

# 基于膜分离及柱色谱技术的烟草提取物精加工产品的制备

史清照<sup>1</sup>, 范武<sup>1</sup>, 任瑞冰<sup>2</sup>, 柴国璧<sup>1</sup>, 张文龙<sup>2</sup>, 张启东<sup>1</sup>, 张建勋<sup>1</sup>, 李河霖<sup>2</sup>

1. 中国烟草总公司郑州烟草研究院, 河南 郑州 450001;

2. 吉林烟草工业有限责任公司, 吉林 长春 130000

**摘要:** 为充分利用废弃烟叶, 开发多元化的精加工产品, 针对废弃烟叶提取获得了烟草提取物, 利用膜分离及二维柱色谱分离技术对烟草提取物进行了精加工, 感官评价筛选出风格特征突出的特色风味组群, 开展了特色风味组群间的重组, 并利用 Py-GC-MS 对重组产品进行了分析。结果表明: 水提获得的烟草提取物的产率最高且感官作用综合表现较好; 精加工共获得了 16 个组群, 其中膜分离 5 nm 截留液及柱色谱分离的 A1、C1、E2 流分的感官效果表现各具特色, 作为烟草提取物的特色风味组群; 重组产品中, 1 号和 2 号重组产品能够提高卷烟的烤烟烟香、烘焙香、清香、甜香等特征且整体感官作用较好; 1 号和 2 号重组产品热裂解产物中以杂环类及芳香族化合物居多, 包含甜香、清香、坚果香等香气类型。该研究为天然香料多元化产品的制备提供了参考。

**关键词:** 卷烟; 烟草提取物; 特色风味组群; 重组; 感官评价

中图分类号: (TQ657+.4)

文献标识码: A

## Preparation of fine processing products of tobacco extracts based on the membrane separation and column chromatography separation techniques

SHI Qingzhao<sup>1</sup>, FAN Wu<sup>1</sup>, REN Ruibing<sup>2</sup>, CHAI Guobi<sup>1</sup>, ZHANG Wenlong<sup>2</sup>,  
ZHANG Qidong<sup>1</sup>, ZHANG Jianxun<sup>1</sup>, LI Helin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>收稿日期: 2024-08-22

**基金项目:** 中国烟草总公司重点实验室项目(中烟办[2019]69号); 国家烟草专卖局创新平台科研活动稳定支持专项项目(国烟科[2021]171号); 吉林烟草集团有限责任公司资助项目(442022DG0410)

**作者简介:** 史清照(1989—), 女, 河南省永城市人, 中国烟草总公司郑州烟草研究院高级工程师, 博士, 主要研究方向为烟用香精香料。E-mail: qingzhao0813@163.com

**通信作者:** 李河霖(1988—), 男, 吉林省长春市人, 吉林烟草工业有限责任公司高级工程师, 主要研究方向为烟用香精香料。E-mail: lihelin@jilintobacco.com.cn

1. Zhengzhou Tobacco Research Institute of CNTC, Zhengzhou 450001, China;

2. Jilin Tobacco Industrial Co., Ltd., Changchun 130000, China

**Abstract:** To make full use of the discarded tobacco leaves, and produce multiple fine processing products, tobacco extract was obtained from discarded tobacco leaves, and the tobacco extract was finely processed using membrane separation and two-dimensional column chromatography separation techniques. Sensory evaluation screened out characteristic flavor groups with prominent style features, and carried out recombination between characteristic flavor groups. Py-GC-MS was used to analyze the recombinant products. The results showed that the yield of tobacco extract obtained by water extraction was the highest and the overall sensory effect was good; A total of 16 groups were obtained through precision processing, among which the sensory effects of membrane separation of 5nm retention solution and column chromatography separation of A1, C1, and E2 fractions showed distinct characteristics, serving as the characteristic flavor groups of tobacco extracts; Among the recombinant products, products 1 and 2 can enhance the characteristics of tobacco aroma, baking aroma, light aroma, and sweet aroma of cigarettes, and have a good overall sensory effect; The thermal decomposition products of recombinant products 1 and 2 are mainly composed of heterocyclic and aromatic compounds, including sweet, light, nutty and other aroma types. This research provided reference to pluralism products preparation of natural flavors.

**Key words:** cigarette; tobacco extract; characteristic aroma component group; recombination; sensory evaluation

## 0 引言

卷烟加工生产过程中烟叶原料的损耗一直是企业关心的重要命题，打叶复烤、烟草制丝和卷包等是产生烟叶损耗的主要工艺环节<sup>[1]</sup>。我国烟草制造业每年产生的烟末、烟叶碎片等废弃物处于百万吨水平，其中部分用于再造烟叶生产，仍有相当一部分被废弃<sup>[2]</sup>。废弃烟叶作为烟叶的原有组成部分，保留质量较高且比例相对合理的香味成分及其前体物，作为烟草香料的提取原料具有较高的回收利用价值<sup>[3]</sup>。但另一方面，同正常烟叶相比，废弃烟叶在重要化学成分构成方面仍存在显著区别<sup>[4]</sup>，导致其提取物的风味表现与正常烟叶提取物存在差异。探索合理的精细化加工工艺路线，强化烟叶造碎提取物的风味功能表

现，对于提高烟叶生产加工废料的再利用价值，推动企业降耗提质增效的高质量发展具有重要意义。

膜分离和柱色谱分离是食品和烟草研究领域常用且有效的分离技术，研究者利用两种技术分别从绿茶<sup>[5]</sup>、肉汤<sup>[6-7]</sup>、河蟹<sup>[8]</sup>、豆瓣酱<sup>[9]</sup>、焦麦芽提取物<sup>[10]</sup>、烟草提取物<sup>[11-12]</sup>、卷烟烟气粒相物<sup>[13-15]</sup>等复杂的体系中分离获得了特征突出的香气（花香、焦甜香、酸香、烟熏香和辛香等）、味觉（甜味、酸味、苦味等）和化学感觉（凉感、涩感、辣感等）等特色风味组群，对体系特征风味表现的物质基础剖析和特色凸显的天然香料的制备开发起到了重要支撑作用。

本研究以废弃烟叶制备获得烟草提取物，通过感官导向的膜分离和柱色谱分离技术获得烟草提取物特色风味组群，并开展各特色风味组群间的重组应用研究，旨在为增强废弃烟叶的使用价值，开发多元化的烟草提取物精加工产品提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

主要材料：参比卷烟样品由吉林烟草工业有限责任公司提供；废弃烟叶（吉林烟草工业有限责任公司提供，2021年云南省公司混搭模块废弃烟末，1.00~2.36 mm 以下，清香型）。

主要试剂：无水乙醇（AR，德国 Merck 公司）蒸馏水（电导率 0.1  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，广州屈臣氏食品饮料有限公司）；食品级乙醇（95%，新乡市先丰医药新材料有限公司）；葡聚糖凝胶（HT-SD01，苏州汇通色谱分离纯化有限公司）；反向硅胶（HT-120-30-ODS-B，苏州汇通色谱分离纯化有限公司）；50 nm 陶瓷膜、50 kDa 卷式有机膜、5 nm 陶瓷膜、1 kDa 卷式有机膜、反渗透膜（南京工业大学膜科学技术研究所）。

主要仪器：GSC-20L 型高温恒温循环油浴锅（上海予华仪器设备有限公司），DLSB-30/20 型低温冷却循环泵（上海予华仪器设备有限公司）；CIJECTOR 型自动注射加香仪（德国 Burghart 公司）；AS-1020E 裂解仪（日本岛津公司）；7895A/5975C 气相色谱-质谱联用仪（美国 Agilent 公司）；CP224S 型分析天平（感量 0.000 1 g，德国 Sartorius 公司）；HY-5 型振荡器（金坛中大仪器厂）；超滤膜（孔径 0.22  $\mu\text{m}$ ，天津津腾公司）；一次性使用无

菌注射器（1 mL，河南曙光健士医疗器械集团股份有限公司）；制备级全自动二维柱色谱分离平台（郑州烟草研究院）；膜分离系统（江苏凯米膜科技股份有限公司）；R210 旋转蒸发仪（瑞士 Büchi 公司）。

## 1.2 实验方法

### 1.2.1 烟草提取物的制备

将废弃烟叶粉碎后置于萃取罐中，向萃取罐内分别加入水、30%乙醇、50%乙醇、70%乙醇、95%乙醇作为萃取溶剂，料液质量比为 1: 10，提取温度为 80℃，提取时间为 3h。提取结束后经减压浓缩至相对密度 1.2，获得烟末粗提物。

### 1.2.2 烟草提取物的多级膜分离

将烟草提取物使用蒸馏水配制成质量分数为 10%的溶液，依次使用 50 nm 陶瓷膜、50 kDa 卷式有机膜、5 nm 陶瓷膜、1kDa 卷式有机膜分离，每级膜分离的透过液作为下一级膜分离的分离对象，收集每级分离所得截留液。使用反渗透对最后一级膜分离透过液进行浓缩，收集反渗透截留液。

### 1.2.3 烟末提取物的二维柱色谱分离

将 35 mL 烟草提取物反渗透截留液使用制备级全自动二维色谱分离平台进行柱色谱分离。一维柱色谱尺寸为 50 mm×400 mm，填料为葡聚糖凝胶，洗脱剂为水，流速为 8 mL/min，洗脱时间为 200 min，紫外检测波长分别为 230、280 nm。一维柱色谱分离的 0~49 min、49~82 min、82~120 min、120~200 min 时间段的流出液分别进入 4 根捕集柱，捕集柱尺寸为 26 mm×200 mm，填料为反向硅胶。捕集过程中收集捕集柱流出液，完成捕集后，使用体积分数为 10% 至 90%的乙醇梯度（乙醇体积占比每分钟匀速增加 0.8%）洗脱捕集柱，洗脱液分别进入第二维柱色谱分离；第二维色谱柱尺寸为 20 mm×460 mm，填料为反向硅胶，二维分离时间为 100 min，采用试管收集分离流份，每根试管收集 15 mL，紫外检测波长分别为 230 nm、280 nm。

依据第二维柱色谱紫外吸收信号将隶属于同一紫外吸收峰下的流份合并为一组，将无紫外吸收的连续流份合并为另一组。

## 1.2.4 产率的计算

将 4 级膜分离截留液及合并后的各二维分离流份在 40 °C 下进行减压蒸馏，继续冷冻干燥除去剩余溶剂，分离样品的得率的计算方法为：

得率=组群干物质质量/烟草提取物的上样质量×100%。

## 1.2.5 烟草提取物及其分离产品的感官评价

将提取物获得的烟草粗提物或分离获得的各组群溶解成 10% 的溶液，用自动加香注射仪将各组群溶液以 10 µg/g 的用量加入参比卷烟，在温度（22 ± 1）°C、相对湿度 60% ± 2% 的环境条件下密封保存 48 h。

依据 YC/T 497—2014<sup>[16]</sup> 中的方法对加香注射后的参比卷烟进行感官评价，每 0.5 分为一个计分单位。感官评价团队由具有省级及省级以上卷烟评委资质的评价人员组成，最终感官评价结果为评价人员对加香卷烟打分的算数平均值。

## 1.2.6 特色风味组群的重组

通过四因素三水平正交试验进行特色风味组群重组实验（表 1），以分离组群在参比卷烟上的用量为基础，采用双重黄金分割法设定各特色风味组群的用量，将重组获得的 9 种产品注射到参比卷烟中，依据 1.2.4 中的方法进行感官评价。

表 1 烟草提取物特色风味组群重组方案

Table 1 Recombination plan for the characteristic flavor groups of tobacco extract

产品编号	特色风味组群比例			
	5 nm	A1	C1	E2
1	1.00	1.00	1.00	1.00
2	6.67	2.53	1.00	2.53
3	6.67	1.00	2.53	1.00
4	2.53	6.67	1.00	1.00
5	2.53	2.53	2.53	6.67
6	2.53	1.00	6.67	2.53
7	1.00	6.67	2.53	2.53
8	1.00	2.53	6.67	1.00
9	1.00	1.00	1.00	6.67

## 1.2.7 重组产品的热裂解分析

热裂解条件：裂解温度：900 °C，裂解时间：0.2 min；连接口温度：280 °C；样品进样量为 1 µL。

分析条件：色谱柱：DB-5MS 毛细管柱(30 m×0.25 mm×0.25 µm)；载气：He；柱流量：1 mL/min；进样口温度：250 °C；程序升温：40 °C(3 min) 10 °C/min

240 °C(0 min) 20 °C/min 280 °C(15 min); 进样模式: 直接进样, 分流比: 50:1; GC-MS 传输线温度: 250 °C, 电离方式: EI; 离子源温度: 230 °C; 四极杆温度: 150 °C; 电离能量: 70 eV; 扫描模式: 全扫描; 质量扫面范围 29-450 a.m.u; 溶剂延迟时间: 3 min。

依据目标物出峰面积占比计算目标物的质量分数。

## 2 结果与讨论

### 2.1 烟草提取物的制备

不同溶剂提取烟叶的产率见表 2, 水提的产率最高, 随着溶剂中乙醇比例的升高, 提取物产率呈下降趋势, 水提获得的产率约为 95%乙醇提取产率的 2 倍。

不同溶剂提取获得的烟草提取物在卷烟中的感官评价结果见图 1。可见, 不同溶剂提取获得的提取物在空白卷烟上的抽吸感受不同。水提产品在提高香气和丰富性、提升烤烟烟香和烘焙香、提升甜香方面的综合表现较好。95%乙醇提取获得的样品虽然在掩盖杂气和改善舒适性方面有较明显的贡献, 但是在提升香气和丰富性方面贡献不明显, 而且烟气对烟气浓度有较明显的负面作用, 而 50%乙醇提取获得的样品在各方面虽然有细微的提升作用, 但整体对卷烟品质的贡献不如水提样品。因此, 综合对卷烟的感官作用和粗提物的得率, 选定水提样品为后续的精细化加工对象。

表 2 废弃烟叶提取产率

Table 2 Extraction yields of the discarded tobacco leaves

提取溶剂	产率/%
水	74.1
30%乙醇	62.9
50%乙醇	57.8
70%乙醇	46.8
95%乙醇	35.7

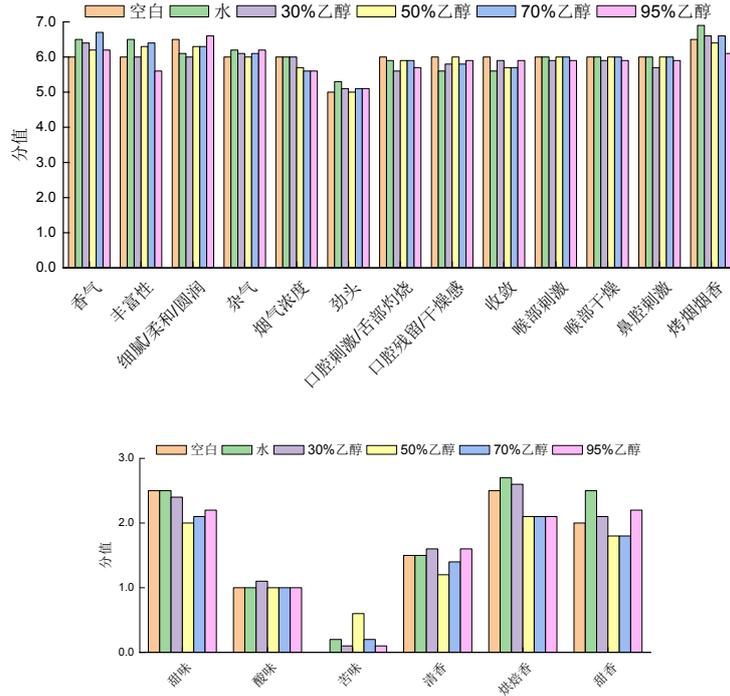


图 1 烟草提取物的感官评价结果

Fig.1 Sensory evaluation results of the tobacco extracts

## 2.2 烟草提取物特色风味组群的分离

烟草提取物特色风味组群的分离流程如图 2 所示，总产率 64.77%，膜分离产率 45.22%，柱色谱产率 19.55%。烟草提取物经多级膜分离共获得了 4 级截留液样品，各级截留液的产率见表 3，其中 1 kDa 截留液产率最高。最后一级膜分离透过液经反渗透浓缩后进入二维柱色谱分离系统，经第一维柱色谱分离获得的流份依据其紫外吸收情况（图 3a）共划分为 4 段，分别进入第二维色谱柱，进行进一步的分离。依据紫外吸收情况将第二维柱色谱分离流份划分为 8 个组群，连同捕集柱的流出液（E1~E4）共获得 12 个组群。二维分离后获得的各组群得率见表 3，不同组群间得率差异明显，E2 组群的得率最高，E4 流份中成分较少，无法计算出准确产率。

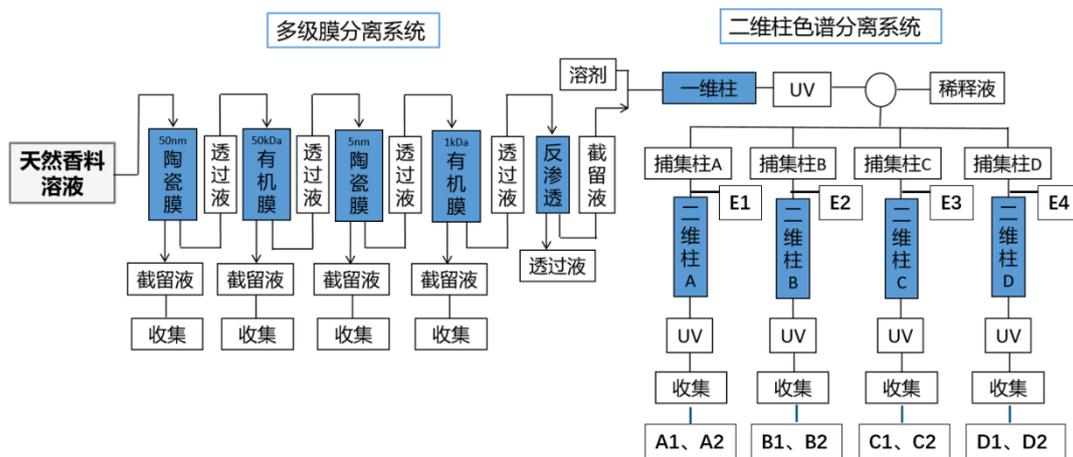


图 2 烟草提取物精细化加工流程图

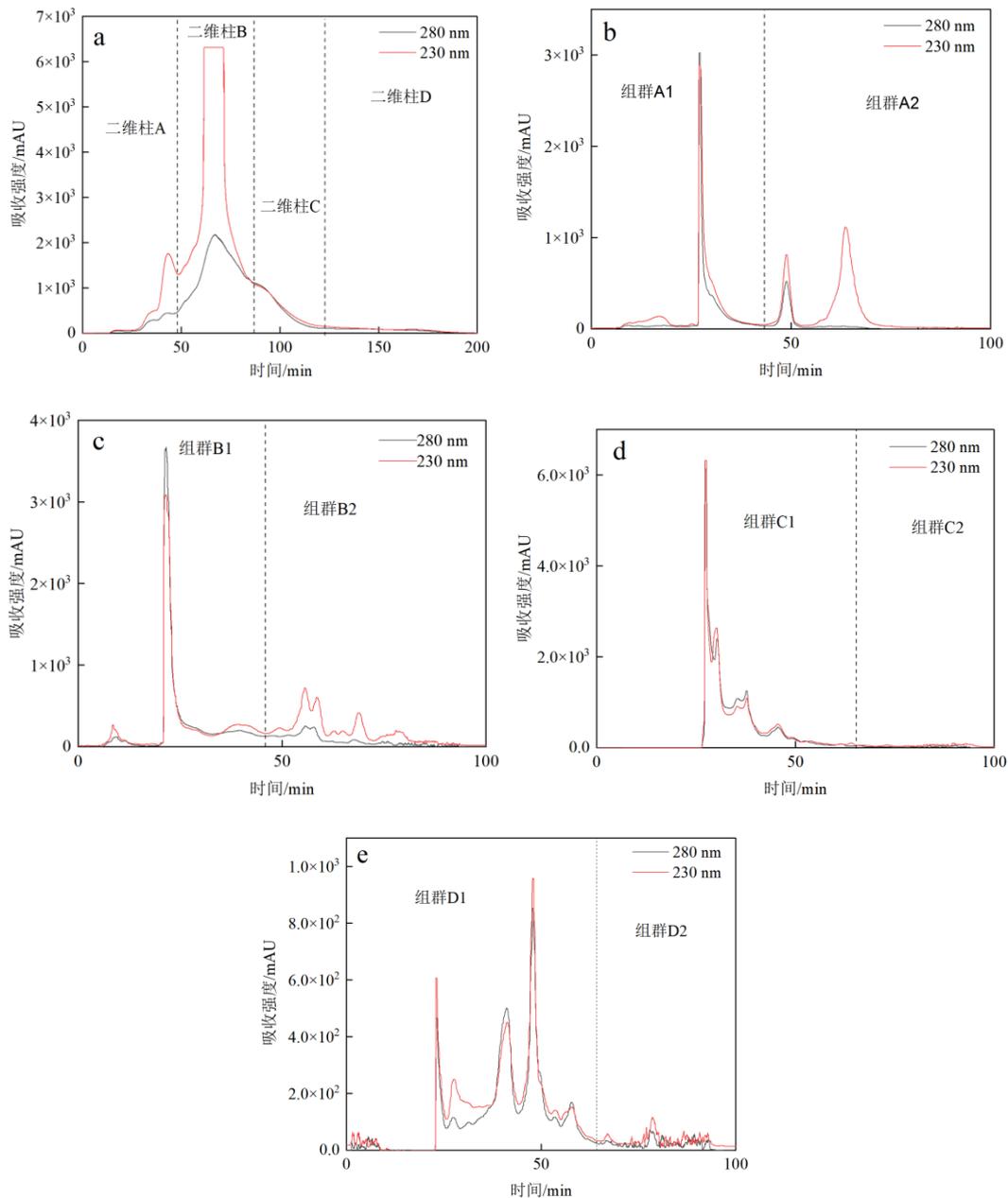
Fig.2 Flow chart of the fine processing for the tobacco extract

表 3 烟草提取物膜分离及二维柱色谱分离组群产率

Table 3 Yields for the groups of tobacco extract separated by membrane technology and two-dimensional column chromatography

组群编号 <sup>①</sup>	得率/%	组群编号	得率/%
50 nm 截留液	12.25	C1	2.76
50 kDa 截留液	5.04	C2	0.24
5 nm 截留液	13.26	D1	0.38
1 kDa 截留液	14.67	D2	0.33
A1	2.82	E1	3.22
A2	0.32	E2	5.91
B1	2.43	E3	0.32
B2	0.82	E4	-

注：①A1、A2，B1、B2，C1、C2，D1、D2 分别代表经图 2 中的二维柱 A、B、C、D 分离获得的组群；E1~E4 分别对应图 2 中捕集柱 A~D 的流出组群；②“-”代表得率较低，无法计算出准确值。



a. 一维柱流份 b. 二维柱 A 流份 c. 二维柱 B 流份 d. 二维柱 C 流份 e. 二维柱 D 流份

图 3 烟草提取物二维柱色谱分离流份的紫外吸收光谱

Fig.3 UV absorption spectra of the fractions of tobacco extract separated by two-dimensional column chromatography

对烟草提取物精加工获得的产品进行了感官评价，结果见表 4。从生产成本考虑，产率过低的组群 E4 不再进行评价。从表 4 中的感官评价结果可以看出，烟草提取物经膜分离及柱色谱分离获得的组群间感官作用差异较大，且优劣区分明显。经 5 nm 膜分离获得的截留液烤烟烟香、烘焙香、甜香突出，香气总体

表现明显提升；经二维柱色谱分离得到的组群 A1 细腻柔和圆润突出，烤烟烟香、清香突出；组群 C1 能够显著提高甜味、烘焙香，增加卷烟香气，同时有效提高了参比卷烟烤烟烟香；组群 E2 甜味突出，还有效提升了参比卷烟的烤烟烟香。其余各组群均表现出不同程度的增加刺激性、残留感、杂气（如：1 kDa 截留液、E4 等），降低参比卷烟的香气、丰富性（如 50 kDa 截留液、C3 等）等负面感官特征。因此，将烟草提取物 5 nm 膜分离截留液、A1、C1、E2 作为烟草提取物的特色风味组群。通过多级膜分离和二维柱色谱分离，获得了 4 种感官特征各异且整体感官效果表现较好的烟草提取物特色风味组群，增加了卷烟调香香料使用的自由度。

表 4 烟草提取物膜分离及柱色谱分离产品感官评价结果

Table 4 Sensory evaluation results of the products separated by membrane technology and column chromatography from the tobacco extract

感官评价指 标	50 nm 截留液	50 kDa 截留液	5 nm 截 留液	1 kDa 截 留液	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2	E1	E2	E3
香气	6.5	5.5	7.0	5.0	6.4	6.0	6.4	6.1	6.8	5.6	6.0	5.5	6.0	6.4	5.2
丰富性	6.0	5.6	6.5	5.0	6.4	6.0	6.4	6.2	6.6	5.8	5.9	5.8	6.0	6.4	5.3
细腻柔和圆 润	6.0	6.3	6.5	6.4	6.9	6.9	6.7	6.4	6.6	6.3	6.3	6.3	6.4	6.5	6.3
杂气	6.2	6.0	6.4	6.0	6.4	6.1	6.1	6.0	6.3	5.7	6.0	5.8	6.0	6.4	6.0
烟气浓度	6.0	5.5	6.0	5.7	6.0	6.0	5.6	5.9	6.0	5.8	6.0	6.0	6.0	6.0	5.9
劲头	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.1	5.3	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
口腔刺激_舌 部灼烧	5.4	5.9	6.0	5.4	6.0	6.3	6.2	6.0	6.0	5.5	5.6	5.7	5.8	6.0	5.8
口腔残留_干 燥感	5.8	6.0	6.0	5.8	6.0	6.3	6.1	5.6	5.9	5.9	5.8	5.8	5.8	6.0	5.8
收敛	6.0	5.7	5.5	5.8	6.0	6.0	6.1	5.6	5.9	5.8	6.0	5.8	5.8	6.0	5.8
喉部刺激	5.9	6.0	6.1	6.0	6.0	6.1	6.0	6.0	6.0	6.0	5.8	5.8	5.9	6.0	5.8
喉部干燥	6.0	6.0	6.0	5.9	6.0	6.1	6.0	6.0	6.0	6.0	5.9	5.9	6.0	6.0	6.0
鼻腔刺激	5.8	6.0	6.0	5.7	6.0	6.1	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	5.8	6.0	6.0	5.8
甜味	2.8	2.0	2.6	2.2	2.5	2.5	2.5	2.5	2.9	2.3	2.5	2.5	2.5	2.9	2.3
酸味	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.4	1.2	1.3	1.0	1.0	1.0	1.1	1.0	1.1
苦味	0.1	0.7	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

凉味	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
烤烟烟香	6.5	6.4	7.0	5.8	6.9	6.5	6.5	6.5	6.8	6.4	6.5	6.5	6.5	6.9	6.3
晾晒烟烟香	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
清香	1.5	1.0	1.4	1.0	1.8	1.5	1.5	1.5	1.4	1.3	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3
果香	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
辛香	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
木香	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
青滋香	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
花香	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
药草香	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
豆香	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
可可香	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
奶香	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
膏香	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
烘焙香	2.5	2.0	3.0	1.8	2.1	2.3	2.5	2.4	2.9	2.3	2.4	2.4	2.5	2.7	2.3
甜香	3.0	1.6	3.0	1.7	2.8	2.0	2.2	2.1	2.8	2.0	2.1	2.0	2.1	2.5	1.8

## 2.3 特色风味组群的重组

将烟草提取物的三个特色风味组群以不同的比例进行重组，共计获得 9 种重组产品，感官评价结果见图 4。可以看出，烟草提取物 1 号重组产品烤烟烟香、清香、烘焙香提升明显，相对于空白卷烟提升了 0.5 分；甜香显著增加（提升 1.0 分），细腻柔和圆润感明显增加，杂气明显降低。烟草提取物 2 号重组产品清香、烘焙香、甜香及细腻柔和圆润感和杂气指标与 1 号重组产品打分一致，此外，2 号重组产品烤烟烟香突出（提升了 0.8 分），且明显提升了空白卷烟的香气与丰富性。3 号及 4 号重组产品刺激性有所提升，烤烟烟香、甜香等指标改善不明显；5 号及 7 号~9 号重组产品香气或丰富性特征有所降低；6 号产品虽然烤烟烟香、烘焙香和甜香有明显提升，但降低了空白卷烟的香气。

由此可见，通过烟草提取物不同特色风味组群间的组合能够获得感官特征各异的重组产品，且通过进一步筛选，能够获得整体感官表现较好，个性特征增强的香料。通过进一步的优化组合方式，可以获得更多元的重组产品，满足不同的卷烟调香需求，这种特色风味组群的制备与重组技术也为其他烟用天然香料的精细化加工提供了思路参考。

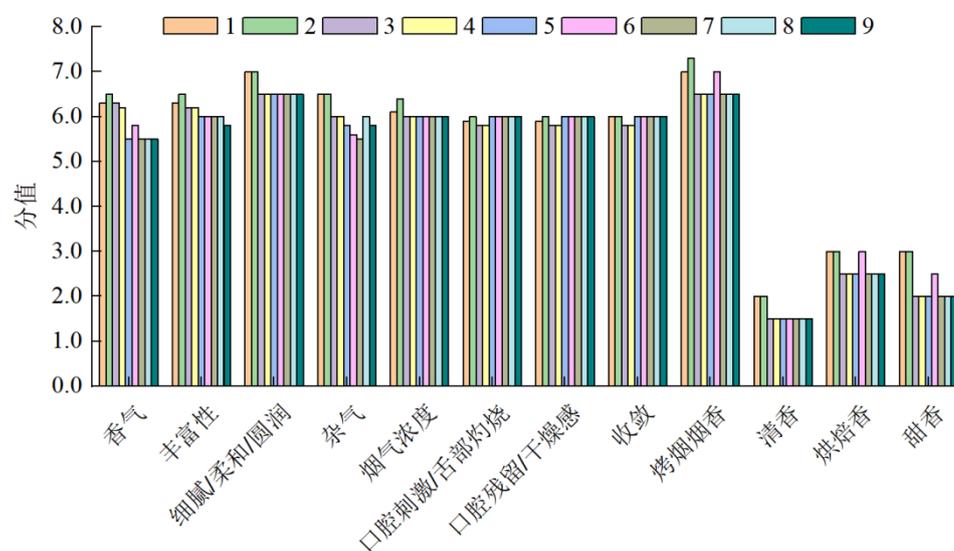


图 4 烟草提取物特色风味组群重组产品感官评价结果

Fig.4 Sensory evaluation results of the recombination products of characteristic groups separated from the tobacco extract

## 2.4 重组产品的热裂解分析

为从物质基础构成的角度进一步理解重组产品在卷烟上的感官表现，对两种优选的重组产品进行了热裂解分析。烟草提取物 1 号和 2 号重组产品的热裂解分析结果见表 4，共检出 60 种裂解产物，从化合物结构上来看，杂环类及芳香族化合物占比较高，杂环类化合物共

计 28 种, 包含吡啶、哌嗪、吡咯、吡啶等, 芳香族化合物共计 37 种, 包含苯乙烯、苯酚、喹啉等。总体来看, 烟碱的含量占比最高, 在 1 号和 2 号重组产品中分别占比 19.32% 和 32.53%。除烟碱外, 1 号重组产品大部分成分热裂解产物相对含量较 2 号重组产品高, 如环戊酮、2-甲基吡啶、2-甲基哌嗪。裂解产物的香气类型丰富, 包括甜香 (如: 甲苯、2-甲基吡啶)、坚果香 (如: 2-甲基哌嗪、2, 6-二甲基吡嗪)、清香 (如: 2-乙基吡啶、3-甲基吡啶)、烟熏香 (如: 3-乙基吡啶、乙酸苯酯)、皮革气味 (如: 邻甲酚、间甲酚)、药香 (如: 喹啉、异喹啉) 等多种类型, 这些成分对参比卷烟清香、烘焙香、甜香等指标有直接贡献。此外, 具有甜香特征的成分含量相对较高, 如 2-甲基吡啶、苯乙烯、苯酚、2-甲基萘的相对含量均在 1% 之上, 可能是 1 号和 2 号重组产品甜香特征突出的原因。

表 5 1 号和 2 号重组产品 Py-GC-MS 分析结果

Table 5 Py-GC-MS analysis results of the number 1 and 2 recombination products

保留时间 min	化合物名称	香气描述 <sup>a</sup>	相对含量/%	
			1	2
4.782	吡啶	恶心的酸腐的鱼胺, 特殊气味	0.25	0.15
5.026	环戊酮	醚类、薄荷味	0.34	0.25
5.294	甲苯	甜蜜的	0.14	0.13
5.568	2-甲基吡啶	甜蜜的, 强烈不愉快的吡啶气味	1.71	1.54
5.787	2-甲基哌嗪	坚果、可可、烤巧克力、花生、清香	0.18	0.13
5.929	2-环戊烯酮	/ <sup>b</sup>	0.36	0.22
6.036	3-甲基吡咯	/	1.37	1.60
6.212	2-甲基吡咯	/	0.82	0.91
6.578	乙基苯	有芳香气味	5.13	4.94
6.782	对二甲苯	/	1.15	1.54
7.056	2,6-二甲基吡啶	坚果、胺木质、面包、可可油	0.16	0.25
7.256	苯乙烯	甜香脂花塑料, 有特殊香气	3.75	3.85
7.495	2-乙基吡啶	绿色的草地上	0.55	0.52
7.636	$\gamma$ -丁内酯	奶油、油脂肪、焦糖	0.17	0.15
7.729	2,6-二甲基吡嗪	可可、烤坚果烤牛肉咖啡、炒花生	0.05	0.10
7.88	2,5-二甲基吡咯	/	0.15	0.14

## 轻工学报

7.949	3-乙基-1H-吡咯	/	0.18	0.16
8.134	2-乙烯基吡啶	/	0.75	0.49
8.339	2,3-二甲基吡啶	/	0.34	0.34
8.578	3-甲基吡啶	清香、泥土榛子	0.48	0.49
8.646	3-乙基吡啶	烟草味, 皮革气味	1.44	1.16
8.739	2-乙基甲苯	/	0.81	0.44
8.856	3-乙烯基吡啶	/	7.06	5.15
9.071	苯酚	酚醛塑料橡胶, 甜的医药的气味	3.89	3.66
9.164	$\alpha$ -甲基苯乙烯	/	0.31	0.33
9.217	苯甲腈	杏仁样气味	1.46	1.53
9.437	3-甲基苯乙烯	/	1.55	1.57
9.632	3-氰基吡啶	/	2.55	2.06
10.413	茛	/	2.31	2.14
10.515	邻甲酚	发霉的酚醛塑料味, 药用草本气味, 皮革质气味	0.61	0.51
10.613	乙酸苯酯	海狸香, 木质、烟熏	0.71	0.85
10.818	邻甲基苯腈	/	0.45	0.42
10.901	对甲基苯酚	含酚水仙动物含羞草、酚类气味	1.87	1.60
11.257	对甲苯腈	/	0.29	0.32
12.033	吡啶	/	0.30	0.30
12.096	苯乙腈	/	0.22	0.18
12.355	2-甲基茛	/	0.92	0.81
12.452	1-甲基茛	/	0.48	0.75
12.496	奥昔菊环	萘的气味	0.10	0.31
12.53	间甲酚	木质皮革味	0.74	0.46
12.618	1,4-二羟基萘	/	0.15	0.21
12.994	萘	辛辣	2.54	2.39
13.653	2-甲基-7-氮杂吡啶	/	0.30	0.44
13.853	喹啉	药用、发霉、烟草、橡胶土	1.96	1.77
14.233	异喹啉	香脂、草药、苯甲醛、茴香	0.36	0.25

14.648	吡啶	动物花蛾球粪便萘	3.18	2.60
14.785	2-甲基萘	甜花木本	1.26	1.17
14.946	2-甲基喹啉	/	0.24	0.18
15.033	$\alpha$ -甲基萘	萘化学药用樟脑	1.21	0.82
15.473	烟碱	/	19.32	32.53
16.019	联苯	刺鼻的玫瑰绿色天竺葵	0.37	0.27
16.063	4-甲基吡啶	/	0.93	0.71
16.156	2-甲基吡啶	动物吡啶、比粪臭素更新鲜，没有粪便气味	0.54	0.44
16.644	麦司明	/	0.70	0.54
16.653	2,7-二甲基萘	/	0.59	0.40
16.785	2-乙炔基萘	/	0.21	0.16
17.102	联苯烯	/	0.96	0.58
17.346	二烯烟碱	/	10.04	10.52
17.658	1-萘甲腈	/	0.28	0.30
18.161	2,3'-联吡啶	/	0.85	0.90

注：<sup>a</sup>表示信息来自 <http://perflavory.com/>及 <https://www.chemicalbook.com/>；<sup>b</sup>表示未查询到香气特征数据

### 3 结论

本文利用溶剂萃取法针对废弃烟叶提取获得了烟草提取物，通过对比不同提取溶剂的提取产率和提取物的感官作用，最终确定水提物作为精细化加工的对象。通过四级膜分离及二维柱色谱分离共获得 16 个组群，感官评价结果表明 5 nm 膜分离截留液和柱色谱分离的 A1、C1、E2 风格特征突出、感官作用效果较好，作为烟草提取物的特色风味组群。开展了特色风味组群间的重组，获得了两种能够提高卷烟的烤烟烟香、烘焙香、清香、甜香等特征且整体感官作用较好的重组产品。通过重组产品的 Py-GC-MS 分析共获得 60 种化合物，以杂环类及芳香族化合物居多，包含甜香、清香、坚果香等香气类型，具有甜香特征的成分含量相对较高，可能是重组产品甜香特征突出的原因。

### 参考文献：

- [1] 王中山, 赵静宜, 杨正军, 等. 制丝加工过程烟叶损耗监控模型的建立及应用[J]. 农产品加工(下半月), 2022(6): 76-78, 87.
- [2] 李军, 李吉昌, 吴晓华, 等. 烟草废弃物利用研究[J]. 云南化工, 2010, 37(2): 44-49.

- [3] 陈芊如, 孟娜, 马斯琦, 等. 烟草废弃物资源综合利用研究进展[J]. 江西农业学报, 2024(36): 146-153.
- [4] 朱垵榕, 陈飞龙, 赵伦旭, 等. 废弃烟叶分段式提取制备特色烟用香料[J]. 香料香精化妆品, 2024(2): 94-98.
- [5] LI Y C, ZHOU J T, XU W L, et al. Key aroma components in Lu'an guapian green tea with different aroma types from five tea tree varieties decoded by sensomics [J]. Food Bioscience, 2024, 61: 104551.
- [6] DUNKEL A, HOFMANN T. Sensory-directed identification of beta-alanyl dipeptides as contributors to the thick-sour and white-meaty orosensation induced by chicken broth[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2009, 57(21): 9867-9877.
- [7] SONNTAG T, KUNERT C, DUNKEL A, et al. Sensory-guided identification of N-(1-methyl-4-oxoimidazolidin-2-ylidene)-alpha-amino acids as contributors to the thick-sour and mouth-drying orosensation of stewed beef juice[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2010, 58(10): 6341-6350.
- [8] LU Q, QIU C H, ZHU J S, et al. Elucidation of key fatty aroma compound contributing to the hepatopancreas of *Eriocheir sinensis* using sensomics approach by GC-IMS and GC-MS-O[J]. Food Chemistry, 2024, 455: 139904.
- [9] JIANG L, SHEN S W, ZUO A T, et al. Unveiling the aromatic differences of low-salt Chinese horse bean-chili-paste using metabolomics and sensomics approaches[J]. Food Chemistry, 2024, 445: 138746.
- [10] 杨鹏元, 洪广峰, 马宇平, 等. 焦麦芽烤甜香关键成分的确定及制备工艺优化[J]. 中国烟草科学, 2016, 37(5): 68-74.
- [11] 迟广俊, 刘俊辉, 鲍峰玉, 等. 初烤烟叶提取物中酸味关键成分的感官导向分析[J]. 烟草科技, 2015, 48(12): 27-32.
- [12] 张启东, 刘俊辉, 张文娟, 等. 初烤烟叶提取物中关键甜味成分的感官导向分析[J]. 烟草科技, 2016, 49(6): 58-64.
- [13] 张启东, 刘俊辉, 柴国璧, 等. 主流烟气粒相物水溶性组分中烤甜香成分分析[J]. 烟草科技, 2014, 47(6): 54-59.
- [14] 朱浩, 柴国璧, 迟广俊, 等. 卷烟主流烟气烟熏香成分的感官导向分析[J]. 烟草科技, 2017, 50(1): 41-49.
- [15] 王丁众, 张启东, 刘俊辉, 等. 烟气苦味成分的感官导向鉴定和液相色谱-高分辨质谱分析[J]. 质谱学报, 2016, 37(5): 414-421.
- [16] 国家烟草专卖局. 卷烟 中式卷烟风格感官评价方法: YC/T 497—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.