



引用格式:许春平,孟丹丹,朱国成,等. 紫外辐照对再造烟叶涂布液挥发性香味成分的影响[J]. 轻工学报,2019,34(6):24-32.

中图分类号:TS411 文献标识码:A

DOI:10.3969/j.issn.2096-1553.2019.06.004

文章编号:2096-1553(2019)06-0024-09

# 紫外辐照对再造烟叶涂布液挥发性香味成分的影响

## Effect of ultraviolet irradiation on volatile aroma components of coating liquid of reconstituted tobacco

许春平<sup>1</sup>, 孟丹丹<sup>1</sup>, 朱国成<sup>2</sup>, 姜宇<sup>1</sup>, 许衡<sup>3</sup>, 李书芳<sup>2</sup>, 杨志强<sup>2</sup>, 郑凯<sup>2</sup>

XU Chunping<sup>1</sup>, MENG Dandan<sup>1</sup>, ZHU Guocheng<sup>2</sup>, JIANG Yu<sup>1</sup>, XU Heng<sup>3</sup>, LI Shufang<sup>2</sup>, YANG Zhiqiang<sup>2</sup>, ZHENG Kai<sup>2</sup>

1. 郑州轻工业大学 食品与生物工程学院, 河南 郑州 450001;
  2. 河南中烟工业有限责任公司 许昌卷烟厂, 河南 许昌 461000;
  3. 河南中烟工业有限责任公司 技术中心, 河南 郑州 450016
1. *College of Food and Biological Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450001, China;*
  2. *Xuchang Cigarette Factory, China Tobacco He'nan Industrial Co., Ltd., Xuchang 461000, China;*
  3. *Technical Center, China Tobacco He'nan Industrial Co., Ltd., Zhengzhou 450016, China*

**关键词:**  
再造烟叶涂布液; 紫外辐照; 挥发性香味成分

**Key words:**  
coating liquid of reconstituted tobacco; ultraviolet irradiation; volatile aroma components

**摘要:**对再造烟叶涂布液进行不同时长的紫外辐照,对辐照后再造烟叶涂布液的挥发性香味成分进行同时蒸馏萃取和 GC-MS 分析鉴定,并对其进行主成分分析和感官评吸. 结果表明:紫外辐照 15 min,再造烟叶涂布液的香味物质高达 55 种,新增香味成分主要包括醇、酮、醛类,如螺岩兰草酮、芳樟醇、苯甲醛等;由其卷制的卷烟香气量略有提升,柔细度增加,感官效果最佳.

收稿日期:2018-12-11

作者简介:许春平(1977—),男,河南省焦作市人,郑州轻工业大学教授,博士,主要研究方向为烟用香料与烟草质量检测.

通信作者:郑凯(1981—),男,河南省许昌市人,河南中烟工业有限责任公司许昌卷烟厂工程师,主要研究方向为烟草质量检测评价.

**Abstract:** The coating liquid of reconstituted tobacco were irradiated for different period by ultraviolet (UV), and the volatile aroma components of the coating liquid of reconstituted tobacco after irradiation were extracted using simultaneous distillation and solvent extraction method, then identified by GC-MS, and then analyzed by principal component analysis and sensory evaluation. The results showed that the optimal UV treatment time was 15 min. At this time, there were 55 kinds of aroma components, and the newly generated aroma components mainly included alcohols, ketones and aldehydes, such as solavetivone, linalool, and benzaldehyd, etc; the aroma amount of cigarettes was increased slightly, the smoke mildness was slightly increased, and the sensory effect was the best.

## 0 引言

再造烟叶是一种以废弃烟叶、烟梗、烟末等为主体原料,经过重新组合加工而成的产品.再造烟叶的制造方法主要有稠浆法<sup>[1]</sup>、辊压法<sup>[2]</sup>、造纸法.目前,我国普遍采用造纸法制造再造烟叶.分离和重组是再造烟叶制备的两个基本步骤,其中,重组是控制再造烟叶品质十分重要的环节,包括再造烟叶涂布液的控制调配和涂布两个环节<sup>[3]</sup>.

再造烟叶涂布液是利用烟草调制、收购、运输、加工等过程中所产生的烟梗、碎片、烟末等下脚料用水浸取分离、浓缩制备得到的烟草萃取浓缩液<sup>[4-5]</sup>,是影响再造烟叶品质的重要因素.张晨等<sup>[6]</sup>利用酿酒酵母改进烟草萃取浓缩液的香气特性,经过酿酒酵母处理后,烟草萃取浓缩液中的酸类、酮类、酯类等物质含量都有不同程度的增加.程昌合等<sup>[7]</sup>将烟草萃取浓缩液在 45 °C 条件下醇化处理一段时间后,经鉴定萃取液中的挥发性香味成分的种类增加,并且其中的致香物质含量也有一定幅度的增加.

紫外辐照的目的是利用紫外线照射,使光子的能量转移至原子或者分子中去,当光子能量恰好等于两个能级之差时,被照射物质微粒(原子或分子)吸收能量并跃迁至激发态,处于激发态的活化原子或分子可引起后续一系列化学变化,波长在 200 nm 以下紫外线可以被氧分子吸收产生臭氧,而臭氧是一种强氧化剂,易于同不饱和分子发生反应.黄勇等<sup>[8]</sup>使用紫外辐

照方法来辐照烟叶,发现该方法可以削弱烟叶的刺激性,使烟味越发酵和.陈云堂等<sup>[9-10]</sup>利用紫外辐照技术对烟草进行醇化,通过对原烟、复烤烟叶甚至卷烟进行紫外辐照处理,发现经紫外辐照的原烟烟香有了很大程度的改善,青杂气减少了,香气和浓度都有所提高.但是,目前还没有利用紫外辐照技术改善再造烟叶涂布液香味成分的相关研究.

本研究拟采用紫外辐照技术对再造烟叶涂布液进行不同时间的紫外辐照处理,采用同时蒸馏萃取的方法提取处理后的再造烟叶涂布液中的挥发性香味成分并对其进行主成分分析,再将经辐照处理的再造烟叶涂布液施加到再造烟叶片基上进行香烟卷制,然后进行感官质量评吸,从而考察不同时间紫外辐照对再造烟叶涂布液挥发性香味成分的影响,为改善再造烟叶涂布液的品质提供理论依据.

## 1 材料与方法

### 1.1 材料和方法

再造烟叶涂布液,由许昌中烟薄片厂提供.

乙酸苯乙酯,北京百灵威科技有限公司产;无水  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,天津市科密欧化学试剂有限公司产;  $\text{NaCl}$ ,天津市永大化学试剂有限公司产;  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ,天津市富于精细化工有限公司产.以上试剂均为分析纯.

### 1.2 实验仪器

AGILENT 6890GC/5973MS 气相色谱质谱联用仪,美国 Agilent 公司产;紫外灯(20 W,波

长 198nm,产臭氧)广东雪莱特光电科技股份有限公司产;SY-111 型切丝机,河南富邦实业有限公司产;LSB-5110 型低温冷却循环泵,郑州凯鹏实验仪器有限责任公司产;LHS-50CL 型恒温恒湿箱,上海一恒科学仪器有限公司产。

### 1.3 实验方法

**1.3.1 样品的紫外辐照处理** 取适量再造烟叶涂布液,平衡 48 h,平衡环境为:温度  $22 \pm 2$  °C,相对湿度 60%。平衡后,取适量样品置于直径为 9 cm 的玻璃培养皿中,液面高度约 1 cm。调节紫外灯到再造烟叶涂布液液面的距离至 10 cm。用紫外灯辐照处理样品,紫外辐照时间分别为 0 min,15 min,30 min,45 min,90 min。

**1.3.2 同时蒸馏萃取** 将紫外辐照处理后的再造烟叶涂布液样品进行同时蒸馏萃取。于同时蒸馏萃取装置一端的烧瓶内加入 10 g 紫外辐照过的样品,30 g NaCl,300 mL 蒸馏水,混匀后电热套加热;于同时蒸馏萃取装置另一端加入 50 mL 的  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  后,60 °C 水浴加热,使用冷却水循环冷凝。待  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  与水出现分层时开始计时,蒸馏萃取时间为 2.5 h。萃取完成后稍冷却,加入适量无水  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,1 mL 内标,于 4 °C 条件下静置过夜,然后于 40 °C 水浴条件下旋蒸浓缩至 1 mL,为 GC-MS 分析鉴定备用。

**1.3.3 GC-MS 分析** 再造烟叶涂布液挥发性香味成分的 GC-MS 分析采用气相色谱质谱联用仪进行全离子扫描,分析条件如下。

色谱条件:色谱柱为 HP-5MS (60 m × 0.25 mm × 0.25 μm),载气为高纯氮气,分流比 5:1,流速 3 mL/min,进样口温度 280 °C;升温程序为起始温度 50 °C,保持 2 min,以 8 °C/min 的速度升温至 200 °C,再以 2 °C/min 的速度升温至 280 °C,保持 10 min。

质谱条件:四级杆温度 150 °C,接口温度 270 °C,离子化方式 EI,电子能量 70 eV,离子源温度 230 °C,质量扫描范围 35 ~ 550 m/z。

**1.3.4 挥发性香味成分主成分分析** 主成分分析是一种数据降维分析,以排除众多化学信息共存中相互重叠的信息,利用降维的思想,将多个指标化为少数几个综合指标(即主成分),同时每个主成分都能够反映原始变量的数据结构特征而不丢失信息的多元统计分析方法<sup>[11]</sup>。采用主成分分析方法对不同时间的紫外辐照再造烟叶涂布液样品的挥发性香味成分进行分析,利用 SPSS 软件因子分析模块中的降维分析。

**1.3.5 感官评吸** 将不同样品以 39% 的涂布率涂布在再造烟叶片基上。将涂布好的片基切丝处理后,分别按照每支烟总质量 ( $0.80 \pm 0.01$ ) g 的标准卷制样品,按照国标要求,在温度 ( $22 \pm 2$ ) °C,相对湿度 ( $60 \pm 5$ ) % 的恒温恒湿箱中平衡 48 h。由 10 名具有烟草行业感官评吸资格的评吸员,从香气质、香气量、浓度、柔细度、余味、杂气、刺激性、劲头、燃烧性、灰色 10 项指标分别进行评分,每项指标满分 10 分,总计 100 分。

### 1.4 数据处理与分析

通过 GC-MS 检测出总离子流图,利用 NIST 11 标准谱库对照检索,保留匹配度 80% 以上的挥发性物质,结合相关文献,人工查找并确定再造烟叶涂布样品处理前后的香味成分,同时采用内标法(乙酸苯乙酯为内标)计算再造烟叶涂布液样品中各香味成分的含量。

## 2 结果与分析

### 2.1 紫外辐照对再造烟叶涂布液挥发性香味成分的影响

样品 GC-MS 分析结果见表 1。由表 1 可知:1) 未经紫外辐照的再造烟叶涂布液香味成分总量为 171.33 μg/g,其香味物质有 46 种;2) 经紫外辐照 15 min 的再造烟叶涂布液香味成分总量为 168.53 μg/g,其香味物质有 55 种,特有

的香味物质有螺岩兰草酮、芳樟醇、苯甲醛、6,10,14-三甲基-2-十五烷酮、4-亚甲基-1-甲基-2-(2-甲基-1-丙烯-1-基)-1-乙炔基-环庚烷、2-乙酰基咪喃、2-苯乙基氯乙酸、1-氯二十七烷、1-甲基-2,4-双(1-甲基乙炔基)-环己烷、1-(1-甲基乙炔基)-2,3,4,5-四甲基苯、(6R,7E,9R)-9-羟基-4,7-巨豆二烯-3-酮;3)经紫外辐照 30 min 的再造烟叶涂布液香味成分总量为 154.05  $\mu\text{g/g}$ ,其香味物质有 47 种,特有的香味物质有乙酸苏合香酯、香叶基香叶醇、四十三烷、顺式-Z- $\alpha$ -赤藓烯环氧化物、邻苯二甲酸二正辛酯、邻苯二甲酸二丁酯、大马酮、巴伦西亚橘烯、4-甲氧基联苯、2-苯乙基酯、溴乙酸、2,4-二叔丁基苯酚、1,2-二氢-2,5,8-三甲基-萘、(1R)-(+) - TRANS 蒎烷;4)经紫外辐照 45 min 的再造烟叶涂布液香味成分总量为 112.58  $\mu\text{g/g}$ ,其香味物质有 25 种,特有的香味物质有间苯二甲酸二辛酯、2-甲基-1-壬烯-3-炔、1,1,5-三甲基-1,2-二氢萘;5)经紫外辐照 90 min 的再造烟叶涂布液香味成分总量为 162.40  $\mu\text{g/g}$ ,其香味物质有 25 种,特有的香味物质有邻苯二甲酸二(2-乙基己)酯、二十七烷、二十六烷、7,10,13-十六碳三烯酸甲酯、4,8,13-二三烯-1,3-二醇(7CI)、1-亚甲基-2B 羟甲基-3,3-二甲基4B-(3-甲基丁-2-烯基)-环己烷、1,7,7-三甲基三环[2.2.1.0<sub>2,6</sub>]庚烷。

再造烟叶涂布液经不同时间的紫外辐照后,挥发性香味成分的种类和总量都不相同.这可能是因为当紫外线辐照有机化合物时,其中的 C—N 键, C—C 键在吸收紫外线的能量后发生断裂,使有机物逐渐降解,从而使得再造烟叶涂布液中的某些致香物质发生改变.而紫外辐照产生的臭氧具有较强的氧化能力,可以加速再造烟叶涂布液的氧化,把再造烟叶涂布液中

的多酚类物质和芳香族胺基类物质氧化形成多种产物<sup>[12-13]</sup>.另外,臭氧可以把芳香族化合物氧化分解成有机酸,使烟气更加醇和,从而提高卷烟的抽吸品质.

## 2.2 样品挥发性香味成分主成分分析结果

表 2 为样品的主成分载荷矩阵表,3 种主成分的特征值和贡献率见表 3.

由表 2 可知,正十五烷酸三甲基甲硅烷基酯、硬脂酸、亚油酸、亚麻酸、四十四烷、十五烷、十七烷、十六烷、十九烷、十二烷、十八烷、三甲基甲硅烷基棕榈酸酯、反式角鲨烯、苜醇、7-甲基-2-咪喃醛、3-(4,8,12-三甲基十三烷基)咪喃、2-乙酰基吡咯和 2,6,10,14-四甲基-十六烷这 18 种香味物质在主成分 I 中的矩阵比较高(其|载荷| > 0.8),所以主成分 I 反映了上述 18 种香味物质的指标信息;乙酸苏合香酯、香叶基香叶醇、四十三烷、顺式-Z- $\alpha$ -赤藓烯环氧化物、邻苯二甲酸二正辛酯、邻苯二甲酸二异辛酯、邻苯二甲酸二丁酯、癸烷、大马酮、苯乙醇、巴伦西亚橘烯、9,12,15-十八烷三烯酸甲酯、4-甲氧基联苯、2-苯乙基酯溴乙酸、2,6,10,14-四甲基十五烷、2,4-二叔丁基苯酚、1,2-二氢-2,5,8-三甲基-萘、[1R-(1R\*,4Z,9S\*)]-4,11,11-三甲基-8-亚甲基-二环[7.2.0]4-十一烯、(E)-1-(2,3,6-三甲基苯基)丁-1,3-二烯(TPB,1)和(1R)-(+) - TRANS 蒎烷这 20 种物质在主成分 II 中的矩阵比较高(其|载荷| > 0.8),所以主成分 II 反映了上述这 20 种香味物质的指标信息;二十五烷和二十烷这 2 种物质在主成分 III 中的矩阵比较高(其|载荷| > 0.8),所以主成分 III 反映了上述 2 种香味物质的指标信息.

由表 3 可知,主成分 I、主成分 II 和主成分 III 的累积贡献率达到 84.632%,所以,再造烟叶涂布液经不同时间紫外辐照后检测出的 87 种

表1 样品 GC-MS 分析结果

Table1 The GC-MS analysis conditions of sample

μg/g

序号	化学名	紫外辐照时间/min					序号	化学名	紫外辐照时间/min				
		0	15	30	45	90			0	15	30	45	90
n1	棕榈酸甲酯	2.02	1.75	2.78	1.40	2.60	n39	二十五烷	1.52	—	—	1.19	—
n2	棕榈酸	50.00	69.25	73.29	45.02	70.09	n40	二十烷	13.96	2.79	6.73	15.32	5.24
n3	正十五烷酸三甲基甲硅烷基酯	2.49	1.07	—	1.87	3.00	n41	二十七烷	—	—	—	—	7.20
n4	正三十烷	2.62	—	—	—	—	n42	二十六烷	—	—	—	—	1.41
n5	油酸酰胺	15.04	7.35	7.79	7.24	38.01	n43	二十八烷	3.50	1.12	—	—	—
n6	硬脂酸	7.13	9.07	9.29	—	—	n44	二氢猕猴桃内酯	1.42	1.63	1.77	1.72	2.36
n7	乙酸苏合香酯	—	—	0.30	—	—	n45	大马酮	—	—	3.22	—	—
n8	乙酸苯乙酯	82.11	82.11	82.11	82.11	82.11	n46	大马土酮	3.22	3.38	—	4.28	4.77
n9	亚油酸	12.73	15.63	16.46	—	—	n47	苜醇	1.09	1.29	0.69	—	—
n10	亚麻酸	31.25	36.86	29.42	17.31	23.04	n48	苯乙醛	5.19	4.47	4.28	5.49	0.98
n11	亚硫酸丁基十七烷基酯	2.59	—	—	—	—	n49	苯乙醇	1.17	1.34	—	—	—
n12	香叶基香叶醇	—	—	2.80	—	—	n50	苯甲醛	—	0.50	—	—	—
n13	香树烯	1.86	—	—	3.78	—	n51	巴伦西亚橘烯	—	—	2.44	—	—
n14	天然维生素 E	1.30	0.59	—	—	—	n52	α-亚麻酸三甲基甲硅烷基酯	6.52	—	—	4.76	4.50
n15	四十四烷	—	0.61	0.65	—	—		9-乙烯基-10-氧杂三环[4.2.1.1(3,9)]癸-4-烯	—	6.01	—	6.90	—
n16	四十三烷	—	—	1.86	—	—		9-氨基-1,2,3,3a,4,6a-六氢-1,2,4-[1]丙烷基[3]亚基五烯-9-羧酸	1.57	—	—	—	—
n17	顺式-Z-α-赤藓烯环氧化物	—	—	2.22	—	—	n54	9,12,15-十八烷三烯酸甲酯	4.76	4.70	—	—	—
n18	十五烷	—	0.39	0.59	—	—	n55	5-甲基2-呋喃醛	1.15	1.31	0.64	—	—
n19	十四烷酸三甲基甲硅烷基酯	4.14	1.97	1.59	2.80	3.97	n56	7,10,13-十六碳三烯酸甲酯	—	—	—	—	4.50
n20	十七烷	1.86	8.58	7.35	—	—	n57	6-氨基-2,4-二甲基-5-甲氧基喹啉	1.26	1.59	1.47	—	1.77
n21	十六烷	1.45	1.62	1.68	—	—	n58	6,10,14-三甲基-2-十五烷酮	—	0.91	—	—	—
n22	十九烷	1.48	1.64	2.22	—	—		4-亚甲基-1-甲基-2-(2-甲基-1-丙烯-1-基)-1-乙烯基-环庚烷	—	2.43	—	—	—
n23	十二烷	0.63	0.72	0.68	—	—	n60	4-甲氧基联苯	—	—	1.43	—	—
n24	十八烷	1.32	2.87	1.88	—	—	n61	4,8,13-二三烯-1,3-二醇(7CI)	—	—	—	—	4.08
n25	三甲基甲硅烷基棕榈酸酯	30.25	10.43	—	42.46	35.84	n62	4,7,9-巨豆三烯-3-酮	2.99	3.40	3.84	3.68	5.04
n26	茄尼酮	2.74	3.01	2.98	3.36	—	n63	3-羟基-β-大马酮	1.33	1.78	1.93	—	1.47
n27	螺岩兰草酮	—	1.94	—	—	—	n64	3-(4,8,12-三甲基十三烷基)呋喃	0.55	0.50	0.91	—	—
n28	邻苯二甲酸二正辛酯	—	—	1.03	—	—	n65	2-乙酰基呋喃	—	0.27	—	—	—
n29	邻苯二甲酸二异辛酯	0.50	0.43	—	—	—	n66	2-乙酰基吡咯	1.37	1.60	0.91	—	—
n30	邻苯二甲酸二丁酯	—	—	1.22	—	—	n67						
n31	邻苯二甲酸二(2-乙基己)酯	—	—	—	—	1.01							
n32	芥酸酰胺	—	4.02	—	3.51	—							
n33	间苯二甲酸二辛酯	—	—	—	1.66	—							
n34	癸烷	0.31	0.31	—	—	—							
n35	芳樟醇	—	0.32	—	—	—							
n36	反式角鲨烯	0.75	0.53	0.81	—	—							
n37	反式-5-甲基-3-(甲基乙烯基)环己烯	10.41	7.53	12.01	—	7.17							
n38	法尼基丙酮	3.12	3.19	1.89	1.55	2.44							

续表 1

序号	化学名	紫外辐照时间/min					序号	化学名	紫外辐照时间/min				
		0	15	30	45	90			0	15	30	45	90
n68	2-甲基-1-壬烯-3-炔	—	—	—	8.94	—	n79	1,2,3,4-四氢-1,1,6-三甲基萘	1.57	1.86	1.84	1.39	—
n69	2-苯乙基酯溴乙酸	—	—	0.47	—	—	n80	1,2,3,4-四甲基萘	—	1.94	—	—	—
n70	2-苯乙基氯乙酸	—	0.86	—	—	—	n81	1,1,5-三甲基-1,2-二氢萘	—	—	—	1.21	—
n71	2,6,10,14-四甲基十五烷	—	—	2.62	—	—	n82	1-(1-甲基乙烯基)-2,3,4,5-四甲基苯	—	0.56	—	—	—
n72	2,6,10,14-四甲基-十六烷	2.09	2.56	2.66	—	—	[1R-(1R*,4Z,9S*)]-	—	—	—	—	—	
n73	2,4-二叔丁基苯酚	—	—	0.56	—	—	n83	4,11,11-三甲基-8-亚甲基-二环[7.2.0]4-十一烯	—	—	9.45	4.79	—
n74	1亚甲基-2B羟甲基-3,3-二甲基4B-(3-甲基丁-2-烯基)-环己烷	—	—	—	—	5.65	n84	(E)-1-(2,3,6-三甲基苯基)丁-1,3-二烯(TPB,1)	4.29	4.81	0.93	3.07	4.36
n75	1-氯二十七烷	—	1.29	—	—	—	n85	(7R,8S)-顺-反-顺-7,8-环氧三环[7.3.0.0(2,6)]十二烷	4.92	—	—	—	—
n76	1-甲基-2,4-双(1-甲基乙烯基)-环己烷	—	1.33	—	—	—	n86	(6R,7E,9R)-9-羟基-4,7-巨豆二烯-3-酮	—	2.74	—	—	—
n77	1,7,7-三甲基三环[2.2.1.0(2,6)]庚烷	—	—	—	—	3.99	n87	(1R)-(+)-TRANS 蒎烷	—	—	2.28	—	—
n78	1,2-二氢-2,5,8-三甲基-萘	—	—	2.35	—	—							

注:“—”表示未检出

表 2 样品的主成分载荷矩阵表

Table 2 The principal component load matrix of the sample

序号	化学名	主成分 I	主成分 II	主成分 III	序号	化学名	主成分 I	主成分 II	主成分 III
n1	棕榈酸甲酯	0.194	-0.702	0.373	n21	十六烷	0.944	0.127	-0.130
n2	棕榈酸	0.475	-0.371	0.782	n22	十九烷	0.956	-0.072	-0.138
n3	正十五烷酸三甲基甲硅烷基酯	-0.838	0.373	0.076	n23	十二烷	0.935	0.189	-0.117
n4	正三十烷	-0.001	0.390	-0.589	n24	十八烷	0.943	0.300	0.141
n5	油酸酰胺	-0.633	-0.136	0.549	n25	三甲基甲硅烷基棕榈酸酯	-0.942	0.260	-0.208
n6	硬脂酸	0.967	0.103	-0.078	n26	茄尼酮	0.548	0.186	-0.666
n7	乙酸苏合香酯	0.588	-0.803	-0.094	n27	螺岩兰草酮	0.527	0.636	0.469
n9	亚油酸	0.964	0.091	-0.093	n28	邻苯二甲酸二正辛酯	0.588	-0.803	-0.094
n10	亚麻酸	0.818	0.408	0.218	n29	邻苯二甲酸二异辛酯	0.395	0.819	-0.162
n11	亚硫酸丁基十七烷基酯	-0.001	0.390	-0.589	n30	邻苯二甲酸二丁酯	0.588	-0.803	-0.094
n12	香叶基香叶醇	0.588	-0.803	-0.094	n31	邻苯二甲酸二(2-乙基己)酯	-0.620	-0.217	0.678
n13	香树烯	-0.494	0.187	-0.755	n32	芥酸酰胺	0.084	0.548	0.056
n14	天然维生素 E	0.240	0.686	-0.380	n33	间苯二甲酸二辛酯	-0.493	-0.006	-0.463
n15	四十四烷	0.911	-0.174	0.291	n34	癸烷	0.429	0.838	-0.098
n16	四十三烷	0.588	-0.803	-0.094	n35	芳樟醇	0.527	0.636	0.469
n17	顺式-Z-α-赤藓烯环氧化物	0.588	-0.803	-0.094	n36	反式角鲨烯	0.853	-0.024	-0.305
n18	十五烷	0.890	-0.364	0.205	n37	反式-5-甲基-3-(甲基乙烯基)环己烯	0.636	-0.228	0.109
n19	十四烷酸,三甲基甲硅烷基酯	-0.731	0.278	-0.106	n38	法尼基丙酮	0.313	0.731	0.255
n20	十七烷	0.960	0.030	0.243					

续表 2

序号	化学名	主成分 I	主成分 II	主成分 III	序号	化学名	主成分 I	主成分 II	主成分 III
n39	二十五烷	-0.350	0.349	-0.861	n66	2-乙酰基呋喃	0.527	0.636	0.469
n40	二十烷	-0.436	0.048	-0.898	n67	2-乙酰基吡咯	0.819	0.489	-0.085
n41	二十七烷	-0.620	-0.217	0.678	n68	2-甲基-1-壬烯-3-炔	-0.493	-0.006	-0.463
n42	二十六烷	-0.620	-0.217	0.678	n69	2-苯乙基酯溴乙酸	0.588	-0.803	-0.094
n43	二十八烷	0.172	0.612	-0.452	n70	2-苯乙基氯乙酸	0.527	0.636	0.469
n44	二氢猕猴桃内酯	-0.529	-0.451	0.718	n71	2,6,10,14-四甲基十五烷	0.588	-0.803	-0.094
n45	大马酮	0.588	-0.803	-0.094	n72	2,6,10,14-四甲基-十六烷	0.962	0.102	-0.093
n46	大马士酮	-0.790	0.563	0.225	n73	2,4-二叔丁基苯酚	0.588	-0.803	-0.094
n47	苜醇	0.806	0.515	-0.076	n74	1-亚甲基-2B-羟甲基-3,3-二甲基-4B-(3-甲基丁-2-烯基)-环己烷	-0.620	-0.217	0.678
n48	苯乙醛	0.384	0.294	-0.804	n75	1-氯二十七烷	0.527	0.636	0.469
n49	苯乙醇	0.456	0.849	-0.039	n76	1-甲基-2,4-双(1-甲基乙炔基)-环己烷	0.527	0.636	0.469
n50	苯甲醛	0.527	0.636	0.469	n77	1,7,7-三甲基三环[2.2.1.0 <sub>2,6</sub> ]庚烷	-0.620	-0.217	0.678
n51	巴伦西亚橘烯	0.588	-0.803	-0.094	n78	1,2-二氢-2,5,8-三甲基-萘	0.588	-0.803	-0.094
n52	α-亚麻酸三甲基甲硅烷基酯	-0.771	0.231	-0.449	n79	1,2,3,4-四氢-1,1,6-三甲基萘	0.798	0.180	-0.505
n53	9-乙烯基-10-氧杂三环[4.2.1.1(3,9)]癸-4-烯	-0.029	0.477	-0.047	n80	1,2,3,4-四甲基萘	0.527	0.636	0.469
n54	9-氨基-1,2,3,3a,4,6a-六氢-1,2,4-[1]丙烷基[3]亚基五烯-9-羧酸	-0.001	0.390	-0.589	n81	1,1,1-三甲基-1,2-二氢萘	-0.493	-0.006	-0.463
n55	9,12,15-十八烷三烯酸甲酯	0.426	0.837	-0.104	n82	1-(1-甲基乙炔基)-2,3,4,5-四甲基苯	0.527	0.636	0.469
n56	7-甲基-2-呋喃醛	0.816	0.245	0.424	n83	[1R-(1R*,4Z,9S*)]-4,11,11-三甲基-8-亚甲基-二环[7.2.0]4-十一烯	0.337	-0.805	-0.329
n57	7,10,13-十六碳三烯酸甲酯	-0.620	-0.217	0.678	n84	(E)-1-(2,3,6-三甲基苯基)丁-1,3-二烯(TPB,1)	-0.326	0.861	0.334
n58	6-氨基-2,4-二甲基-5-甲氧基喹啉	0.381	-0.039	0.674	n85	(7R,8S)-顺-反-顺-7,8-环氧三环[7.3.0.0(2,6)]十二烷	-0.001	0.390	-0.589
n59	6,10,14-三甲基-2-十五烷酮	0.527	0.636	0.469	n86	(6R,7E,9R)-9-羟基-4,7-巨豆二烯-3-酮	0.527	0.636	0.469
n60	4-亚甲基-1-甲基-2-(2-甲基-1-丙烯-1-基)-1-乙烯基-环庚烷	0.527	0.636	0.469	n87	(1R)-(+) - TRANS 蒎烷	0.588	-0.803	-0.094
n61	4-甲氧基联苯	0.588	-0.803	-0.094					
n62	4,8,13-二三烯-1,3-二醇(7CI)	-0.620	-0.217	0.678					
n63	4,7,9-巨豆三烯-3-酮	-0.521	-0.506	0.687					
n64	3-羟基-β-大马酮	0.676	-0.127	0.505					
n65	3-(4,8,12-三甲基十三烷基)呋喃	0.911	-0.227	-0.201					

注:提取特征值大于1的为成分

表 3 3 种主成分的特征值和贡献率

Table 3 Eigenvalues and contribution rates of the three principal components

主成分	初始特征值			提取平方和载入		
	特征值	贡献率/%	累积贡献率/%	特征值	贡献率/%	累积贡献率/%
I	33.044	37.981	37.981	33.044	37.981	37.981
II	24.346	27.984	65.966	24.346	27.984	65.966
III	16.239	18.666	84.632	16.239	18.666	84.632

挥发性香味成分可以用上述 3 个主成分进行主成分分析.

由表 1 中 5 组样品的 87 种香味成分的相对含量、表 2 中 87 种香味成分的载荷值和表 3 中前 3 个主成分的特征值计算出 5 组样品中的第一、第二和第三主成分值,以主成分 I、主成分 II 和主成分 III 分别为坐标轴,采用三维笛卡尔坐标系做散点图,如图 1 所示(图中 1—5 分别表示紫外辐照 0 min, 15 min, 30 min, 45 min, 90 min 的样品).

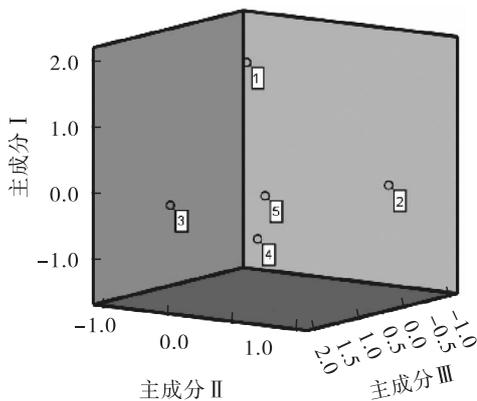


图 1 不同时间紫外辐照处理样品的主成分散点图

Fig. 1 Principal component analysis scattered plots of the samples treated with ultraviolet irradiation for different minutes

由图 1 可知,5 组样品在散点图上的距离远近分成 4 个区域,其中,紫外辐照 0 min, 15 min, 30 min 处理组的样品距离较远,紫外辐照 45 min, 90 min 处理组的样品距离较近.由此可以得出,紫外辐照 0 min, 15 min, 30 min 的再造烟叶涂布液的香味物质的主成分差别较大,而紫外辐照 45 min, 90 min 的再造烟叶涂布液的香味物质的主成分差别较小.

分别以 87 种挥发性香味成分(与表 2 挥发性香味成分相对应)的第一、第二和第三主成分为坐标轴构建三维坐标系作散点图,见图 2.

由图 1, 图 2 和表 1 可知,紫外辐照 15 min

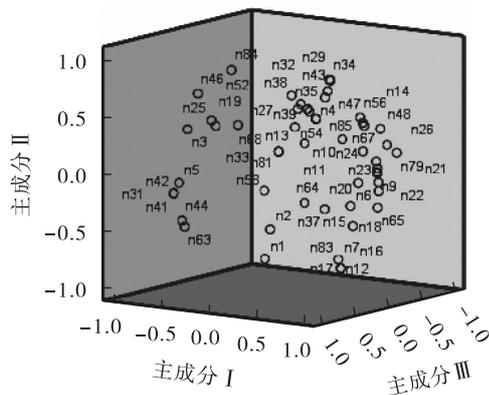


图 2 87 种挥发性香味成分的主成分散点图  
Fig. 2 Principal component analysis scattered plots of 87 kinds of volatile aroma components

的再造烟叶涂布液的香味成分主要分布在第一主成分的正半轴、第二主成分的正半轴和第三主成分的负半轴所组成的空间里,按影响力大小依次为亚油酸(n9)、十九烷(n22)、3-(4,8,12-三甲基十三烷基)咪喃(n66)、十五烷(n18);紫外辐照 30 min 的再造烟叶涂布液的香味成分主要分布在第一主成分的负半轴、第二主成分的负半轴和第三主成分的正半轴所组成的空间里,按影响力大小依次为十八烷(n24)、2-乙酰基吡咯(n68)、顺式-Z- $\alpha$ -赤藓烯环氧化物(n17)、茄尼酮(n26).

### 2.3 感官评吸结果

再造烟叶涂布液经过不同时间的紫外辐照处理后,以 39% 的涂布率涂布在再造烟叶片基后进行卷制,感官评吸结果见表 4. 由表 4 可知,紫外辐照 15 min 的再造烟叶涂布液,其评吸效果最好,感官质量得分最高. 当紫外辐照时间大于 15 min,再造烟叶涂布液的紫外辐照时间越长,施加到再造烟叶片基后的感官品质越差.

### 3 结论

以再造烟叶涂布液为实验材料,对其进行不同时长的紫外辐照处理后,对提取出的香味

表4 紫外辐照处理再造烟叶涂布液  
卷制样品感官评吸结果

Table 4 Sensory quality scores of coating liquid of  
reconstituted tobacco after UV irradiation 分

紫外辐照 时间/min	香气质	香气量	浓度	柔细度	余味
0	4.5	4.5	5.5	6.5	6.6
15	5.0	4.6	6.0	6.7	6.8
30	4.5	4.6	5.5	6.7	6.6
45	4.3	4.3	5.5	6.5	6.7
90	4.0	4.3	5.4	6.5	6.5

紫外辐照 时间/min	杂气	刺激性	劲头	燃烧性	灰色
0	5.0	6.5	7.0	8.0	7.0
15	5.0	6.5	7.0	8.0	7.0
30	5.0	6.7	7.0	8.0	7.0
45	5.0	6.6	7.0	8.0	7.0
90	5.0	6.5	7.0	8.0	7.0

成分进行分析,结果表明:香味成分种类变化较大,其中紫外辐照 15 min 组的香味物质种类最多,有 55 种,香味物质总量也最大,为 168.53  $\mu\text{g/g}$ ,其他 4 组香味物质总量相差不大;紫外辐照 0 min,15 min 和 30 min 的香味物质的主成分差别较大,紫外辐照 45 min 和 90 min 组的再造烟叶涂布液的香味物质的主成分差别较小;紫外辐照 15 min 组的再造烟叶涂布液对再造烟叶片基进行涂布,其感官评吸效果最好,这与其香味成分的种类和总量最多的结果一致.本研究结果表明,紫外辐照可以改善再造烟叶的吸食品质,对改善和提高卷烟产品品质有显著的积极作用.

#### 参考文献:

[1] 尹大锋,刘建福,肖飞,等.稠浆法再造烟叶专用粘合剂的研究与应用[J].湖南农业大学学

报(自然科学版),2003(5):380.

- [2] 李小斌,马林.生物技术在辊压法烟草薄片中的应用研究[J].河南科技,2011(17):64.
- [3] 陈顺辉.造纸法烟草薄片涂布率影响因素的研究[J].河南科技,2011(7):65.
- [4] 郭琳,李斌,黄焕桂,等.我国烟草薄片生产工艺发展的综述[C]//中国烟草学会工业委员会烟草化学学术研讨会论文集,[S.1]:[s.n],2005:499.
- [5] 方得胜.造纸法生产烟草薄片工艺探讨[J].纸和造纸,2001(4):62.
- [6] 张晨,许赣荣,严新龙.利用酿酒酵母改进烟草萃取液的香气特性[J].食品工业科技,2012(20):137.
- [7] 程昌合,吴继忠,廖付,等.浓缩液醇化处理对烟草薄片致香成分及感官质量的影响[J].安徽农学通报(上半月刊),2011,17(1):142.
- [8] 黄勇.遮光和增强紫外线辐射对烤烟生长及烟叶品质的影响[D].长沙:湖南农业大学,2010.
- [9] 王应昌,蔡国良,陈云堂,等.卷烟和烟叶辐照防虫防霉效果研究[J].烟草科技,1985(4):44.
- [10] 王应昌,陈云堂,王桂芝,等.原烟辐照醇化效果[J].烟草科技,1991(4):12.
- [11] 邵学广,许禄.化学计量学方法[M].北京:科学出版社,2004.
- [12] PAWLOWICZ R, GROMADZKA J, TYNEK M, et al. The influence of the UV irradiation on degradation of virgin rapeseed oils[J]. European Journal of Lipid Science and Technology, 2013, 115(6):648.
- [13] 许春平,赵珊珊,杨志强,等.经紫外辐照与臭氧处理后烟叶香味成分和常规化学成分的分析研究[J].农产品加工,2016(15):40.