

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2019.06.038

基于短支卷烟物理质量稳定的烟丝尺寸优化设计

Optimization of the cut tobacco size based on physical quality stabilizing of short cigarettes

楚 晗¹ 范 磊² 王天怡¹ 李劲锋¹ 李 晓¹ 姚二民¹

CHU Han¹ FAN Lei² WANG Tian-yi¹ LI Jin-feng¹ LI Xiao¹ YAO Er-min¹

(1. 郑州轻工业大学食品与生物工程学院, 河南 郑州 450000;

2. 河南中烟工业有限责任公司许昌卷烟厂, 河南 许昌 461000)

(1. College of Food and Bioengineering, Zhengzhou University of Light Industry,

Zhengzhou, Henan 450000, China; 2. Xuchang Cigarette Factory, China Tobacco

Henan Industrial Co., Ltd., Xuchang, Henan 461000, China)

摘要:利用相关性分析和回归分析法研究烟丝尺寸分布与短支卷烟主要物理指标的相关关系,分析影响短支卷烟物理质量及其稳定性的具体烟丝尺寸分布。结果表明:①对短支卷烟物理质量及其稳定性产生主要影响的烟丝尺寸分布为X1(>7.00 mm)、X3(3.35~5.00 mm)、X5(1.00~2.50 mm)、X6(<1.00 mm);②其中X1层烟丝与卷烟重量标偏呈线性正相关,X5层烟丝与吸阻、硬度及其标偏呈线性负相关,X3层、X6层烟丝与端部落丝量和含末率分别呈线性负相关和正相关。在短支卷烟实际生产中,可以针对波动较大的物理指标,通过适当增加短丝和中长烟丝的比例,减少超长烟丝和碎丝比例,达到提升短支卷烟物理质量及其稳定性的目的。

关键词:短支卷烟;物理质量;烟丝尺寸分布;相关关系

Abstract: Correlation analysis and regression analysis were used to study the correlation between cut tobacco size and main physical indexes of short cigarettes, and analyzed the specific tobacco sizes that affect the physical quality and stability of short cigarettes. Results: ① the sizes of cut tobacco which had a main influence on physical quality and stability of short cigarettes were layers X1 (>7.00 mm), X3 (3.35~5.00 mm), X5 (1.00~2.50 mm), and X6 (<1.00 mm); ② layer X1 was linearly positively correlated with the standard deviation of weight, layer X5

was linearly negatively correlated with the draw resistance, hardness and their standard deviation, there was a respectively linear negative correlation and linear positive correlation between the layer X3 and the layer X6 with the end of the amount of silk and the end of containing rate. In actual production, the physical quality of the short cigarettes and its stability could be improved by increasing the short and medium-long cut tobacco, decreasing the long and ultra-short cut tobacco according to the physical indexes with large fluctuations.

Keywords: short cigarettes; physical quality; cut tobacco size; correlation

短支卷烟是指在圆周不变的情况下,长度比常规卷烟短 10 mm 及以上的卷烟。作为中式卷烟创新产品,短支卷烟以其快节奏、大众化的产品定位,降本降耗、低焦减害的产品优势,自上市以来迅速成为卷烟市场的一个爆点^[1]。随着烟支长度缩短,卷烟单支重量减小,烟丝段与滤嘴段的比例发生较大改变,使烟支吸阻变小、卷烟各项质量指标也随之发生变化,出现烟支重量控制不稳定、端部落丝量波动大、吸阻不稳定等情况,对其烟丝的均匀性和卷烟质量稳定性控制提出了更高要求。

目前,针对短支卷烟烟丝尺寸分布及其对物理质量影响的研究尚未报道,制约了短支卷烟的持续发展。国内外学者^[2-3]通过研究常规卷烟烟丝尺寸分布与卷烟物理质量的相关关系,发现烟支内烟丝结构的长丝率过高、分布均匀性等问题对卷制后烟支的单支重量标偏、硬度、端部落丝量、吸阻等物理质量指标都有不同程度的影响,可以通过适当调整烟丝尺寸分布达到改善烟支物理质量的目的^[4-6],对短支卷烟物理质量及其稳定性的提升具有较强的参考价值。李善莲等^[7]通过研究烟丝结构与卷

基金项目:河南省科技攻关计划项目(编号:142102210639);郑州轻工业大学 2018 年研究生教育创新计划基金项目(编号:2018031)

作者简介:楚晗,女,郑州轻工业大学在读硕士研究生。

通信作者:姚二民(1961—),男,郑州轻工业大学教授。

E-mail: 46440195@qq.com

范磊(1977—),男,河南中烟工业有限责任公司高级工程师。E-mail:935288677@qq.com

收稿日期:2019-03-09

烟端部落丝量的关系,得出对卷烟端部落丝量产生正负影响的烟丝结构分布区间。邵宁等^[8]研究了不同档次卷烟烟丝结构分布对物理质量的影响,针对高、中、低档卷烟分别提出了可以提升卷烟物理质量及其稳定性的烟丝结构优化措施。刘著文^[9]通过对比不同整丝率和碎丝率对卷烟机卷制后烟支质量稳定性的影响,得到了最有利于烟支卷制及其物理质量稳定的整丝率和碎丝率具体比例分布。此类研究在常规卷烟加工工艺和物理质量提升方面发挥了重要作用,但针对短支卷烟的相关研究尚未报道。

本试验通过研究短支卷烟的烟丝尺寸分布与卷烟主要物理指标的相关关系,建立不同尺寸烟丝与短支烟物理指标的关系模型,探究烟丝尺寸分布对短支烟物理质量的具体影响,对短支烟物理质量的提升有重要意义。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

短支卷烟(二类卷烟)配方烟丝及成品烟支:河南中烟工业有限责任公司;

多功能检测振筛:Y2SJO型,筛网孔径可自由拆卸调整,本研究使用10.00,7.00,5.00,4.00,3.35,2.50,1.00 mm,徐州市铁建机械制造有限公司;

烟支综合测试台:QTM型,湖南力科自动化技术有限公司;

电子天平:PL3001-SMettler型,感量0.01 g,瑞士SMettler公司。

1.2 方法

1.2.1 烟丝及成品卷烟的取样

(1) 烟丝取样:卷烟机运转稳定生产后,固定机台,操作人员分别对卷烟机烟枪处同批次烟丝用取样盘随机接样4 000 g,用四分法缩至1 000 g,单次取样时间间隔30 min,连续取样8次,将取得的烟丝放入恒温恒湿箱平衡24 h[温度(22±2)℃,湿度(60±5)%],放进密封袋中,粘贴上标签,作为样品备用。

(2) 成品卷烟取样:对应同批次烟丝样品,固定机台,操作人员在卷烟机出口处对成品卷烟进行取样,每次150支,作为一组样品,单次取样时间间隔30 min,每批次连续取样4次,共取样8次,将取得的成品烟支放置于恒温恒湿箱平衡24 h[温度(22±2)℃,湿度(60±5)%],放进密封袋中,粘贴上标签,作为样品备用。

1.2.2 烟丝结构及成品卷烟物理质量的检测

(1) 烟丝结构检测:按文献^[10]进行测定,用振动分选筛和多功能检测振筛对烟丝样品进行筛分,将卷烟机烟枪处烟丝筛分为8层,振动频率40.00 Hz,每次筛分4 min。筛分后的卷烟烟丝结构分别用X1~X6来表示,其中:X1>7.00 mm,5.00 mm<X2≤7.00 mm,

3.35 mm<X3≤5.00 mm,2.50 mm<X4≤3.35 mm,1.00 mm<X5≤2.50 mm,X6≤1.00 mm。

(2) 成品卷烟的检测:根据相关标准^[11-14],利用QTM型全自动多功能烟支综合测试台分别对成品烟支的单支重量、圆周、硬度、吸阻、端部落丝量和卷烟含末率进行检测。单次抽取的150支样品中,100支用于端部落丝量的测定,20支用于含末率的测定,另外30支用于烟支重量、硬度、圆周、吸阻的测定,取平均值进行记录。

1.3 数据分析

采用SPSS 22.0对烟丝尺寸分布和短支卷烟物理指标做相关性分析和逐步回归分析,找出两者之间的相关关系和影响短支卷烟物理质量及其稳定性的具体烟丝分布。

2 结果与分析

2.1 烟支内烟丝尺寸分布结果

由表1可知,短支卷烟大于3.35 mm的长丝集中分布在X3层(3.35~5.00 mm),X1层7.00 mm以上的超长烟丝和X6层1.00 mm以下的碎丝占较小的比例。由表2可知,短支卷烟烟丝结构区间分布表现为:短丝率>中丝率>长丝率>碎丝率,中丝率和短丝率较高,占整体烟丝比例的65%以上。可能是由于烟支长度缩短,长丝和碎丝对烟支整体烟丝结构均匀性的不利影响更加明显,中、短丝在保证短支卷烟烟丝结构均匀分布方面起着更加重要的作用。

2.2 烟丝尺寸分布与短支烟物理指标的相关性分析

为探究烟丝尺寸分布与短支卷烟物理质量的相关关系,对筛分后的烟丝结构与短支烟主要物理指标及其标准偏差进行相关性分析,得到烟丝结构与物理指标的相关关系矩阵,如表3所示。

从表3可知,单层烟丝分布对卷烟的重量和吸阻的影响并不显著,短支卷烟重量标偏与X1层烟丝呈极显著正相关(P<0.01),与X2层烟丝呈显著正相关(P<

表1 烟丝尺寸分布结果

样品号	X1	X2	X3	X4	X5	X6
1-1	2.70	6.05	17.88	34.17	35.57	3.63
1-2	3.93	7.95	21.88	33.17	30.13	2.94
1-3	4.14	7.87	20.11	33.09	31.39	3.41
1-4	3.66	7.50	19.53	33.39	32.35	3.57
1-5	3.86	7.04	16.69	32.35	35.98	4.09
1-6	5.24	7.35	15.26	32.17	35.66	4.32
1-7	4.32	7.48	15.32	32.88	35.77	4.23
1-8	4.72	7.96	16.76	32.59	34.26	3.70
平均值	4.07	7.40	17.93	32.98	33.89	3.74

0.05),说明 X1 和 X2 层烟丝影响卷烟单支重量稳定性,其比例增多不利于重量的稳定;吸阻标偏受 X5 层烟丝影响较大,呈显著负相关($P<0.05$),即 X5 层烟丝比例增多可使烟支吸阻标偏减小,有利于吸阻的稳定;卷烟硬度与 X3 层烟丝呈显著正相关($P<0.05$),表明 X3 层烟丝增多会使烟支硬度增大,与 X5、X6 层烟丝呈显著负相关($P<0.05$),表明 X5、X6 层烟丝增多会使烟支硬度减小;硬度标偏受 X6 层烟丝影响较大,呈显著正相关($P<0.05$),即随着 X6 层烟丝增加,短支烟硬度稳定性降低;短支烟端部落丝量和含末率与 X3 层烟丝呈显著负相关($P<0.05$),与 X6 层烟丝呈显著正相关($P<0.05$),即适当增加 X3 层烟丝,减少 X6 层烟丝,有利于减少卷烟端部落丝量和含末率。各尺寸烟丝对卷烟物理质量及其稳定性都有不同程度的影响,5.00 mm 以上的超长烟丝不利于烟支重量稳定性,3.35~5.00 mm 的中长丝有利于降低烟支的

表 2 计算后的烟丝尺寸分布结果

Table 2 Distribution results of cut tobacco size after calculation %

样品号	长丝率	中丝率	短丝率	碎丝率
1-1	26.63	34.17	35.57	3.63
1-2	33.76	33.17	30.13	2.94
1-3	32.12	33.09	31.39	3.41
1-4	30.69	33.39	32.35	3.57
1-5	27.58	32.35	35.98	4.09
1-6	27.85	32.17	35.66	4.32
1-7	27.12	32.88	35.77	4.23
1-8	29.44	32.59	34.26	3.70
平均值	29.40	32.98	33.89	3.74
标准偏差	2.42	0.60	2.14	0.43

表 3 烟丝尺寸分布与物理指标间的相关矩阵[†]

Table 3 Correlation matrix between cut tobacco size and physical indexes of short cigarettes

烟丝结构	重量	重量标偏	吸阻	吸阻标偏	硬度	硬度标偏	端部落丝量	含末率
X1	-0.621	0.861**	0.149	0.111	-0.348	0.406	0.548	0.605
X2	-0.605	0.737*	-0.340	0.693	0.419	-0.161	0.133	0.075
X3	0.182	-0.068	-0.524	0.598	0.727*	-0.657	-0.749*	-0.755*
X4	0.512	-0.688	-0.184	-0.125	0.553	-0.634	-0.458	-0.660
X5	0.042	-0.254	0.509	-0.721*	-0.761*	0.623	0.541	0.588
X6	-0.006	0.148	0.667	-0.469	-0.753*	0.742*	0.739*	0.807*

† “*”表示显著相关($P<0.05$);“**”表示极显著相关($P<0.01$)。

端部落丝量和含末率,1.00~2.50 mm 的短丝影响烟支的吸阻和硬度,1.00 mm 以下的碎丝影响卷烟的端部落丝量和含末率。整体来看,X3、X5、X6 层烟丝对短支烟物理质量的影响最大,说明 1.00~2.50 mm 的短丝和 3.35~5.00 mm 的中长丝有利于烟丝结构的均匀,对短支烟整体物理质量稳定起重要作用,1.00 mm 以下的烟丝对烟支整体物理质量产生不利影响,应注意控制该尺寸烟丝的比例。

2.3 短支烟烟丝结构与物理指标的回归分析

为进一步探究烟丝尺寸分布对短支烟主要物理指标的影响,以各层烟丝尺寸(X1、X2、X3、X4、X5、X6)为自变量 X,以物理指标烟支重量(Y_1)、重量标偏(Y_2)、吸阻(Y_3)、吸阻标偏(Y_4)、硬度(Y_5)、硬度标偏(Y_6)、端部落丝量(Y_7)、含末率(Y_8)为因变量 Y,使用 SPSS 统计软件进行逐步回归分析,得到多元回归方程及显著性检验结果如表 4、5 所示。

回归分析结果表明:卷烟重量标偏与 X1 层烟丝呈线性正相关关系,线性回归方程为 $Y_2 = 0.008 + 0.002X_1$ ($P=0.006<0.01$,极显著),X1 层烟丝比例增大不利于短支卷烟重量稳定;吸阻标偏与 X5 层烟丝呈线性负相关关

系,即 X5 层烟丝增多有利于提升吸阻稳定性,线性回归方程为 $Y_3 = 0.082 - 0.001X_5$ ($P=0.043<0.05$,显著);硬度与 X5 层烟丝呈线性负相关,线性回归方程为 $Y_5 = 87.404 - 0.506X_5$ ($P=0.028<0.05$,显著);硬度标偏与 X6 层烟丝呈线性正相关,X6 层烟丝比例增多不利于烟支硬度的稳定性,线性回归方程为 $Y_6 = 0.192 + 0.584X_6$ ($P=0.035<0.05$,显著);端部落丝量与 X3 层烟丝呈线性负相关,即 X3 层烟丝比例增多有利于端部落丝量减少,回归方程为 $Y_7 = 44.469 - 1.921X_3$ ($P=0.032<0.05$,显著);含末率与 X6 层烟丝呈线性正相关关系,X6 层烟丝比例减少有利于减小烟支含末率,回归方程为 $Y_8 = 0.001 + 0.380X_6$ ($P=0.015<0.05$,显著)。与短支烟物理质量关系密切的烟丝尺寸分布主要是 X1、X3、X5 和 X6,其中 X1 和 X6 层烟丝对卷烟物理质量产生负影响,X3 和 X5 层烟丝对卷烟物理质量产生正影响,与相关性分析结果基本一致。

3 结论

本研究表明,影响短支卷烟物理质量及其均匀性的烟丝尺寸分布主要在($>7.00, 3.35\sim 5.00, 1.00\sim 2.50, \leq 1.00$ mm),其中 3.35~5.00 mm 和 1.00~2.50 mm 层烟

表 4 短支卷烟烟丝尺寸分布与物理指标的回归分析结果[†]

Table 4 Regression analysis results of cut tobacco size and physical indexes of short cigarettes

来源	重量/g	重量标偏/g	吸阻/kPa	吸阻标偏/kPa	硬度/%	硬度标偏/%	端部落丝量/(mg/支)	含末率/%
常量	—	0.008	—	0.082	87.404	0.192	44.469	0.001
X ₁	—	0.002	—	—	—	—	—	—
X ₂	—	—	—	—	—	—	—	—
X ₃	—	—	—	—	—	—	-1.921	—
X ₄	—	—	—	—	—	—	—	—
X ₅	—	—	—	-0.001	-0.506	—	—	—
X ₆	—	—	—	—	—	0.584	—	0.380
R ²	—	0.698	—	0.441	0.509	0.475	0.488	0.593

† “—”表示无相关关系。

表 5 短支烟烟丝尺寸分布与物理指标回归分析的显著性检验

Table 5 Significant test of regression analysis of cut tobacco size and physical indexes of short cigarettes

物理指标	变异来源	平方和	自由度	均方差	F 值	P 值
重量标偏	回归	0.000	1	0.000	17.142	0.006
	残差	0.000	6	0.000		
	总回归	0.000	7			
吸阻标偏	回归	0.000	1	0.000	6.512	0.043
	残差	0.000	6	0.000		
	总回归	0.000	7			
硬度	回归	9.411	1	9.411	8.265	0.028
	残差	6.832	6	1.139		
	总回归	16.243	7			
硬度标偏	回归	0.507	1	0.507	7.328	0.035
	残差	0.416	6	0.069		
	总回归	0.923	7			
端部落丝量	回归	146.815	1	146.815	7.678	0.032
	残差	114.735	6	19.123		
	总回归	261.550	7			
含末率	回归	0.215	1	0.215	11.220	0.015
	残差	0.115	6	0.019		
	总回归	0.330	7			

丝与物理质量及其稳定性呈正影响, >7.00 mm 和 ≤1.00 mm 层烟丝与其呈负影响;通过适当增加 1.00~2.50 mm 短丝和 3.35~5.00 mm 中长烟丝,控制 7.00 mm 以上超长烟丝和 1.00 mm 以下碎丝比例,可以达到改善短支卷烟物理质量及其稳定性的目的。本研究为短支烟物理质量及其稳定性的优化提供了思路和方法,在实际生产中,卷烟企业可以根据不同品牌短支卷烟的实际需要,确定与之适应的烟丝尺寸优化方案。本试验仅提出了短支卷烟烟丝尺寸优化方向,具体的定量优化方案还需要进一步研究,以达到短支卷烟物理质量提升的目的。

参考文献

[1] 张力, 张艳, 郑宏辉. 短支烟供给创新需求实践探索[N]. 东

方烟草报, 2017-01-07(004).

[2] 向虎, 何孝强, 王龙, 等. 基于烟丝特性和卷制原理的卷烟机最佳回丝量计算模型[J]. 食品与机械, 2018, 34(10): 217-220.

[3] 贺万华, 曹兴洪, 朱浩勇, 等. 影响卷烟端部落丝量的因素研究[J]. 中国烟草学报, 2006, 12(5): 30-33.

[4] 刘德强, 贾洋, 王乐军, 等. 烟丝结构对烟支卷制质量的影响[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(32): 18 589-18 590.

[5] SHEN Xiao-feng, DU Jin-Song, LI Yue-feng, et al. Study on characterization of cut tobacco particle size distribution[C]// 63rd TSRC. Florida: Acta Tabacaria Sinica, 2009: 20-22.

[6] 姚二民, 邵宁, 李晓, 等. 基于回归分析方法的烟丝结构与卷烟物理指标关系研究[J]. 食品工业科技, 2017, 38(20): 27-30.

(下转第 221 页)

量在 0.01 水平(双侧)上显著相关;四川与全国的出口金额在 0.05 水平(双侧)上显著相关;广东与全国的出口数量在 0.01 水平(双侧)上显著相关。

5 结论

当前,尽管白酒出口贸易已扩展到了全世界 1/2 国家(或地区),但从业务量方面比较,各地差异较大且仍以亚洲市场为主。白酒对外贸易的未来发展有以下几点建议:① 应在不断提升亚洲市场份额的同时,优先选择拓展人均 GDP 高的其他市场,比如欧洲市场和北美市场以及大洋洲市场的少数国家(或地区);② 应继续增加有较大白酒出口业务市场的拓展力度,深入研究当地蒸馏酒市场特点,并突出中国白酒的特性,更高效地推广中国白酒,比如美洲的美国市场与大洋洲的澳大利亚市场;③ 对于国内白酒企业而言,应携手而行,共同耕耘国际市场,国际市场是一片具有巨大潜力的市场,且市场足够广阔,只有共谋发展,未来中国白酒的国际之路才能愈加光明。

参考文献

- [1] 程铁轅,刘彬,李明春,等. 欧盟烈性酒法律法规对我国白酒产业的启示[J]. 食品科学, 2012, 33(9): 271-276.
- [2] 王国勇. 欧美对中国白酒实施技术性贸易壁垒的影响研究[D]. 北京: 对外经济贸易大学, 2015: 1-43.
- [3] 程铁轅,刘彬,李明春,等. 欧盟、美国和日本酒类标签技术

贸易措施对我国酒类产品出口的启示[J]. 现代食品科技, 2013, 29(1): 207-210.

- [4] 郭旭,张颖,王鑫,等. 茅台酒国际市场状况及发展对策研究[J]. 酿酒科技, 2017(6): 126-132.
- [5] 林洁,王平春. 中国白酒文化在国际市场传播的问题与思考[J]. 酿酒科技, 2015(12): 130-133.
- [6] 严皓,廖国强. 白酒出口目标国选择: 基于引力模型指标变量的分析[J]. 酿酒科技, 2014(1): 121-124.
- [7] International Monetary Fund. World Economic Outlook Database[DB/OL]. [2018-08-15]. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2018/01/weodata/weosegr.aspx>.
- [8] 酿酒科技. 2017 年全国酒类行业生产经营数据出炉[EB/OL]. (2018-03-15)[2018-08-10]. <http://www.lmst.com.cn/docview.php3? keyid=42676>.
- [9] 贵州茅台 2017 年年度报告[R/OL]. (2018-03-28)[2018-06-15]. http://vip.stock.finance.sina.com.cn/corp/go.php/vCB_Bulletin/stockid/600519/page_type/ndbg.phtml.
- [10] 五粮液 2017 年年度报告[R/OL]. (2018-04-28)[2018-06-16]. http://vip.stock.finance.sina.com.cn/corp/go.php/vCB_Bulletin/stockid/000858/page_type/ndbg.phtml.
- [11] 洋河股份 2017 年年度报告[R/OL]. (2018-04-27)[2018-06-18]. http://vip.stock.finance.sina.com.cn/corp/go.php/vCB_Bulletin/stockid/002304/page_type/ndbg.phtml.
- [12] 泸州老窖 2017 年年度报告[R/OL]. (2018-04-11)[2018-06-18]. http://vip.stock.finance.sina.com.cn/corp/go.php/vCB_Bulletin/stockid/000568/page_type/ndbg.phtml.

(上接第 187 页)

- [9] BOLEK S, OZDEMIR M. Optimization of roasting conditions of microwave roasted Pistacia terebinthus beans[J]. LWT-Food Science and Technology, 2017, 86: 327-336.
- [10] 周斌,任洪涛. 烘焙程度对云南小粒咖啡香气品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2014, 35(22): 68-73.
- [11] 周斌,任洪涛. 烘焙时间对云南小粒咖啡挥发性成分影响的研究[J]. 现代食品科技, 2015, 35(1): 236-244.
- [12] TRAN Van-cuong, 张宗玲,郭康权,等. 咖啡豆的烘焙条件对其成分含量的影响研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(1): 33-38.

(上接第 215 页)

- [7] 李善莲,申晓锋,李华杰,等. 烟丝结构对卷烟端部落丝量的影响[J]. 烟草科技, 2010(2): 5.
- [8] 邵宁,徐秀峰,万永华,等. 卷烟烟丝结构分布及其与物理质量的关系[J]. 南方农业学报, 2017, 48(5): 883-888.
- [9] 刘著文. 烟丝结构参数优化研究[J]. 山东工业技术, 2015(1): 26-27.
- [10] 国家烟草专卖局. YC/T 289—2009 卷烟烟丝结构的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [11] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 22838.6—2009 卷烟和

- [13] 蔡瑞玲,韩英素,赵晋府,等. 焙炒条件对咖啡风味影响的研究[J]. 饮料工业, 2003, 6(6): 32-38.
- [14] 宋瑞凯,张付杰,杨薇,等. 矩形微波腔体双馈口位置与加热效率仿真及验证[J]. 昆明理工大学学报, 2017, 42(6): 51-57.
- [15] 田口护. 咖啡品鉴大全[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2009: 30-37.
- [16] 李梦丽,张付杰,杨薇,等. 云南小粒咖啡烘焙工艺优化及总糖含量的测定[J/OL]. 食品工业科技, [2018-10-16]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1759.TS.20181009.1540.042.html>.

滤棒物理性能的测定第 6 部分: 硬度[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.

- [12] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 22838.3—2009 卷烟和滤棒物理性能的测定第 3 部分: 圆周激光法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [13] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 22838.5—2009 卷烟和滤棒物理性能的测定第 5 部分: 卷烟吸阻和滤棒[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [14] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 22838.4—2009 卷烟和滤棒物理性能的测定第 4 部分: 卷烟质量[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.