

# 贮存方式对烟叶常规化学成分及香味物质影响研究

许春平<sup>1</sup>,黄家乐<sup>1</sup>,刘远上<sup>2</sup>,龚梅秋<sup>1</sup>,邢雨晴<sup>1</sup>,杨雯静<sup>1</sup>,芦昶彤<sup>3</sup>

(1. 郑州轻工业大学烟草科学与工程学院,河南 郑州 450002;

2. 河北中烟工业有限责任公司,河北 石家庄 050000;3. 河南中烟工业有限责任公司,河南 郑州 450016)

**摘要:**为研究贮存方式对烟叶常规化学成分和香味物质的影响,以湖南永州 BFS 和 CFS 烟叶(品种为云烟 87)为原料,采用主成分分析法分别分析了不同醇化时间(3、9、12、15、18 个月)、不同贮存库(机械库、自然库、保湿库)中烟叶的常规化学成分和重要挥发性香味物质的含量.结果表明:①在醇化过程中,不同贮存库中的 2 种烟叶的还原糖、总糖的含量均呈下降趋势,且总糖的含量降幅最大;②在醇化过程中,不同贮存库中的 2 种烟叶的挥发性香味成分总量、新植二烯含量均逐渐增加,醇化 18 个月后,保湿库中的湖南永州 BFS 烟叶和机械库中的湖南永州 CFS 烟叶的挥发性香味成分总量、新植二烯含量最高;③主成分分析表明,醇化 18 个月之后,除了自然库和保湿库的湖南永州 BFS 烟叶挥发性香味物质的主成分差异较小,不同贮存库间烟叶的挥发性香味物质的主成分都有明显的差异.综上分析,湖南永州 BFS 烟叶更适合在保湿库中醇化,湖南永州 CFS 烟叶更适合在机械库中醇化.

**关键词:**醇化时间;贮存库;化学成分;香味物质;主成分分析

**中图分类号:**TS411 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-8513(2024)01-0041-09

复烤后的烟叶往往在品质上存在着一定程度的缺陷,如青杂气较重、刺激性较大、香气粗糙等缺点<sup>[1-3]</sup>,不能直接用于卷烟生产,因此复烤后的烟叶须经过一个醇化的过程,醇化后的烟叶具有醇和、浓郁的芳香气息,同时青杂气和刺激性降低,可用性提高.醇化是一种温和的发酵,是一个涉及化学、物理、生物学等多种复杂变化的过程<sup>[4]</sup>,这些复杂的变化受到贮存条件的影响.

在醇化过程中,烟叶化学成分和香味物质的含量不断变化,烟叶的常规化学成分、香味物质的含量直接或间接影响其品质<sup>[5-8]</sup>.自然醇化过程中烟叶化学成分和香味成分变化的研究已有报道<sup>[9-11]</sup>.例如,朱大恒等<sup>[12]</sup>对醇化过程中白肋烟香味成分含量的变化进行了研究,结果表明,许多香味成分含量在醇化过程中呈明显增加的趋势;张长云等<sup>[13]</sup>研究发现醇化后烟叶的烟碱含量和还原糖含量均下降,烟叶的感官评吸质量明显提高;赵铭钦等<sup>[14]</sup>研究发现随着醇化时间的延长,烟叶中还原糖、烟碱、总氮等化学成分含量逐渐下降,而大多数香气物质的含量呈上升趋势.然而关于不同醇化库对烟叶醇化过程中烟叶常规化学成分及香味物质(尤其是主成分)的影响研究较少.因此,本文以湖南永州 BFS 和 CFS 烟叶(品种为云烟 87)为研究对象,采用主成分分析法分别研究醇化时间、不同贮存库对烟叶醇化效果的影响,对建立分类贮存精确养护、提高醇化效果、缩短醇化周期具有积极意义.

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

本实验所用样品为湖南永州 BFS、CFS 烟叶(品种为云烟 87)(表 1),烟叶样品均来自河北中烟工业有限公司.醇化地点为河北省石家庄市的河北中烟工业有限公司石家庄卷烟厂原料养护仓库.烟叶贮存库分为恒

收稿日期:2022-12-03.

基金项目:河南省重大公益科技专项(201300110200);河南省科技创新团队计划(20IRTSTHN022).

作者简介:许春平(1977-),男,博士,教授.主要从事香精香料和烟草工程研究.

通信作者:芦昶彤(1983-),男,硕士,高工.主要从事烟草化学与卷烟调香研究.

温恒湿库(保湿库)、机械调控库(机械库)、自然醇化库(自然库). 保湿库安装加湿装置和暖气设备,温度控制在 20.0 ~ 30.4 °C,湿度控制在 52.0% ~ 61.2%,烟垛使用磷化铝熏蒸杀虫. 在机械库中,库内温度使用暖气设备控制,烟垛使用塑料膜包封,塑料膜内使用空气循环设备调整烟垛内部小环境,并通入高湿度空气,温度控制在 17.8 ~ 29.2 °C,湿度控制在 54.5% ~ 61.0%,在每年 4—6 月通氮气用于烟垛杀虫. 自然库的温湿度条件与河北石家庄市的温湿度变化保持一致,烟垛使用磷化铝熏蒸杀虫,温度在 2.65 ~ 31.4 °C,湿度在 36.5% ~ 59.5%. 不同贮存库中烟叶的等级和产地均相同,烟叶批次均为 2019 年. 分别在醇化 3、9、12、15 和 18 个月时,从各贮存库中的同一烟包中取 500 g 烟叶用于后续实验.

表 1 烟叶样品命名

| 烟叶       | 贮存库 | 烟叶编号    |         |          |          |          |
|----------|-----|---------|---------|----------|----------|----------|
|          |     | 醇化 3 个月 | 醇化 9 个月 | 醇化 12 个月 | 醇化 15 个月 | 醇化 18 个月 |
| 湖南永州 BFS | 保湿库 | B3      | B9      | B12      | B15      | B18      |
|          | 机械库 | J3      | J9      | J12      | J15      | J18      |
| 湖南永州 CFS | 自然库 | Z3      | Z9      | Z12      | Z15      | Z18      |

## 1.2 实验试剂及仪器

试剂 盐酸、对羟基苯甲酸肼、柠檬酸、氯化钙、硝酸、硫氰酸汞、九水硝酸铁、柠檬酸钠、磺胺硫氰酸钾、二氯异氰尿酸钠、甲醇、磷酸氢二钠、冰乙酸、氢氧化钠、葡萄糖、氯化钠、二氯甲烷、氯化钠、无水硫酸钠、标样乙酸苯乙酯.

仪器 SANPLUS8505 连续流动仪、SKALARHZQ-211C 落地振荡器(上海一恒科学仪器有限公司);电热恒温鼓风干燥箱 DHG-9143B5-III 型(上海新苗医疗器械制造有限公司);6890GC/5973MS 气相色谱-质谱联用仪分析(美国 Agilent 公司);高速多功能粉碎机 YB-150 型(天津市泰斯特仪器有限公司);分析天平(重庆银河试验仪器有限公司);调温电热套 98-1-B 型(北京中兴伟业仪器有限责任公司);电热恒温水浴锅 HH-2 型(北京市科伟永兴仪器有限公司);洁净工作台 SW-CJ-2FD 型(苏净集团苏州安泰空气技术有限公司).

## 1.3 常规化学成分含量的测定

参照烟草行业标准<sup>[15-18]</sup>对烟草中的烟碱、氯离子、还原糖、总糖以及总植物碱含量用连续流动法进行测定,其中水分的测定按照烟草行业标准 YC/T 31-1996<sup>[19]</sup>,每个样重复做 3 次. 糖碱比 = 总糖/总植物碱.

## 1.4 挥发性成分含量的测定

将 100 g 烟叶撕碎后置于 45 °C 烘箱中干燥,干燥后用粉碎机打粉,将过孔径 0.42 mm 筛的粉末装入洁净干燥的密封袋中密闭保存,备用. 采用同时蒸馏萃取法提取烟叶挥发性成分,参考文献<sup>[20]</sup>所述条件进行处理,蒸馏装置的一端在 500 mL 圆底烧瓶中放入 25 g 待测烟末及 200 mL 去离子水,使用电热套加热. 装置的另一端连接盛有 60 mL 二氯甲烷的 100 mL 烧瓶,该端使用水浴锅加热,水浴温度为 60 °C,同时蒸馏萃取 2 h. 蒸馏萃取完成后,将烧瓶中的二氯甲烷萃取物倒入 100 mL 锥形瓶中,加入 10 g 无水硫酸钠除水后过滤,常压下将滤液浓缩至 1 mL,并加入 50 μL 乙酸苯乙酯作为内标,进行气相色谱质谱分析.

色谱柱 HP-5MS (60 m × 0.25 mm i. d. × 0.25 μm d. f.); 进口样温度: 280 °C; 载气: He, 流速 3 mL/min; 进样量: 1 μL, 分流比 5:1; 升温程序: 初始温度 50 °C, 持续 2 min, 以 4 °C/min 升至 280 °C, 保持 10 min. 电离方式: 电子轰击离子源(EI); 离子源温度: 230 °C; 电子能量: 70 eV; 传输线温度: 270 °C; 四级杆温度: 150 °C; 扫描方式: 全离子扫描(Scan)模式; 质量扫描范围: 35 ~ 550 m/z; 溶剂延迟: 6 min.

采用 Nist 20 库检索法进行定性分析,选择匹配度 ≥ 80% 的化合物,采用内标法进行定量分析,按下式定量:

$$\text{香味物质提取量}(\mu\text{g/g}) = \frac{\text{香味物质峰面积} \times \text{内标质量}(\mu\text{g})}{\text{内标峰面积} \times \text{样品质量}(\text{g})}$$

## 2 结果分析

### 2.1 不同贮存库中的烟叶化学成分的变化

湖南永州 BFS、CFS 烟叶中的氯离子、烟碱、还原糖、总糖、糖碱比的在不同贮存库中醇化 3、9、12、15、18 个月后的变化情况(见图 1)。从图 1 可以看出,在醇化过程中,机械库中的湖南永州 BFS 烟叶的还原糖、总糖、烟碱的含量先上升后下降,自然库、保湿库中的湖南永州 BFS 烟叶的还原糖、总糖、烟碱逐渐降低,在醇化 12 个月之后下降速度缓慢;醇化 18 个月之后,保湿库中的湖南永州 BFS 烟叶的还原糖、总糖、糖碱比降幅最大,分别为 3.09%、3.44%、0.78%,保湿库中的烟叶的糖碱比最高,为 10.19。不同贮存库中的湖南永州 CFS 烟叶的还原糖、总糖、烟碱的含量逐渐降低,在醇化 15 个月下降速度缓慢;醇化 18 个月之后,机械库中的湖南永州 CFS 烟叶的还原糖降幅最大,为 3.13%,保湿库中烟叶的总糖降幅最大,为 3.26%,机械库中的烟叶的糖碱比最高,为 10.39。

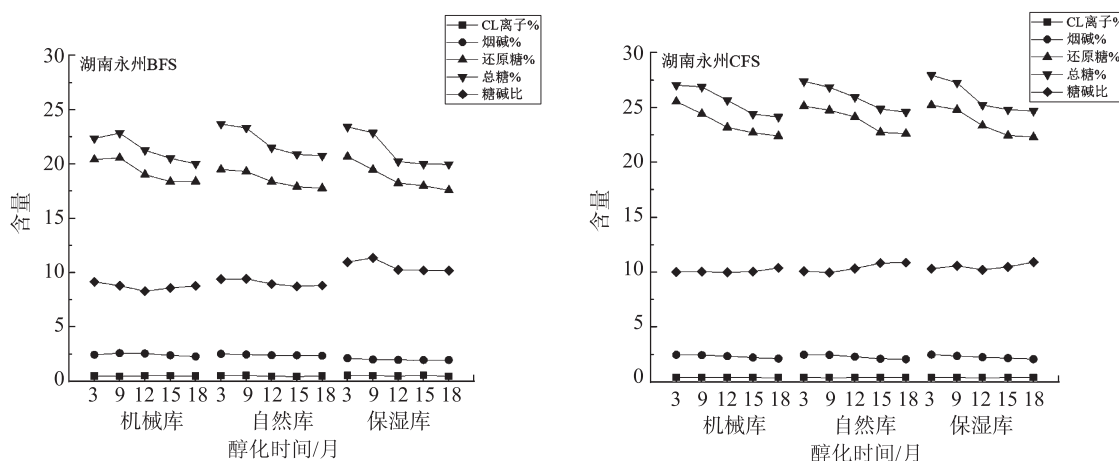


图 1 不同贮存库中湖南永州烟叶化学成分变化

### 2.2 香味成分分析

#### 2.2.1 不同贮存库中的香味成分的变化

采用 GC-MS 方法对湖南永州 BFS 烟叶和湖南永州 CFS 烟叶分别在机械库、自然库、保湿库醇化 3、9、12、15、18 个月之后重要挥发性香味成分进行统计分析,结果见表 2。由表 2 可知,随着醇化的进行,不同贮存库中的湖南永州 BFS 烟叶、湖南永州 CFS 烟叶的挥发性香味成分总量、新植二烯含量均逐渐增加。

对比醇化 18 个月之后不同贮存库的湖南永州 BFS 烟叶,醇类、醛类、酚类、杂环类香味成分含量差别不大,酮类香味成分的含量依次为:保湿库 142.36  $\mu\text{g/g}$  > 机械库 121.00  $\mu\text{g/g}$  > 自然库 117.30  $\mu\text{g/g}$ ; 酸类香味成分的含量依次为:保湿库 51.84  $\mu\text{g/g}$  > 机械库 34.00  $\mu\text{g/g}$  > 自然库 31.21  $\mu\text{g/g}$ ; 酯类香味成分含量依次为:机械库 72.10  $\mu\text{g/g}$  > 保湿库 55.58  $\mu\text{g/g}$  > 自然库 52.95  $\mu\text{g/g}$ ; 新植二烯含量依次为:保湿库 585.84  $\mu\text{g/g}$  > 机械库 569.89  $\mu\text{g/g}$  > 自然库 539.36  $\mu\text{g/g}$ ; 挥发性香味成分总量依次为:保湿库 881.82  $\mu\text{g/g}$  > 机械库 832.85  $\mu\text{g/g}$  > 自然库 784.62  $\mu\text{g/g}$ 。

醇化 18 个月之后,不同贮存库中的湖南永州 CFS 烟叶,醇类、醛类、酚类、杂环类香味成分含量差别不大,酮类香味成分的含量依次为:机械库 95.25  $\mu\text{g/g}$  > 自然库 73.06  $\mu\text{g/g}$  > 保湿库 72.21  $\mu\text{g/g}$ ; 酸类香味成分的含量依次为:机械库 80.63  $\mu\text{g/g}$  > 保湿库 74.24  $\mu\text{g/g}$  > 自然库 70.11  $\mu\text{g/g}$ ; 酯类香味成分含量依次为:机械库 120.91  $\mu\text{g/g}$  > 保湿库 94.22  $\mu\text{g/g}$  > 自然库 87.19  $\mu\text{g/g}$ ; 新植二烯含量依次为:机械库 601.79  $\mu\text{g/g}$  > 保湿库 576.47  $\mu\text{g/g}$  > 自然库 551.28  $\mu\text{g/g}$ ; 挥发性香味成分总量依次为:机械库 933.54  $\mu\text{g/g}$  > 保湿库 846.62  $\mu\text{g/g}$  > 自然库 808.22  $\mu\text{g/g}$ 。

结合化学成分的变化可知(见图 1),随着醇化的进行,烟叶中还原糖、总糖、烟碱的含量逐渐降低会使其香味成分总量、新植二烯含量增加;醇化 18 个月之后,保湿库中的湖南永州 BFS 烟叶、机械库中的湖南永州 CFS 烟叶的挥发性香味成分总量、新植二烯含量最高的原因是其还原糖的降幅较大。

表2 湖南永州烟叶香味成分含量

μg/g

| 烟叶       | 样品  | 醇类    | 醛类    | 酮类     | 酸类    | 酯类     | 酚类   | 杂环类  | 新植二烯   | 总量     |
|----------|-----|-------|-------|--------|-------|--------|------|------|--------|--------|
| 湖南永州 BFS | J3  | 8.90  | 5.18  | 68.76  | 23.62 | 11.39  | 4.71 | 2.61 | 460.38 | 585.56 |
|          | Z3  | 13.12 | 7.42  | 79.76  | 24.23 | 23.83  | 3.55 | 1.21 | 469.94 | 623.06 |
|          | B3  | 7.55  | 4.72  | 67.02  | 24.56 | 19.88  | 2.23 | 2.15 | 468.78 | 596.89 |
|          | J9  | 11.03 | 6.76  | 83.15  | 25.81 | 25.21  | 3.64 | 2.74 | 497.84 | 656.18 |
|          | Z9  | 13.95 | 12.42 | 106.44 | 36.33 | 52.07  | 3.08 | 1.87 | 498.94 | 725.10 |
|          | B9  | 9.96  | 10.75 | 104.02 | 43.53 | 27.30  | 3.64 | 2.32 | 488.80 | 690.32 |
|          | J12 | 11.96 | 11.45 | 131.33 | 26.67 | 43.92  | 4.20 | 2.84 | 514.78 | 747.15 |
|          | Z12 | 11.87 | 12.84 | 132.74 | 30.66 | 38.80  | 4.16 | 1.93 | 507.97 | 740.96 |
|          | B12 | 10.76 | 15.05 | 159.68 | 52.93 | 49.26  | 4.24 | 2.28 | 519.94 | 814.14 |
|          | J15 | 17.92 | 11.46 | 128.61 | 32.53 | 75.06  | 5.44 | 5.43 | 560.35 | 836.80 |
|          | Z15 | 17.90 | 12.76 | 129.43 | 34.03 | 43.80  | 5.53 | 4.54 | 525.94 | 773.94 |
|          | B15 | 19.74 | 13.47 | 143.85 | 55.62 | 60.39  | 6.42 | 5.90 | 539.74 | 845.12 |
|          | J18 | 20.07 | 10.83 | 121.00 | 34.00 | 72.10  | 2.33 | 2.62 | 569.89 | 832.85 |
|          | Z18 | 24.59 | 11.61 | 117.30 | 31.21 | 52.95  | 4.10 | 3.50 | 539.36 | 784.62 |
|          | B18 | 24.24 | 13.27 | 142.36 | 51.84 | 55.58  | 3.48 | 5.21 | 585.84 | 881.82 |
| 湖南永州 CFS | J3  | 7.42  | 10.74 | 38.15  | 43.08 | 36.42  | 2.39 | 0.67 | 451.34 | 590.21 |
|          | Z3  | 7.13  | 11.52 | 31.48  | 41.57 | 32.27  | 2.56 | 0.45 | 448.56 | 575.55 |
|          | B3  | 7.72  | 11.70 | 34.67  | 38.45 | 31.09  | 2.18 | 0.45 | 460.43 | 586.69 |
|          | J9  | 11.49 | 12.61 | 75.07  | 62.35 | 79.06  | 2.68 | —    | 489.45 | 732.72 |
|          | Z9  | 10.58 | 11.86 | 63.02  | 50.28 | 61.74  | 2.81 | —    | 470.24 | 670.52 |
|          | B9  | 10.61 | 11.98 | 64.58  | 54.90 | 64.88  | 2.55 | —    | 490.13 | 699.63 |
|          | J12 | 16.13 | 14.49 | 82.77  | 69.54 | 96.80  | 2.65 | —    | 497.84 | 780.23 |
|          | Z12 | 14.77 | 13.03 | 73.95  | 61.82 | 76.11  | 2.74 | —    | 498.76 | 741.19 |
|          | B12 | 15.12 | 13.57 | 73.95  | 63.54 | 78.83  | 2.61 | —    | 509.35 | 756.97 |
|          | J15 | 18.91 | 14.77 | 98.97  | 78.22 | 129.06 | 2.48 | 3.24 | 548.42 | 894.07 |
|          | Z15 | 20.46 | 13.03 | 80.39  | 73.37 | 82.83  | 1.62 | 1.88 | 517.42 | 790.99 |
|          | B15 | 17.86 | 13.87 | 75.81  | 78.69 | 82.91  | 1.91 | 3.16 | 530.35 | 804.55 |
|          | J18 | 15.92 | 12.72 | 95.25  | 80.63 | 120.91 | 3.25 | 3.08 | 601.79 | 933.54 |
|          | Z18 | 13.13 | 10.02 | 73.06  | 70.11 | 87.19  | 1.76 | 1.67 | 551.28 | 808.22 |
|          | B18 | 13.65 | 11.08 | 72.21  | 74.24 | 94.22  | 2.45 | 2.31 | 576.47 | 846.62 |

注：“—”表示未检测到。

## 2.2.2 湖南永州 BFS 烟叶挥发性香味物质的主成分分析

为明确不同贮存库中湖南永州 BFS 烟叶挥发性香味物质主成分的差异,利用 SPSS 软件对醇化 18 个月之后不同贮存库中的湖南永州 BFS 烟叶的挥发性香味物质含量进行主成分分析,得到其相关矩阵的特征值、贡献率和累计贡献率。由表 3 可知,主成分 1 的方差贡献率为 63.729%,主成分 2 方差贡献率为 36.271%,累计贡献率达到了 100%,根据特征值大于 1,且累计方差贡献率大于 80%的原则<sup>[21]</sup>,这 2 个主成分作为数据分析的有效成分是合适的,主成分载荷矩阵见表 4。

表3 不同贮存库中湖南永州 BFS 烟叶重要挥发性香味物质的主成分特征值及方差贡献率

| 成分 | 特征值    | 方差贡献率/% | 累积方差贡献率/% |
|----|--------|---------|-----------|
| 1  | 24.217 | 63.729  | 63.729    |
| 2  | 13.783 | 36.271  | 100       |

表 4 不同贮存库中湖南永州 BFS 烟叶重要挥发性香味物质的主成分载荷矩阵

| 序号 | 香味物质                   | 主成分     |         | 序号 | 香味物质             | 主成分     |         |
|----|------------------------|---------|---------|----|------------------|---------|---------|
|    |                        | 1       | 2       |    |                  | 1       | 2       |
| 1  | 苯甲醇                    | 0.968*  | -0.250  | 20 | $\beta$ -紫罗酮     | 0.978*  | -0.209  |
| 2  | 苯乙醇                    | 0.843   | -0.538  | 21 | 异佛尔酮             | -0.569  | -0.822  |
| 3  | 芳樟醇                    | -0.948* | 0.317   | 22 | $\alpha$ -大马酮    | -0.288  | -0.958* |
| 4  | 糠醇                     | -0.847  | -0.531  | 23 | 4-乙烯基-2-甲氧基苯酚    | 0.905*  | -0.426  |
| 5  | 5-甲基-2-呋喃甲醇            | 0.001   | 1.000*  | 24 | 愈创木酚             | 0.100   | -0.995* |
| 6  | $\alpha$ -松油醇          | 0.813   | 0.583   | 25 | 棕榈酸              | 0.859   | 0.512   |
| 7  | 苯甲醛                    | -0.935* | 0.353   | 26 | 肉豆蔻酸             | 0.589   | 0.808   |
| 8  | 2,3-二氢-2,2,6-三甲基苯甲醚    | 0.809   | 0.588   | 27 | 亚麻酸              | -0.112  | 0.994*  |
| 9  | 糠醛                     | 0.933*  | -0.360  | 28 | 二氢猕猴桃内酯          | -0.844  | 0.536   |
| 10 | 长叶醛                    | 0.608   | -0.794  | 29 | 7,10,13-十六碳三烯酸甲酯 | 0.769   | 0.639   |
| 11 | 苯乙醛                    | 0.779   | 0.627   | 30 | 棕榈酸甲酯            | -0.989* | 0.145   |
| 12 | 5-甲基呋喃醛                | 0.434   | -0.901* | 31 | 9,12,15-十八烷三烯酸甲酯 | -0.834  | 0.552   |
| 13 | 2,6,6-三甲基-2-环己烯-1,4-二酮 | 0.739   | -0.674  | 32 | 二十酸甲酯            | -0.912* | 0.411   |
| 14 | 巨豆三烯酮                  | 0.642   | 0.766   | 33 | 十四酸甲酯            | 0.546   | 0.838   |
| 15 | 大马士酮                   | -0.998* | 0.056   | 34 | 乙酸苄酯             | 0.982*  | 0.188   |
| 16 | 螺岩兰草酮                  | 0.982*  | 0.191   | 35 | 2-乙酰基吡咯          | 0.982*  | 0.189   |
| 17 | 香叶基丙酮                  | -0.296  | -0.955* | 36 | 2,3-二氢-2-甲氧苯并呋喃  | -0.989* | 0.146   |
| 18 | 4-环戊烯-1,3-二酮           | 0.997*  | -0.083  | 37 | 2-乙酰基呋喃          | 0.882   | 0.472   |
| 19 | 茄酮                     | 0.838   | -0.546  | 38 | 新植二烯             | 0.969*  | -0.246  |

注: \* 表示某香味物质在主成分中的绝对值大于 0.900.

从表 4 可以看出,主成分 1 中载荷较大的有苯甲醇、芳樟醇、苯甲醛、糠醛、大马士酮、螺岩兰草酮、4-环戊烯-1,3-二酮、 $\beta$ -紫罗酮、4-乙烯基-2-甲氧基苯酚、棕榈酸甲酯、二十酸甲酯、乙酸苄酯、2-乙酰基吡咯、2,3-二氢-2-甲氧苯并呋喃,主要是酮类和酯类物质;主成分 2 中载荷较大的有 5-甲基-2-呋喃甲醇、5-甲基呋喃醛、香叶基丙酮、 $\alpha$ -大马酮、愈创木酚、亚麻酸.

根据醇化 18 个月后,3 种不同贮存库中湖南永州 BFS 烟叶重要挥发性香味物质的载荷值,计算不同贮存库中醇化烟叶的第 1、第 2 主成分值,然后以第 1 主成分值为 X 轴、第 2 主成分值为 Y 轴作散点图,结果见图 2. 由

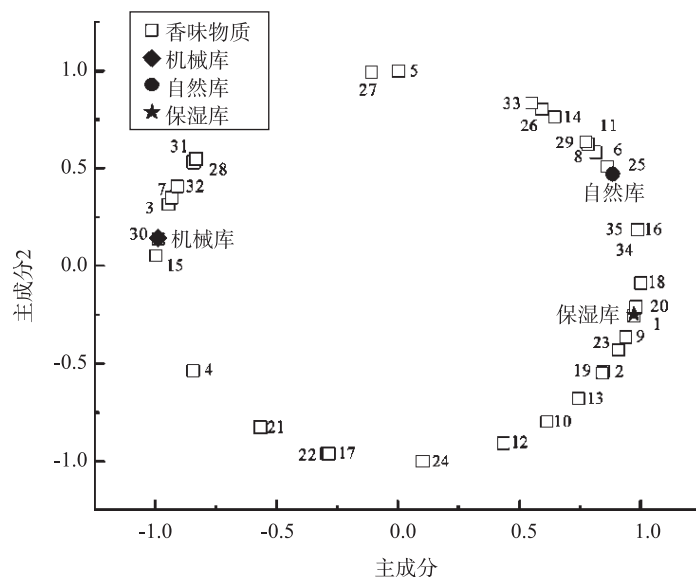


图 2 不同贮存库中湖南永州 BFS 烟叶重要挥发性香味物质的主成分载荷图

图 2 可知,自然库和保湿库所代表的点相距较近,机械库与自然库、保湿库所代表的点相距较远,说明醇化 18 个月之后,自然库和保湿库中的湖南永州 BFS 烟叶的重要挥发性香味物质通过主成分分析表现出的差异较小,机械库中的湖南永州 BFS 烟叶分别与自然库、保湿库中的湖南永州 BFS 烟叶的重要挥发性香味物质通过主成分分析表现出了明显的差异。

结合表 4 和图 2 分析可知,在机械库中醇化的湖南永州 BFS 烟叶的重要挥发性香味物质主要集中在主成分 1 的负半轴,主成分 2 的正半轴,包括芳樟醇、苯甲醛、大马士酮、二氢猕猴桃内酯、棕榈酸甲酯、9,12,15-十八烷三烯酸甲酯、二十酸甲酯;在自然库中醇化的湖南永州 BFS 烟叶的重要挥发性香味物质主要集中在主成分 1、2 的正半轴,包括苯甲醛、2,3-二氢-2,2,6-三甲基苯甲醛、苯乙醛、巨豆三烯酮、螺岩兰草酮、棕榈酸、肉豆蔻酸、7,10,13-十六碳三烯酸甲酯、乙酸苄酯、2-乙酰基吡咯;保湿库中醇化的湖南永州 BFS 烟叶的重要挥发性香味物质主要集中在主成分 1 的正半轴、主成分 2 的负轴,包括苯甲醇、苯乙醇、糠醛、2,6,6-三甲基-2-环己烯-1,4-二酮、螺岩兰草酮、4-环戊烯-1,3-二酮、茄酮、 $\beta$ -紫罗酮、4-乙炔基-2-甲氧基苯酚、乙酸苄酯、2-乙酰基吡咯。

### 2.2.3 湖南永州 CFS 烟叶挥发性香味物质的主成分分析

为明确不同贮存库间湖南永州 CFS 烟叶挥发性香味物质主成分的差异,利用 SPSS 软件对醇化 18 个月之后不同贮存库中的湖南永州 CFS 烟叶的挥发性香味物质含量进行主成分分析。由表 5 可知,主成分 1 的方差贡献率为 68.711%,主成分 2 方差贡献率为 31.289%,累计贡献率达到了 100%,特征值均大于 1,且累计方差贡献率 100% > 80%,他们代表了醇化 18 个月之后不同贮存库中湖南永州 CFS 烟叶的香味物质的全部信息。

表 5 不同贮存库中湖南永州 CFS 烟叶重要挥发性香味物质的主成分特征值及方差贡献率

| 成分 | 特征值    | 方差贡献率/% | 累计贡献率/% |
|----|--------|---------|---------|
| 1  | 32.294 | 68.711  | 68.711  |
| 2  | 14.706 | 31.289  | 100     |

从表 6 可以看出,主成分 1 中载荷较大的有 5-甲基-2-呋喃甲醇、 $\alpha$ -松油醇、苯甲醇、芳樟醇、3-糠醛、5-甲基呋喃醛、苯甲醛、苯乙醛、4-环戊烯-1,3-二酮、大马士酮、法尼基丙酮、巨豆三烯酮、螺岩兰草酮、肉豆蔻酸、棕榈酸、9,12,15-十八烷三烯酸甲酯、二氢猕猴桃内酯、己二酸二(2-乙基己)酯、十四酸甲酯、亚油酸甲酯、乙酸苄酯、硬脂酸甲酯、棕榈酸甲酯、4-乙炔基-2-甲氧基苯酚、2-乙酰基吡咯,主要是醇类、醛类、酮类和酯类物质;主成分 2 中载荷较大的有糠醛、2,6,6-三甲基-2-环己烯-1,4-二酮、异氟尔酮、十二烯基丁二酸酐、7,10,13-十六碳三烯酸甲酯、邻苯二甲酸二(2-乙基己)酯。

表 6 不同贮存库中湖南永州 CFS 烟叶重要挥发性香味物质的主成分载荷矩阵

| 序号 | 香味物质                | 主成分     |        | 序号 | 香味物质                   | 主成分    |        |
|----|---------------------|---------|--------|----|------------------------|--------|--------|
|    |                     | 1       | 2      |    |                        | 1      | 2      |
| 1  | 5-甲基-2-呋喃甲醇         | 0.917*  | -0.398 | 25 | (Z,Z,Z)-7,10,13-十六碳三烯酸 | -0.581 | -0.814 |
| 2  | $\alpha$ -松油醇       | -0.981* | -0.195 | 26 | 2,3-二甲基马来酸酐            | 0.826  | 0.563  |
| 3  | 苯甲醇                 | 0.977*  | -0.211 | 27 | 肉豆蔻酸                   | 1.000* | -0.001 |
| 4  | 苯乙醇                 | 0.469   | 0.883  | 28 | 十二烯基丁二酸酐               | 0.110  | 0.994* |
| 5  | 橙花叔醇                | 0.835   | -0.550 | 29 | 亚麻酸                    | 0.844  | -0.536 |
| 6  | 二氢香芹醇               | 0.880   | 0.474  | 30 | 硬脂酸                    | 0.656  | 0.754  |
| 7  | 芳樟醇                 | 0.992*  | -0.125 | 31 | 棕榈酸                    | 0.935* | -0.356 |
| 8  | 糠醇                  | 0.610   | -0.793 | 32 | 14-甲基十六烷酸甲酯            | 0.884  | -0.467 |
| 9  | 香叶基香叶醇              | -0.679  | 0.734  | 33 | 7,10,13-十六碳三烯酸甲酯       | 0.184  | 0.983* |
| 10 | 2,3-二氢-2,2,6-三甲基苯甲醛 | -0.650  | 0.760  | 34 | 9,12,15-十八烷三烯酸甲酯       | 0.994* | -0.108 |
| 11 | 3-糠醛                | 0.999*  | 0.042  | 35 | 二氢猕猴桃内酯                | 0.991* | -0.136 |
| 12 | 5-甲基呋喃醛             | 0.982*  | -0.191 | 36 | 己二酸二(2-乙基己)酯           | 0.987* | 0.163  |

续表 6

| 序号 | 香味物质                   | 主成分    |         | 序号 | 香味物质           | 主成分    |        |
|----|------------------------|--------|---------|----|----------------|--------|--------|
|    |                        | 1      | 2       |    |                | 1      | 2      |
| 13 | 苯甲醛                    | 0.955* | -0.298  | 37 | 邻苯二甲酸二(2-乙基己)酯 | 0.212  | 0.977* |
| 14 | 苯乙醛                    | 0.995* | -0.097  | 38 | 十七酸甲酯          | 0.539  | 0.842  |
| 15 | 糠醛                     | -0.034 | -0.999* | 39 | 十四酸甲酯          | 0.956* | -0.295 |
| 16 | 1,2-环己二酮               | -0.795 | -0.607  | 40 | 亚油酸甲酯          | 0.986* | -0.166 |
| 17 | 2,6,6-三甲基-2-环己烯-1,4-二酮 | 0.082  | 0.997*  | 41 | 乙酸苜酯           | 0.982* | -0.191 |
| 18 | 4-环戊烯-1,3-二酮           | 0.996* | -0.088  | 42 | 硬脂酸甲酯          | 0.999* | -0.051 |
| 19 | 大马士酮                   | 0.970* | -0.243  | 43 | 棕榈酸甲酯          | 0.995* | 0.099  |
| 20 | 法尼基丙酮                  | 0.999* | -0.051  | 44 | 4-乙炔基-2-甲氧基苯酚  | 0.937* | -0.348 |
| 21 | 巨豆三烯酮                  | 0.945* | 0.327   | 45 | 2-乙酰基吡咯        | 0.973* | -0.232 |
| 22 | 螺岩兰草酮                  | 0.958* | 0.288   | 46 | 2-乙酰基呋喃        | -0.492 | -0.870 |
| 23 | 香叶基丙酮                  | 0.883  | 0.47    | 47 | 新植二烯           | 0.729  | 0.684  |
| 24 | 异氟尔酮                   | -0.015 | -1.000* |    |                |        |        |

注: \* 表示某香味物质在主成分中的绝对值大于 0.900.

根据醇化 18 个月后,3 种不同贮存库中湖南永州 CFS 烟叶重要挥发性香味物质的载荷值,计算不同贮存库中醇化烟叶的第 1、第 2 主成分值,然后以第 1 主成分值为 X 轴、第 2 主成分值为 Y 轴作散点图,结果见图 3. 由图 3 可知,不同贮存库所代表的点相距较远,说明醇化 18 个月之后,不同贮存库中的湖南永州 CFS 烟叶的重要挥发性香味物质通过主成分分析表现了明显的差异.

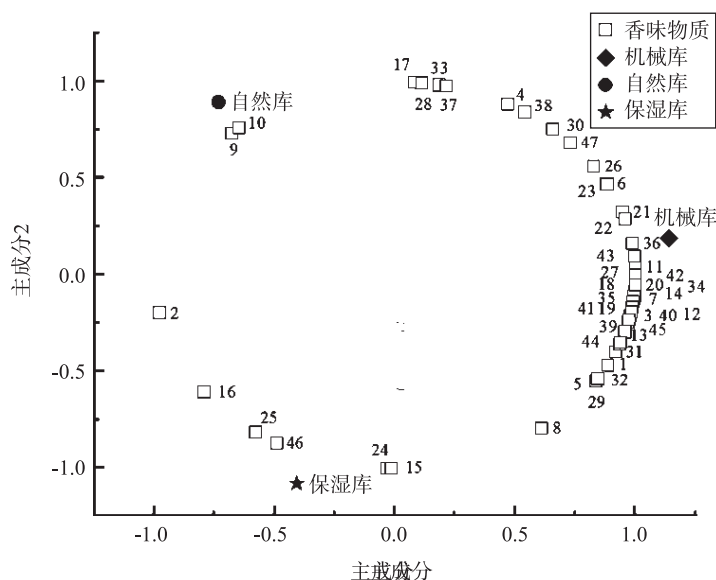


图 3 不同贮存库中湖南永州 CFS 烟叶重要挥发性香味物质的主成分载荷图

结合表 6 和图 3 分析可知,机械库中醇化的湖南永州 CFS 烟叶的重要挥发性香味物质主要集中在主成分 1 的正半轴,主成分 2 的正半轴,包括二氢香芹醇、芳樟醇、3-糠醛、苯乙醛、4-环戊烯-1,3-二酮、法尼基丙酮巨豆三烯酮、螺岩兰草酮、香叶基丙酮、十二烯基丁二酸酐、9,12,15-十八烷三烯酸甲酯、二氢猕猴桃内酯、己二酸二(2-乙基己)酯、亚油酸甲酯、乙酸苜酯、硬脂酸甲酯、棕榈酸甲酯;自然库中醇化的湖南永州 CFS 烟叶的重要挥发性香味物质主要集中在主成分 1 的负半轴、主成分 2 的正半轴,包括香叶基香叶醇、2,3-二氢-2,2,6-三甲基苯甲醛;保湿库中醇化的湖南永州 CFS 烟叶的重要挥发性香味物质主要集中在主成分 1、2 的负半轴,包括糠醛、异氟尔酮、(Z,Z,Z)-7,10,13-十六碳三烯酸、2-乙酰基呋喃.

### 3 讨论与结语

烟叶中的还原糖、总糖、烟碱、糖碱比、氯离子含量是衡量烟叶质量的重要指标,一般以总糖含量 20% ~ 25%、还原糖含量 16% ~ 22% 为宜<sup>[22]</sup>,糖碱比接近 10 的烤烟质量最好,烟气的劲头和吸味更佳<sup>[23]</sup>,烟碱以 2.5% 左右为宜<sup>[24]</sup>,氯离子含量在 1% 以下最好<sup>[25]</sup>,结合图 1 分析结果可知,在保湿库醇化后的湖南永州 BFS 烟叶质量更好,在机械库醇化后的湖南永州 CFS 烟叶质量更好。

烟叶的化学成分随着醇化的进行会发生规律性的变化,本研究表明,随着醇化时间的延长,不同贮存库中的湖南永州 BFS、CFS 烟叶的还原糖、总糖、烟碱的含量均呈下降趋势,最后趋向稳定,这与朱大恒等<sup>[26]</sup>、韩锦峰等<sup>[27]</sup>对醇化过程中烟叶化学成分的变化规律相似。

香味物质的变化是醇化过程中烟叶品质改善的一个明显特征,有研究表明<sup>[28]</sup>,香味成分总量在醇化初期呈快速上升趋势,中期上升趋势缓慢并达到最大值,而后期则出现缓慢下降,新植二烯含量随着醇化时间的增加逐渐降低<sup>[14]</sup>。本研究结果表明:随着醇化的进行,不同贮存库中的湖南永州 BFS 烟叶、湖南永州 CFS 烟叶的挥发性香味成分总量、新植二烯含量均逐渐增加,未出现下降趋势,可能是因为醇化时间稍短;化学成分的变化会引起香味物质的变化,烟叶中还原糖、总糖、烟碱的含量逐渐降低而其香味成分总量、新植二烯含量增加,可能是因为不具有香气特征的大分子化合物如还原糖、烟碱等<sup>[26]</sup>发生等发生分解、转化为具有香气特性的小分子化合物,如挥发性酸、挥发性羰基化合物以及杂环类化合物。

在醇化过程中,不同贮存库中的湖南永州 BFS、CFS 烟叶的还原糖、总糖、烟碱的含量均呈下降趋势,且总糖的含量降幅最大,其挥发性香味成分总量、新植二烯含量均逐渐增加;醇化 18 个月之后,保湿库中的湖南永州 BFS 烟叶和机械库中的湖南永州 CFS 烟叶的酮类、酸类、酯类、新植二烯的含量及挥发性香味成分总量均最高;主成分分析结果表明,醇化 18 个月之后,对于永州 BFS 烟叶,机械库烟叶与自然库和保湿库烟叶挥发性香味物质的主成分具有明显的差异,而对于湖南永州 CFS 烟叶,3 种不同贮存库烟叶挥发性香味物质的主成分均有明显的差异。

#### 参考文献:

- [1] 张允政. 烤烟片烟醇化过程中化学成分变化及与醇化质量的关系研究[D]. 华中农业大学,2008.
- [2] 程昌新,王超,杨应明,等. 储藏醇化措施对烤烟烟包内温湿度及烟叶品质的影响[J]. 烟草科技,2015,48(2):16-20.
- [3] 刘磊,王涛,史绍新,周继月,等. 复烤片烟自然醇化过程中品质变化研究进展[J]. 河南农业科学,2015,44(8):7-12.
- [4] 胡有持,牟定荣,李炎强,等. 云南和河南陈化的复烤片烟质量的差异[J]. 烟草科技,2004(9):33-35.
- [5] 杜咏梅,郭承芳,张怀宝,等. 水溶性糖、烟碱、总氮含量与烤烟吃味品质的关系研究[J]. 中国烟草科学,2000(1):9-12.
- [6] 杜文,谭新良,易建华,等. 用烟叶化学成分进行烟叶质量评价[J]. 中国烟草学报,2007(3):25-31.
- [7] 徐海涛,王正峰,岳勇,等. 不同醇化期烟叶感官质量与酸性及碱性致香成分的关系研究[J]. 安徽农业科学,2013,41(29):11825-11828.
- [8] 李炎强,胡有持,朱忠等. 云南烤烟复烤叶片陈化过程香味成分的变化及与感官评价的关系研究[J]. 中国烟草学报,2004(1):5-12.
- [9] 杨宗灿,王鹏飞,许衡,等. 陈化对烟叶常规化学成分、中性致香物质含量和评吸质量的影响[J]. 河南农业大学学报,2017,51(5):615-619+625.
- [10] 范坚强,宋纪真,陈万年,等. 醇化过程中烤烟片烟化学成分的变化[J]. 烟草科技,2003(8):19-22.
- [11] 赵铭钦,刘国顺. 香料烟陈化过程中烟叶化学成分与品质变化的研究[J]. 中国烟草学报,2006(2):29-33.
- [12] 朱大恒,胡有持,吴鸣,等. 醇化过程中白肋烟香味成分含量的变化[J]. 烟草科技,2002(9):17-21.
- [13] 张长云,彭黔荣,杨敏,等. 自然醇化对贵州山地烟叶品质的影响[J]. 耕作与栽培,2014(2):4-6+27.
- [14] 赵铭钦,汪耀富,杜士彬,等. 陈化期间烟叶香气成份消长规律的研究[J]. 中国农业大学学报,1997(3):73-77.
- [15] YC/T 246—2008,烟草及烟草制品烟碱的测定气相色谱法[S].
- [16] YC/T 162—2011,烟草及烟草制品氯的测定连续流动法[S].
- [17] YC/T 468—2013,烟草及烟草制品总植物碱的测定连续流动(硫氰酸钾)法[S].
- [18] YC/T 159—2019,烟草及烟草制品水溶性糖的测定连续流动法[S].
- [19] YC/T 31—1996,烟草及烟草制品试样的制备和水分的测定-烘箱法[S].
- [20] ISLAM M A, RYU K Y, KHAN N, et al. Determination of the volatile compounds in five varieties of *Piper betle* L. from Bangla-

desh using simultaneous distillation extraction and gas chromatography/mass spectrometry (SDE-GC/MS) [J]. *Analytical Letters*, 2020, 53(15): 2413-2430.

- [21] 张文彤,董伟. SPSS 统计分析高级教程[M]. 高等教育出版社,2013.
- [22] 黎妍妍,许自成,王金平,等. 湖南烤烟总糖、还原糖含量与几种土壤养分的关系分析[J]. *土壤通报*, 2007(5): 911-914.
- [23] 王瑞新. 烟草化学[M]. 北京:中国农业出版社,2003.
- [24] 胡荣海. 云南烟草栽培学[M]. 北京:科学出版社,2007:24-25,38-39.
- [25] 金闻博,戴亚. 烟草化学[M]. 北京:清华大学出版社,1994:58-59.
- [26] 朱大恒,韩锦峰,张爱萍,等. 自然醇化与人工发酵对烤烟化学成分变化的影响比较研究[J]. *烟草科技*, 1999(1): 3-5.
- [27] 韩锦峰,朱大恒,杨素勤,等. 不同陈化时期烤烟几种酶活性及相关化学成分的分析[J]. *中国烟草科学*, 1999(1): 3-4.
- [28] 郑峰洋,魏明杰,文大荣,等. 自然陈化过程烟叶香味成分变化的研究[J]. *安徽农学通报*, 2007(23): 108-110.

## Study on the effects of storage methods on conventional chemical compositions and aroma components of tobacco leaves

XU Chun-ping<sup>1</sup>, HUANG Jia-le<sup>1</sup>, LIU Yuan-shang<sup>2</sup>, GONG Mei-qiu<sup>1</sup>,  
XING Yu-qing<sup>1</sup>, YANG Wen-jing<sup>1</sup>, LU Chang-tong<sup>3</sup>

(1. College of Tobacco Science and Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China;

2. China Tobacco Hebei Industrial Co. Ltd., Shijiazhuang 050000, China;

3. China Tobacco Henan Industrial Co. Ltd., Zhengzhou 450016, China)

**Abstract:** In order to study the effects of storage methods on the conventional chemical compositions and aroma components of tobacco leaves, BFS and CFS tobacco leaves (the variety is Yunyan 87) from Yongzhou, Hunan were used as raw materials, the contents of their conventional chemical components and important volatile aromacomponents in different aging times (3, 9, 12, 15, 18 months) and different storage warehouses (mechanical warehouse, natural warehouse and moisturizing warehouse) were analyzed by principal component analysis. The results showed that: ① During the aging process, the all contents of reducing sugar and total sugar in both tobacco leaves in different storage warehouses showed a downward trend, and the reduction of total sugar content was the greatest. ② During the aging process, the total amount of volatile aroma components and the content of neophytadiene in tobacco leaves from Hunan Yongzhou in different storage warehouses gradually increased. After 18 months of aging, the total amount of volatile aroma components and the content of neophytadiene were the highest in Hunan Yongzhou BFS tobacco leaves in the moisturizing warehouse and Hunan Yongzhou CFS tobacco leaves in the mechanical warehouse. ③ Principal component analysis showed that after 18 months of aging, except for the principal components of volatile aroma compounds from Hunan Yongzhou BFS tobacco leaves in natural warehouse and moisturizing warehouse showing little difference, the principal components of volatile aroma compounds from the tobacco leaves in different warehouses were obviously different. In conclusion, Hunan Yongzhou BFS tobacco leaves were more suitable for aging in moisturizing warehouse, while Hunan Yongzhou CFS tobacco leaves were more suitable for aging in mechanical warehouse.

**Key words:** aging time; storage warehouses; chemical compositions; aroma components; principal component analysis

(责任编辑 王煜丹)