

烟用接装纸中凉味剂的检测及释放行为分析

倪和朋¹, 冯衍闯², 郭丁荣¹, 王晓斌¹, 李腾¹, 冯懂懂¹

(1.红塔烟草(集团)有限责任公司玉溪卷烟厂, 云南 玉溪 653199; 2.郑州轻工业大学 食品与生物工程学院, 郑州 450001)

摘要: **目的** 考察烟用接装纸中凉味剂的释放行为, 为明确烟用凉味接装纸的贮存期提供参考。**方法** 通过对样品前处理条件进行优化, 采用气相色谱法测定接装纸中3种凉味剂的含量, 基于该方法考察室温存放条件下各凉味剂的释放行为, 并选取零级、一级、Higuchi和Korsmeyer-Peppas动力学模型对各凉味剂的释放行为进行拟合。**结果** 接装纸中凉味剂最佳提取工艺条件为摇床辅助提取, 提取溶液为乙醇, 溶液体积为25 mL, 提取温度为30 ℃, 振荡转速为160 r/min, 提取时间为25 min。在130 d时接装纸中(-)-薄荷酮和L-薄荷醇释放率达78.04%以上, (-)-乳酸薄荷酯释放率仅为39.74%; 3种凉味剂在接装纸中的释放行为均符合Korsmeyer-Peppas动力学模型。**结论** 文中方法适用于烟用凉味接装纸中(-)-薄荷酮、L-薄荷醇和(-)-乳酸薄荷酯的测定, 较好地描述了3种凉味剂在接装纸中的释放过程, 可为凉味型卷烟的品质监控和加工技术提供技术支撑。

关键词: 凉味剂; 烟用接装纸; 摇床辅助提取; 气相色谱法; 释放动力学

中图分类号: O69 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)15-0226-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.15.026

Detection and Release Behavior of Cooling Agents in Tipping Paper for Cigarettes

NI He-peng¹, FENG Yan-chuang², GUO Ding-rong¹, WANG Xiao-bin¹, LI Teng, FENG Dong-dong¹

(1. Yuxi Cigarette Factory of Hongta Tobacco (Group) Co., Ltd., Yunnan Yuxi 653199, China;

2. School of Food and Bioengineering of Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450001, China)

ABSTRACT: The work aims to investigate the release behavior of cooling agents in tipping paper for cigarettes, so as to provide reference for clarifying the storage period of tipping paper for cigarettes. A gas chromatography method for determination of three cooling agents in the tipping paper was established by optimizing the pretreatment conditions of the sample. On this basis, the release behavior of each cooling agent under room temperature storage conditions was investigated, and the zero-level, first-level, Higuchi and Korsmeyer-peppas kinetic models were selected to fit the release behavior of each cooling agent. The results showed that the optimal extraction process conditions for cooling agents were shaker-assisted extraction, ethanol extraction, the solution volume was 25 mL, the extraction temperature was 30 ℃, the rotation rate was 160 r/min, and the extraction time was 25 min. After 130 days, the release rate of (-)-menthone and L-menthol in the tipping paper reached 78.04% and that of (-)-menthyl lactate was only 39.74%. The release behavior of the three cooling agents in the tipping paper conformed to the Korsmeyer-peppas kinetic model. This method is suitable for the determination of (-)-menthone, L-menthol and (-)-menthyl lactate in cooling tipping paper for cigarettes. The three cooling agents are released quickly in the tipping paper and the process is affected by Fick diffusion. It is an effective method to analyze the release behavior of cooling agent in tipping paper by kinetic equation.

收稿日期: 2021-10-22

基金项目: 红塔烟草(集团)有限责任公司科技项目(HTYX-20200252109791)

作者简介: 倪和朋(1984—), 男, 本科, 工程师, 主要研究方向为卷烟辅料检验、质量管理。

KEY WORDS: cooling agents; tipping paper for cigarettes; shaker-assisted extraction; gas chromatography; release kinetics analysis

卷烟加香技术主要包括滤嘴加香^[1-3]、烟丝加香^[4-6]、卷烟纸加香^[7-9]、成型纸加香^[10]、芯线加香^[11]和爆珠加香^[12-13]等。近年来, 接装纸加香备受行业关注, 接装纸加香工艺指卷烟接装纸在凹版印刷工艺的基础上于油墨中增加香精, 这种加香方式最突出的优点是风味化合物不会参与卷烟的燃烧和热解过程, 它们能直接与嘴唇接触, 溶解在口腔中, 使消费者产生愉悦感, 还能与卷烟烟雾相互作用提供独特的味道^[14]。

凉味剂指产生清凉效果且药性不强的化学物质的总称, 烟草行业常用的凉味剂有 L-薄荷醇、异胡薄荷醇、薄荷酮、乳酸薄荷酯、薄荷酮甘油缩酮等。将凉味剂涂抹在卷烟接装纸上, 不仅能让消费者在口腔中直接感受到清新的凉味, 还能掩盖烟气的苦涩味, 降低刺激性, 提高烟气的协调性和柔和性^[15-16]。烟用接装纸中凉味剂的添加量和种类对卷烟制品的感官品质有极为重要的影响, 但目前烟草行业并未建立烟用接装纸中凉味剂的提取检测方法, 难以对烟用接装纸加香的凉味型卷烟的品质进行客观监测。现有研究表明单一凉味剂的挥发性较强, 持久性不佳, 在很大程度上影响卷烟制品感官品质的稳定性, 实际生产中, 通常是将多种成分复配使用, 以满足口感和持久性^[17-18], 但目前行业内外对各成分随时间的释放规律尚不明确, 制约了凉味型卷烟的完善和发展。

基于此, 文中采用气相色谱法同时测定烟用接装纸中(-)-薄荷酮、L-薄荷醇和(-)-乳酸薄荷酯 3 种凉味剂的含量, 并基于该方法研究了接装纸凉味剂在室温存放条件下的释放行为, 利用动力学方程对释放行为进行拟合, 获得了可描述接装纸中各凉味剂释放的动力学模型, 以期对烟用接装纸中凉味剂的释放提供参考, 为凉味型卷烟的品质监控和加工技术提供技术支撑。

1 实验

1.1 样品、仪器与试剂

主要样品: 接装纸, 玉溪思润印刷有限公司。

主要仪器: HZQ-F160 全温振荡培养箱, 太仓市实验设备厂; 7890B 气相色谱仪 (氢火焰离子检测器), 安捷伦科技有限公司; KQ5200DE 型数控超声波清理器, 昆山市超声仪器有限公司; ME104E 电子天平, 梅特勒-托利多仪器 (上海) 有限公司; S152TPS3-1 碎纸机, 得力集团有限公司。

主要试剂: 乙醇、甲醇、乙腈、二氯甲烷、异丙醇和正己烷均为色谱纯, 购自天津市大茂化学试剂厂; 乙酸苯酯、(-)-薄荷酮、L-薄荷醇和(-)-乳酸薄荷酯, 纯度 $\geq 98\%$, 购自北京百灵威科技试剂有限公司。

1.2 方法

1.2.1 溶液的配制

内标溶液: 称取 0.2000 g 乙酸苯酯 (内标物), 分别将乙醇、甲醇、乙腈、二氯甲烷、异丙醇和正己烷溶于 1 000 mL 容量瓶中, 得到质量浓度为 0.200 mg/mL 的内标溶液。

混合标准储备液: 分别称取 15 mg 的(-)-薄荷酮、85 mg 的 L-薄荷醇和 15 mg 的(-)-乳酸薄荷酯, 用内标溶液定容于 10 mL 容量瓶中, 摇匀备用。

标准工作溶液: 移取适量的混合标准储备液, 分别配制成(-)-薄荷酮和(-)-乳酸薄荷酯质量浓度为 7.5、15.0、30.0、120.0、300.0、600.0、1 500.0 $\mu\text{g/mL}$, L-薄荷醇质量浓度为 42.5、85.0、170.0、680.0、1 700.0、3 400.0、8 500.0 $\mu\text{g/mL}$ 的标准工作溶液。

1.2.2 样品制备

接装纸均经过碎纸机处理, 生成尺寸为 5 mm $\times$ 5 mm 的碎片。称取 1.000 g 接装纸碎片于 50 mL 具塞三角瓶中, 加入 25 mL 内标溶液, 在温度为 30 $^{\circ}\text{C}$ 、摇床转速为 160 r/min 的条件下振荡 25 min, 取适量提取液经 0.45 μm 滤膜过滤, 待测定。

1.2.3 色谱条件

色谱条件: HP-5MS 色谱柱尺寸为 30 m $\times$ 250 μm $\times$ 0.25 μm ; 进样口温度为 250 $^{\circ}\text{C}$; 检测器温度为 250 $^{\circ}\text{C}$; 载气为 N_2 ; 流量为 1 mL/min; 分流比为 15:1; 进样量为 1 μL ; 柱升温程序为初始温度为 50 $^{\circ}\text{C}$, 保持 2 min, 以 5 $^{\circ}\text{C/min}$ 的速率升温至 230 $^{\circ}\text{C}$, 保持 2 min。

1.2.4 释放动力学分析

将接装纸裸露放置在室温条件下, 每隔一段时间按照 1.2.2 节的试验方法取样处理, 分析接装纸中各凉味剂的释放情况。累计释放率的计算见式 (1)。

$$Q_t = \frac{H_t}{H_{\infty}} \times 100\% \quad (1)$$

式中: Q_t 为 t 时间取样时凉味剂的释放率, %; H_t 为 t 时间取样时凉味剂的释放量, mg/g; H_{∞} 为储存 0 d 时接装纸中凉味剂的含量, mg/g。

利用 Origin 8 对累积释放率和释放时间进行曲线拟合, 来判定样品释放属于何种动力学类型。文中采用常用的 4 个释放数学模型进行拟合^[19-20], 模型见式 (2) — (5)。

零级动力学模型:

$$Q = a + kt \quad (2)$$

一级动力学模型:

$$Q = a(1 - e^{-kt}) \quad (3)$$

Higuchi 平面扩散模型:

$$Q = kt^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

Korsmeyer-Peppas 动力学模型:

$$Q = kt^n \quad (5)$$

式中: Q 为凉味剂的释放率, %; k 为释放速率常数; a 、 n 为参数。

2 结果与讨论

2.1 凉味剂的提取制备

2.1.1 提取方法的选择

为确保烟用接装纸中凉味剂含量检测结果的准确性,需要对接装纸进行有效的前处理。凉味剂具有热敏性,采用同时蒸馏萃取极易造成凉味剂挥发,影响提取效果;顶空固相微提取定量效果差,实验重复性差^[17]。综合考虑后,试验主要考察摇床振荡和超声振荡 2 种方法对提取效果的影响。实验结果表明,在摇床振荡和超声振荡条件下,测得的凉味剂总含量分别为 6.16 mg/g 和 6.03 mg/g,摇床振荡的提取效果优于超声振荡,因此,实验选择摇床振荡作为接装纸中凉味剂的提取方法。

2.1.2 提取溶剂的选择

考察了甲醇、乙醇、乙腈、异丙醇、二氯甲烷和正己烷 6 种溶剂对烟用接装纸中凉味剂提取效果的影响(见图 1)。结果表明,6 种提取溶剂提取量由高到低的顺序为乙腈、二氯甲烷、异丙醇、乙醇、正己烷、甲醇。其中,乙腈和二氯甲烷对 3 种凉味剂的提取效果较好,这可能是由于二者的极性与 3 种凉味剂的极性相似,提取效果较好,但二者都属于高挥发性、有一定毒性的溶剂,其余 4 种溶剂对 3 种凉味剂的提取量无显著差距,但乙醇毒性小,成本更低。综合考虑,实验选择乙醇作为提取溶剂。

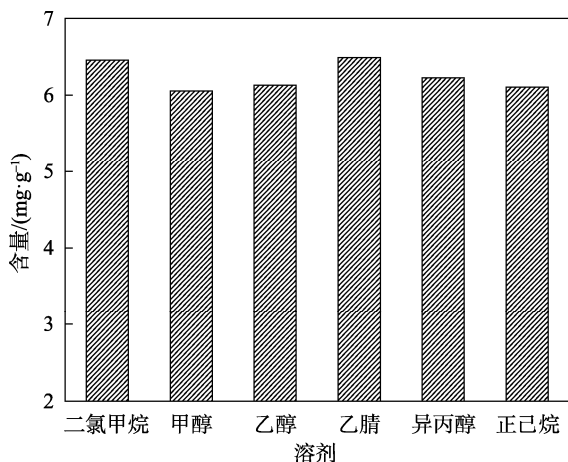


图 1 不同提取溶剂对凉味剂提取量的影响
Fig.1 Effects of different extraction solvents on extraction amount of cooling agents

2.1.3 摇床提取条件的选择

2.1.3.1 单因素实验

通过对溶剂体积、提取时间、提取温度和摇床转速进行优化,以获得最高的提取效率,优化结果见图 2。

以溶剂体积为变量,其他实验条件不变,考察溶剂体积分别为 10、15、20、25、30 mL 时烟用接装纸中凉味剂提取效果的差异,结果见图 2a。由图 2a 可知,当溶剂体积为 15 mL 时,提取量最高,继续增加溶剂体积,提取率反而下降,这是因为提取溶剂体积过小时,凉味剂不能被提取完全,但体积过大,会产生稀释效应,从而影响测定结果^[21]。

以振荡时间为变量,其他实验条件不变,考察振荡时间分别为 20、25、30、35、40 min 时烟用接装纸中凉味剂提取效果的差异,结果见图 2b。由图 2b 可知,提取率随着振荡时间的增加呈现先增加后减少的趋势,当时间到达 35 min 时提取量最高。

以振荡温度为变量,其他实验条件不变,考察振荡温度分别为 20、30、40、50、60 °C 时烟用接装纸中凉味剂提取效果的差异,结果见图 2c。由图 2c 可知,在提取过程中随着振荡温度的升高,提取量呈现先增加后降低的趋势。当振荡温度为 40 °C 时,提取率最高。温度对凉味剂的提取量影响很大,温度升高,溶质扩散速率增大^[22]。温度过高会导致凉味剂挥发速率加快,造成损失,因此,40 °C 为最适温度。

以振荡转速为变量,其他实验条件不变,考察振荡转速分别为 100、120、140、160、180 r/min 时烟用接装纸中凉味剂提取效果的差异,结果见图 2d。由图 2d 可知,摇床振荡转速对提取率也有一定的影响。随着摇床转速的增大,提取量呈现先增加后降低的趋势,当转速到达 140 r/min 时提取量最高。

2.1.3.2 正交试验

根据单因素试验的测定结果,优化出 3 个水平,组成 $L_9(3^4)$ 正交试验表,并对试验结果进行分析,具体见表 1。结果表明:各因素对烟用接装纸中凉味剂提取效果的影响从大到小顺序为溶剂体积(A)、振荡温度(B)、转速(D)和振荡时间(C)。以(-)-薄荷酮、L-薄荷醇和(-)-乳酸薄荷酯 3 种凉味剂的提取总量为考察指标,确定了摇床提取的最佳方案为 $A_3B_1C_1D_2$,即溶剂体积为 25 mL,振荡温度为 30 °C,振荡时间为 25 min,转速为 160 r/min。

2.1.3.3 验证试验

根据正交试验确定的最佳方案 $A_3B_1C_1D_2$ 进行验证试验,经 GC-FID 分析可知,烟用接装纸中 3 种凉味剂的总含量为 7.23 mg/g,大于正交试验中各组合的总含量,表明正交试验确定的方案为摇床提取的最佳方案。

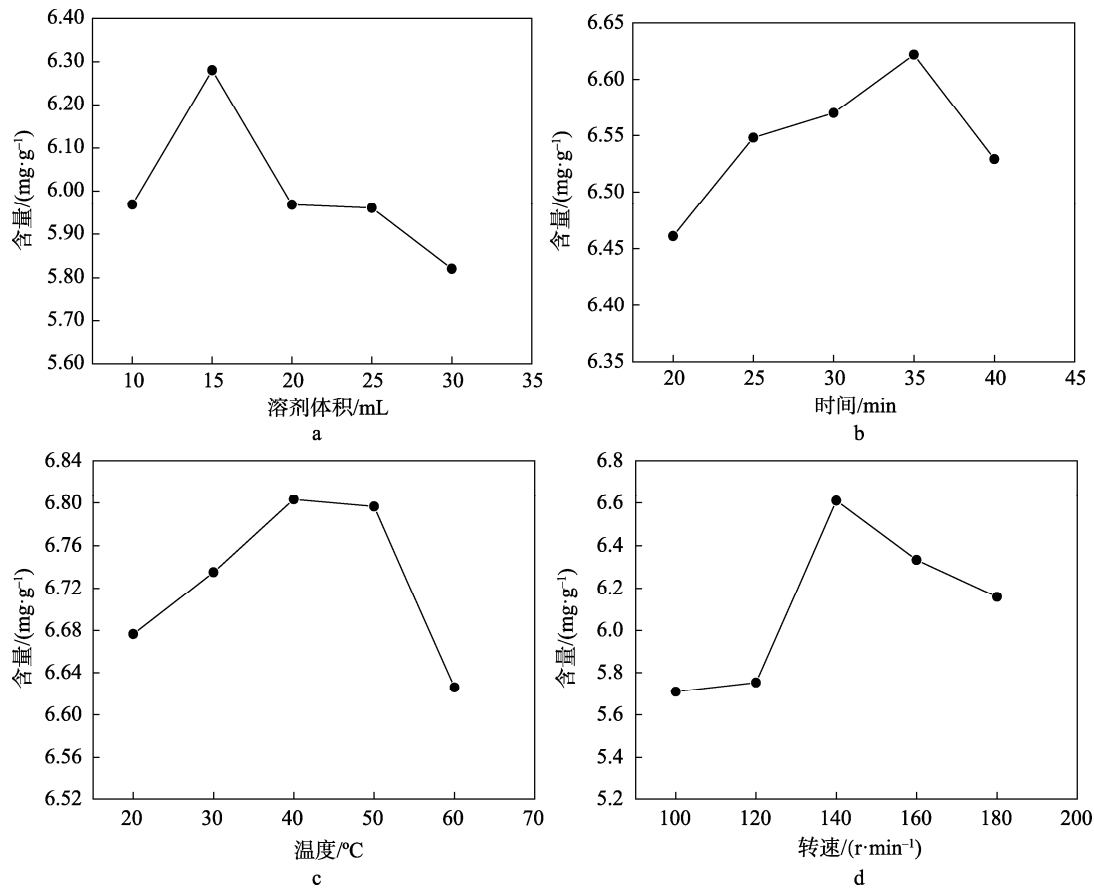


图 2 摇床辅助提取不同因素对凉味剂提取量的影响
Fig.2 Effects of different factors of shaker-assisted extraction on extraction amount of cooling agents

表 1 正交试验方案及结果分析
Tab.1 Scheme and result analysis of orthogonal experiment

序号	溶剂体积 (A) /mL	温度 (B) /°C	时间 (C) /min	转速 (D) /(r·min ⁻¹)	总含量/(mg·g ⁻¹)
1	15	30	25	140	7.080 4
2	15	40	30	160	7.031 6
3	15	50	35	180	6.861 3
4	20	30	30	180	6.764 8
5	20	40	35	140	6.607 8
6	20	50	25	160	6.727 5
7	25	30	35	160	7.195 9
8	25	40	25	180	7.031 2
9	25	50	30	140	7.023 4
K ₁	6.991	7.014	6.946	6.904	
K ₂	6.700	6.890	6.940	6.985	
K ₃	7.083	6.871	6.888	6.886	
R	0.383	0.143	0.058	0.099	

2.2 方法学验证

2.2.1 标准曲线、检出限和定量限

按色谱条件对 3 种凉味剂的混合标准溶液系列进行测定, 以各凉味剂与内标物的浓度比为横

坐标, 其对应的峰面积比为纵坐标, 绘制标准曲线。3 种凉味剂的线性范围、线性回归曲线和相关系数见表 2。

以 3 倍标准偏差和 10 倍标准偏差分别计算方法的检出限 (3 s) 和定量限 (10 s) ^[23], 结果见表 2。

表 2 线性参数、检出限和定量限
Tab.2 Linearity parameters, detection limits and quantification limits

序号	凉味剂	线性回归方程	相关系数	检出限/($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)	定量限/($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)
1	(-)-薄荷酮	$y=1.114\ 3x-0.021\ 1$	0.999 9	0.15	0.50
2	L-薄荷醇	$y=1.208\ 8x-0.157\ 8$	0.999 9	0.32	1.06
3	(-)-乳酸薄荷酯	$y=1.117\ 6x-0.023\ 7$	0.999 9	0.15	0.49

由表 2 可知,3 种凉味剂质量浓度在 7.5~8 500 $\mu\text{g/mL}$ 时线性关系良好,相关系数均在 0.999 9 以上,检出限为 0.15~0.32 $\mu\text{g/mL}$,定量限为 0.49~1.06 $\mu\text{g/mL}$,能够满足凉味剂的定量分析要求。

2.2.2 精密度和回收试验

称取已知凉味剂种类和含量的烟用接装纸 15 份,分别加入低、中、高 3 个不同浓度水平的凉味剂混合标准溶液,每个浓度 5 个水平,按照试验方法进行处理,计算回收率和相对标准偏差(RSD),结果见表 3。

由表 3 可知,(-)-薄荷酮和 L-薄荷醇在高浓度加标量下的回收率分别为 81.33%和 81.23%,这可能是因为两者的挥发性较高导致的。3 种凉味剂的回收率为 81.23%~100.62%,RSD 值为 0.34%~1.64%,说明利用此方法检测接装纸中的凉味剂具有很强的可靠性和准确性。

2.3 凉味剂释放行为分析

将烟用接装纸样品放置不同时间后,按照优化后的方法进行处理,接装纸中 3 种凉味剂的含量见图 3a,计算其释放率见图 3b。由图 3 可知,(-)-薄荷酮和 L-薄荷醇在前 10 天大量释放,累计释放率分别达 68.13%和 60.78%;在 10~60 d 期间释放速率减缓,

(-)-薄荷酮和 L-薄荷醇在第 60 天的累计释放率分别达到 87.58%和 80.03%;60 d 后两者的释放量几乎不变。(-)-乳酸薄荷酯在前 10 天释放速率较快,累计释放率达 16.22%,之后缓慢释放,在 130 d 时累计释放率仅有 39.74%。由释放速率可以看出,相较于(-)-薄荷酮和 L-薄荷醇,(-)-乳酸薄荷酯释放较慢,将(-)-乳酸薄荷酯加入到卷烟接装纸中,有利于保持卷烟产品感官品质的稳定性。

在静态环境下对(-)-薄荷酮、L-薄荷醇和(-)-乳酸薄荷酯的释放曲线进行模型拟合,拟合结果见表 4。

由表 4 可知,接装纸中 3 种凉味剂在室温情况下的释放动力学过程与 Korsmeyer-Peppas 模型拟合度较高(R^2 为 0.956 1~0.976 7)。Korsmeyer-Peppas 模型是用来分析活性成分在多孔材料中释放最为理想的模型^[24],在 Korsmeyer-Peppas 方程式中, n 为释放参数, n 值可用来描述溶质从多种形状的骨架结构中的释放机制。当 $n \leq 0.45$ 时,释放机制为 Fick 扩散;当 $0.45 < n < 0.89$ 时,释放机制为 Non-Fick 扩散;当 $n > 0.89$ 时,释放机制为骨架溶蚀^[25]。由拟合结果可知,3 种凉味剂的扩散指数 n 均小于 0.45,表明 3 种凉味剂在接装纸中的释放过程受 Fick 扩散影响,这可能与 3 种凉味剂的浓度有关^[26]。

表 3 接装纸中 3 种凉味剂的加标回收率结果 ($n=5$)
Tab.3 Recovery rate of three cooling agents in tipping paper ($n=5$)

凉味剂	本底值/($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	加标量/($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	测定值/($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	平均回收率/%	RSD 值/%
(-)-薄荷酮	0.40	0.27	0.67	99.89	0.77
		0.55	0.88	87.27	0.34
		0.75	1.01	81.33	1.01
L-薄荷醇	5.20	3.36	8.53	99.22	1.60
		6.71	11.13	88.30	0.50
		10.07	13.38	81.23	0.88
(-)-乳酸薄荷酯	1.56	0.99	2.53	95.78	1.55
		1.98	3.54	100.62	1.64
		2.94	4.51	100.10	0.78

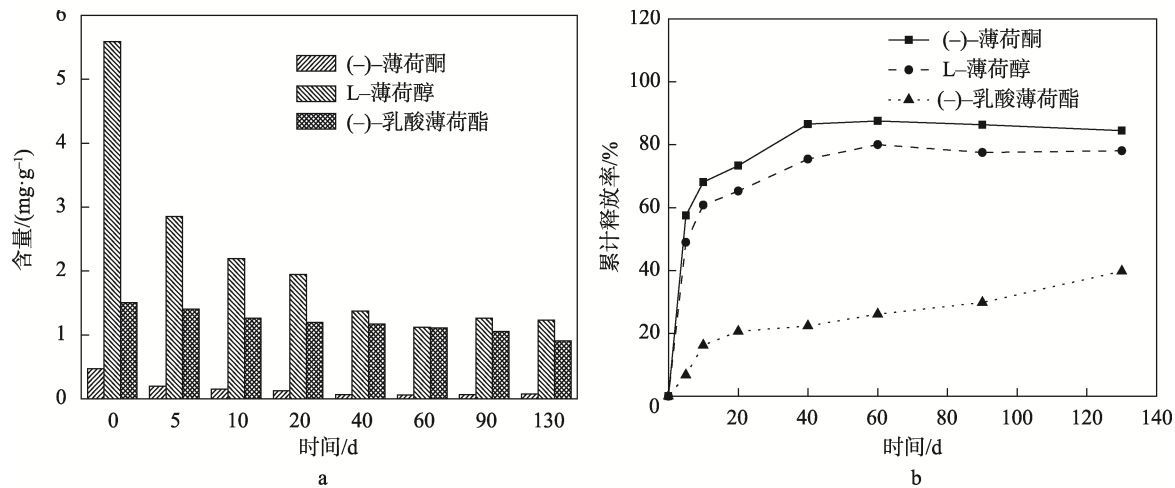


图 3 不同存放天数接装纸中凉味剂的含量和释放率
Fig.3 Contents and release rate of cooling agents in tipping paper for different storage days.

表 4 静态过程中 3 种凉味剂不同释放模型的方程拟合结果
Tab.4 Fitting results of equations for different release models of three cooling agents in a static process

凉味剂	拟合模型	拟合方程	相关系数
(-)-薄荷酮	零级	$Q=50.883\ 4+0.385\ 4t$	0.258\ 7
	一级	$Q=83.935\ 9(1-e^{-0.196\ 9t})$	0.971\ 8
	Higuchi	$Q=10.366\ 3t^{1/2}$	0.192\ 1
	Korsmeyer-Peppas	$Q=51.882\ 2t^{0.115\ 3}$	0.973\ 4
L-薄荷醇	零级	$Q=44.356\ 8+0.369\ 4t$	0.308\ 5
	一级	$Q=75.848\ 2(1-e^{-0.178\ 4t})$	0.972\ 1
	Higuchi	$Q=9.339\ 3t^{1/2}$	0.287\ 2
	Korsmeyer-Peppas	$Q=43.755\ 6t^{0.131\ 4}$	0.976\ 7
(-)-乳酸薄荷酯	零级	$Q=9.087\ 5+0.250\ 4t$	0.812\ 0
	一级	$Q=33.321\ 3(1-e^{-0.039\ 9t})$	0.876\ 2
	Higuchi	$Q=3.448\ 0t^{1/2}$	0.942\ 5
	Korsmeyer-Peppas	$Q=5.282\ 3t^{0.402\ 6}$	0.956\ 1

3 结语

以烟用接装纸中(-)-薄荷酮、L-薄荷醇和(-)-乳酸薄荷酯为研究对象,通过单因素实验和正交实验确定了最优前处理条件:提取方法为摇床振荡,提取溶剂为乙醇,溶剂体积为 25 mL,振荡温度为 30 ℃,振荡时间为 25 min,转速为 160 r/min。研究了接装纸中 3 种凉味剂的释放规律,发现三者均在前 10 天大量释放,且(-)-薄荷酮和 L-薄荷醇的释放要明显高于(-)-乳酸薄荷酯。通过释放动力学拟合可知,Korsmeyer-Peppas 模型可较好地描述烟用接装纸中 3 种凉味剂的释放过程,且 3 种凉味剂的释放过程主要受 Fick 扩散影响。文中研究结果可为凉味剂在烟用接装纸中的应用提供技术支撑。

参考文献:

[1] 朱亚峰, 胡军, 唐荣成, 等. 卷烟滤嘴加香研究进展[J]. 中国烟草学报, 2011, 17(6): 104-109.
ZHU Ya-feng, HU Jun, TANG Rong-cheng, et al. Recent Advances in Research and Development in Cigarette Filter Flavoring Technique[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2011, 17(6): 104-109.

[2] 孔浩辉, 刘振龙, 陈森林, 等. 改性蒙脱土的性能分析及滤嘴薄荷醇不同加香方式的效果比较[J]. 烟草科技, 2019, 52(1): 73-78.
KONG Hao-hui, LIU Zhen-long, CHEN Sen-lin, et al. Properties of Modified Montmorillonite and Its Effects

- on Filter Flavoring Methods for Menthol[J]. Tobacco Science & Technology, 2019, 52(1): 73-78.
- [3] 卢真保, 胡武, 孙胜南. β -苯乙醇-活性炭颗粒的制备及其卷烟滤嘴加香效应的研究[J]. 山东化工, 2018, 47(12): 22-24.
- LU Zhen-bao, HU Wu, SUN Sheng-nan. Preparation of Activated Carbon Loaded Phenethyl Alcohol and Its Application of Tobacco Flavoring in Cigarette Filter[J]. Shandong Chemical Industry, 2018, 47(12): 22-24.
- [4] 夏启东, 何邦华, 侯英, 等. 气相色谱质谱法测定 6 种加香目标物质的含量及对烟丝加香均匀性的评价[J]. 分析测试学报, 2012, 31(7): 816-822.
- XIA Qi-dong, HE Bang-hua, HOU Ying, et al. Determination of Six Flavoring Characteristic Compounds by GC-MS and Its Evaluation on the Flavoring Uniformity in Cigarette[J]. Journal of Instrumental Analysis, 2012, 31(7): 816-822.
- [5] 吴若昕, 张春涛, 李登科, 等. 加速溶剂萃取-气相色谱-串联质谱法测定烟丝中 5 种羧酸苯乙酯的含量及对烟丝加香的均匀性评价[J]. 理化检验-化学分册, 2020, 56(1): 7-13.
- WU Ruo-xin, ZHANG Chun-tao, LI Deng-ke, et al. Determination of 5 Phenyl Ethyl Carboxylates in Cut Tobacco by GC-MS/MS with Accelerated Solvent Extraction and Evaluation on Uniformity Evaluation of the Aromatizing Process[J]. Physical Testing and Chemical Analysis (Part B: Chemical Analysis), 2020, 56(1): 7-13.
- [6] 李达, 李晓科, 张涛, 等. 卷烟挥发性香气成分测定及烟丝加香工艺优化[J]. 食品与机械, 2020, 36(3): 84-90.
- LI Da, LI Xiao-ke, ZHANG Tao, et al. Determination of Volatile Aroma Components in Cigarettes and Optimization of Flavoring Process of Tobacco[J]. Food & Machinery, 2020, 36(3): 84-90.
- [7] 陈志燕, 蒋宏霖. 加香卷烟纸挥发性成分的分析[C]// 广西烟草学会学术年会论文集: 2005 年卷, 广西, 2006: 52-54.
- CHEN Zhi-yan, JIANG Hong-lin. Analysis of Volatile Components in Flavored Cigarette Paper[C]// Proceedings of Guangxi Tobacco Society Annual Conference: Volume 2005, Guangxi, 2006: 52-54.
- [8] 秦艳, 康林芝, 云帆, 等. 沉香精油微胶囊的制备及其在卷烟纸中的应用研究[J]. 农产品加工, 2016(14): 9-13.
- QIN Yan, KANG Lin-zhi, YUN Fan, et al. Manufacturing Microcapsules of Eaglewood Oil and Application in Cigarette Paper[J]. Farm Products Processing, 2016(14): 9-13.
- [9] 杨绍文, 曹秋娥, 沈靖轩, 等. 葡萄糖与组氨酸热解产物分析及其在卷烟纸中的应用[J]. 应用化工, 2010, 39(1): 141-143.
- YANG Shao-wen, CAO Qiu-e, SHEN Jing-xuan, et al. Analysis of Pyrolytic Products from Glucose and L-Histidine, and Its Application in Cigarette Paper[J]. Applied Chemical Industry, 2010, 39(1): 141-143.
- [10] 何雪峰, 沈靖轩, 肖维毅, 等. 碱性氨基酸在卷烟成型纸中的应用研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2019, 34(6): 1000-1006.
- HE Xue-feng, SHEN Jing-xuan, XIAO Wei-yi, et al. The Application of Cationic Amino Acids in the Wrap Paper of Cigarette[J]. Journal of Yunnan Agricultural University (Natural Science), 2019, 34(6): 1000-1006.
- [11] 潘文亮, 张祥伟, 鲍峰伟. 灵香草精油提取及在卷烟芯线加香中的应用[J]. 食品工业, 2016, 37(12): 84-87.
- PAN Wen-liang, ZHANG Xiang-wei, BAO Feng-wei. Extracting of the Essential Oil from *Lysimachia Foenum-Graecum* Hance and Its Application in Cigarettes with Core Line[J]. The Food Industry, 2016, 37(12): 84-87.
- [12] 洪广峰, 邱纪青, 李国政, 等. 国外爆珠卷烟研究进展[J]. 中国烟草学报, 2019, 25(4): 124-134.
- HONG Guang-feng, QIU Ji-qing, LI Guo-zheng, et al. Recent Advances in Capsule Filter Cigarette Overseas[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2019, 25(4): 124-134.
- [13] 崔春, 孟祥士, 纪朋, 等. 陈皮爆珠对卷烟常规理化指标和感官品质的影响[J]. 轻工学报, 2019, 34(5): 40-46.
- CUI Chun, MENG Xiang-shi, JI Peng, et al. Effect of Tangerine Essence Breakable Capsule on Regular Physicochemical Characteristics and Sensory Quantity of Cigarettes[J]. Journal of Light Industry, 2019, 34(5): 40-46.
- [14] 兰辉程. 烟用接装纸制造技术的发展及其趋势[J]. 造纸信息, 2021(1): 87-88.
- LAN Hui-cheng. Development and Trend of Cigarette Tipping Paper Manufacturing Technology[J]. China Paper Newsletters, 2021(1): 87-88.
- [15] 王紫燕, 韩敬美, 袁大林, 等. 电加热卷烟和传统卷烟中凉味剂转移率比较[J]. 烟草科技, 2020, 53(10): 46-55.
- WANG Zi-yan, HAN Jing-mei, YUAN Da-lin, et al. Transfer Rates of Cooling Agents in Electrically Heated Cigarettes and Combustible Cigarettes[J]. Tobacco Science & Technology, 2020, 53(10): 46-55.
- [16] 崔秀明, 邬帅帆. 新型凉味剂的合成及烟草应用研究

- [J]. 当代化工研究, 2017(2): 20-21.
- CUI Xiu-ming, WU Shuai-fan. Study of the Synthesis of New Type of Cooling Agent and Tobacco Application[J]. Modern Chemical Research, 2017(2): 20-21.
- [17] 王紫燕, 韩敬美, 雷萍, 等. 烟用凉味剂研究进展[J]. 食品与机械, 2019, 35(9): 204-210.
- WANG Zi-yan, HAN Jing-mei, LEI Ping, et al. Research Advances of Coolants in Tobacco[J]. Food & Machinery, 2019, 35(9): 204-210.
- [18] 孙海峰, 吕乔, 陈嘉彬, 等. 卷烟及添加剂中多种凉味剂组分的测定[C]// 中国烟草学会学术年会优秀论文集: 2017年卷, 北京, 2017: 2217-2224.
- SUN Hai-feng, LYU Qiao, CHEN Jia-bin, et al. Determination of Various Cooling Agents in Cigarettes and Additives[C]// Outstanding Proceedings of the Annual Conference of the Tobacco Society of China: Volume 2017, Beijing, 2017: 2217-2224.
- [19] IFTIME M M, DOBRECI D L, IRIMICIUC S A, et al. A Theoretical Mathematical Model for Assessing Diclofenac Release from Chitosan-Based Formulations[J]. Drug Deliv, 2020, 27(1): 1125-1133.
- [20] 张海波, 蒋建新, 高宏, 等. 松香基聚丙烯酰胺水凝胶的药物释放性能及其动力学研究[J]. 林产化学与工业, 2018, 38(3): 25-32.
- ZHANG Hai-bo, JIANG Jian-xin, GAO Hong, et al. Drug Release and Kinetics Properties of Rosin-Based Polyacrylamide Hydrogels[J]. Chemistry and Industry of Forest Products, 2018, 38(3): 25-32.
- [21] 邓惠敏, 李中皓, 边照阳, 等. GC/MS 法同时测定主流烟气中 9 种芳香胺[J]. 烟草科技, 2017, 50(12): 61-69.
- DENG Hui-min, LI Zhong-hao, BIAN Zhao-yang, et al. Simultaneous Determination of Nine Aromatic Amines in Mainstream Cigarette Smoke by GC/MS[J]. Tobacco Science & Technology, 2017, 50(12): 61-69.
- [22] 赵薇, 赵朋, 李丽霞, 等. 响应面优化超声辅助提取红椒色素及其稳定性研究[J]. 中国调味品, 2020, 45(11): 169-174.
- ZHAO Wei, ZHAO Peng, LI Li-xia, et al. Study on Ultrasonic-Assisted Extraction of Red Pepper Pigment with Response Surface Methodology and Its Stability[J]. China Condiment, 2020, 45(11): 169-174.
- [23] BOTREL B M C, ABREU D C P, BAZANA M J F, et al. Development, Optimization, and Validation of the HS-SPME/GC-MS Method for the Residual Determination of Menthol in Fish[J]. Food Analytical Methods, 2019, 12(6): 1390-1398.
- [24] 任艳, 李娟, 何莲君, 等. 乳清分离蛋白凝胶蔗糖释放过程的动力学分析[J]. 食品科学, 2016, 37(15): 13-18.
- REN Yan, LI Juan, HE Lian-jun, et al. Kinetics of Sugar Release from Whey Protein Isolate Gel[J]. Food Science, 2016, 37(15): 13-18.
- [25] 余丽丽, 尤静, 姚琳, 等. 盐酸小檗碱 β -环糊精聚合物微球的制备和释药性能研究[J]. 化工新型材料, 2013, 41(6): 53-55.
- YU Li-li, YOU Jing, YAO Lin, et al. Synthesis of Berberine Hydrochloride Encapsulated into β -Cyclodextrin Polymer Microspheres and Its Behavior of Drug Release[J]. New Chemical Materials, 2013, 41(6): 53-55.
- [26] 郭超, 黄廷林, 丁煜. 水体沉积物中石油类物质释放过程动力学研究[J]. 环境工程, 2011, 29(5): 56-59.
- GUO Chao, HUANG Ting-lin, DING Yu. Release Dynamics of Oil Pollutants from Sediments in Water Body[J]. Environmental Engineering, 2011, 29(5): 56-59.

责任编辑: 曾钰婵