

# 打叶后浓香型烤烟不同尺寸片烟质量变化特征

The quality variation characteristics among different strip sizes of robust flavor style flue-cured tobacco leaf in Henan

刘超 赵阔 杨永锋 楚文娟 文秋成

LIU Chao ZHAO Kuo YANG Yong-feng CHU Wen-juan WEN Qiu-cheng

刘茂林 王宝林 杨宗灿 刘向真

LIU Mao-lin WANG Bao-lin YANG Zong-can LIU Xiang-zhen

(河南中烟工业有限责任公司技术中心, 河南 郑州 450000)

(Technology Center, China Tobacco Henan Industrial Co., Ltd., Zhengzhou, Henan 450000, China)

**摘要:**为深入研究打叶后不同尺寸片烟的质量特点,细分不同尺寸片烟在产品配方中的使用方向,以中国河南浓香型烤烟中上部配打模块为材料,从常规化学成分、中性致香物质含量和感官质量三方面考察打叶后不同尺寸片烟的质量变化特征。结果表明:①总糖、还原糖、钾、烟碱含量、糖碱比、氮碱比、香气质、香气量、浓度、细腻程度、余味、杂气的得分和感官质量总得分在不同尺寸片烟间的差异达到显著或极显著水平;②尺寸25.4~42.0 mm片烟具有高糖、高糖碱比、低蛋白质的特点,常规化学成分综合评价得分、中性致香物质总量和感官质量总得分均高于其他尺寸以及混合片烟,有望作为高等级原料的替代品;③尺寸2.36~6.35 mm片烟的化学成分综合评价得分、中性致香物质总量以及感官评吸总得分均最低,筛除该尺寸片烟可提高片烟整体质量;④尺寸>42.0 mm片烟钾含量和钾氯比最高,整体质量仅次于25.4~42.0 mm片烟;⑤将片烟筛分后得到不同尺寸的片烟进行分类使用,能够进一步拓宽烟叶原料的使用范围,提升整体使用价值。

**关键词:**尺寸;片烟;化学成分;中性致香物质;感官质量

**Abstract:** In order to classify the use direction of different strip sizes of tobacco in cigarette products and improve the value of tobacco leaves, the middle and upper matching module of robust flavor style flue-cured tobacco leaves were used to analyze the quality variation characteristics among different strip sizes of from aspects of chemical component, neutral aroma substances and sensory evaluation. The

**基金项目:**河南中烟工业有限责任公司科技计划项目(编号: ZW2016006)

**作者简介:**刘超,女,河南中烟工业有限责任公司助理工程师,硕士。

**通信作者:**刘向真(1982—),男,河南中烟工业有限责任公司工程师,本科。E-mail: liuxiangzhen@126.com

**收稿日期:**2018-07-12

results indicated that: ① The contents of total sugar, reducing sugar, potassium, nicotine, the ratio of sugar and nicotine, nitrogen and nicotine, the total sensory evaluation score and the scores of sensory indexes except irritant among different strip sizes had significant or extremely significant differences. ② The strips of 25.40 ~ 42.00 mm that can replace the higher grade tobacco leaves had highest content of sugar, ratio of sugar and nicotine and lowest contents of protein, the evaluation score of chemical components, the contents of neutral aroma substances, and the sensory evaluation score were all higher than the other sizes and Mix. ③ The chemical components evaluation score, the content of neutral aroma substances, and the sensory evaluation score of 2.36 ~ 6.35 mm are all the lowest. ④ The strips of bigger than 42.00 mm have highest content of potassium, ratio of potassium and chlorine, and the overall quality only lower than 25.40 ~ 42.00 mm. ⑤ The leaves of different strip sizes by sieved can be reclassified used for widening the scope and improving the value of tobacco leaves.

**Keywords:** sizes; strip; chemical component; neutral aroma composition; sensory evaluation

片烟结构是衡量打叶质量的重要指标,同时也是影响烟丝结构的主要因素<sup>[1-2]</sup>,而烟丝结构又是决定空头率<sup>[3]</sup>、单支重量<sup>[4-5]</sup>、烟支密度<sup>[5]</sup>、端部落丝量<sup>[6]</sup>等卷接质量和成品卷烟内在质量稳定性的重要因素。打叶后不同片烟尺寸的形成既与打叶工艺参数有关,也与烟叶自身力学特性有关,而化学成分是决定烟叶内在品质和物理性状的物质基础。目前,打叶过程中工艺参数的变化对片烟尺寸分布特征的影响已有较多研究<sup>[7-8]</sup>,而打叶后不同尺寸片烟的内在质量特征评价及差异性分析鲜见报道。仅邱承宇等<sup>[9]</sup>报道了筛分前后片烟质量变化,以筛除身份薄、油分少的低等级烟叶的

碎片和小片,提高在中、高档卷烟配方中的可用性。

本研究以河南浓香型烤烟原料为基础,从常规化学成分、中性致香物质含量和感官质量三方面考察打叶后不同尺寸片烟的质量变化情况,以期找出不同尺寸片烟的质量变化规律,彰显不同尺寸片烟的质量特性,为下一步细分不同尺寸片烟在产品配方中的使用定位,也为提升烟叶原料整体使用价值提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料及仪器

#### 1.1.1 片烟样品

选取河南中烟 2016 年 4 个中部和上部浓香型烤烟模块打叶后的片烟,分别为许昌 A、许昌 B、许昌 C、三门峡 D。

#### 1.1.2 主要试剂

二氯甲烷、萘:色谱纯,北京百灵威科技有限公司;

无水硫酸钠等:分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

#### 1.1.3 主要仪器

振动分选筛:YQ-3 型,郑州嘉德机电公司;

气质联用仪:Agilent 6890GC/5973MS 型,美国 Agilent 公司。

### 1.2 方法

1.2.1 片烟筛分 将采集的样品均匀置于振动分选筛的输送皮带上,经叶片振动分选筛的筛分,分别获得以下 5 层筛网上的烟叶:>42.00, 25.40~42.00, 12.70~25.40, 6.35~12.70, 2.36~6.35 mm。

1.2.2 常规化学成分的测定 化学成分测定指标包括烟碱、总氮、总糖、还原糖、钾、氯、蛋白质,并计算氮碱比、糖碱比、钾氯比,测定方法参考王瑞新<sup>[10]</sup>的方法。

1.2.3 中性致香物质含量的测定 准确称取 25.00 g 烟末至圆底烧瓶,加入 500 mL 蒸馏水和内标化合物萘,用电热套加热;另一端接盛有 30 mL 二氯甲烷的 100 mL 烧瓶,将该端烧瓶置于 60 °C 的恒温水浴锅中加热,同时蒸馏萃取 2 h;将二氯甲烷萃取液用无水硫酸钠干燥后浓缩至 1 mL。浓缩液采用气/质联用仪进行分析,结果采用内标法计算,校正因子为 1。致香物质的定性测定采用计算机谱库(NIST98, Wiley275)检索,并用峰面积归一化法对各致香物质进行半定量分析(RSD<5%)。

GC/MS 分析条件:毛细管柱 HP-5MS (30.00 m × 0.25 mm, 0.25 μm);载气为 He;流速 1 mL/min;进样口温度 260 °C;进样量 0.5 μL;分流比 25:1;接口温度 280 °C;离子源为 EI;电子能量 70 eV;离子源温度 230 °C;扫描范围 35~

455 amu。程序升温:初温 50 °C,保持 1 min;以 8 °C/min 升至 160 °C,保持 2 min;再以 8 °C/min 升至 280 °C,保持 15 min。

1.2.4 感官质量的评价 将烟叶切丝(切丝宽度 1.0 mm),相同的卷制条件下制成烟支规格(20+64) mm × 24.5 mm 的烟支样品,在温度(22±1) °C,相对湿度(60±2)%的恒温恒湿箱中平衡 48 h 后,由河南中烟 5 名专业评吸人员进行评价,评定指标包括香气质(A)、香气量(B)、浓度(C)、细腻程度(D)、余味(E)、杂气(F)、刺激性(G),各项指标均按 9 分制打分,感官评吸总分(T)按式(1)计算:

$$T=(A+B) \times 2.3+C \times 1.5+D+E+F+G。 \quad (1)$$

1.2.5 统计分析方法 描述统计分析、灰色关联分析、单因素方差分析采用 Excel 2010 和 SPSS 17.0 软件<sup>[11]</sup>进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同样品片烟尺寸分布

对筛分后不同尺寸片烟的占比情况进行统计。由表 1 可知,4 个模块的不同尺寸片烟占比基本一致,其中 25.40~42.00 mm 片烟占比最大,为 42.92%,其次为 12.70~25.40 mm 片烟,占比为 25.61%,6.35~12.70 mm 和 >42.0 mm 的片烟占比接近,分别为 14.34%和 14.31%,2.36~6.35 mm 片烟占比最小,为 2.82%。

### 2.2 不同尺寸片烟常规化学成分变化特征

由表 2 可知,总糖、还原糖、钾、烟碱含量和氮碱比在不同尺寸片烟间的差异达到极显著水平,糖碱比的差异达到显著水平,其中总糖和还原糖含量均以 25.40~42.00 mm 的最高,以 2.36~6.35 mm 的最低,且显著低于其他尺寸;糖碱比以 25.40~42.00 mm 的最高,与其他尺寸之间差异不显著,但是显著高于 2.36~6.35 mm 的;钾含量以 >42.00 mm 烟片最高,且显著高于 12.70~25.40 mm 和 6.35~12.70 mm 的,其他尺寸之间差异不显著;烟碱含量以 6.35~12.70 mm 的最高,且显著高于其他尺寸,以 2.36~6.35 mm 的最低,除与 >42.00 mm 差异不显著外,显著低于其他尺寸;氮碱比以 2.36~6.35 mm 的氮碱比最高,以 6.35~12.70 mm 和 25.40~42.00 mm 的最低,且显著低于 2.36~6.35 mm 和 >42.00 mm 的。蛋白质、氯、总氮和钾氯比在不同尺寸间的差异不显著。

为进一步明确各项化学成分指标的协调性,采用灰色关联分析法对不同尺寸片烟常规化学成分进行综合评价<sup>[12-13]</sup>。总糖、还原糖、钾和钾氯比属于在适宜范围内越大越好的指标,取各指标检测值中的最大值作为最优参考值,

表 1 各样品不同尺寸片烟占比统计表

Table 1 The proportion of different size tobacco strips

样品	>42.00 mm	25.40~42.00 mm	12.70~25.40 mm	6.35~12.70 mm	2.36~6.35 mm
许昌 A	14.21	42.62	24.78	14.92	3.48
许昌 B	14.24	42.73	26.02	14.15	2.85
许昌 C	14.63	43.90	25.40	14.09	1.97
三门峡 D	14.15	42.43	26.24	14.18	3.00
均值	14.31	42.92	25.61	14.34	2.82

表 2 不同尺寸片烟常规化学成分的描述统计和多重比较<sup>†</sup>

Table 2 The statistics and multiple comparison of routine chemical components among different sizes

尺寸/mm	总糖/%	还原糖/%	蛋白质/%	钾/%	氯/%
混合	22.42±2.32 <sup>b</sup>	19.71±2.46 <sup>b</sup>	11.40±1.24 <sup>a</sup>	1.62±0.13 <sup>a</sup>	1.03±0.42 <sup>a</sup>
>42.00	22.19±1.91 <sup>b</sup>	20.29±1.12 <sup>b</sup>	11.42±1.35 <sup>a</sup>	1.66±0.19 <sup>a</sup>	1.01±0.46 <sup>a</sup>
25.40~42.00	24.18±1.90 <sup>a</sup>	21.45±1.90 <sup>a</sup>	11.01±1.25 <sup>a</sup>	1.53±0.19 <sup>b</sup>	0.96±0.44 <sup>a</sup>
12.70~25.40	23.07±2.38 <sup>ab</sup>	20.37±2.28 <sup>b</sup>	11.42±1.29 <sup>a</sup>	1.49±0.13 <sup>c</sup>	0.92±0.39 <sup>a</sup>
6.35~12.70	22.33±2.41 <sup>b</sup>	19.66±2.11 <sup>b</sup>	11.34±1.53 <sup>a</sup>	1.47±0.15 <sup>c</sup>	0.94±0.44 <sup>a</sup>
2.36~6.35	20.00±2.34 <sup>c</sup>	17.16±2.22 <sup>c</sup>	11.75±1.03 <sup>a</sup>	1.59±0.15 <sup>ab</sup>	1.06±0.42 <sup>a</sup>
F 值	17.822	22.509	1.558	11.149	0.780
P 值	0.000	0.000	0.173	0.000	0.565
尺寸/mm	总氮/%	烟碱/%	糖碱比	氮碱比	钾氯比
混合	2.34±0.24 <sup>a</sup>	2.91±0.35 <sup>abc</sup>	7.86±1.60 <sup>ab</sup>	0.81±0.05 <sup>b</sup>	1.87±0.95 <sup>a</sup>
>42.00	2.27±0.25 <sup>a</sup>	2.85±0.37 <sup>bc</sup>	7.96±1.60 <sup>ab</sup>	0.80±0.04 <sup>b</sup>	2.12±1.42 <sup>a</sup>
25.40~42.00	2.22±0.22 <sup>a</sup>	2.93±0.25 <sup>abc</sup>	8.32±1.29 <sup>a</sup>	0.76±0.06 <sup>c</sup>	1.98±1.15 <sup>a</sup>
12.70~25.40	2.28±0.23 <sup>a</sup>	2.98±0.32 <sup>ab</sup>	7.86±1.54 <sup>ab</sup>	0.77±0.06 <sup>c</sup>	1.97±1.09 <sup>a</sup>
6.35~12.70	2.29±0.27 <sup>a</sup>	3.04±0.33 <sup>a</sup>	7.46±1.55 <sup>ab</sup>	0.75±0.04 <sup>c</sup>	2.07±1.43 <sup>a</sup>
2.36~6.35	2.32±0.20 <sup>a</sup>	2.78±0.33 <sup>c</sup>	7.32±1.60 <sup>b</sup>	0.84±0.04 <sup>a</sup>	1.82±1.10 <sup>a</sup>
F 值	1.559	3.872	2.581	21.199	0.424
P 值	0.173	0.002	0.027	0.000	0.832

† 同列小写字母不同表示差异达到 0.05 显著水平。

蛋白质、氯为越小越好的指标,取最小值为最优参考值,总氮、烟碱、糖碱比和氮碱比属于适中指标<sup>[14]</sup>,分别取 2.25%, 2.50%, 10.00, 0.90 作为最优参考值<sup>[15]</sup>,经计算氮碱比、糖碱比、还原糖、总糖、钾、钾氯比、总氮、氯、蛋白质、烟碱的权重分别为 0.24, 0.17, 0.11, 0.10, 0.10, 0.10, 0.08, 0.05, 0.04, 0.01,由评价结果(图 1)可知,常规化学成分综合评价得分在不同尺寸间表现为:25.40~42.00 mm(0.81)>42.00 mm 以上(0.80)>12.70~25.40 mm(0.69)>混合(0.66)>6.35~12.70 mm(0.64)>2.36~6.35 mm(0.59)。

### 2.3 不同尺寸片烟中性致香物质含量变化特征

对不同尺寸片烟中性致香物质含量变化进行统计,统计结果见表 3、4 和图 2。由图 2 可知,美拉德反应产物、苯丙氨酸类降解产物、和新植二烯含量均以 25.40~42.00 mm 最高,

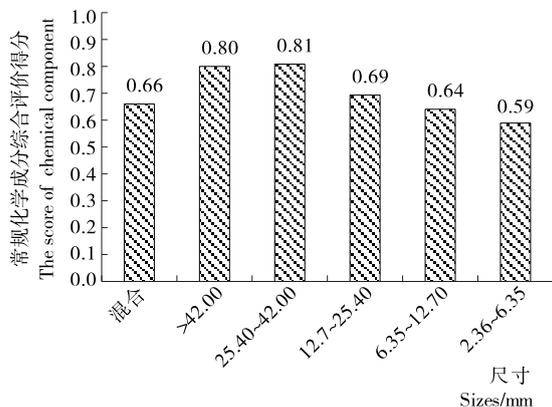


图 1 不同尺寸片烟常规化学成分综合评价得分

Figure 1 Comprehensive evaluation score of routine chemical composition of different sizes

而类西柏烷类降解产物以 25.40~42.00 mm 的最低,以 12.70~25.40 mm 的最高,除新植二烯含量以 6.35~12.70 mm 最低外,其他各类中性致香物质均以 2.36~6.35 mm 的最低。中性致香物质总量表现为:25.40~42.00 mm(684.08  $\mu\text{g/g}$ )>42.00 mm 以上(662.60  $\mu\text{g/g}$ )>混合(659.42  $\mu\text{g/g}$ )>12.70~25.40 mm(652.69  $\mu\text{g/g}$ )>6.35~12.70 mm(630.98  $\mu\text{g/g}$ )>2.36~6.35 mm(626.51  $\mu\text{g/g}$ )。

### 2.4 不同尺寸片烟感官质量变化特征

由图 3、4 可知,香气质、香气量、浓度、细腻程度、余味、杂气的得分和总得分在不同尺寸间的差异达到极显著水平,刺激性的得分差异不显著。整体来看,随着片烟尺寸的降低,各个感官指标得分(除细腻程度)和总得分均为先增加后降低的趋势。25.40~42.00 mm 片烟的香气质、香气量、杂气

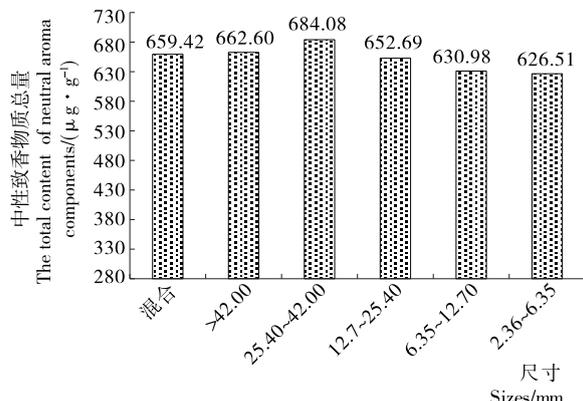


图 2 不同尺寸片烟中性致香物质总量

Figure 2 The comparison of neutral aroma components total contents among different sizes

表3 不同尺寸片烟中性致香物质含量统计表

Table 3 The statistics of neutral aroma components among different sizes

尺寸/mm	糠醛/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	糠醇/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	苯甲醛/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	苯甲醇/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	苯乙醛/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	苯乙醇/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	茄酮/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	降茄二酮/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )
混合	9.43	2.17	0.77	4.36	1.52	1.95	27.82	2.72
>42.00	10.35	2.67	0.92	4.20	3.09	2.31	23.23	2.18
25.40~42.00	14.53	3.61	1.12	5.87	4.37	2.68	13.77	2.28
12.70~25.40	9.31	1.82	0.68	4.18	2.18	1.87	29.23	2.75
6.35~12.70	9.81	1.09	0.71	2.84	2.36	1.35	26.49	2.72
2.36~6.35	8.67	1.63	0.58	4.09	1.87	1.64	22.50	2.71

尺寸/mm	$\beta$ -大马酮/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	$\beta$ -二氢大马酮/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	香叶基丙酮/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	二氢猕猴桃内酯/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	巨豆 1/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	巨豆 2/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	巨豆 3/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	巨豆 4/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )
混合	10.19	5.06	2.74	1.72	1.72	2.08	1.61	6.74
>42.00	10.91	5.24	2.80	1.50	1.50	2.08	1.69	7.56
25.40~42.00	13.87	5.36	2.98	2.39	2.39	2.63	1.74	8.14
12.70~25.40	8.91	5.07	2.79	1.45	1.45	1.85	1.43	6.50
6.35~12.70	9.19	4.86	3.23	1.27	1.27	1.31	1.03	5.02
2.36~6.35	7.70	4.76	2.59	1.51	1.51	1.53	1.20	4.88

表4 不同尺寸片烟各类中性致香物质含量统计表

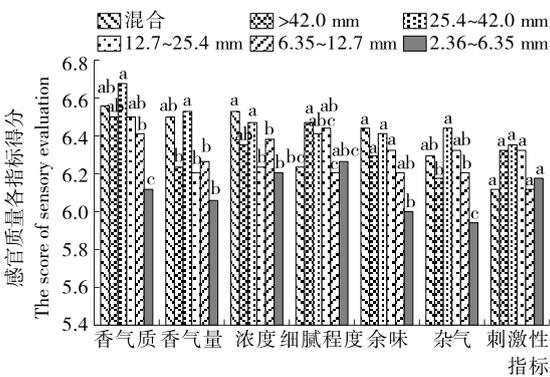
Table 4 The statistics of neutral aroma components of each types among different sizes

尺寸/mm	美拉德反应产物/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	苯丙氨酸类降解产物/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	类西柏烷类降解产物/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	类胡萝卜素类降解产物/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	新植二烯/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )
混合	11.60	8.60	30.54	27.88	580.80
>42.00	13.02	10.52	25.41	29.28	584.36
25.40~42.00	18.14	14.03	16.04	35.51	600.35
12.70~25.40	11.13	8.91	31.97	25.45	575.23
6.35~12.70	10.91	7.26	29.20	23.18	560.42
2.36~6.35	10.30	8.19	25.21	21.69	561.12

得分和总得分均最高,且显著高于6.35~12.70 mm和2.36~6.35 mm片烟;2.36~6.35 mm片烟的香气质、香气量、浓度、余味、杂气得分和总得分均最低,且香气质和杂气的得分显著低于其他所有尺寸的片烟。总得分在不同尺寸间表现为:

25.40~42.00 mm(65.70)>混合(64.92)>42.00 mm以上(64.09)>12.70~25.40 mm(63.99)>6.35~12.70 mm(63.46)>2.36~6.35 mm(61.70)。

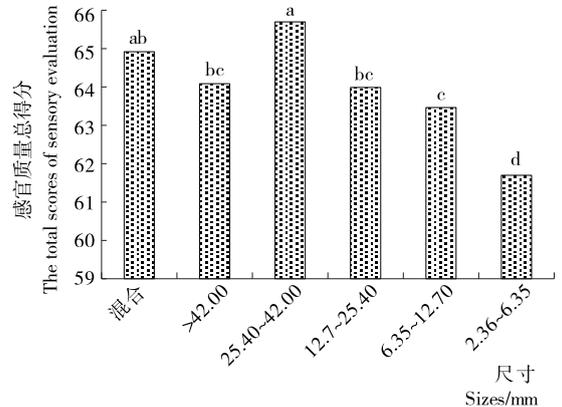
结合不同尺寸片烟常规化学成分综合评价得分和中性



小写字母不同表示差异达到0.05显著水平

图3 不同尺寸片烟感官质量各指标得分

Figure 3 The comparison of sensory evaluation indicator scores among different sizes



小写字母不同表示差异达到0.05显著水平

图4 不同尺寸片烟感官质量总得分

Figure 4 The comparison of sensory evaluation total scores among different sizes

致香物质总量变化数据可见,感官质量得分与其变化并不完全一致,可能是感官评吸除受常规化学成分、中性致香物质影响外,还受其他香味物质含量、pH 值等的影响<sup>[15-16]</sup>,但总体上讲,均以 25.40~42.00 mm 片烟质量最高,且该规格片烟制成的烟丝结构优、填充性能好<sup>[3]</sup>,6.35~12.70 mm 和 2.36~6.35 mm 片烟整体质量最低,且 2.36~6.35 mm 片烟成丝性能较差,经制丝工序后大部分转变为碎末及尘土<sup>[17]</sup>。

### 3 结论

浓香型烤烟打叶后不同尺寸片烟的主要化学成分、中性致香物质含量和感官质量均存在明显差异,其中,尺寸为 25.40~42.00 mm 片烟的综合质量最好,有望作为高等级原料的替代品;尺寸 >42.0 mm 的内在质量仅次于 25.40~42.00 mm 的;尺寸为 2.36~6.35 mm 的内在质量较差,因此在打叶复烤时尽量将该尺寸规格的片烟筛除,并作为再造烟叶的原料,不仅减少制丝卷制过程原料损耗,而且能够提高打叶复烤后片烟的整体质量。总体而言,将片烟筛分后得到的不同尺寸片烟进行分类使用,能够进一步拓宽原料的使用范围,提升烟叶整体使用价值。本次试验选取的材料是河南上部和中部烟叶模块,所得结论对不同地区其他部位烟叶的适用性还有待进一步研究。

### 参考文献

[1] 余娜,夏艺丰,朱文魁,等. 叶片结构与叶丝结构关系模型研究[J]. 郑州轻工业学院学报:自然科学版,2013,28(3):24-28.  
 [2] 唐军,邱昌桂,周冰,等. 不同尺寸片烟及不同长度成品烟丝化学成分的变化[J]. 烟草科技,2016,49(11):42-55.  
 [3] 罗登山,曾静,刘栋,等. 叶片结构对卷烟质量影响的研究进展[J]. 郑州轻工业学院学报:自然科学版,2010,25(2):13-17.

[4] 堵劲松,申晓锋,李跃锋,等. 烟丝结构对卷烟物理指标的影响[J]. 烟草科技,2008(8):8-13.  
 [5] 申晓锋,李华杰,王锐亮,等. 烟丝结构与卷烟单支重量和烟支密度及其稳定性的灰色关联分析[J]. 中国烟草学报,2009,15(6):23-26.  
 [6] 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):5-7,10.  
 [7] 蔡联合,邹克兴,孙建生,等. 打叶框栏尺寸对烤烟打叶过程中叶片结构及出片率的影响[J]. 湖南农业科学,2017(8):78-80.  
 [8] 徐大勇,李新锋,范明登,等. 复烤温度对片烟收缩率及大小分布的影响[J]. 烟草科技,2013(3):12-16.  
 [9] 邱承宇,管仕栓,褚智国,等. 片烟筛分提质试验研究[J]. 安徽农学通报,2012,18(19):187-188.  
 [10] 王瑞新. 烟草化学品质分析法[M]. 郑州:河南科学技术出版社,1999:43-120.  
 [11] 陈胜可. SPSS 统计分析从入门到精通[M]. 北京:清华大学出版社,2010:187-191.  
 [12] 刘思峰. 灰色系统理论及其应用[M]. 8 版. 北京:科学出版社,2017:541-578.  
 [13] 陈征,任志广,范艺宽,等. 基于灰色关联分析模型的烟叶化学成分评价研究进展[J]. 中国农业科技导报,2017,19(5):129-137.  
 [14] 王彦亭,谢剑平,李志宏,等. 中国烟草种植区划[M]. 北京:科学出版社,2010:3-4.  
 [15] 江厚龙,陈涛,马红辉,等. 重庆烟区烤烟感官品质主要影响因素分析[J]. 烟草科技,2014(6):87-92.  
 [16] 邵惠芳,郑聪,许自成,等. 西南烟区烤烟 pH 分布特点及与感官品质的关系[J]. 中国烟草科学,2010,31(3):18-22,32.  
 [17] 李新学. 降低烟叶损耗 提高经济效益[J]. 烟草科技,1990(5):4.

(上接第 23 页)

[8] XIE An-guo, SUN Da-wen, ZHU Zhi-wei, et al. Nondestructive Measurements of Freezing Parameters of Frozen Porcine Meat by NIR Hyperspectral Imaging[J]. Food & Bioprocess Technology, 2016, 9(9): 1444-1454.  
 [9] 杨昆程,郭培源,刘硕,等. 高光谱技术在腊肉亚硝酸盐含量检测的应用[J]. 科技通报,2016,32(11):70-74.  
 [10] 邹小波,李志华,石吉勇,等. 高光谱成像技术检测猪肉新鲜度[J]. 食品科学,2014,35(8):89-93.  
 [11] LIU Yu-wei, SUN Da-wen, CHENG Jun-hu, et al. Hyperspectral imaging sensing of changes in moisture content and color of beef during microwave heating process[J]. Food Analytical Methods, 2018, 11(9):1-13.  
 [12] 温斯颖. 不同种类动物肌肉蛋白质消化产物比较研究[D]. 南京:南京农业大学,2015:44-50.  
 [13] 李诗义,诸晓旭,陈从贵,等. 肉和肉制品的营养价值及致癌风险研究进展[J]. 肉类研究,2015,29(12):41-47.  
 [14] 李祥睿. 西餐中肉类的烹调成熟度及其辨别方法[J]. 中国食品,2007(5):42-43.  
 [15] 刘登勇,周光宏,徐幸莲. 西餐中肉类烹调程度的控制[J]. 扬州大学烹饪学报,2004,21(3):37-40.

[16] MOYANO P C, RIOSECO V K, GONZÁLEZ P A. Kinetics of crust color changes during deep-fat frying of impregnated French fries[J]. Journal of Food Engineering, 2002, 54(3):249-255.  
 [17] CHANG Chih-chung, LIN Chih-jen. LIBSVM: A library for support vector machines[M]. Taipei: [s.n.], 2011:22-30.  
 [18] 穆朝聚,张瑞民,孙长银. 基于粒子群优化的非线性系统最小二乘支持向量机预测控制方法[J]. 控制理论与应用,2010,27(2):164-168.  
 [19] 史峰,王小川,郁磊,等. MATLAB 神经网络:30 个案例分析[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2010:122-132.  
 [20] TORNERBERG E. Effects of heat on meat proteins; Implications on structure and quality of meat products[J]. Meat Science, 2005, 70(3):493-508.  
 [21] LIU Yun-hong, SUN Yun, XIE An-guo, et al. Potential of hyperspectral imaging for rapid prediction of anthocyanin content of purple-fleshed sweet potato slices during drying process[J]. Food Analytical Methods, 2017(10):1-11.  
 [22] 谢安国. 冷冻冷藏过程中猪肉的光谱特性研究及其品质的快速检测[D]. 广州:华南理工大学,2016:97-104.  
 [23] 邹良亮,康怀彬,张慧芸,等. 高温处理对牛肉蛋白质组分及其降解的影响[J]. 食品与机械,2017,33(11):18-22.