson, R.F., Johnson, A.M. and Jackson, D.M. (1985) Cuticular Constituents of Tobacco: Factors Affecting Their Production and Their Role in Insect and Disease Resistance and Smoke Quality. *Rec. Adv. Tob. Sci.*, **11**, 105-173.
- [4] Arrendale, R.F., Severson, R.F., Chorty, D.T. and Stephenson, M.G. (1988) Isolation and Identification of the Wax Esters from the Cuticular Waxes of Green Tobacco Leaf. *Beitrage zur Tabakforschung International/Contributions to Tobacco Research*, **14**, 67-84.
- [5] 徐静, 王美玲, 李婷婷, 饶智, 张芸芸, 孙渭, 温晓霞, 王中华, 丁朋辉, 袁威. 烟草叶片表面蜡质成分及含量研究[J]. 西北农业学报, 2014, 23(4): 140-145.
- [6] 艳青, 陈柏, 王晓飞, 任小林. 苹果果皮蜡质组分的 GC-MS 分析[J]. 西北农业学报, 2014, 23(5): 104-112.
- [7] 周小云, 陈信波, 徐向丽. 稻叶表皮蜡质提取方法及含量的比较[J]. 湖南农业大学学报, 2007, 33(3): 273-276.
- [8] 康文功, 马林, 胡军, 王广超, 彭洁. 烷烃对烟叶保润性能的影响[J]. 烟草科技, 2014, 47(5): 51-59.
- [9] Davis, D.L. (1976) Waxes and Lipids in Leaf Their Relationship to Smoking Quality and Aroma. *Rec. Adv. Tob. Sci.*, 80-106.
- [10] 曾世通, 刘洋, 刘珊, 白新亮, 高川川, 赵明月, 胡军. 烟叶保润性能影响研究[J]. 烟草科技, 2011, 44(8): 62-67.
- [11] Oliveira, A.F.M., Meirelles, S.T. and Salatino, A. (2003) Epicuticular Waxes from Caatinga and Cerrado Species and Their Efficiency against Water Loss. *An Acad Bras Cienc*, **75**, 431-439. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652003000400003>

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：hias@hanspub.org