

卷烟纸参数对卷烟持灰能力的影响

Influence of cigarette paper parameters on cigarette ash holding capacity

李欢 王建民 王豪礼 代存迪

LI Huan WANG Jian-min WANG Hao-li DAI Cun-di

(郑州轻工业大学食品与生物工程学院, 河南 郑州 450000)

(College of Food and Bioengineering, Zhengzhou University of

Light Industry, Zhengzhou, Henan 450000, China)

摘要:为了探究吸燃条件下卷烟纸对持灰能力的影响,以定量、透气度、碳酸镁添加量、助燃剂之钠钾比、酸根类型和助燃剂用量为参数,采用均匀试验设计方法设计、制备了12种不同卷烟纸参数组合的卷烟样品,通过单因素分析、回归分析等方法研究了卷烟纸参数对卷烟持灰能力的影响,并进行了卷烟纸参数优化。结果表明:①随着卷烟纸参数组合的变化持灰能力介于39.07~43.76 mm,变化率为12.0%。②透气度、钠钾比、碳酸镁添加量、酸根类型的共同作用可解释持灰能力变异的92.3%,是影响持灰能力的主要因素,且主次顺序为透气度、钠钾比、碳酸镁添加量、酸根类型;定量和助燃剂用量是影响持灰能力的次要因素,对持灰能力影响的方向和程度与上述4项参数的组合情况有关。③卷烟纸参数的最优组合为定量40 g/m²、透气度50 CU、碳酸镁添加量0%、钠钾比(摩尔比)5.0、酸根类型氯离子、助燃剂用量2.0%。

关键词:卷烟;持灰能力;定量;透气度;碳酸镁添加量;钠钾比;酸根类型;助燃剂用量

Abstract: In order to explore the influence of cigarette paper on ash holding capacity under smoking and burning conditions, 12 cigarette samples with different cigarette paper parameter combinations were designed and prepared by uniform experimental design with quantitative, air permeability, magnesium carbonate addition, sodium potassium ratio of combustion supporting agent, acid radical type and combustion supporting agent dosage as parameters. The effects of cigarette paper parameters on ash holding capacity were studied by single factor analysis and regression analysis. The parameters of cigarette paper were optimized. Results: ① with the change of cigarette paper parameters, the ash holding capacity ranged from 39.07 mm to 43.76 mm, and

the change rate was 12.0%. ② The combined action of air permeability, sodium potassium ratio, magnesium carbonate content and acid radical type could explain 92.3% of the variation of ash holding capacity, which was the main factor affecting ash holding capacity, and the order was air permeability, sodium potassium ratio, magnesium carbonate content, acid radical type; quantitative and combustion aid dosage were the secondary factors affecting ash holding capacity, and the direction and degree of the influence on ash holding capacity were similar to the above four parameters, which was related to the combination of numbers. ③ The optimal combination of cigarette paper parameters was 40 g/m², 50 CU air permeability, 0% magnesium carbonate, 5.0 ratio of sodium to potassium, the type of acid radical of chloride ion, combustion supporting agent dosage 2.0%.

Keywords: cigarette; ash holding capacity; quantitative; air permeability; magnesium carbonate content; sodium potassium ratio; acid radical type; combustion aid dosage

包灰性能是指卷烟燃烧形成的灰柱及烟灰的外观特性的统称,如持灰能力、灰柱表面裂纹及灰片外翻程度、灰柱及烟灰颜色^[1-3]等,因会影响消费体验而日益受到关注。其中,持灰能力是指卷烟燃吸过程中烟灰持续保持、不频繁脱落的能力,持灰能力差的卷烟燃吸过程中烟灰会频繁脱落,严重影响消费体验。然而,相对于灰柱表面裂纹等包灰性能指标,目前针对持灰能力的研究较少,且主要集中在测定方法研究方面^[4-5],针对持灰能力评价、影响因素等方面的研究则未见报道。另一方面,许多研究^[2,6-9]表明卷烟纸是影响卷烟包灰性能的重要因素,并将卷烟纸参数设计、优化作为改善卷烟包灰性能的重要手段,然而,已有研究中也未涉及到持灰能力。

试验拟在文献^[4-5]的基础上对持灰能力测定方法进行改进,并以卷烟纸定量、透气度、碳酸镁添加量、助燃剂钠钾比、酸根类型和助燃剂用量为变量,运用均匀设计

作者简介:李欢,男,郑州轻工业大学在读硕士研究生。

通信作者:王建民(1963—),男,郑州轻工业大学教授,硕士。

E-mail: wjm63@163.com

收稿日期:2021-01-21

法研究卷烟纸参数对持灰能力的影响,旨在为改善卷烟的持灰能力提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂和仪器

碳酸镁:分析纯,湖北楚烁生物科技有限公司;
柠檬酸钾:分析纯,广州利硕分离科学研究所;
柠檬酸钠:分析纯,湖南晶磊鑫进出口有限公司;
氯化钾、氯化钠:分析纯,天津市大茂化学试剂厂;
13 种不同卷烟纸参数的卷烟样品:某中烟工业有限责任公司;
卷烟包灰性能测试箱:参照文献[10]自行搭建;
恒温恒湿箱:KBF240 型,美国 Binder 公司;

摄像机:IMX498 型,深圳华为技术有限公司。

1.2 方法

1.2.1 卷烟纸参数组合方案设计 & 卷烟样品制备 选择卷烟纸定量、透气度、碳酸镁添加量、助燃剂钠钾比、助燃剂酸根类型、助燃剂用量 6 项卷烟纸参数,参照文献[11]中定量、透气度、助燃剂量、钠钾比 4 项参数水平的选取范围,结合实际生产情况,设计各项卷烟纸参数水平如表 1 所示,其中酸根类型取 0 和 1 两个水平,0 为柠檬酸盐,1 为氯化盐。采用 $U_{12}(12^{12})$ 均匀设计表的第 1、2、6、8、9、10 列设计试验方案^[12-14],共 12 种不同参数组合的卷烟纸,分别记为 1#,2#,⋯,12#。利用相同烟丝、在同一台卷烟机上卷制相同规格、相同卷制质量要求的卷烟样品。

表 1 卷烟纸参数水平设计表

Table 1 Table of cigarette paper parameter level design

水平	定量/(g·m ⁻²)	透气度/CU	碳酸镁含量/%	钠钾比	酸根类型	助燃剂量/%
1	27	40	0	0.0	0	1.2
2	30	50	6	0.2	1	1.5
3	32	60	12	1.0		1.8
4	40	70	18	5.0		2.0

1.2.2 卷烟持灰能力测定方法

(1) 样品制备:每种不同卷烟纸参数的卷烟样品各随机选取 16 支,置于温度 $(22 \pm 1)^\circ\text{C}$,相对湿度 $(60 \pm 2)\%$ 的恒温恒湿箱中平衡 48 h^[15]。

(2) 持灰能力测定:参照文献[4—5]的原理建立持灰能力测定方法,即通过录像获取卷烟燃吸过程视频、截取灰柱断裂瞬间的图像并借助图像分析方法测定持灰能力。具体过程包括:打开自行搭建的包灰性能测试箱中的光源,将“L”型玻璃导管一端插入包灰性能测试箱的底座中,通过柔性导管和注射器连接,组建抽吸气路系统,“L”型玻璃导管另外一端插入卷烟并使其保持水平。将手机放置在箱体上部,打开视频录制功能,点击录制。点燃卷烟后,按照 ISO 3308:2000 中 ISO 抽吸模式抽吸卷烟并对卷烟燃烧过程进行全程录像。抽吸结束后分别截取烟支未燃烧时和灰柱断裂瞬间的照片。然后利用 Photoshop 图像分析软件中的标尺工具测量照片中烟支的长度,运用式(1)计算卷烟的持灰长度。以 4 支卷烟为一个测量单元,用测量单元内卷烟持灰长度的均值表征持灰能力。

$$L = H \times \left(1 - \frac{D_2}{D_1}\right), \tag{1}$$

式中:

L ——持灰能力,mm;
 H ——卷烟的实际长度,mm;
 D_1 ——烟支未燃烧时的像素,PX;
 D_2 ——抽吸端到碳线的像素,PX。

1.3 数据处理

主要数据处理方法包括图示法、LSD 多重比较、多元回归分析等,作图及数据处理软件包括 SPSS 11.5、Minitab 18、Origin 2019b 等。

2 结果与讨论

2.1 持灰能力

表 2 所示是 12 种不同卷烟纸参数组合对应的卷烟持灰能力测定结果,持灰能力介于 39.07~43.76 mm,相对标准偏差 RSD 介于 1.69%~7.23%。可见,在烟丝及卷制质量相同的情况下,随着卷烟纸参数的改变持灰能力及其稳定性均发生了明显变化。

2.2 卷烟纸参数对持灰能力的影响

2.2.1 单一卷烟纸参数对持灰能力的影响 以各项卷烟纸参数为横坐标、持灰能力为纵坐标作误差棒图,并按参数进行不同水平间的最小显著差数法(LSD)多重比较,结果如图 1 所示。LSD 多重比较结果表明,定量、透气度、碳酸镁添加量、钠钾比的某些水平间表现出了显著差异性,酸根类型和助燃剂用量的水平间差异不显著。由各因素、水平对应的持灰能力均值可以看出,随着透气度升高持灰能力呈明显的先升高后降低趋势,随着碳酸镁添加量增加持灰能力呈降低趋势,随着钠钾比升高持灰能力呈先降低后升高趋势,其他几项参数对持灰能力的影响趋势则有待进一步研究、确定。同一因素取不同水平时持灰能力均值置信区间变化十分明显,且各项参数均

表 2 不同参数卷烟纸的卷烟持灰能力测定结果

Table 2 Determination of ash holding capacity of cigarette with different paper parameters

编号	定量 x_1	透气度 x_2	碳酸镁 x_3	钠钾比 x_4	酸根类型 x_5	助燃剂量 x_6	持灰能力	
							均值/mm	RSD/%
1	30	40	0	5.0	1	1.5	43.13	1.69
2	40	50	0	5.0	0	2.0	43.09	3.25
3	30	60	0	5.0	0	1.2	43.14	7.23
4	30	40	6	0.0	0	2.0	43.17	5.45
5	40	50	6	0.0	0	1.5	43.76	2.25
6	40	70	6	0.2	1	1.8	42.13	6.26
7	27	40	12	1.0	0	1.5	39.48	2.46
8	27	60	12	1.0	1	1.8	41.37	4.42
9	32	70	12	1.0	1	1.2	39.56	5.47
10	32	50	18	0.2	1	2.0	42.78	2.79
11	27	60	18	0.2	1	1.2	41.12	3.42
12	32	70	18	0.0	0	1.8	39.07	2.11

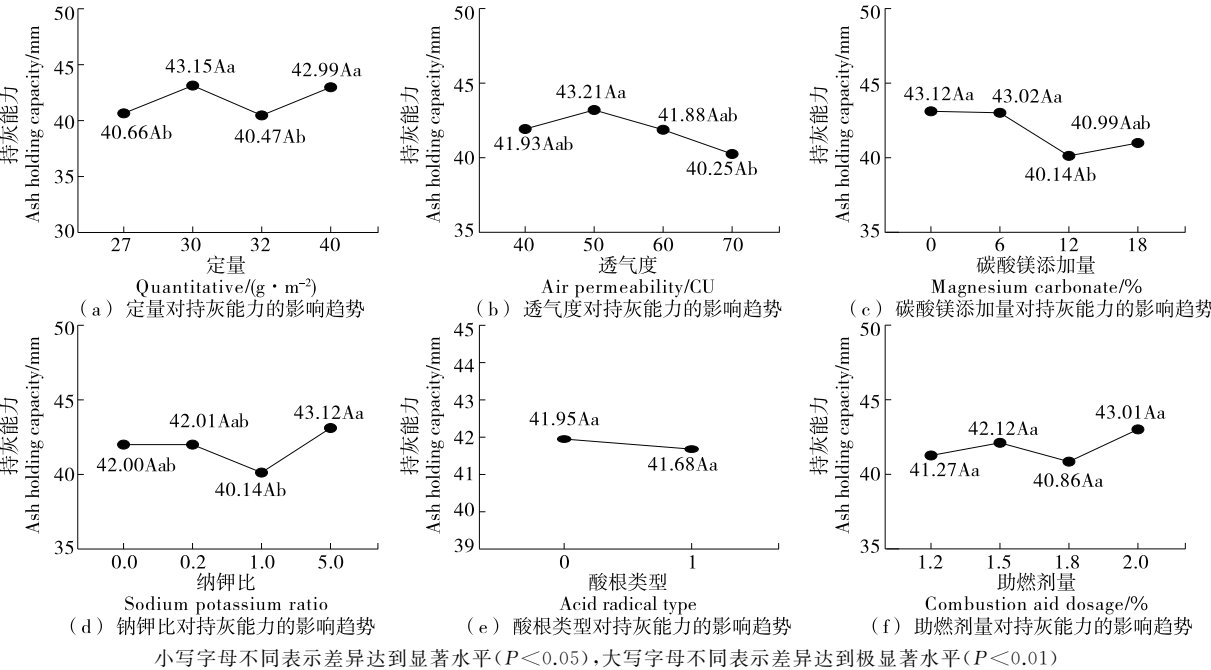


图 1 单一参数对持灰能力的影响趋势及 LSD 多重比较结果

Figure 1 Influence trend of single parameter on ash holding capacity and multiple comparison results of LSD

存在一个均值置信区间最小的水平,依次是定量 30 g/m²、透气度 50 CU、碳酸镁添加量 0%、钠钾比 5.0%、酸根类型氯离子、助燃剂用量 2.0%。除酸根类型外,其他 5 项参数取上述水平时对应的持灰能力均值也最高。

已知均匀设计缺乏综合可比性,分析单一参数的影响时会受到其他参数的干扰。尽管如此,透气度、碳酸镁添加量和钠钾比 3 个参数的影响仍然表现出了较明显的

规律性,说明上述参数是影响持灰能力的重要卷烟纸参数。

2.2.2 卷烟纸参数对持灰能力的影响 以卷烟纸定量 (x_1)、透气度 (x_2)、碳酸镁添加量 (x_3)、钠钾比 (x_4)、酸根类型 (x_5)、助燃剂量 (x_6) 为自变量,持灰能力为因变量进行多元回归分析,建立含定性变量的回归模型^[16-17],结果见表 3 和表 4。由表 3 可知,回归方程极显著,且对持灰能力变异的解释程度达到了 92.3%。由表 4 可知,

表 3 回归模型概述表

Table 3 Summary table of regression model

相关系数	决定系数	调整决定系数	回归标准差	方差检验结果(P 值)
0.982	0.965	0.923	0.463	0.002

表 4 回归系数检验表

Table 4 Regression coefficient test table

来源	非标准化系数 B	标准误差	标准系数 β	t	P 值
常量	24.731	4.062		6.088	0.002
x_2	0.788	0.156	5.525	5.067	0.004
x_2x_2	-0.008	0.001	-5.863	-5.377	0.003
x_3	-0.203	0.034	-0.856	-6.003	0.002
x_4	-2.449	0.471	-3.113	-5.198	0.003
x_4x_4	0.412	0.093	2.763	4.436	0.007
x_5	1.100	0.300	0.345	3.661	0.015

① 透气度、碳酸镁添加量、钠钾比和酸根类型对持灰能力的影响达到了极显著或显著水平,主次顺序为透气度、钠钾比、碳酸镁添加量、酸根类型;定量和助燃剂用量未进入回归方程。② 随透气度增加持灰能力呈先升高后降低趋势、最大值出现在 49.2 CU 处;随钠钾比增加持灰能力呈先降低后升高趋势、最小值出现在 2.97 处;随着碳酸镁添加量增加持灰能力降低;酸根类型为氯离子时优于柠檬酸根,持灰能力平均升高 1.1 mm。

回归分析结果进一步证明透气度、碳酸镁添加量、钠钾比是影响持灰能力的重要参数,且影响趋势与单一参数分析结果一致。由回归方程可知,透气度、碳酸镁添加量、钠钾比、酸根类型分别取 50 CU、0%、5.0 或 0.0、氯离子时可获得最大持灰能力,结合 2.2.1 部分分析结果,4 个参数分别取 50 CU、0%、5.0、氯离子时可获得高且稳定的持灰能力。

2.2.3 控制干扰后定量和助燃剂用量对持灰能力的影响

单一参数及多元回归分析结果表明,定量和助燃剂用量是影响持灰能力的次要因素,且由于受到透气度等主要因素的干扰未表现出明显的规律性。为此,拟通过控制干扰因素进一步分析两个参数对持灰能力的影响趋势。

根据表 4 所示回归方程定义新变量 $z = 0.788x_2 - 0.008x_2^2 - 0.203x_3 - 2.449x_4 + 0.412x_4^2 + 1.100x_5$, z 值表示透气度、碳酸镁添加量、钠钾比、酸根类型对持灰能力的综合影响, z 值越大持灰能力越强。分别作 (y, x_1, z) 和 (y, x_6, z) 的 3D 散点图(见图 2 和图 3),从图 2 和图 3 中可以看出尽管存在定量或助燃剂用量的干扰,随着 z 值增加持灰能力仍表现出明显的线性升高趋势,可见 z 值

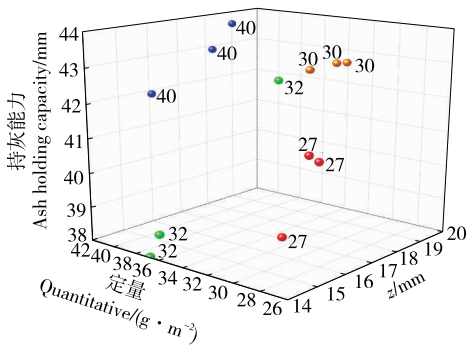


图 2 控制干扰后定量对持灰能力的影响

Figure 2 Influence trend of quantity on ash holding capacity after interference control

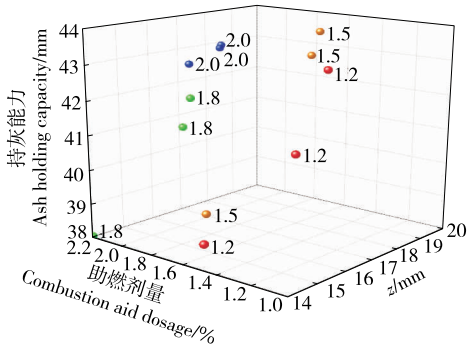


图 3 控制干扰后助燃剂用量对持灰能力的影响

Figure 3 Influence trend of amount of combustion supporting agent on ash holding capacity after interference control

是影响持灰能力的主要因素,定量和助燃剂用量均为次要因素。另一方面,分析持灰能力较高的 1#、2#、3#、4#、5#、6# 及 10# 样品的定量和助燃剂用量两项参数的取值可知,① 定量主要为 30 g/m² (1#、3#、4#) 和 40 g/m² (2#、5#、6#) 两个水平,解释了图 1 中在定量 30、40 g/m² 处出现了两个峰值的原因,定量为 30 g/m² 时持灰能力的均值置信区间最小,也是由于对应 3 个样品的 z 值均较高造成的。② 助燃剂用量虽然涵盖了所有水平,但 1.8% 仅出现了一次(6#),致使该处产生了一个明显的波谷。可见,由于 z 值的干扰,单一参数分析结果反映的并非定量和助燃剂用量对持灰能力的真实影响情况。

分别以 (x_1, z) 和 (x_6, z) 为自变量进行回归分析,研究在控制 z 值的情况下定量和助燃剂用量对持灰能力的影响,结果见表 5 和表 6。对比表 3 和表 5 可知,考虑定量或助燃剂用量后回归方程的调整决定系数略有升高、回归标准差略有降低,说明定量、助燃剂用量的影响有限,但根据回归方程可以定性分析其影响趋势。由表 6 可知,控制 z 值后两个参数对持灰能力的影响均达到了

极显著水平,且均与 z 值间存在交互作用。由回归方程可知,定量、助燃剂用量与持灰能力间均呈线性关系,斜率分别为 $0.031z-0.547$ 和 $0.617z-10.257$ 。可见,随着定量或助燃剂用量增加,持灰能力变化的方向和程度与 z 值有关,高 z 值、高定量、高助燃剂量有利于提高持灰能力。该现象与韩路等^[18]研究结果具有一致性,表明在一定的范围内,高定量、高助燃剂量卷烟纸的组织结构更疏松,均匀性和自然孔隙度得到改善,纸张燃烧速度加快,与烟丝燃烧性能的匹配度提高,掉火头倾向降低,持灰能力增强。

2.3 卷烟纸参数优化方案设计

综合单一参数及两次回归分析结果,6项卷烟纸参数与持灰能力间的定性关系为:持灰能力随卷烟纸透气度增加先升高后降低,随碳酸镁添加量增加而降低,随钠钾比增加先降低后升高,助燃剂酸根类型为氯离子时有利于提高持灰能力;持灰能力随定量、助燃剂用量增加线性增减,变化的方向和程度则取决于透气度、碳酸镁添加量、钠钾比和酸根类型4项参数的组合情况。6项卷烟纸参数对持灰能力的影响程度不同,具体表现为:持灰能力主要受透气度、碳酸镁添加量、钠钾比和酸根类型4项参数组合的影响,其中尤以透气度和钠钾比的影响最大;定量和助燃剂用量对持灰能力的影响则较小。

提高卷烟持灰能力的关键是透气度、碳酸镁添加量、钠钾比和酸根类型4项参数的组合。对于研究所涉及的卷烟产品而言,上述4项参数的优组合及其预测结果如

表7所示,该组合与2#样品的参数组合接近,差别在于酸根类型不同,2#样品同时具备高 z 值、高定量、高助燃剂量特征。2#样品的实测持灰能力在优组合的预测区间之内,若将酸根类型改为氯离子后持灰能力可以提高1 mm左右,与预测结果更吻合,卷烟纸各项参数的优组合为定量40 g/m²、透气度50 CU、碳酸镁添加量0%、钠钾比5.0、酸根类型氯离子、助燃剂用量2.0%。

按照各卷烟纸参数优组合重新制样并测定其持灰能力,5次测量结果介于43.79~44.47 mm,均值为44.11 mm,RSD为0.54%,平均持灰能力出现在优组合的预测区间内,证明上述卷烟纸参数组合能够明显改善卷烟的持灰能力。

3 结论

(1) 在烟丝、卷烟规格及卷制质量一定时,随着定量、透气度、碳酸镁添加量、助燃剂钠钾比、酸根类型及助燃剂用量等卷烟纸参数组合的变化,卷烟的持灰能力及其稳定性发生了明显变化,表明卷烟纸是影响卷烟持灰能力的重要因素。

表 5 回归模型概述表				
Table 5 Summary table of regression model				
相关系数	决定系数	调整决定系数	回归标准差	方差检验结果(P值)
0.968	0.938	0.924	0.460	0.000
0.974	0.949	0.938	0.416	0.000

表 6 回归系数检验表
Table 6 Regression coefficient test table

模型	来源	非标准化系数		标准系数 β	t	P 值
		非标准化系数 B	标准误差			
持灰能力与定量和 z 值的回归模型	常量	42.391	1.014		41.816	0.000
	x_1	-0.547	0.070	-1.651	-7.774	0.000
	zx_1	0.031	0.003	2.239	10.543	0.000
持灰能力与助燃剂用量和 z 值的回归模型	常量	41.296	0.667		61.881	0.000
	x_6	-10.257	1.004	-1.950	-10.212	0.000
	zx_6	0.617	0.049	2.389	12.510	0.000

表 7 卷烟纸参数的优组合及预测结果
Table 7 Optimal combination of cigarette paper parameters and and prediction results

编号	定量	透气度	碳酸镁	钠钾比	酸根类型	助燃剂量	持灰能力/mm		
							实测均值	预测值	
								均值	预测区间
2#	40	50	0	5	0	2	43.09	/	/
优组合	/	50	0	5	1	/	/	44.36±0.89	42.87~45.84
验证样	40	50	0	5	1	2	44.11	/	/

(2) 透气度、钠钾比、碳酸镁添加量、酸根类型 4 项参数是影响持灰能力的主要因素, 主次顺序为透气度 > 钠钾比 > 碳酸镁添加量 > 酸根类型。定量、助燃剂量是影响持灰能力的次要因素。

(3) 控制透气度、钠钾比、碳酸镁添加量、酸根类型 4 项参数间的组合(z 值)的情况下, 定量和助燃剂用量与持灰能力间呈显著线性关系, 但影响的方向和程度与 z 值有关, 高 z 值、高定量、高助燃剂量有利于提高持灰能力。

研究了卷烟纸参数对卷烟持灰能力的影响, 并证明了通过卷烟纸参数优化能够明显改善卷烟的持灰能力。但此研究还存在以下不足之处: 研究结论是针对特定规格、特定烟丝和卷制特性的卷烟样品得出的, 考虑到烟丝与卷烟纸间配合的复杂性, 随着上述条件的变化这些结论是否仍然适用需要在不断的实践中加以验证。另外, 随着卷烟纸参数变化卷烟的烟气指标以及其他包灰性能指标也会发生变化, 因此, 实际确定卷烟纸参数的优组合式还应考虑其他指标的要求。

参考文献

- [1] 许艳冉, 王建民, 惠建全, 等. 卷烟包灰及燃烧性能间的关系[J]. 云南化工, 2020, 47(3): 45-49.
- [2] 郑丰, 肖翠琴, 王小平, 等. 卷烟纸特性对卷烟静态包灰性能的影响[J]. 烟草科技, 2020, 53(3): 82-88.
- [3] 许艳冉, 刘舒畅, 穆林, 等. 烟丝和卷烟纸参数对卷烟包灰性能的影响[J]. 烟草科技, 2020, 53(12): 67-74.
- [4] 周非, 曾波, 牛润杰, 等. 卷烟持灰能力测定仪: CN201259499[P]. 2009-06-17.
- [5] 黄启志, 吴雄会, 游志强, 等. 一种卷烟持灰力的测定方法: CN105783647A[P]. 2016-07-20.
- [6] 余婷婷, 詹建波, 程量, 等. 纵向抗张能量吸收对卷烟纸包灰性能的影响[J]. 材料导报, 2017, 31(增刊 1): 384-387.
- [7] 沈靖轩, 孙军, 肖维毅, 等. 助剂对卷烟纸包灰效果的影响[J]. 中华纸业, 2012, 33(14): 23-26.
- [8] 龚淑果, 樊华, 黄溢清, 等. 卷烟纸助燃剂设计对卷烟品质的影响[J]. 纸和造纸, 2011, 30(10): 43-46.
- [9] 李桂珍, 王平军. 卷烟纸添加剂对卷烟包灰性能影响的研究[J]. 造纸化学品, 2011, 23(4): 17-21.
- [10] 冯亚婕, 王建民, 梁森, 等. 基于 ImageJ 的卷烟包灰值定量测定方法优化[J]. 食品与机械, 2018, 34(3): 216-219.
- [11] 楚文娟, 田海英, 彭桂新, 等. 基于卷烟材料参数的细支卷烟气有害成分预测模型[J]. 烟草科技, 2019, 52(9): 46-54.
- [12] 林维宣. 实验设计方法[M]. 大连: 大连海事大学出版社, 1995: 335-337.
- [13] 成福, 肖洋, 王婷, 等. 均匀设计优化生香酵母产酯发酵工艺[J]. 中国酿造, 2020, 39(12): 91-94.
- [14] 曹巧娜, 白云起, 仝其根. 基于均匀设计的酪蛋白结构优化方案及风味分析[J]. 中国食品学报, 2020, 20(10): 169-179.
- [15] 马胜楠, 王建民, 冯亚婕, 等. 原子吸收法测定烟灰中金属元素含量的前处理方法改进[J]. 轻工学报, 2019, 34(5): 32-39.
- [16] 王丙参, 陈庆美, 魏艳华. 含定性变量回归模型的比较研究[J]. 宁夏师范学院学报, 2019, 40(10): 21-26.
- [17] 李熙, 武珏臣. 含定性变量的回归分析在公安情报预测中的应用[J]. 科技情报开发与经济, 2010, 20(16): 132-134.
- [18] 韩路, 田海英, 楚文娟, 等. 卷烟纸参数对细支卷烟燃烧锥落头倾向的影响[J]. 轻工学报, 2020, 35(1): 79-84, 94.
- [5] 朱航, 戴聪杰. 响应面优化马鲛鱼皮胶原蛋白的提取工艺[J]. 食品安全导刊, 2019(31): 64-67.
- [7] 彭新颜, 孟婉静, 周夕冉, 等. 蓝点马鲛鱼皮抗氧化肽段对熟肉糜脂肪和蛋白氧化抑制作用的研究[J]. 水产学报, 2015, 39(11): 1730-1741.
- [8] 薛雅茹. 马鲛鱼鱼头制备宠物犬饼干工艺[J]. 黎明职业大学学报, 2020(1): 74-79.
- [9] 邢家溧, 徐晓蓉, 承海, 等. 冷链条件下马鲛鱼优势腐败菌生长动力学研究及货架期预测[J]. 食品与机械, 2020, 36(3): 154-160.
- [10] 于靖, 杨锡洪, 梁晨, 等. 嗜盐微生物对发酵海鲜调味品风味影响研究进展[J]. 食品与机械, 2020, 36(6): 203-207, 234.
- [11] 陶美洁, 孟粉, 董烨, 等. 贻贝蒸煮液酶解工艺的优化[J]. 中国食品学报, 2020, 20(12): 209-220.
- [12] 马一平, 劳金娣, 李锐. 假菱风味海鲜酱制作工艺研究[J]. 中国调味品, 2018, 43(7): 110-113.
- [13] 张丽丽, 章玉萍, 陈明, 等. 中性条件下 2 种酶解方法提取蚕蛹蛋白的比较研究[J]. 农学学报, 2016, 6(5): 69-72.
- [14] GUO Shu, WANG Jiao, HE Chuan-bo, et al. Preparation and antioxidant activities of polysaccharides obtained from abalone viscera by combination of enzymolysis and multiple separation methods[J]. Journal of Food Science, 2020, 85(12): 4260-4270.
- [15] 倪明龙, 周航, 罗立津. 广东省内珠江口海域深海鱼重金属富集特征及食用安全性评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(22): 7798-7805.
- [16] IBRAHIM Abdelnasser S S, ELBADAWI Yahya B, EL-TONI Ahmed M, et al. Stabilization and improved properties of *Salipaludibacillus agaradhaerens* alkaline protease by immobilization onto double mesoporous core-shell nanospheres[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2021, 166: 557-566.
- [17] 姜森, 李欣怡, 宋志远, 等. 酶法联合 Plastein 反应制备海参肠调味料[J]. 中国调味品, 2020, 45(4): 107-114.
- [18] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 水产调味品: GB 10133—2014[S]. 北京: 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 2014: 1-2.

(上接第 206 页)