

贵州烤烟部分化学成分与平衡含水率的关系

牛亚军¹, 叶江平², 陈晓明², 张长华², 梁永江², 李章海³, 周裔彬^{1*}, 杨俊^{3*}

(1. 安徽农业大学茶与食品科技学院, 合肥 230036; 2. 贵州省烟草公司遵义市公司, 遵义 563000;

3. 中国科学技术大学烟草与健康研究中心, 合肥 230052)

摘要: 在温度 22℃, 相对湿度分别为 50%、55%、60%、65% 和 70% 的环境下, 测定 32 种贵州烤烟样品的平衡含水率以及样品中 7 种常规化学成分 (包括烟碱、总糖、还原糖、总氮、氯、钾、蛋白质) 和 9 种糖苷结合态物质的含量 (包括糖苷结合态的糠醛、2-乙基己醛、氧代异佛尔酮、3-甲基-1-丁醇、苯乙醇、苯乙酮、4-甲氧基-2-乙烯苯酚、大马酮、十八碳二烯酸)。采用简单相关分析和主成分回归分析等统计方法, 研究了测得的 16 种化学成分与各相对湿度点平衡含水率之间的相关关系。结果表明, 烤烟烟叶中总糖、还原糖, 糖苷结合态的糠醛、2-乙基己醛等化学成分对平衡含水率有显著影响。通过检测烤烟烟叶部分化学成分含量可以实现其一定温湿度下平衡含水率的预测。

关键词: 烤烟烟叶; 平衡含水率; 化学成分; 相关性分析

中图分类号: S572; TS411

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2014)04-0560-04

Correlation between chemical components and equilibrium moisture content in Guizhou flue-cured tobacco

NIU Yajun¹, YE Jiangping², CHEN Xiaoming², ZHANG Changhua²,
LIANG Yongjiang², LI Zhanghai³, ZHOU Yibin¹, YANG Jun³

(1. School of Tea and Food Science, Anhui Agricultural University, Hefei 230036;

2. Zhunyi Tobacco Company of Guizhou Province, Zunyi 563000;

3. Research Center of Tobacco and Health, University of Science and Technology of China, Hefei 230052)

Abstract: In this paper, we determined the contents of equilibrium moisture, seven conventional chemical components (including nicotine, total sugar, reducing sugar, total nitrogen, chlorine, potassium and protein) and nine conjugated glycosides (including conjugated glycosides of furfural, 2-ethyl hexanal, oxo-isophorone, 3-methyl-1-butanol, benzyl alcohol, acetophenone, 4-methoxy-2-vinylphenol, damascenone and octadecadienoic acid) in 32 flue-cured tobacco samples from Guizhou Province. These leaf samples were oven-dried at 22℃ 50%, 55%, 60%, 65% and 70% of relative humidities, respectively. Relationships between of 16 chemical components and equilibrium moisture under different relative humidity conditions were studied using simple correlation analysis and principal component regression analysis. The results showed that total sugar, reducing sugar and conjugated glycosides of furfural and 2-ethyl hexanal in flue-cured tobacco leaves significantly affect the equilibrium moisture contents in Guizhou flue-cured tobacco.

Key words: flue-cured tobacco leaf; equilibrium moisture content; chemical component; correlation analysis

平衡含水率是指在一定温度和相对湿度下, 烟叶在一段时间内与环境达到水分交换平衡时的含水量^[1]。平衡含水率是烟草的重要物理特性, 与其加工性能、烟气成分及感官特性等紧密相关。烟草化

学成分是决定烟叶内在质量的本质因素^[2]。2010年, 黎洪利等^[3]采用主成分回归分析报道了烟草常规化学成分与平衡含水率的关系, 揭示总糖和还原糖是影响平衡含水率的主要成分。彭斌等利用协方差矩

收稿日期: 2014-04-01

基金项目: 国家自然科学基金 (31271960) 和贵州省烟草公司科技项目 (201105) 共同资助。

作者简介: 牛亚军, 硕士研究生。E-mail: nyj6688@ahau.edu.cn

* 通信作者: 杨俊, 博士, 副教授。E-mail: yjun8202@ustc.edu.cn 周裔彬, 博士, 教授, E-mail: zhouyibin@ahau.edu.cn

阵主成分分析、王建民等^[4]应用灰色关联度分析, 获得了与黎洪利一致的结论。糖苷类成分是影响烟叶关键品质的重要物质^[5], 作者在检测贵州 32 种样品烟叶常规成分的基础上, 进一步分析其中 9 种糖苷结合态物质的含量, 分别采用简单相关分析和主成分分析等数据统计方法, 揭示了烟叶总糖、还原糖以及部分糖苷结合态物质与平衡含水率之间的显著正相关关系。

1 材料与方法

1.1 仪器与试剂

1.1.1 材料 选取 2011 年贵州省中观、正安、长顺、瓮安、福泉、平塘、贵定、余庆、绥阳等 9 个产地的烤烟烟叶样品 32 个, 品种包括云烟 85、K326、南江 3 号, 部位包括上部和中部。

1.1.2 试剂 糠醛、2-乙基己醛、氧代异佛尔酮、3-甲基-1-丁醇、苯乙醇、苯乙酮、4-甲氧基-2-乙烯苯酚、大马酮、十八碳二烯酸(纯度大于 95%, Sigma 公司); β -葡萄糖苷酶 (Sigma 公司); 葡萄糖、氯化钙、高氯酸、红色氧化汞、甘油、柠檬酸三钠、酒石酸钾钠、碘酸钾、水杨酸钠、亚硝基铁氰化钠、碘化钾(AR, 中国医药集团上海化学试剂公司); 所用溶剂均为分析纯。

1.1.3 仪器 Thermo Scientific ISQ 气质联用仪(美国 Thermo 公司); SAN⁺⁺型自动分析仪(荷兰 SKALAR 公司); KBF 恒温恒湿箱(德国 Binder 公司)。

1.2 试验方法

糖苷结合态物质的测定采用酶解法^[6], 用气相色谱-质谱法定量检测糖苷酶解后的 9 种苷元, 以苷元的测得含量计, 表示为 G-糠醛、G-3-甲基-1-丁醇、G-2-乙基己醛、G-苯乙醇、G-苯乙酮、G-氧代异佛尔酮、G-4-甲氧基-2-乙烯苯酚、G-大马酮、G-十八碳二烯酸。烟草常规化学物质烟碱、总糖、还原糖、总氮、氯、钾、蛋白质含量, 按照我国烟草行业标准规定的方法分别进行测定。平衡含水率按行业标准采用烘箱法测定, 即准确称取烟样 5 g, 置于温度 22℃, 相对湿度分别为 50%、55%、60%、65% 和 70% 的环境下平衡 48 h, 然后测定其含水量。

1.3 数据处理

采用 SPSS 18.0、DPS v7.05 软件进行简单相关分析、主成分回归分析, 建立烟叶中 7 种常规化学成分、9 种糖苷结合态物质的含量与平衡含水率之间的关系。

2 结果与分析

2.1 主要理化指标的变异范围

为考察试验样本代表性, 将 32 个烟叶样品的常规成分和糖苷结合态成分指标, 及温度 22℃、5 个相对湿度条件下的平衡含水率测定结果的最小值、最大值、平均值、标准差、中位数、偏度、变异系数列于表 1。由表 1 可知, 除 G-3-甲基-1-丁醇外, 所列的化学成分指标最大值均大于最小值 2 倍以上, 且变异系数较大, 表明试验样品具良好代表性^[3]。

2.2 指标间的简单相关^[7]

利用 SPSS18.0 软件提供的相关统计分析模块, 计算 16 种烟草化学成分与平衡含水率的相关系数, 列于表 2。对相关系数进行假设检验, $P < 0.01$ 为极显著, 用 “**” 标注; $P < 0.05$ 为显著, 用 “*” 标注。由表 2 可知, 贵州烤烟烟叶在不同相对湿点的平衡含水率, 与总糖、还原糖呈极显著正相关, 相关系数均大于 0.67; 与结合态糖苷中的 G-糠醛呈现极显著的正相关, 相关系数均大于 0.50, 与 G-氧代异佛尔酮、G-2-乙基己醛呈现显著正相关。烟叶在各平衡点的平衡含水率之间呈极显著正相关, 说明烤烟烟叶在某一平衡点的含水率高, 那么在其他平衡点的含水率也相应较高。

2.3 主成分回归分析

以 y_4 为因变量, 16 种烟草成分含量为自变量, 采用 SPSS 18.0、DPS v7.05 软件做主成分分析, 得到的回归方程相当于原方程参数的重组^[7], 不消除共线性。表 3 是自变量主成分分析的结果, 可以看出最大特征值与最小特征值之比大于 1000, 说明自变量之间存在严重的复共振性^[3], 按累计方差贡献率大于 85%, 提取 5 个主成分, 获得其累计方差贡献率为 88.087%。

获得 16 种化学成分指标从第 1 主成分 F1 到第 5 主成分的主成分得分、主成分综合得分及排名。根据综合排名统计结果: 结合态糖苷对平衡含水率影响顺序为 G-2-乙基己醛、G-4-甲氧基-2-乙烯苯酚、G-糠醛等。常规化学成分影响顺序为还原糖、总糖、蛋白质等。结果表明, 烟叶总糖、还原糖、糖苷结合态的糠醛、2-乙基己醛等是影响平衡含水率的重要化学物质。

主成分回归方程的参数重组表达式见式 (1):

$$y_4 = 14.2173 - 0.1450X_1 + 0.0217X_2 + 0.0244X_3 - 0.3361X_4 + 0.39391X_5 - 0.32891X_6 - 0.12131X_7 + 0.0055X_8 - 0.0079X_9 + 0.0204X_{10} - 0.0239X_{11} - 0.0583X_{12} + 0.0186X_{13} + 0.0139X_{14} - 0.0031X_{15} - 0.1635X_{16} \quad (1)$$

表 1 各指标的描述统计

Table 1 Statistics of the 16 chemical components in 32 tobacco leaves ($n=32$)

编号 No.	指标 Component	最小值 Minimum value	最大值 Maximum value	平均值 Mean	标准差 SD	中位数 Median	偏度 Skewness	变异系数 CV
X_1	烟碱/% Nicotine	2.23	6.15	3.36	1.07	2.92	1.22	0.32
X_2	总糖/% Total sugar	12.65	36.28	23.98	7.28	25.55	-0.12	0.30
X_3	还原糖/% Reducing sugar	9.52	27.93	19.20	5.92	20.98	-0.20	0.31
X_4	总氮(N%) Total N	1.42	3.36	2.29	0.54	2.085	0.94	0.24
X_5	钾(K%)	1.02	2.58	1.76	0.45	1.87	-0.41	0.26
X_6	氯(Cl%)	0.19	0.49	0.29	0.09	0.23	1.30	0.32
X_7	蛋白质/% Protein	6.06	10.53	8.01	1.29	7.55	0.90	0.16
X_8	G-糠醛 G-furfural	0.50	59.60	16.12	16.27	9.95	1.36	1.01
X_9	G-3-甲基-1-丁醇 G-3-methyl-1-butanol	18.40	32.50	23.81	4.29	22.55	0.88	0.18
X_{10}	G-2-乙基己醛 G-2-ethylhexylaldehyde	8.40	23.90	15.82	3.57	15.5	0.34	0.23
X_{11}	G-苯乙醇 G-phenethyl alcohol	0.20	7.50	2.81	2.08	2.6	0.83	0.74
X_{12}	G-苯乙酮 G-acetophenone	0.50	5.40	3.09	1.96	2.7	0.03	0.63
X_{13}	G-氧代异佛尔酮 G-oxoisophorone	0.10	13.80	3.68	4.17	2.25	1.47	1.13
X_{14}	G-4-甲氧基-2-乙烯苯酚 G-4-methoxyl-2-vinylphenol	0.10	6.30	1.88	1.92	0.95	1.04	1.02
X_{15}	G-大马酮 G-damascenone	0.01	19.10	2.73	4.54	1.25	3.13	1.67
X_{16}	G-十八碳二烯酸 G-octadecadienoic acid	1.00	2.70	1.96	0.57	1.95	-0.02	0.29
y_1	水分 (22℃, 50%) Moisture	7.15	10.10	8.33	0.78	8.41	0.46	0.09
y_2	水分 (22℃, 55%)	8.48	11.45	9.91	0.82	10.12	-0.04	0.08
y_3	水分 (22℃, 60%)	9.51	13.72	11.35	0.95	11.42	0.50	0.08
y_4	水分 (22℃, 65%)	11.53	15.54	13.47	1.10	13.45	0.03	0.08
y_5	水分 (22℃, 70%)	14.27	18.57	16.42	0.96	16.34	0.11	0.06

表 2 烟叶 16 种化学成分与平衡含水率的简单相关系数

Table 2 Correlation coefficients of the 16 chemical components by simple correlation analysis

化学成分 Chemical component	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5
烟碱/% Nicotine	-0.468*	-0.487*	-0.475*	-0.648**	-0.617**
总糖/% Total sugar	0.815**	0.835**	0.771**	0.876**	0.853**
还原糖/% Reducing sugar	0.735**	0.772**	0.670**	0.799**	0.744**
总氮(N%) Total N	-0.625**	-0.653**	-0.579**	-0.701**	-0.683**
钾(K%)	0.057	0.163	0.070	0.408	0.266
氯(Cl%)	-0.369	-0.343	-0.371	-0.353	-0.438*
蛋白质/% Protein	-0.511*	-0.532*	-0.454*	-0.540**	-0.550**
G-糠醛 G-furfural	0.746**	0.618**	0.644**	0.627**	0.670**
G-3-甲基-1-丁醇 G-3-methyl-1-butanol	0.320	0.127	0.190	0.048	0.242
G-2-乙基己醛 G-2-ethylhexylaldehyde	0.567*	0.422	0.476*	0.366	0.412
G-苯乙醇 G-phenethyl alcohol	0.265	0.067	0.211	-0.037	0.112
G-苯乙酮 G-acetophenone	-0.240	-0.384	-0.247	-0.327	-0.126
G-氧代异佛尔酮 G-oxoisophorone	0.586*	0.531*	0.589*	0.468	0.587*
G-4-甲氧基-2-乙烯苯酚 G-4-methoxyl-2-vinylphenol	0.516*	0.460	0.438	0.362	0.434
G-大马酮 G-damascenone	0.212	0.365	0.109	0.285	0.223
G-十八碳二烯酸 G-octadecadienoic acid	-0.175	-0.281	-0.093	-0.498*	-0.421

表 3 自变量主成分分析
Table 3 Results of principal component analysis

成分编号 Component No.	特征值 Eigenvalue	百分率/% Percentage	累计百分率/% Cumulative percentage
1	6.861	42.880	42.880
2	3.775	23.594	66.474
3	1.572	9.823	76.297
4	1.029	6.432	82.729
5	0.857	5.359	88.087
6	0.541	3.380	91.467
7	0.405	2.532	93.999
8	0.348	2.174	96.173
9	0.310	1.934	98.107
10	0.121	0.754	98.861
11	0.083	0.520	99.380
12	0.042	0.261	99.641
13	0.040	0.251	99.892
14	0.010	0.065	99.957
15	0.004	0.027	99.984
16	0.003	0.016	100.00

对回归方程式(1)进行显著性检验, 相关系数(R^2) 0.7687, F 值 7.078, P 值 0.003, 表明回归方程式(1)达到极显著水平, 采用主成分回归方法可获得良好的回归效果。因此, 在一定的温度、相对湿度条件下, 可以通过烟叶主要化学成分的含量分析实现对其平衡含水率的预测。

3 小结与讨论

研究分析表明烤烟烟叶总糖、还原糖, 糖苷结合态糠醛、2-乙基己醛等是影响平衡含水率的内在因素。总糖、还原糖因分子含有大量羟基、醛基等亲水性基团, 易与水分结合形成氢键^[8]。而糖苷结合态物质不仅含有丰富的糖羟基, 还含有亲脂性的苷元, 具有亲水和亲脂双重属性, 有利于烟叶内部水分的平衡分布, 从而使平衡含水率相对增加。本研究为合理控制烟叶加工过程的水分含量, 彰显烟叶原料的保湿性能, 奠定了重要的研究基础。

参考文献:

- [1] 顾中铸, 吴薇. 烤烟烟叶的等温吸湿和解湿特性[J]. 南京师范大学学报, 2004, 4(4): 32-34.
- [2] 郭东锋, 胡海洲, 刘新民, 等. 烤烟化学成分平衡与感官质量关系分析[J]. 安徽农业大学学报, 2014, 41(2): 333-337.
- [3] 黎洪利, 朱立军, 杨俊, 等. 烤烟烟叶部分化学成分与平衡含水率的相关性[J]. 烟草科技, 2010(10): 44-48.
- [4] 王建民, 韩明, 张相辉, 等. 烟草化学指标和平衡含水率的关系[J]. 烟草科技, 2011(2): 43-46.
- [5] 李英波, 宛晓春, 张正竹. 烟草糖苷类香气前体研究进展[J]. 烟草科技, 2006(3): 41-43.
- [6] Ortiz-Serrano P, Gil J V. Quantitative comparison of free and bound volatiles of two commercial tomato cultivars (*Solanum lycopersicum* L.) during ripening[J]. J Agric Food Chem, 2010, 58(2): 1106-1114.
- [7] 余建英, 何旭宏. 数据统计分析与 SPSS 应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003: 165-173.
- [8] 马林, 张相辉, 张俊松, 等. 烟丝中糖组分含量对平衡含水率的影响[J]. 中国烟草学报, 2010, 16(6): 10-14.