



万纪强,胡少东,崔春,等.空腔直径对圆形空腔滤棒卷烟烟气及感官品质的影响[J].轻工学报,2022,37(4):81-85,93.
WAN J Q,HU S D,CUI C,et al.Effect of cavity diameter on the mainstream smoke and sensory quality of cigarettes with circular cavity combined filter rods[J].Journal of Light Industry,2022,37(4):81-85,93.
DOI:10.12187/2022.04.011

空腔直径对圆形空腔滤棒卷烟烟气及感官品质的影响

万纪强,胡少东,崔春,纪朋,顾亮,王高杰,田海英,高明奇

河南中烟工业有限责任公司 技术中心,河南 郑州 450000

摘要:在空腔深度相同的条件下,设计4种不同空腔直径的圆形空腔滤棒,并研究了空腔直径对卷烟主流烟气释放、有害物质截留及感官品质的影响。结果表明:圆形空腔滤棒卷烟的总颗粒物、焦油、烟碱释放量随空腔直径的增加而提高,并且均高于普通醋酸纤维滤棒卷烟的释放量;圆形空腔滤棒中普通丝束段的烟碱截留量基本无变化,而空腔丝束段的烟碱截留量与单位面积烟碱截留量随空腔直径的增加逐渐减小;随空腔直径增大,圆形空腔滤棒卷烟的危害性指数逐渐增加,卷烟危害性指数偏移量逐渐增大,但卷烟的感官品质评价得分逐渐减小。

关键词:圆形空腔滤棒;空腔直径;烟碱截留;危害性指数

中图分类号:TS452 **文献标识码:**A **文章编号:**2096-1553(2022)04-0081-05

0 引言

烟用滤棒作为卷烟的重要组成部分,可有效过滤截留烟气中的有害物质。随着消费者需求愈加多样化,逐渐开发出了沟槽滤棒、颗粒滤棒、香线滤棒、凝胶滤棒、异性空腔滤棒等多种类型的特种滤棒。异形空腔滤棒是利用特殊工艺加工制成端部可见图案的新型滤棒,空腔形状可以设计成圆形、三角形、叶子、齿轮、五角星等多种形状,具有图案设计防伪和烟气调节的双重作用,因此在卷烟产品上得到了广泛应用。深圳烟草工业有限责任公司^[1]发明了一种异形空腔滤嘴,通过在异形滤棒的中部和圆柱面分别设置通孔和通槽,为烟气提供多个低压通道,

可降低烟气的流速,提高烟气与滤棒的惯性碰撞与扩散沉积。江苏大亚滤嘴材料有限公司^[2]制备的异形空腔加香滤棒将加香滤棒与异形滤棒相结合,可改善卷烟抽吸风味,同时提高外观质量,增强卷烟防伪功能。湖北中烟工业有限责任公司^[3]开发的全中空式过滤嘴卷烟,吸阻较小,能够有效地减少焦油和一氧化碳的释放量。文建辉等^[4]考查了空腔滤棒结构对卷烟主流烟气中酚类化合物的截留影响,发现空腔醋酸纤维滤棒对酚类化合物的过滤效率低于普通醋酸纤维滤棒、外置沟槽滤棒和纸/醋复合滤棒。李艳平等^[5]则考查了空腔滤棒结构对烟碱过滤效率和空间分布模式的影响,发现空腔滤棒对烟碱的过滤效率低于普通滤棒、外置沟槽滤棒和内置沟槽

收稿日期:2021-10-28

基金项目:中国烟草总公司重点研发项目(110202002002);河南中烟工业有限责任公司重点科技项目(YN201815,C202027)

作者简介:万纪强(1990—),男,河南省平顶山市人,河南中烟工业有限责任公司助理研究员,博士,主要研究方向为烟草化学和烟用材料。E-mail:wanjiaqiang1114@163.com

通信作者:高明奇(1984—),男,河南省新乡市人,河南中烟工业有限责任公司高级工程师,主要研究方向为烟草化学和烟用材料。E-mail:gaomq1984@126.com

滤棒,并且空腔滤棒的空腔滤棒段烟碱含量较低,非空腔滤棒段中圈部分的烟碱含量高于中心部分的烟碱含量。吴钊等^[6]系统考查了空腔滤棒截面面积比、空腔滤棒截面形状、空腔滤棒长度及长度占比等因素对空腔复合滤棒压降的影响规律,发现空腔复合滤棒压降的实测值均高于预测值,并且空腔复合滤棒的压降偏移率与空腔结构截面面积比、空腔滤棒长度占比呈正相关,与空腔截面长度呈负相关,空腔截面形状对压降偏移率影响不大。

异形空腔滤棒作为一种新型的滤棒形式,目前的研究主要集中在滤棒结构设计、生产工艺等方面,异形空腔滤棒对卷烟主要理化指标与感官品质的影响有待进一步深入研究。鉴于此,本文拟针对市面上较常见的圆形空腔滤棒,设计几种空腔直径不同、空腔深度相同的圆形空腔滤棒,分析空腔直径对主流烟气释放、有害物质截留、感官品质的影响规律,以为圆形空腔滤棒的设计与开发提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料和仪器

主要材料:常规丝束滤棒与不同空腔直径的圆形空腔滤棒,由牡丹江卷烟滤棒厂提供。

主要仪器:SODIMAX 全功能综合测试台,法国 Sodim Instrumentation 公司产;RM200A 型转盘吸烟机,德国 Borgwaldt 公司产;HP6890 N/5975 气相色谱/质谱联用仪,美国 Agilent 公司产;SM450 直线型吸烟机,英国 Cerulean 公司产;KQ-700DE 数控超声波清洗器,昆山市超声仪器有限公司产;AL-204-IC 电子天平(感量 0.000 1 g),瑞士 Mettler Toledo 公司产。

1.2 实验方法

1.2.1 样品卷烟的制备 分别将常规丝束滤棒、不同空腔直径(空腔深度均为 10 mm)的圆形空腔滤棒与河南中烟某规格卷烟配方烟丝卷制成烟支,除滤嘴结构不同外,其他原辅料均相同,得到常规滤棒卷烟与 4 种圆形空腔滤棒卷烟。圆形空腔滤棒卷烟样品的结构示意图如图 1 所示,卷烟样品物理检测数据如表 1 所示。

1.2.2 卷烟主流烟气常规成分与 7 种有害成分释放量测定 按照文献^[7-9]的方法测定卷烟主流烟

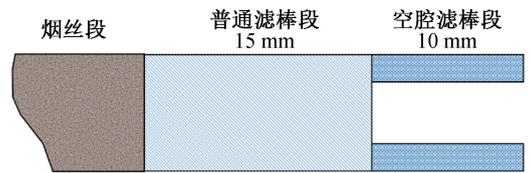


图 1 圆形空腔滤棒卷烟样品结构示意图
Fig. 1 Schematic diagram of sample cigarette structure of circular cavity combined filter rods

表 1 卷烟样品物理检测数据

Table 1 Physical test data of sample cigarettes

空腔直径/ mm	单支质量/ g	总通风 率/%	滤嘴通 风率/%	卷烟开放 吸阻/Pa
0	0.906	18.9	13.7	1000
1.5	0.956	15.1	9.4	870
2.0	0.943	15.2	9.6	840
3.0	0.938	15.5	9.7	720
4.8	0.934	17.1	11.7	640

气中常规成分总颗粒物、焦油、烟碱、CO 的释放量。

按文献^[10]的方法抽吸卷烟后,取出烟蒂中的普通丝束段与空腔丝束段,根据文献^[8,11]的方法测定普通醋酸纤维滤嘴段中的烟碱量(m_{F1})、空腔滤嘴段的烟碱量(m_{F2}),以及剑桥滤片捕集的烟碱量(m_H)。烟碱过滤效率(NFE)计算方法如下:

$$NFE = [(m_{F1} + m_{F2}) / (m_{F1} + m_{F2} + m_H)] \times 100\%$$

根据文献^[9,12-17]的方法测定卷烟主流烟气中 CO、HCN、NNK、NH₃、苯并[a]芘、苯酚、巴豆醛 7 种有害成分的释放量。

1.2.3 圆形空腔滤棒卷烟感官品质评价 将样品卷烟置于温度(22±1) °C,相对湿度(60±2)%的恒温恒湿环境中平衡 48 h。样品卷烟的感官品质评价由河南中烟评吸委员会 9 名成员参照文献^[18]的方法完成。

2 结果与讨论

2.1 空腔直径对卷烟主流烟气常规成分释放量的影响

卷烟样品主流烟气常规成分释放量如表 2 所示。由表 2 可以看出,圆形空腔滤棒卷烟的总颗粒物、焦油、烟碱释放量均高于常规滤棒卷烟,并且随着空腔直径的增加,3 种常规成分的释放量均随之提高。这是因为圆形空腔滤棒卷烟的吸阻随空腔直径增大而逐渐降低,并且均低于常规滤棒卷烟,因此

对主流烟气的过滤能力逐渐降低。但 CO 的释放量与空腔直径无明显相关性。

2.2 空腔直径对滤棒烟碱截留的影响

卷烟样品滤棒烟碱截留量与烟碱过滤效率如表 3 所示。由表 3 可以看出,圆形空腔滤棒中普通滤棒段丝束的烟碱截留量基本没有变化,而空腔滤棒段丝束的烟碱截留量则随着空腔直径的增加逐渐减小,这是因为随着空腔直径的增加使得具有烟碱截留作用的空腔滤棒段丝束截面面积逐渐减小,因此对烟碱的截留能力逐渐降低,这也导致卷烟滤棒的烟碱过滤效率随空腔直径的增加而降低。

为进一步评价圆形空腔滤棒对烟碱截留情况的影响,定义空腔滤棒段丝束的单位面积烟碱截留量 R ,其计算公式如下:

$$R = \frac{\text{空腔滤棒段丝束烟碱截留量}}{\text{空腔滤棒段丝束截面面积}}$$

空腔直径对空腔滤棒段丝束的单位面积烟碱截留量的影响如图 2 所示。由图 2 可以看出,随着空腔直径的增大,空腔滤棒段丝束的单位面积烟碱截留量逐渐减小。这可能是因为主流烟气通过具有空腔的滤棒段时,空腔处的压强较低,烟气更容易通过阻力较小的空腔部分流出^[5],导致经空腔部分流出烟气的占比高于滤棒截面中空腔滤棒段丝束截面的占比。根据伯努利定律^[19],在烟气流量一定的情况下,空腔直径增大,烟气流速降低,经空腔部分流出的烟气占比与空腔截面在滤棒截面中占比的偏差值越大,因此空腔直径越大时,空腔滤棒段丝束的单位面积烟碱截留量越低。

表 2 卷烟样品主流烟气常规成分释放量
Table 2 Releases of routine components in mainstream smoke of sample cigarettes

空腔直径/ mm	总粒相物/ (mg·支 ⁻¹)	焦油/ (mg·支 ⁻¹)	烟碱释放量/ (mg·支 ⁻¹)	CO/ (mg·支 ⁻¹)
0	13.49	10.84	0.95	11.70
1.5	15.60	12.88	1.05	12.20
2.0	15.70	13.13	1.08	11.55
3.0	16.59	13.57	1.09	11.68
4.8	17.46	14.12	1.10	11.58

表 3 卷烟样品滤棒烟碱截留量与烟碱过滤效率
Table 3 The nicotine interception and nicotine filtration efficiency of sample cigarettes

空腔直 径/mm	空腔截面 面积/mm ²	丝束烟碱含量/(mg·支 ⁻¹)		烟碱过滤 效率/%
		普通滤棒段	空腔滤棒段	
0	0	0.47	0	33.10
1.5	44.47	0.24	0.12	25.53
2.0	43.10	0.24	0.08	22.86
3.0	39.17	0.25	0.05	21.58
4.8	28.15	0.25	0.01	19.12

2.3 空腔直径对卷烟 7 种有害成分释放量与危害性指数的影响

卷烟样品主流烟气 7 种有害成分释放量如表 4 所示。由表 4 可以看出,NH₃、苯并[a]芘、苯酚、巴豆醛的释放量均随着空腔直径的增加呈现逐渐增加的趋势,而 CO、HCN、NNK 的释放量则随空腔直径的增加表现出先增加、后降低的趋势。

根据文献[20]计算卷烟样品危害性指数,空腔

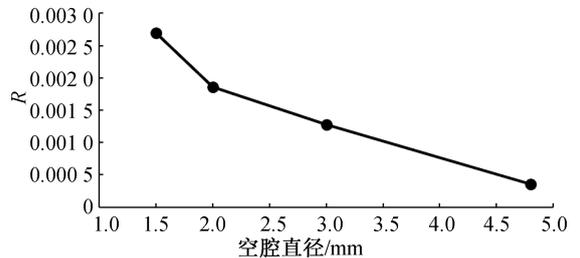


图 2 空腔直径对空腔滤棒段丝束的单位面积烟碱截留量的影响

Fig. 2 Effect of cavity diameter on nicotine interception in per unit area tow segment of the cavity filter

表 4 卷烟样品主流烟气 7 种有害成分释放量

Table 4 Releases of seven harmful components in mainstream smoke of sample cigarettes

空腔直径/ mm	CO/ (mg·支 ⁻¹)	HCN/ (μg·支 ⁻¹)	NNK/ (ng·支 ⁻¹)	NH ₃ / (μg·支 ⁻¹)	苯并[a]芘/ (ng·支 ⁻¹)	苯酚/ (μg·支 ⁻¹)	巴豆醛/ (μg·支 ⁻¹)
0	11.70	137.05	5.29	7.81	9.34	20.30	18.91
1.5	12.20	137.38	5.97	8.65	11.00	23.91	18.76
2.0	11.55	139.98	6.47	8.75	10.62	22.13	19.33
3.0	11.68	133.81	5.53	8.91	11.31	24.83	21.01
4.8	11.58	135.99	4.90	9.75	12.23	29.63	21.60

直径对卷烟样品危害性指数的影响如图3所示。由图3可以看出,4种圆形空腔滤棒卷烟的危害性指数均高于常规滤棒卷烟,并且随空腔直径增加危害性指数逐渐提高。这与前述空腔直径增加时,圆形空腔滤棒对主流烟气的过滤效果降低的结果一致。

为进一步评价圆形空腔滤棒对卷烟样品危害性指数的影响,定义卷烟危害性指数的偏移量 M ,其计算公式如下:

$$M = \frac{\text{圆形空腔滤棒卷烟危害性指数} - \text{常规滤棒卷烟危害性指数}}{\text{空腔滤棒段丝束面积}}$$

空腔直径对卷烟样品危害性指数偏移量的影响如图4所示。由图4可以看出,随着空腔直径的增加,减少单位面积空腔滤棒段丝束,卷烟危害性指数的偏移量增大,这与2.2的结论是一致的,即在烟气流量一定的情况下,空腔直径越大,烟气流速越低,经空腔部分流出的烟气比例与空腔截面面积所占比例的偏差值越大,因此空腔直径越大时,圆形空腔滤棒对主流烟气过滤能力的下降幅度越大。

对上述结果进行分析认为,当空腔直径较小时,主流烟气在流经圆形空腔滤棒段时,因空腔部分阻力较小,烟气更容易通过空腔流出,但是经空腔流出的烟气所占比例与空腔截面面积所占比例的差异较小。当空腔直径增大时,烟气流速降低,经空腔流出

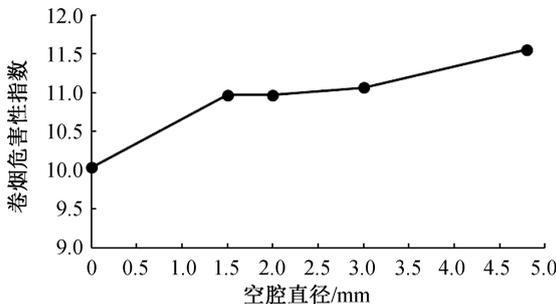


图3 空腔直径对卷烟样品危害性指数的影响
Fig. 3 Effect of cavity diameter on the hazard indexes of sample cigarettes

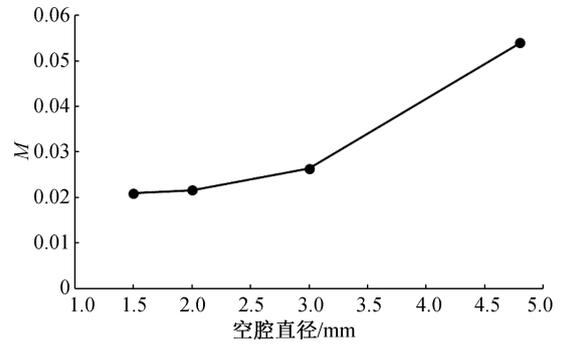


图4 空腔直径对卷烟危害性指数偏移量的影响
Fig. 4 Effect of cavity diameter on hazard index deviation

的烟气所占比例与空腔截面面积所占比例的差异增大,这导致空腔直径越大,空腔滤棒段丝束的单位面积烟碱截留量越低,单位面积空腔滤棒段丝束对卷烟危害性指数偏移量的影响幅度越大。

2.4 空腔直径对感官品质评吸结果的影响

圆形空腔滤棒卷烟感官品质评吸结果如表5所示。由表5可以看出,随着空腔直径的增加,圆形空腔滤棒卷烟的香气减弱,杂气、刺激性、干燥感增加,烟气成团性、细腻程度、甜润感变差,感官品质总分逐渐减低。烟气浓度则表现出先增加后降低的趋势。卷烟感官品质评吸结果与前述空腔直径对主流烟气过滤效果的影响趋势结果一致。

3 结论

本文以烟草企业中应用较多的圆形空腔滤棒为研究对象,设计了4种不同空腔直径、相同空腔深度的圆形空腔滤棒,分析了空腔直径对主流烟气释放、有害物质截留、感官品质的影响规律。结果表明:1)圆形空腔滤棒卷烟的总粒相物、焦油、烟碱释放量随空腔直径的增加而提高,并且均高于普通醋纤滤棒卷烟的释放量;2)圆形空腔滤棒丝束中普通滤棒段的烟碱截留量基本无变化,而空腔滤棒段的烟碱截留量与单位面积烟碱截留量随空腔直径的增加

表5 圆形空腔滤棒卷烟感官品质评吸结果

Table 5 The sensory quality evaluation result of cigarettes with circular cavity combined filter rods 分

空腔直径/ mm	香气特性			烟气特性				口感特性				得分
	香气质	香气量	杂气	成团性	浓度	细腻程度	绵长感	刺激性	干燥感	甜润度	余味	
1.5	7.5	7.0	7.0	7.0	6.0	8.0	8.0	7.0	7.0	8.0	7.0	79.5
2.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	77.0
3.0	7.0	6.0	6.0	6.0	8.0	7.0	7.0	6.5	6.0	6.5	7.0	73.0
4.8	6.0	6.5	6.0	6.5	6.5	6.0	6.5	6.0	6.0	6.0	6.0	68.0

逐渐减小;3)随空腔直径增大,圆形空腔滤棒卷烟的危害性指数逐渐增加,卷烟危害性指数的偏移量逐渐增大;4)随着空腔直径增大,圆形空腔滤棒卷烟的烟气特征与口感特征变差,感官品质评价得分逐渐降低。本文的研究结果填补了圆形空腔滤棒领域的研究空白,可为该滤棒的开发与利用提供一定的参考。

参考文献:

- [1] 深圳烟草工业有限责任公司. 一种异形滤嘴: 201910383411. 6[P]. 2019-05-09.
- [2] 江苏大亚滤嘴材料有限公司. 中空异形加香滤棒: 201520395328. 8[P]. 2015-06-10.
- [3] 湖北中烟工业有限责任公司. 全中空式过滤嘴卷烟: 201220290967. 4[P]. 2012-06-20.
- [4] 文建辉,秦亮生,丁多,等. 酚类化合物在滤嘴中的过滤效率和截留分布模式[J]. 烟草科技, 2014, 47(5): 42-48.
- [5] 李艳平,文建辉,彭斌,等. 不同结构滤嘴的烟碱截留效率和空间分布模式[J]. 烟草科技, 2013, 46(2): 57-61.
- [6] 吴钊,张源,傅靖刚,等. 异形空芯结构对多元复合滤棒压降影响[J]. 烟草科技, 2018, 51(2): 62-68.
- [7] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 卷烟 用常规分析用吸烟机测定总粒相物和焦油: GB/T 19609—2004[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [8] 国家烟草专卖局. 卷烟 总粒相物中烟碱的测定气相色谱法卷: YC/T 156—2001[S]. 北京: 中国标准出版社, 2001.
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 卷烟 烟气气相中一氧化碳的测定 非散射红外法: GB/T 23356—2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [10] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 常规分析用吸烟机 定义和标准条件: GB/T 16450—2004[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [11] 国家烟草专卖局. 卷烟 滤嘴中烟碱的测定 气相色谱法: YC/T 154—2001[S]. 北京: 中国标准出版社, 2001.
- [12] 国家烟草专卖局. 卷烟 主流烟气中氰化氢的测定 连续流动法: YC/T 253—2019[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
- [13] 中国国家标准化管理委员会. 卷烟 主流烟气总粒相物中烟草特有 N-亚硝胺的测定气相色谱-热能分析联用法: GB/T 23228—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [14] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 卷烟 烟气总粒相物中苯并[a]芘的测定: GB/T 21130—2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [15] 国家烟草专卖局. 卷烟 主流烟气中主要酚类化合物的测定 高效液相色谱法: YC/T 255—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [16] 国家烟草专卖局. 卷烟 主流烟气中主要羰基化合物的测定 高效液相色谱法: YC/T 254—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [17] 国家烟草专卖局. 卷烟 主流烟气中氨的测定 浸渍处理剑桥滤片捕集-离子色谱法: YC/T 377—2019[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
- [18] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 卷烟 第4部分: 感官技术要求: GB 5606. 4—2005[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [19] 陆倩倩,阮健,李胜. 伯努利效应引起滑阀阀芯径向力的研究[J]. 中国机械工程, 2017, 28(19): 2332-2338.
- [20] 谢剑平,刘惠民,朱茂祥,等. 卷烟烟气危害性指数研究[J]. 烟草科技, 2009, 42(2): 5-15.

[19] ZHONG G F, WANG F F, SUN J H, et al. Bio-conversion of lutein by *Enterobacter hormaechei* to form a new compound, 8-methyl- α -ionone [J]. *Biotechnology Letter*, 2017, 39(7): 1019-

1024.

[20] 李文静, 李春生, 李来好, 等. 鱼露中高产蛋白酶耐盐菌株的筛选、鉴定及产酶条件优化[J]. *食品与发酵工业*, 2021, 47(23): 134-142.

Screening and identifying of β -carotene degrading strains from tobacco leaves and its optimization of fermentation conditions

LONG Zhangde¹, WANG Min², XUE Yun¹, SUN Jiansheng¹, LIU Qibin¹, LIU Hong¹, MAO Duobin², WEI Tao²

1. *Technology Center, China Tobacco Guangxi Industrial Co., Ltd., Nanning 530001, China;*

2. *College of Food and Bioengineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450001, China*

Abstract: The strains that could degrade β -carotene with high efficiency were screened from fresh Yuyan 13 tobacco leaves, and the main degradation products were detected by GC-MS, the species of the strain were identified by morphology and 16S rDNA phylogenetic tree, the fermentation conditions of the strain were optimized by single factor test and orthogonal test. The results showed that YT-3 strain was *Enterobacter hormanii* subsp. which could degrade β -carotene with high efficiency. The main degradation products were β -ionone, dihydrokiwifruit lactone, β -cyclic citral (3.21%) and other flavor substances. The optimum fermentation conditions of YT-3 strain were as follows: NaNO_3 concentration 4 g/L, sucrose concentration 30 g/L, yeast powder concentration 3 g/L, initial pH value 7.0. Under these fermentation conditions, the degradation rate of β -carotene reached 97.05%.

Key words: β -carotene; degradation strains; *Enterobacter hormanii* subsp.; optimization of fermentation conditions

(责任编辑:吴晓亭)

(上接第 85 页)

Effect of cavity diameter on the mainstream smoke and sensory quality of cigarettes with circular cavity combined filter rods

WAN Jiqiang, HU Shaodong, CUI Chun, JI Peng, GU Liang, WANG Gaojie, TIAN Haiying, GAO Mingqi

Technology Center, China Tobacco He'nan Industrial Co., Ltd., Zhengzhou 450000, China

Abstract: Under the condition of the same cavity depth, four circular cavity combined filter rods with different cavity diameter were designed, and the influence of cavity diameter on the main physical and chemical indexes and sensory quality of cigarettes was studied. The results showed as follows: the release amounts of total particulate matter, tar and nicotine of circular cavity combined filter cigarettes increased with the increase of cavity diameter, and were higher than those of cigarettes with ordinary cellulose acetate filters. The nicotine interception in ordinary tow segment had little change, while the nicotine interception in the tow segment of the cavity filter rod and the nicotine interception per unit area gradually decreased with the increase of the cavity diameter. With the increase of cavity diameter, the hazard index of combined filter cigarettes increased, and the offset of cigarette hazard index gradually increased. The sensory quality evaluation score of combined filter cigarettes decreased with the increase of the cavity diameter.

Key words: circular cavity combined filter rods; cavity diameter; nicotine interception; hazard index

(责任编辑:吴晓亭)