



刘兴乐,杨俊鹏,张敦铁,等. 基于感官品质与常规化学成分的加热卷烟用烟叶原料评价[J]. 轻工学报, 2024, 39(4): 72-79.
LIU X L, YANG J P, ZHANG D T, et al. Evaluation of different tobacco raw materials for heated cigarettes based on sensory evaluation and routine chemical composition[J]. Journal of Light Industry, 2024, 39(4): 72-79.
DOI: 10. 12187/2024. 04. 010

基于感官品质与常规化学成分的加热卷烟用烟叶原料评价

刘兴乐^{1,2}, 杨俊鹏^{1,2}, 张敦铁¹, 王昊^{1,2}, 高颂^{2,3}, 闫铁军⁴, 庄虎¹, 刘磊¹

1. 湖北中烟工业有限责任公司 新型烟草制品工程中心, 湖北 武汉 430040;
2. 重组烟叶应用技术研究所湖北省重点实验室, 湖北 武汉 430040;
3. 湖北新业烟草薄片开发有限公司 技术中心, 湖北 武汉 430056;
4. 湖北中烟工业有限责任公司 技术中心, 湖北 武汉 430040

摘要: 为提升加热卷烟产品品质及稳定性, 提出一种基于感官品质与常规化学成分的加热卷烟用烟叶原料评价方法。首先计算烟叶原料与基准样品感官品质的相似度, 其次采用灰色关联法分析烟叶原料常规化学成分与感官品质的关联关系, 再次基于隶属度模糊综合评判评价烟叶原料的适宜性, 最后通过重复性实验和分类实验验证该方法的一致性和准确性。结果表明: 总氮、烟碱与感官评价各指标的关联度相对较大, 两糖差与感官评价各指标的关联度相对较低, 可将总氮、烟碱作为加热卷烟烟叶原料评价时的主要关注指标; 该评价方法可将 22 种烟叶原料样品划分为加热卷烟导向型烟叶模块、辅助型烟叶模块和主体型烟叶模块, 且其一致性较好、分类较准确, 能够应用于配方设计及维护。

关键词: 加热卷烟; 烟叶原料; 感官品质; 常规化学成分

中图分类号: TS422 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-1553(2024)04-0072-08

0 引言

随着全球控烟活动的加速推进及人们对健康生活方式的迫切追求, 新型烟草制品应运而生并快速发展。新型烟草制品主要包括加热卷烟、电子烟、无烟气烟草制品(口含烟、鼻烟、嚼烟)等, 其中加热卷烟具有低温加热(采用 500 °C 以下非直接燃烧方式)、低危害性、时尚美观等优势, 已成为当前发展

广泛、增长势头强劲的新型烟草制品^[1-6]。加热卷烟按发烟基材的不同可分为再造烟叶类、烟丝类及烟草颗粒类。再造烟叶类加热卷烟具有烟草成分保持性好、可塑性较强、可控水平较高等优点, 其生产工艺是先将烟叶原料磨粉, 然后添加发烟剂、胶黏剂、外加纤维、水等, 再根据不同加工工艺制备再造烟叶, 因此烟叶原料是再造烟叶类加热卷烟的技术基础。

收稿日期: 2023-05-08; 修回日期: 2023-06-22; 出版日期: 2024-08-15

基金项目: 中国烟草总公司重大专项项目(110202001014(XX-10)); 湖北中烟工业有限责任公司科技项目(2022JSXX3GC2C008)

作者简介: 刘兴乐(1990—), 男, 湖南省常德市人, 湖北中烟工业有限责任公司工程师, 主要研究方向为新型烟草重组烟叶原料及工艺技术。E-mail: liuxl@wh.hbtobacco.cn

通信作者: 王昊(1983—), 男, 河南省三门峡市人, 湖北中烟工业有限责任公司高级工程师, 博士, 主要研究方向为新型烟草重组烟叶原料及配方技术。E-mail: wanghao@hbtobacco.cn

目前,国内对加热卷烟烟叶原料及再造烟叶的研究尚处于起步阶段^[7-10]。董高峰等^[7]研究了梗叶原料对加热卷烟专用稠浆法再造烟叶品质的影响,明确了配方应用中最优的梗叶原料配比为2:8。赵璐等^[8]考查了云南省5类烟叶原料在加热卷烟生产中的适应性,发现云烟99和207的综合表现较好,可作为加热卷烟烟叶原料的候选品种。司晓喜等^[9]分析了不同类型烤烟、白肋烟、晒红烟等烟叶原料在加热抽吸时的气溶胶释放特性,发现不同烟叶原料会影响气溶胶粒径、浓度及香气成分释放量。曹芸等^[10]探究了烤烟、香料烟、雪茄烟、白肋烟等烟叶原料对烟草颗粒热解和释烟特性的影响,发现化学成分的差异会导致各类物质的释放温区范围略有差异。

上述研究主要集中在不同烟叶原料对加热卷烟烟气等的影响方面,但有关烟叶原料在加热卷烟中的应用评价及适宜性的研究较少涉及,且加热卷烟感官品质评价目前尚无统一标准。基于此,本研究拟对不同加热卷烟用烟叶原料进行感官品质评价和常规化学成分检测,计算烟叶原料与基准样品感官品质的相似度,采用灰色关联法分析烟叶原料常规化学成分与感官品质的关联关系,基于隶属度模糊综合评判评价烟叶原料的适宜性,以期对不同烟叶原料进行准确评价及分类,为加热卷烟用烟叶原料的适宜性研究及配方应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂和仪器

主要材料:湖北白肋烟(1号)、湖南烤烟(2、20号)、湖北烤烟(3、6、7、10、13、14、16—19、21、22号)、广东烤烟(4号)、安徽烤烟(5、12号)、印度尼西亚雪茄烟(8号)、四川烤烟(9号)、湖北雪茄烟(11号)、云南烤烟(15号),共22种烟叶原料,由湖北中烟工业有限责任公司采集。

主要试剂:硫氰化钾、二氯异氰脲酸钠、对氨基苯磺酸、柠檬酸、磷酸氢二钠、硫酸亚铁、碳酸钠、对羟基苯甲酰肼、盐酸、氢氧化钠、氯化钙、硝酸铁、硫氰酸汞、硝酸、水杨酸、亚硝基铁氰化钠、酒石酸钾钠、磷酸氢二钠、氢氧化钠、次氯酸钠、氯化钠、硫酸、乙酸、聚乙氧基月桂醚,均为分析纯,国药集团化学

试剂有限公司。

主要仪器:AA3型连续流动分析仪,德国SEAL公司。

1.2 实验方法

1.2.1 样品制备 烟叶原料样品:将22种烟叶原料精磨至200~300目,备用。

稠浆法再造烟叶样品:使用上述烟叶原料粉末,通过湖北新业烟草薄片开发有限公司50 kg/h稠浆法再造烟叶试验线制备得到。其中添加30%(质量分数,下同)丙三醇(发烟剂)、5%外加纤维、3.5%粘合剂,不添加香精香料。稠浆成型、定型、干燥、切丝均按照正常加工工艺进行,切丝宽度1.0 mm。

加热卷烟样品:将制备的稠浆法再造烟叶样品卷制于卷烟纸中,制成长度45 mm(烟草材料段12 mm)、圆周22.50 mm的烟支。

加热卷烟烟具:湖北中烟工业有限责任公司生产的某规格中心加热卷烟烟具,在320℃左右的加热平台加热烟支。

1.2.2 烟叶原料常规化学成分检测 按照文献[11-15]检测烟叶原料中还原糖、总糖、烟碱、总氮、氯和钾含量(质量分数,下同),结果取平均值。

1.2.3 加热卷烟感官品质评分计算 加热卷烟感官品质评价由湖北中烟工业有限责任公司新型烟草制品工程中心具有卷烟感官品质评吸资质的10位评吸专家完成,评价指标及评分标准见表1。表1中采用百分制记分,劲头、均匀性的I、II、III级最高分值分别为10分、8分、6分,余味、刺激性的I、II、III级最高分值分别为15分、12分、9分,香味的I、II、III级最高分值分别为30分、25分、20分,烟气的I、II、III级最高分值分别为20分、16分、12分。各项指标均以0.5分为记分单位。

1.3 烟叶原料评价方法

1.3.1 基于感官品质的烟叶原料评价方法 湖北中烟工业有限责任公司烟草口味COO(原味)加热卷烟烟叶原料配方的烟草本香特征显著、香气协调、劲头适中、烟气细腻、口腔舒适感强,感官品质各指标均较佳,因此将其作为评价基准,从感官品质的角度对22种烟叶原料进行评价。各烟叶原料样品与基准样品感官品质的相似度(ϕ_1)计算公式如下:

表1 加热卷烟感官品质评价指标及评分标准

Table 1 Evaluation index and scoring standard of Sensory evaluation of heated cigarette

| 级别 | 指标 | | | | | |
|-----|-------|--------------|------------|---------------|-------|--------|
| | 劲头 | 香味 | 烟气 | 余味 | 刺激性 | 均匀性 |
| I | 适中 | 丰满,细腻,特征明显 | 充盈饱满,浓郁 | 干净,舒适,无明显干燥感 | 无明显刺激 | 前后基本一致 |
| II | 稍大或稍小 | 充足,稍粗糙,特征较明显 | 较充盈饱满,浓度中等 | 较干净,较舒适,略有干燥感 | 稍有刺激 | 前后稍有差异 |
| III | 很大或很小 | 淡薄,较粗糙,特征不明显 | 不够充盈饱满,淡薄 | 不干净,不舒适,干燥感明显 | 刺激偏大 | 前后差异明显 |

$$\varphi_1 = \frac{p_1}{\tau_1} \times 10\% + \frac{p_2}{\tau_2} \times 30\% + \frac{p_3}{\tau_3} \times 20\% + \frac{p_4}{\tau_4} \times 15\% + \frac{p_5}{\tau_5} \times 15\% + \frac{p_6}{\tau_6} \times 10\%$$

式中, $p_1 \cdots p_6$ 为烟叶原料样品感官品质(劲头、香味、烟气、余味、刺激性和均匀性)评分; $\tau_1 \cdots \tau_6$ 为基准样品各对应感官品质评价指标评分。

1.3.2 烟叶原料常规化学成分与感官品质的关联分析 将不同烟叶原料的常规化学成分经均值化处理后,进行灰色关联度分析,研究不同烟叶原料常规化学成分与感官品质的关联。

根据灰色系统理论中关联度分析原则^[16-17],选取参考数列 $X_0 = [x_0(k), k=1, 2, \dots, 22]$ 和比较数列 $X_i = [x_i(k), k=1, 2, \dots, 22]$ 。其中 $x_0(k)$ 表示第 k 个烟叶原料的常规化学成分,即烟碱、钾、氯、总糖、还原糖、总氮、还原糖/烟碱、总糖/烟碱、两糖差、总氮/烟碱的数值; $x_i(k)$ 表示第 k 个烟叶原料的感官评分,即劲头、香味、烟气、余味、刺激性、均匀性评分。 X_i 对 X_0 的关联系数参见 $\varepsilon_i(k)$ ^[16]。

关联度是把各等级烟叶的关联系数集为一个平均值,即把过于分散的信息集中处理。灰色关联度计算公式如下:

$$r(x_0, x_i) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \varepsilon_i(k) \quad n = 22$$

不同烟叶原料常规化学成分含量的无量纲化采用均值化处理,分辨系数为 0.5,计算不同烟叶原料常规化学成分与感官品质评价指标的灰色关联度。根据常规化学成分与感官品质灰色关联分析结果,结合参考相关文献^[6,8],可对常规化学成分各指标的权重进行赋值,得到常规化学成分权重的向量 A 。

1.3.3 基于常规化学成分的烟叶原料评价方法

模糊综合评判是对受多种因素影响的事物作出全面

评价的一种有效的多因素评判方法^[18-19],笔者以基准样品常规化学成分为基准,采用模糊综合评判从多个化学成分的角度对 22 种烟叶原料进行评价。

结合烟叶原料常规化学成分与感官品质的关联分析结果,建立评判集 $V = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_{22}\}$, $v_1 \sim v_{22}$ 分别为烟叶原料样品 1~22 的常规化学成分集。建立因素集 $v_i = \{u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7, u_8\}$, $u_1 \sim u_8$ 分别代表总氮、烟碱、钾、氯、总糖、还原糖、总糖/烟碱、还原糖/烟碱指标。

建立单因素评判矩阵。由于各指标量纲不同,无法进行综合评价,要通过隶属函数模糊变换将各指标统一为同一量纲。依据烟叶原料常规化学成分指标的性质,隶属函数的类型为抛物线型、S 型和反 S 型 3 种形式。

抛物线型:

$$f(x) = \begin{cases} 0.1, & x < x_1 \text{ 或 } x > x_2 \\ 0.9 \times \frac{(x - x_1)}{(x_3 - x_1)} + 0.1, & x_1 \leq x \leq x_3 \\ 1.0, & x_3 \leq x \leq x_4 \\ 1.0 - 0.9 \times \frac{(x - x_4)}{(x_2 - x_4)}, & x_4 \leq x \leq x_2 \end{cases}$$

S 型:

$$f(x) = \begin{cases} 1.0, & x \geq x_2 \\ 0.9 \times \frac{(x - x_1)}{(x_2 - x_1)} + 0.1, & x_1 \leq x \leq x_2 \\ 0.1, & x < x_1 \end{cases}$$

反 S 型:

$$f(x) = \begin{cases} 0.1, & x > x_2 \\ 1.0 - 0.9 \times \frac{(x - x_1)}{(x_2 - x_1)}, & x_1 < x \leq x_2 \\ 1.0, & x \leq x_1 \end{cases}$$

式中, x_1 为下限; x_2 为上限; x_3 为最优值下限; x_4 为最优值上限; $x_2 > x_4 > x_3 > x_1$ 。在抛物线型函数中, 最优下限和最优上限之间的值是基准样品各指标的范围, 也是目标范围, 下限和上限是待评价烟叶原料质量的限制值。

根据隶属函数, 可确定待评价烟叶原料各指标实际值的隶属度, 得到隶属模糊关系矩阵 $R = (r_{ij})_{8 \times 22}$ 。根据公式 $\varphi_2 = A \times R$, 得到 22 种烟叶原料的常规化学成分评价结果。

1.3.4 烟叶原料适宜性评价方法 为充分利用感官品质和常规化学成分评价烟叶原料的优势, 降低感官品质评价主观因素及常规化学成分分析中化学成分指标不全的影响, 采用感官品质与常规化学成分综合评价得分 (φ) 对不同烟叶原料进行分类。 φ 计算公式如下:

$$\varphi = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$$

将 $\varphi > 0.75$ 的烟叶原料划分为导向型烟叶模块, 即在配方设计时优选的烟叶原料; 将 $0.60 \leq \varphi \leq 0.75$ 的烟叶原料划分为主体型烟叶模块, 在配方设

计组成中作为主要烟叶原料; $\varphi < 0.60$ 的烟叶原料划分为辅助型烟叶模块, 在配方设计组成中作为辅助或填充的烟叶原料。

1.4 验证方法

重复性实验: 选取不同烟叶模块的样品, 在 3 d 内同一地点、同一时间对其进行感官品质和常规化学成分的综合评价, 并进行重复性实验以判定评价方法的一致性。

分类实验: 选择不同烟叶模块的样品, 等比例替换配方中同类型烟叶模块原料, 对比替换配方和原配方再造烟叶的感官品质, 验证评价方法的有效性和准确性。

2 结果与分析

2.1 不同烟叶原料常规化学成分分析结果

不同烟叶原料常规化学成分分析结果见表 2。由表 2 可知, 不同烟叶原料各常规化学成分差异较大, 其中烟碱含量最高的为 1 号样品, 最低的为 8 号样品, 极差为 2.54%; 还原糖、总糖含量最高的为 9 号样品, 最低的为 8 号样品, 极差分别为 27.60% 和

表 2 不同烟叶原料常规化学成分分析结果

Table 2 Conventional chemical composition analysis results of different tobacco raw materials

| 编号 | 烟碱含量/% | 钾含量/% | 氯含量/% | 总糖含量/% | 还原糖含量/% | 总氮含量/% | 还原糖含量/ 烟碱含量 | 总糖含量/ 烟碱含量 | 两糖差/% |
|----|--------|-------|-------|--------|---------|--------|----------------|---------------|-------|
| 1 | 3.37 | 6.63 | 0.96 | 0.33 | 0.22 | 4.50 | 0.07 | 0.10 | 0.11 |
| 2 | 3.70 | 3.20 | 0.49 | 17.20 | 16.05 | 2.52 | 4.33 | 4.64 | 1.14 |
| 3 | 3.67 | 2.75 | 0.39 | 22.13 | 22.07 | 2.56 | 6.01 | 6.02 | 0.06 |
| 4 | 1.56 | 4.64 | 0.53 | 23.03 | 22.16 | 2.22 | 14.24 | 14.80 | 0.87 |
| 5 | 2.28 | 2.34 | 0.49 | 24.65 | 23.52 | 2.09 | 10.34 | 10.83 | 1.13 |
| 6 | 3.58 | 2.69 | 0.39 | 21.14 | 21.05 | 2.71 | 5.88 | 5.91 | 0.09 |
| 7 | 3.36 | 3.09 | 0.51 | 19.91 | 19.49 | 2.64 | 5.79 | 5.92 | 0.43 |
| 8 | 1.16 | 5.96 | 1.34 | 0.20 | 0.17 | 4.46 | 0.15 | 0.17 | 0.02 |
| 9 | 2.89 | 3.08 | 0.28 | 30.38 | 27.77 | 2.98 | 9.61 | 10.51 | 2.61 |
| 10 | 2.54 | 3.17 | 0.39 | 30.29 | 26.97 | 2.60 | 10.62 | 11.93 | 3.32 |
| 11 | 1.48 | 6.49 | 0.84 | 0.33 | 0.32 | 2.91 | 0.22 | 0.22 | 0.01 |
| 12 | 2.98 | 2.47 | 0.41 | 21.52 | 20.56 | 2.84 | 6.90 | 7.22 | 0.96 |
| 13 | 3.15 | 2.10 | 0.33 | 24.54 | 21.87 | 2.42 | 6.94 | 7.79 | 2.67 |
| 14 | 2.95 | 2.95 | 0.40 | 18.21 | 15.95 | 2.51 | 5.41 | 6.17 | 2.26 |
| 15 | 2.89 | 1.89 | 0.44 | 20.44 | 18.13 | 2.82 | 6.27 | 7.07 | 2.31 |
| 16 | 3.32 | 2.19 | 0.41 | 21.40 | 18.88 | 2.63 | 5.69 | 6.45 | 2.52 |
| 17 | 3.36 | 1.86 | 0.36 | 23.46 | 20.76 | 2.49 | 6.18 | 6.98 | 2.70 |
| 18 | 2.27 | 3.08 | 0.38 | 22.64 | 19.81 | 2.77 | 8.73 | 9.97 | 2.83 |
| 19 | 2.49 | 2.41 | 0.30 | 27.38 | 23.84 | 2.00 | 9.57 | 11.00 | 3.54 |
| 20 | 3.25 | 3.15 | 0.38 | 16.37 | 14.10 | 2.18 | 4.34 | 5.04 | 2.27 |
| 21 | 2.15 | 3.46 | 0.54 | 16.82 | 14.67 | 2.56 | 6.82 | 7.82 | 2.15 |
| 22 | 2.68 | 2.53 | 0.32 | 24.15 | 20.84 | 2.32 | 7.78 | 9.01 | 3.31 |
| 极差 | 2.54 | 4.77 | 1.06 | 30.18 | 27.60 | 2.50 | 14.17 | 14.70 | 3.53 |

30.18%;钾含量最高的为1号样品,最低的为17号样品,极差为4.77%;氯含量最高的为8号样品,最低的为9号样品,极差为1.06%;氮含量最高的为1号样品,最低的为19号样品,极差为2.50%。

2.2 加热卷烟感官品质评分结果

不同烟叶原料加热卷烟感官品质评分结果见表3。由表3可知,不同烟叶原料加热卷烟的感官品质评价差异较大,其中香味极差最大为4.50分,这可能是由于不同烟叶原料成分的释放差异会影响香味的感官体验;均匀性极差最大为1.20分,表明不同烟叶原料会在一定程度上影响均匀性指标,但影响较小。

2.3 烟叶原料评价结果

2.3.1 基于感官品质的烟叶原料评价 基准样品各感官品质评价指标评分为劲头9.05分、香味27.45分、烟气16.95分、余味13.15分、刺激性13.05分、均匀性8.75分。由此计算得到烟叶原料

1~22号样品的 φ_1 依次为0.86、0.87、0.85、0.83、0.84、0.86、0.86、0.86、0.81、0.88、0.92、0.83、0.83、0.82、0.85、0.83、0.83、0.83、0.86、0.88、0.80、0.89。其中11号样品的 φ_1 最大,各感官品质评分与基准样品最为接近,感官品质最相似;21号样品的 φ_1 最小,与基准样品感官品质差异较大。

2.3.2 烟叶原料常规化学成分与感官品质的关联分析结果

不同烟叶原料常规化学成分与感官品质评价指标的灰色关联度见表4。由表4可知,总氮、烟碱含量与感官品质各评价指标的灰色关联度均相对较大,表明总氮、烟碱是较为重要的化学成分指标,对各感官品质评价指标的影响较为明显;两糖差与感官品质各评价指标的灰色关联度相对较低;钾、氯、总糖、还原糖与感官品质各评价指标的灰色关联度也较高,影响不能忽视;相较于化学成分含量而言,还原糖含量/烟碱含量、总糖含量/烟碱含量对感官品质各评价指标的灰色关联度稍低^[8]。加热卷烟在低温下(一般在350℃以下)抽吸,挥发性和半挥发性小分子物质的迁移及释放是影响感官品质的主要因素^[6]。因此,可将总氮、烟碱作为选择加热卷烟烟叶原料的主要关注指标。

结合上述分析结果可知,总氮、烟碱与感官品质各评价指标的关联度普遍较大,因此在权重设置中应着重提高总氮、烟碱的比重;相较于其他化学成分含量,还原糖含量/烟碱含量、总糖含量/烟碱含量对感官品质各评价指标的关联度稍低,因此在权重设

表3 不同烟叶原料加热卷烟感官品质评分结果

Table 3 Evaluation results of heated tobacco products from different tobacco raw materials 分

| 样品编号 | 劲头 | 香味 | 烟气 | 余味 | 刺激性 | 均匀性 |
|------|------|-------|-------|-------|-------|------|
| 1 | 8.95 | 24.05 | 15.55 | 10.85 | 11.65 | 7.85 |
| 2 | 7.60 | 22.55 | 16.55 | 12.45 | 12.60 | 8.05 |
| 3 | 7.55 | 22.15 | 16.15 | 11.05 | 12.45 | 8.35 |
| 4 | 7.25 | 22.65 | 15.25 | 11.45 | 11.50 | 7.75 |
| 5 | 7.45 | 23.55 | 15.55 | 10.65 | 12.15 | 7.65 |
| 6 | 7.55 | 23.05 | 16.05 | 11.85 | 12.50 | 8.05 |
| 7 | 7.35 | 23.45 | 15.45 | 12.50 | 12.05 | 8.25 |
| 8 | 8.55 | 23.25 | 17.05 | 10.35 | 11.50 | 8.05 |
| 9 | 7.75 | 22.15 | 14.75 | 10.15 | 11.15 | 7.85 |
| 10 | 7.85 | 24.75 | 15.55 | 12.05 | 12.75 | 7.75 |
| 11 | 8.15 | 24.25 | 17.45 | 12.65 | 12.95 | 8.45 |
| 12 | 7.75 | 23.65 | 15.25 | 10.55 | 11.05 | 7.70 |
| 13 | 7.45 | 22.05 | 16.05 | 10.55 | 11.65 | 7.55 |
| 14 | 7.15 | 21.45 | 16.55 | 10.05 | 12.05 | 7.50 |
| 15 | 7.25 | 22.55 | 16.05 | 12.45 | 12.25 | 7.75 |
| 16 | 7.55 | 21.65 | 16.45 | 10.75 | 11.65 | 7.55 |
| 17 | 7.65 | 22.05 | 16.45 | 11.05 | 11.55 | 7.55 |
| 18 | 7.05 | 22.50 | 16.05 | 11.55 | 11.35 | 7.55 |
| 19 | 7.45 | 23.05 | 16.55 | 11.45 | 12.45 | 8.05 |
| 20 | 7.75 | 23.15 | 16.75 | 12.65 | 12.65 | 7.95 |
| 21 | 6.65 | 20.25 | 15.55 | 11.55 | 12.05 | 7.25 |
| 22 | 7.55 | 24.05 | 17.15 | 12.35 | 12.55 | 8.05 |
| 极差 | 2.30 | 4.50 | 2.70 | 2.60 | 1.90 | 1.20 |

表4 不同烟叶原料常规化学成分与感官品质评价指标的灰色关联度

Table 4 Grey relational grade between routine chemical composition of different tobacco raw materials and sensory evaluation indexes

| 项目 | 劲头 | 香味 | 烟气 | 余味 | 刺激性 | 均匀性 |
|------------|------|------|------|------|------|------|
| 烟碱含量 | 0.82 | 0.81 | 0.81 | 0.81 | 0.81 | 0.82 |
| 钾含量 | 0.77 | 0.77 | 0.77 | 0.78 | 0.78 | 0.78 |
| 氯含量 | 0.76 | 0.77 | 0.76 | 0.78 | 0.77 | 0.78 |
| 总糖含量 | 0.76 | 0.78 | 0.76 | 0.77 | 0.77 | 0.78 |
| 还原糖含量 | 0.75 | 0.77 | 0.75 | 0.77 | 0.76 | 0.77 |
| 总氮含量 | 0.88 | 0.88 | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.88 |
| 还原糖含量/烟碱含量 | 0.73 | 0.75 | 0.73 | 0.75 | 0.74 | 0.74 |
| 总糖含量/烟碱含量 | 0.72 | 0.73 | 0.72 | 0.74 | 0.73 | 0.73 |
| 两糖差 | 0.56 | 0.58 | 0.58 | 0.60 | 0.59 | 0.58 |

置中可降低还原糖含量/烟碱含量、总糖含量/烟碱含量的比重。最后,综合确定总氮、烟碱、钾、氯、总糖、还原糖、总糖含量/烟碱含量、还原糖含量/烟碱含量的权重(A)依次为0.25、0.20、0.10、0.10、0.10、0.10、0.05、0.05。

2.3.3 基于常规化学成分的烟叶原料评价 基准样品常规化学成分特征为总氮含量为1.80%~2.00%、烟碱含量为1.90%~2.10%、钾含量为3.20%~3.30%、氯含量为0.80%~0.90%、总糖含量为16.50%~18.50%、还原糖含量为14.50%~16.50%、总糖含量/烟碱含量为8.00~9.00、还原糖含量/烟碱含量为7.50~8.50。以基准样品常规化学成分为基准,确定各指标的隶属函数临界值的最优上下限。常规化学成分的主要指标隶属函数类型及其临界值见表5。

根据隶属函数临界值、隶属函数和化学成分权重结果计算得到1~22号烟叶原料样品的 φ_2 依次为0.14、0.61、0.57、0.56、0.71、0.58、0.63、0.14、0.52、0.56、0.39、0.65、0.65、0.72、0.68、0.63、0.62、0.75、0.69、0.69、0.84、0.82,其中1号和8号样品的 φ_2 最小,说明其与基准样品常规化学成分差异较大;21号样品的 φ_2 最大,说明其与基准样品常规化学成分差异较小。

2.4 烟叶原料适宜性评价

烟叶原料适宜性综合评价结果见表6。由表6可知,有8种烟叶原料样品的 $\varphi > 0.75$,可划分为导向型

表5 常规化学成分的主要指标隶属函数类型及其临界值

Table 5 Main index membership function types and their critical values

| 主要指标 | 函数类型 | x_1 | x_3 | x_4 | x_2 |
|------------|------|-------|-------|-------|-------|
| 总氮含量/% | 抛物线型 | 2.00 | 1.80 | 2.00 | 4.50 |
| 烟碱含量/% | 抛物线型 | 1.16 | 1.90 | 2.10 | 3.70 |
| 钾含量/% | S型 | 1.86 | — | — | 6.63 |
| 氯含量/% | 反S型 | 0.28 | — | — | 1.34 |
| 总糖含量/% | 抛物线型 | 0.20 | 16.50 | 18.50 | 30.38 |
| 还原糖含量/% | 抛物线型 | 0.17 | 14.50 | 16.50 | 27.77 |
| 总糖含量/烟碱含量 | 抛物线型 | 0.10 | 8.00 | 9.00 | 14.80 |
| 还原糖含量/烟碱含量 | 抛物线型 | 0.07 | 7.50 | 8.50 | 14.24 |

注:—表示无该项结果。

向型烟叶模块;1号和8号烟叶原料样品的 $\varphi < 0.60$,可划分为辅助型烟叶模块;其他烟叶原料样品可划分为主体型烟叶模块。

2.5 验证实验结果

根据上文结果,选取5号、2号、1号烟叶原料样品进行重复性实验,结果显示3种样品 φ 值无显著差异,烟叶模块分类不变,表明该评价方法的一致性较好。

以基准样品配方为对照,用5号、2号、1号样品,等比例替换配方中的同类型烟叶模块原料,替换配方样品和基准样品再造烟叶感官品质评价对比结果见表7。由表7可知,配方1与基准样品对照样感官品质一致,配方2、3与基准样品感官品质接近,部分指标略有差异,即该评价方法较准确,能够有效为配方设计及维护提供参考,具有一定的实用价值及指导意义。

表6 烟叶原料适宜性综合评价结果

Table 6 Results of comprehensive evaluation on suitability of tobacco raw materials

| 分类 | 编号 | φ | 分类 | 编号 | φ |
|-------------|----|-----------|-------------|-------------|-----------|
| 导向型 烟叶模块 | 21 | 0.82 | 主体型 烟叶模块 | 13 | 0.74 |
| | 22 | 0.82 | | 16 | 0.73 |
| | 18 | 0.79 | | 17 | 0.73 |
| | 20 | 0.79 | | 6 | 0.72 |
| | 5 | 0.78 | | 10 | 0.72 |
| | 19 | 0.78 | | 3 | 0.71 |
| | 14 | 0.77 | | 4 | 0.70 |
| | 15 | 0.77 | | 9 | 0.67 |
| 主体型 烟叶模块 | 7 | 0.75 | | 11 | 0.66 |
| | 2 | 0.74 | | 辅助型 烟叶模块 | 1 |
| | 12 | 0.74 | 8 | | 0.50 |

表7 替换配方样品和基准样品再造烟叶感官品质评价对比结果

Table 7 Comparison evaluation of sensory quality of reconstituted tobacco leaves between substitute formula samples and reference samples

| 序号 | 验证烟叶原料 | 感官品质总分/分 | 对比评价描述 |
|------|--------|----------|-----------------------|
| 基准样品 | — | 92.40 | — |
| 配方1 | 5号 | 92.15 | 感官品质一致 |
| 配方2 | 2号 | 91.85 | 感官品质接近,香气特征更显著,烟气略显粗糙 |
| 配方3 | 1号 | 91.45 | 感官品质接近,劲头略大,口腔舒适较好 |

3 结论

本文建立了一种适用于加热卷烟用烟叶原料再造烟叶的评价方法。该方法对不同加热卷烟用烟叶原料进行了感官品质评价和常规化学成分检测,计算了烟叶原料与基准样品感官品质的相似度,基于灰色关联度分析了不同烟叶原料常规化学成分与感官品质的关联关系,发现总氮、烟碱与感官评价各指标关联度普遍较大,两糖差与感官评价各指标关联度都较低,因此可将总氮、烟碱作为加热卷烟烟叶原料评价时的主要关注指标。基于隶属度模糊综合评判评价了烟叶原料的适宜性,依据该指标可将烟叶原料划分为导向型烟叶模块、辅助型烟叶模块和主体型烟叶模块,以满足配方设计的不同需要。经重复性实验和分类实验验证,该评价方法的一致性较好且分类较准确。该评价方法对于加热卷烟用烟叶原料的分析评价、配方维护及设计具有一定的实用价值及指导意义。但配方设计及维护是一个系统性问题,与各种烟叶的使用比例、化学成分协调、香气特性等有较强的相关关系,未来可对依据本文方法选出的烟叶原料在配方中的真实应用情况做进一步研究。

参考文献:

[1] 刘亚丽,王金棒,郑新章,等. 加热不燃烧烟草制品发展现状及展望[J]. 中国烟草学报,2018,24(4):91-106.

[2] 李勇,逢涛,师君丽,等. 加热不燃烧烟草制品与传统卷烟化学指纹分析[J]. 中国烟草科学,2019,40(4):76-83.

[3] 杨雪燕,温光和,李峰,等. 加热不燃烧卷烟烟草材料的特性分析[J]. 食品与机械,2020,36(5):205-210.

[4] 艾明欢,杨菁,沈轶,等. TG-FTIR 联用研究 HnB 烟草基质在 400 °C 以下的热解特性和气相产物[J]. 中国烟草学报,2020,26(1):8-14.

[5] 崔华鹏,陈黎,樊美娟,等. 电加热卷烟气溶胶物理特性的表征[J]. 轻工学报,2022,37(2):87-93,101.

[6] 高峰涵,黄洁洁,高洁,等. 电加热卷烟传热传质和关键物质释放规律研究进展[J]. 烟草科技,2022,55(8):100-112.

[7] 董高峰,田永峰,唐石云,等. 梗叶配比对加热卷烟专用稠浆法再造烟叶品质的影响[J]. 中国烟草学报,2021,27(1):31-36.

[8] 赵璐,王丙武,宋中邦,等. 基于感官评价的加热不燃烧卷烟原料品种(系)筛选[J]. 烟草科技,2020,53(1):1-15.

[9] 司晓喜,唐石云,朱瑞芝,等. 不同原料稠浆法再造烟叶加热卷烟的气溶胶释放特性[J]. 中国烟草学报,2021,27(6):1-9.

[10] 曹芸,张劲,王成虎,等. 烟叶原料种类对烟草颗粒热解和释烟特性的影响[J]. 烟草科技,2022,55(4):42-50.

[11] 国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品水溶性糖的测定 连续流动法:YC/T 159—2002[S]. 北京:中国标准出版社,2002.

[12] 国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品总植物碱的测定 连续流动法:YC/T 160—2002[S]. 北京:中国标准出版社,2002.

[13] 国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品总氮的测定 连续流动法:YC/T 161—2002[S]. 北京:中国标准出版社,2002.

[14] 国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品氯的测定 连续流动法:YC/T 162—2011[S]. 北京:中国标准出版社,2011.

[15] 国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品钾的测定 连续流动法:YC/T 217—2007[S]. 北京:中国标准出版社,2007.

[16] 张晓兵,夏琛,项波卡,等. 基于灰色关联分析的云南烟叶化学成分适宜性评价[J]. 烟草科技,2011,44(10):32-35.

[17] 马雨佳,纪晓楠,刘志洋,等. 烟叶抗破碎指数与物理特性的关联性分析[J]. 轻工学报,2022,37(3):101-107.

[18] 马慧婷,赵铭钦,于海顺,等. 基于模糊综合评判烟叶原料使用类群的初步划分[J]. 中国烟草科学,2015,36(2):1-7.

[19] 马波波,张月华,孙溢明,等. 原料配方模块设计原料使用定位研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学),2023,38(2):1-9.

Evaluation of different tobacco raw materials for heated cigarettes based on sensory evaluation and routine chemical composition

LIU Xingle^{1,2}, YANG Junpeng^{1,2}, ZHANG Duntie¹, WANG Hao^{1,2},
GAO Song^{2,3}, YAN Tiejun⁴, ZHUANG Hu¹, LIU Lei¹

1. New Tobacco Products Engineering Center, China Tobacco Hubei Industry Co., Ltd., Wuhan 430040, China;

2. Hubei Provincial Key Laboratory for Research of Reconstituted Tobacco Application Technology, Wuhan 430040, China;

3. Technology Center, Hubei Xinye Tobacco Sheet Development Co., Ltd., Wuhan 430056, China;

4. Technology Center, China Tobacco Hubei Industry Co., Ltd., Wuhan 430040, China

Abstract: To improve the heating cigarette product quality and stability, an evaluation method for tobacco raw materials used in heated cigarette was evaluated based on sensory quality and conventional components. Firstly, the similarity of sensory quality between tobacco raw materials and reference samples was calculated. Then the correlation between conventional chemical components and sensory quality of tobacco raw materials was further analyzed by grey correlation method. Again, the suitability of tobacco raw materials was evaluated based on fuzzy comprehensive evaluation and membership degree. Finally, the consistency and accuracy of the method were verified through repeated experiments and classification experiments. The results showed that total nitrogen and nicotine have a relatively high correlation with sensory evaluation indexes, while the correlation between the difference in two sugars and sensory evaluation indexes was relatively low. Total nitrogen and nicotine could be used as the main concern indexes in the evaluation of heated tobacco leaves. 22 kinds of tobacco raw materials samples could be divided into heated cigarette-oriented tobacco modules, auxiliary tobacco modules and filled tobacco modules. It has been proved that the evaluation method has good consistency and accurate classification, which can provide reference for formulation design and maintenance effectively, and has certain practical value and guiding significance.

Key words: heated cigarette; tobacco raw material; sensory evaluation; routine chemical composition

[责任编辑:吴晓亭]

(上接第 71 页)

and combustion characteristics were 0.10, 0.15, 0.20, and 0.55, respectively. The quality characteristic score was consistent with the expert comprehensive evaluation results. All six cigar tobacco leaf samples exhibited distinct style, with Chuxue 26 having a stronger concentration, while the rest having a moderate concentration. Hainan No. 1 and Haiyan 103 had sweet honey aromas in their main aroma, Chuxue 14 and Chuxue 26 had nutty aromas, and Dexue 4 and Chuanxue 2 had coffee aromas. Among the selected samples, there were 3 samples with slight protein impurities. Among the eggplant core varieties, Chuxue 14 had the best quality characteristics, while the eggplant coat variety Chuxue 26 had the best quality characteristics. This method could comprehensively and accurately describe the sensory quality differences of different varieties of cigar tobacco raw materials, providing reference for the development and application of cigar tobacco raw materials, cigar formula design and maintenance, etc.

Key words: cigar tobacco leaf; sensory quality; style characteristic; quality characteristic; Analytic Hierarchy Process

[责任编辑:吴晓亭]