

云南烤烟特征化学成分分析

逢涛, 宋春满, 方敦煌, 邓建华, 邓云龙

云南省烟草科学研究所, 玉溪 653100

摘要: 采用偏最小二乘法对云南省内 159 个与省外 30 个种植点生产的烤烟烟叶中 102 种主要化学成分和致香成分进行了比较分析。结果表明云南省内生产的烤烟烟叶与省外生产的烤烟烟叶能够得到良好地区分, 进一步数据分析显示云南烤烟的特征化学成分为草酸、十四酸、棕榈酸、十八酸、油酸、亚油酸、亚麻酸、新绿原酸、芸香苷、山奈酚苷、3-甲基-2-丁烯醛、糠醇、2-乙酰吡啶、巨豆三烯酮。

关键词: 云南; 烤烟; 特征

doi: 10.3969/j.issn.1004-5708.2010.01.005

中图分类号: TS411.1

文献标识码: A

文章编号: 1004-5708(2010)01-0020-07

Research on chemical components characteristics in Yunnan flue-cured tobacco

PANG Tao, SONG Chun-man, FANG Dun-huang, DENG Jian-hua, DENG Yun-long

Yunnan Tobacco Research Institute, Yuxi 653100, China

Abstract: Partial least-squares analysis was employed in comparative analysis of 102 common and flavor related compounds in flue-cured tobacco from Yunnan and other provinces in China. Results showed that samples from Yunnan and other provinces can be easily separated. Further data analysis indicated that ethanedioic acid, tetradecanoic acid, hexadecanoic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid, linolenic acid, neochlorogenic acid, rutin, kaempferol-3-O-rutinoside, 2-Butenal, 3-methyl-, Furanmethanol, Ethanone, 1-(2-pyridinyl)-and megastigmatrienone were the main compounds that closely related to characteristics of Yunnan flue-cured tobacco.

Key words: Yunnan; flue-cured tobacco; characteristics

烟叶的风格、外观品质和内在质量与烟草种植区域的生态环境密切相关^[1-4]。云南具有种植烟草得天独厚的条件,生产出的烤烟色泽橘黄、香气浓郁、吸味醇和,是中式卷烟的主体原料。烟叶的风格和品质是由其内在化学成分的种类和含量决定的^[5-7],烟叶化学成分的分析工作一直是烟草科研工作的重点,这方面前人已经做了大量的工作^[8-11],不同种植区域烟叶的某类化学成分差异分析也有研究^[12-14],但是评价不同种植区域间烟叶的差异应该从整体上全面考虑其内在化学成分的不同。云南烤烟风格特点突出,如何从化学成分的角度解读云南烤烟风格特点是我们非常关心

的问题。因此,本文采集了 2007 年云南省内 159 个种植点和省外 30 个种植点的烟叶样品,对其化学成分进行分析,从化学成分的角度比较云南省内和省外烟叶的差异,以期找出云南烤烟的主要特征化学成分。

1 材料与方法

1.1 样品来源

2007 年云南省样品 159,分别取自昌宁县卡斯镇,龙陵县平达乡,隆阳区丙麻乡、西邑乡、辛街乡,施甸县甸阳镇,腾冲县界头乡,楚雄市东华镇,大姚县金碧镇,禄丰县和平乡,牟定县安乐乡,南华县沙桥镇,双柏县大庄乡,武定县狮山镇,姚安县栋川镇,永仁县中和乡,元谋县羊街镇,宾川县大营镇、平川乡、钟英乡,大理市双朗乡,洱源县三营镇,鹤庆县西邑乡,剑川县甸南镇,弥渡县牛街乡,南涧县南涧镇,巍山县南诏镇,祥云县祥城镇,漾濞县瓦厂乡,永平县水泄乡,云龙县长新乡,建水县岔科乡,蒙自县芷村镇,弥勒县西三镇,石屏县

作者简介: 逢涛,男,博士,助理研究员,主要从事烟草化学研究工作,
E-mail: pangtao@yntsti.com

基金项目: 中国烟草总公司云南省公司科技计划项目“云南烤烟清香型风格的物质基础”(07A01)。

收稿日期: 2009-03-17

异龙镇,寻甸县寻甸河口,宜良县耿家营、宜良竹山,沧源县糯良乡,凤庆县诗礼乡,耿马县勐撒镇,临翔区博尚镇,双江县忙糯乡,永德县大山乡,云县忙怀乡,镇康县勐捧镇,景东县龙街镇,墨江县联珠镇,宁洱县德化乡,镇沅县田坝乡,富源县黄泥河镇,会泽县大井镇,陆良县芳华镇、小百户镇,罗平县阿岗镇,马龙县纳章乡,麒麟区越州乡,师宗县彩云乡、龙庆乡,宣威县热水乡,沾益县白水乡,广南县董堡乡、莲城镇、杨柳井乡,马关县马白镇,丘北县八道哨乡、双龙营镇、天星乡、曰者镇,文山县东山乡、开化镇,砚山县阿猛镇、江那镇、平远镇、维末乡、者腊乡,丽江大东乡、七河乡,永胜县永北镇,玉龙县巨甸镇、黎明乡、龙蟠乡、石鼓镇,澄江县仪凤,峨山县塔甸镇,红塔区高仓,华宁县青龙镇,江川县江城镇,通海县通海镇,新平县老厂镇、梭克村、他拉村、太桥村、新化乡、者渣村,易门县龙泉镇,沅江县洼垭乡,大关县天星镇,鲁甸县龙头山镇,巧家县新华乡,威信县三桃乡,彝良县龙街乡,永善县黄华镇,昭阳区苏家院乡,镇雄县茶木乡、大湾镇、果珠乡、花朗乡、母享镇。云南省外样品 30 套,分别取自安徽省东至县洋湖乡、张溪乡,宣州县寒亭乡、新田乡,郎溪县姚村镇;福建省泰宁县大龙乡、开善乡;贵州省大方县鸡场乡、理化乡、牛场乡、双山乡,余庆县大乌乡、教溪乡、龙安乡、龙溪乡、太平乡;河南省郑县茨芭乡,襄城县汾陈乡;湖北省咸丰县尖山乡,宣恩县晓关乡,保康县歇马镇,兴山县黄粮镇;湖南省桂阳县樟木乡,江永县黄甲岭乡、兰溪乡、松柏乡、桃川乡、夏层浦乡、允山乡。每个取样点取样品 1 套,分别取上部(B2F)、中部(C3F)、下部(X2F)初烤烟样品各 1 个。

1.2 样品分析

收集到的样品分别进行总糖、还原糖、总氮、烟碱、氯、淀粉、钾、钙、镁、钠等常规化学成分、有机酸、多酚和致香物质的分析检测。其中总糖、还原糖(YC/T 159-2002)、总氮(YC/T 161-2002)、烟碱(YC/T160-2002)、氯(YC/T162-2002)、淀粉(YC/T 216-2007)的分析用 ALLIANCE INTEGRAL 流动化学分析仪进行,钾、钙、镁、钠(YC/T274-2008)的分析用 PE Analyst 300 原子吸收光谱仪进行,有机酸的分析用 PE Clarus 500 气相色谱仪^[15-16]进行,多酚的分析用 Agilent 1100 液相色谱仪^[17]进行,致香物质的分析用 PE Clarus 600 气相色谱/质谱仪^[18]进行。

1.3 数据分析

偏最小二乘法是一种多元统计数据分析方法,可以同时实现回归建模、数据结构简化以及两组变量之间的相关性分析。能同时从自变量矩阵和因变量矩阵

中提取偏最小二乘成分,可以有效的降维并消除自变量间可能存在的复共线关系,改善数据结果的可靠性和准确度。本文采用偏最小二乘分析法分上、中、下三个部位对云南省内和省外种植的烟叶从内在化学成分的角度进行区分和关联分析,从化学成分的角度找出云南烤烟的主要特征化学成分。数据分析所用软件为 SIMCA-P 11 DEMO。

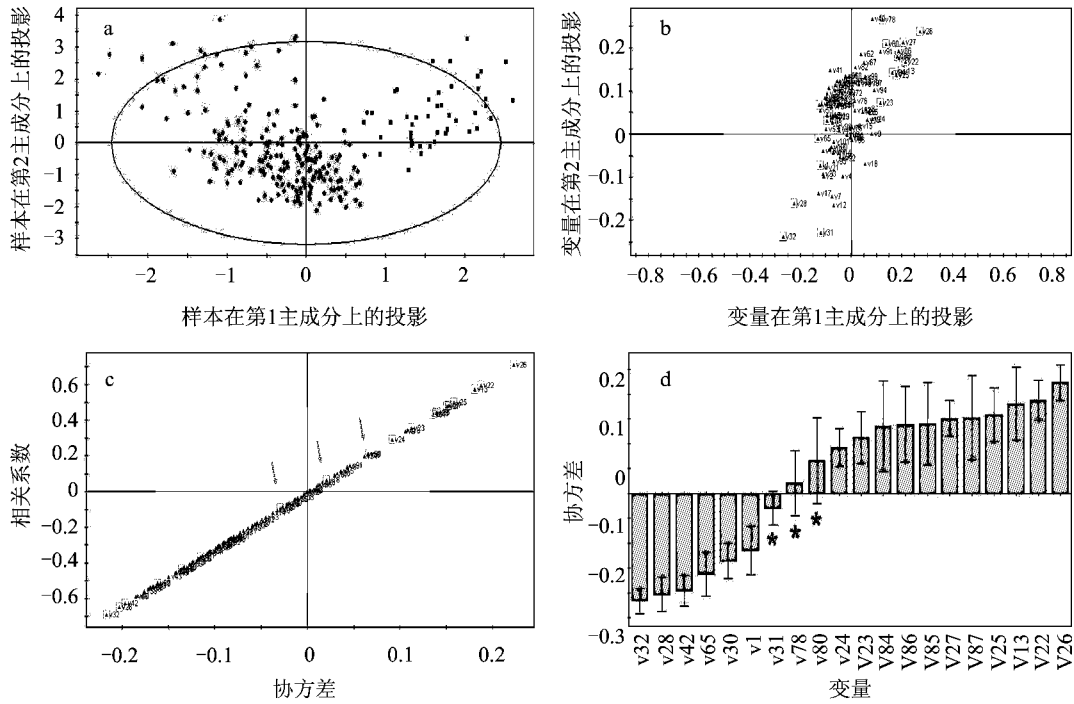
2 结果与分析

2.1 上部烟叶分析

以云南省内和省外烤烟上部烟叶的 102 种主要化学成分和致香成分的分析结果为对象进行偏最小二乘分析,分析结果如图 1 所示。从得分图(图 a)中可以看出云南省内上部烟叶的主要化学成分和致香成分与省外烟叶存在明显的差异,分类效果较好。图中红色数据点代表云南省内烤烟样品,黑色数据点代表省外烤烟样品。从载荷图(图 b)可以看出造成云南省内与省外上部烟叶明显差异的重要物质,结合分析模型的 VIP 表得到上部烟叶云南烤烟潜在特征化学成分(造成云南烟叶与其它省份烟叶差异的化学成分,有待于进一步检验的化学成分),图中位于红色方框内的数据点所对应的化合物为潜在特征化学成分。由于烟叶组分间含量差异大,需要同时考虑极高浓度组分和极低浓度组分对分类效果的影响,我们通过 S 图(协方差向量对相关向量作图)对潜在特征化学成分进行筛选,从而消除对极高和极低组分的偏倚。从 S 图(图 c)可以看出 VIP 值较大的部分潜在化合物对应的数据点在此图中接近中心位置(图中箭头所示),这些化合物对分类贡献不是很大,应予以舍去。同时对数据进行 Jack-Knifed 验证,如图 d 所示,在载荷矩阵中星号标记的化合物没有通过验证,应舍去。由此我们得到上部烟叶的分析结果,云南烤烟特征化学成分(经过检验后的特征化学成分)为总糖、石油醚提取物、十四酸、棕榈酸、油酸、亚油酸、亚麻酸、新绿原酸、芸香苷、芳樟醇、巨豆三烯酮。

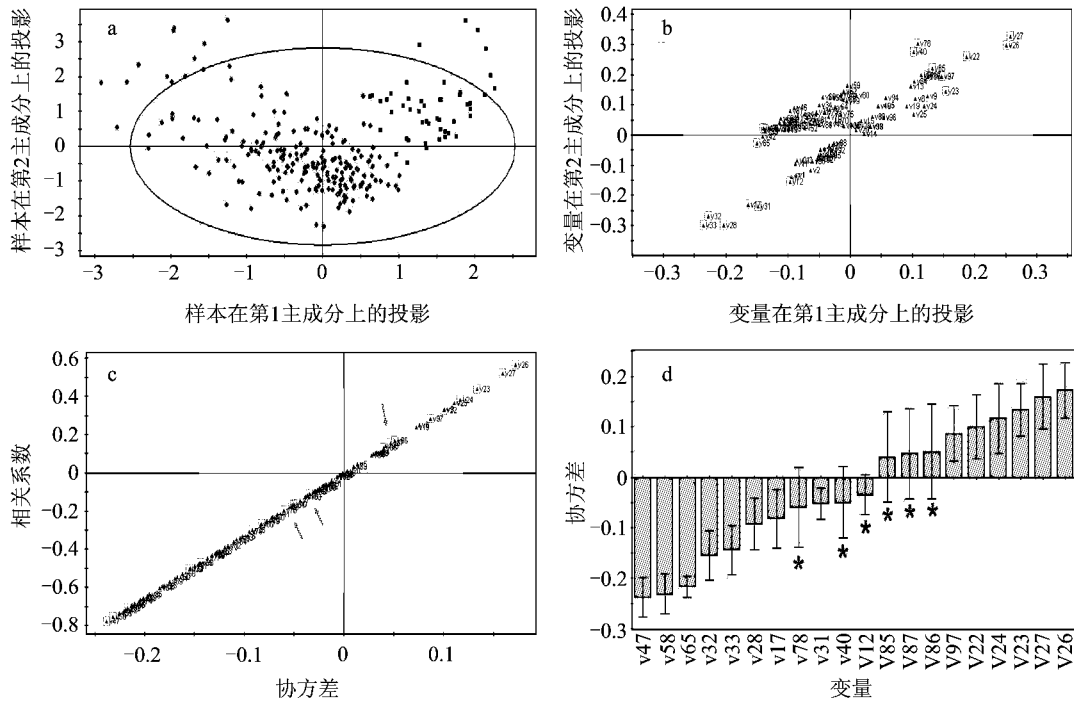
2.2 中部烟叶分析

以云南省内和省外烤烟中部烟叶的 102 种主要化学成分和致香成分的分析结果为对象进行偏最小二乘分析,分析结果如图 2 所示。从得分图(图 a)中可以看出云南省内中部烟叶的主要化学成分和致香成分与省外烟叶存在明显的差异,分类效果较好。从载荷图(图 b)可以看出造成云南省内与省外中部烟叶明显差异的重要物质,结合分析模型的 VIP 表得到中部烟叶云南烤烟潜在特征化学成分,通过 S 图(图 c)潜在化合



a: 上部烟叶分类得分图; b: 上部烟叶分类载荷图; c: 上部烟叶分类 S 图; d: 上部烟叶分析 Jack-Knifed 载荷图

图1 云南省内与省外烤烟上部烟叶分析图



a: 中部烟叶分类得分图; b: 中部烟叶分类载荷图; c: 中部烟叶分类 S 图; d: 中部烟叶分析 Jack-Knifed 载荷图

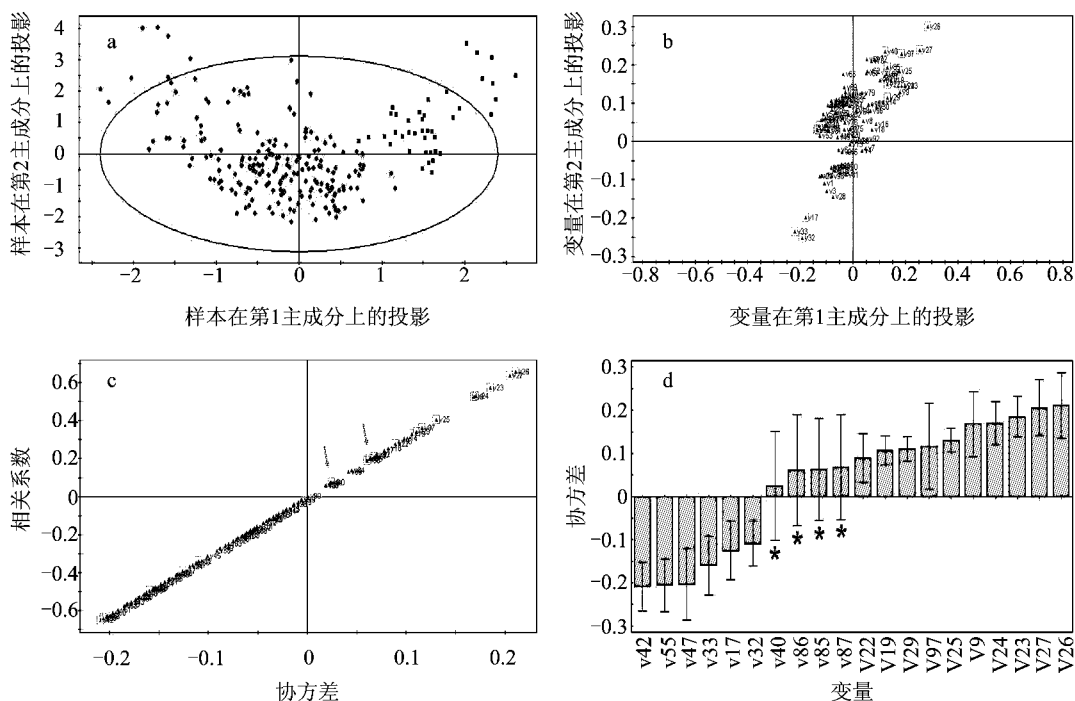
图2 云南省内与省外烤烟中部烟叶分析图

物进行进一步筛选,部分潜在特征化学成分(图中箭头所示)对分类贡献不是很大,应予以舍去。同时对数据进行 Jack-Knifed 验证,如图 d 所示,在载荷矩阵中星号标记的化合物没有通过验证,也应舍去。由此我们得到中部烟叶的分析结果,云南烤烟特征化学成分为草酸、十四酸、棕榈酸、十八酸、亚油酸、亚麻酸、新绿原酸、苣荬亭、芸香苷、山奈酚苷、糠醇、6-甲基-2-庚酮、芳樟醇。

2.3 下部烟叶分析

以云南省内和省外烤烟下部烟叶的 102 种主要化学成分和致香成分的分析结果为对象进行偏最小二乘分析,分析结果如图 3 所示。从得分图(图 a)中可以看出云南省内下部烟叶的主要化学成分和致香成分与

省外烟叶存在明显的差异,分类效果较好。从载荷图(图 b)可以看出造成云南省内与省外下部烟叶明显差异的重要物质,结合分析模型的 VIP 表得到下部烟叶云南烤烟潜在特征化学成分,通过 S 图(图 c)潜在化合物进行进一步筛选,部分潜在特征化学成分(图中箭头所示)对分类贡献不是很大,应予以舍去。同时对数据进行 Jack-Knifed 验证,如图 d 所示,在载荷矩阵中星号标记的化合物没有通过验证,也应舍去。由此我们得到下部烟叶的分析结果,云南烤烟特征化学成分为钾、草酸、丁二酸、棕榈酸、十八酸、油酸、亚油酸、亚麻酸、芸香苷、山奈酚苷、3-甲基-2-丁烯醛、2-乙酰吡啶。



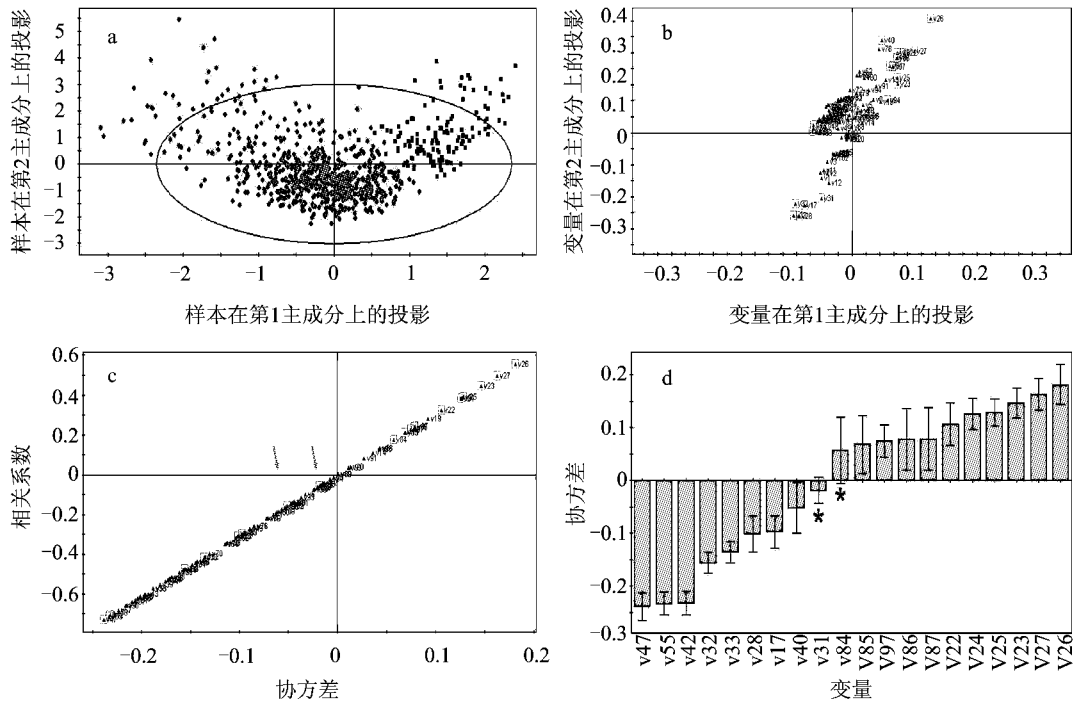
a: 下部烟叶分类得分图; b: 下部烟叶分类载荷图; c: 下部烟叶分类 S 图; d: 下部烟叶分析 Jack-Knifed 载荷图

图 3 云南省内与省外烤烟下部烟叶分析图

2.4 整体分析

以云南省内和省外烤烟所有部位烟叶的 102 种主要化学成分和致香成分的分析结果为对象进行偏最小二乘分析,分析结果如图 4 所示。从得分图(图 a)中可以看出云南省内烟叶的主要化学成分和致香成分与省外烟叶存在明显的差异,分类效果较好。从载荷图(图 b)可以看出造成云南省内与省外烟叶明显差异的重要物质,结合分析模型的 VIP 表得到云南烤烟潜在特征化学成分,通过 S 图(图 c)潜在化合物进行进一步筛选,部分潜在特征化学成分(图中箭头所示)对分类贡献不是很大,应予以舍去。同时对数据进行 Jack-

Knifed 验证,如图 d 所示,在载荷矩阵中星号标记的化合物没有通过验证,也应舍去。由此我们得到云南烤烟特征化学成分为草酸、十四酸、棕榈酸、十八酸、油酸、亚油酸、亚麻酸、新绿原酸、芸香苷、山奈酚苷、3-甲基-2-丁烯醛、糠醇、2-乙酰吡啶、巨豆三烯酮。其中云南烤烟中草酸、新绿原酸、芸香苷、山奈酚苷、3-甲基-2-丁烯醛、糠醇、2-乙酰吡啶等化合物的平均含量高于省外烟叶,十四酸、棕榈酸、十八酸、油酸、亚油酸、亚麻酸、巨豆三烯酮等化合物的平均含量低于省外烟叶,特征化学成分的平均含量详见表 1。



a: 云南省内与省外烟叶分类得分图; b: 云南省内与省外烟叶分类载荷图;
c: 云南省内与省外烟叶分类 S 图; d: 云南省内与省外烟叶分析 Jack-Knifed 载荷图

图 4 云南省内与省外烤烟分析图

表 1 云南烤烟特征化学成分

化合物	云南/($\mu\text{g/g}$)	其它/($\mu\text{g/g}$)
草酸	26261.30	21331.93
十四酸	121.68	140.08
棕榈酸	2142.81	2419.93
十八酸	406.65	456.83
油酸	537.05	704.71
亚油酸	1342.59	1855.44
亚麻酸	2873.73	3968.48
新绿原酸	3030.47	2472.56
芸香苷	15001.68	11034.71
山奈酚苷	1675.43	1257.31
3-甲基-2-丁烯醛	0.32	0.14
糠醇	1.20	0.58
2-乙酰吡啶	0.11	0.05
巨豆三烯酮	1.59	2.50

3 结论与讨论

3.1 烤烟种植地区的生态环境对其化学成分的含量有重要影响,云南烤烟有其独特的风格特点。本文的研究结果表明云南省内与省外烤烟在化学成分方面有

较大差异。云南烤烟特征化学成分为草酸、十四酸、棕榈酸、十八酸、油酸、亚油酸、亚麻酸、新绿原酸、芸香苷、山奈酚苷、3-甲基-2-丁烯醛、糠醇、2-乙酰吡啶、巨豆三烯酮。此外,总糖、石油醚提取物和芳樟醇也是造成云南烤烟与省外烤烟上部烟叶差异的重要化合物,6-甲基-2-庚酮、芳樟醇也是造成云南烤烟与省外烤烟中部烟叶差异的重要化合物,钾、丁二酸、3-甲基-2-丁烯醛也是造成云南烤烟与省外烤烟下部烟叶差异的重要化合物。

3.2 本文所建立的分析模型适合用于不同烟区烟叶化学成分的分类分析。以上部烟叶分析所建立的分析模型为例,此模型描述了自变量矩阵中 47.7% 的信息 ($R^2X = 47.7\%$),分类结果因变量矩阵的响应为 89.2% ($R^2Y = 89.2\%$),模型的预测能力为 83.2% ($Q^2Y = 83.2\%$)。从中可以看出自变量矩阵中接近一半的自变量与因变量矩阵有关,也就是说与分类相关。同时,由于模型的分類能力和预测能力较强(较高的 R^2Y 和 Q^2Y),因此模型的分類效果较好。

3.3 不同部位烟叶化学成分含量有差异,因此不同部位烟叶的特征化合物略有差别,但是总体上能够得到较为一致的结论。本方法可以为特色优质烟叶开发和中式卷烟风格特征研究提供新的思路。

附录：文中 102 种化学成分名称

序号	名称	序号	名称	序号	名称	序号	名称
1	总糖	2	还原糖	3	两糖差	4	总氮
5	烟碱	6	氯	7	蛋白质	8	淀粉
9	钾	10	钙	11	镁	12	钠
13	石油醚提取物	14	挥发酸	15	挥发碱	16	多酚
17	草酸	18	丙二酸	19	丁二酸	20	苹果酸
21	柠檬酸	22	十四酸	23	棕榈酸	24	十八酸
25	油酸	26	亚油酸	27	亚麻酸	28	新绿原酸
29	绿原酸	30	4-O-咖啡酰基奎宁酸	31	莨菪亭	32	芸香苷
33	山奈酚苷	34	1-戊烯-3-酮	35	2,3-戊二酮	36	戊醛
37	3-羟基-2-丁酮	38	3-甲基-1-丁醇	39	2-戊烯醛	40	3-甲基-2-丁烯-1-醇
41	2,4-戊二酮	42	3-甲基-2-丁烯醛	43	己醛	44	面包酮
45	3,4-二甲基-2,5-二氢咪喃	46	糠醛	47	糠醇	48	3-己烯醇
49	4-甲基-3-戊烯-1-醇	50	2-环戊烯-1,4-二酮	51	4-庚烯醛	52	庚醛
53	2-乙酰咪喃	54	丁内酯	55	2-乙酰吡啶	56	庚醇
57	5-甲基糠醇	58	6-甲基-2-庚酮	59	苯甲醛	60	4-甲基-5H-咪喃-2-酮
61	6-甲基-5-庚烯-二酮	62	苯甲醇	63	苯乙醛	64	2-乙酰吡咯
65	芳樟醇	66	壬醛	67	苯乙醇	68	氧化异佛尔酮
69	2,6-壬二烯醛	70	2-壬烯醛	71	2-异丙基-5-氧-己醛	72	α -萜品醇
73	癸醛	74	2,6,6-三甲基-环己烯-1-乙醛	75	2,3-二氢苯并咪喃	76	吡啶
77	茄酮	78	β -大马酮	79	β -二氢大马酮	80	香叶基丙酮
81	降茄二酮	82	5,6-环氧- β -紫罗兰酮	83	二氢猕猴桃内酯	84	巨豆三烯酮 a
85	巨豆三烯酮 b	86	巨豆三烯酮 c	87	巨豆三烯酮 d	88	十四醛
89	十四酸	90	茄那士酮	91	新植二烯	92	3-羟基莎草酮
93	7,10-十六二烯醛	94	金合欢基丙酮	95	十五醛	96	十六酸甲酯
97	寸拜醇	98	西柏三烯二醇 a	99	西柏三烯二醇 b	100	西柏三烯二醇 c
101	西柏三烯二醇 d	102	植醇				

参考文献

[1] 王彪,李天福,王树会,等. 海拔高度与烟叶化学成分的相关分析[J]. 广西农业科学,2006(5): 537-539.

[2] 孙建锋,章新军,毕庆文,等. 河南烤烟主产区烟叶化学成分的比较分析[J]. 郑州轻工业学院学报, 2006(2): 40-43.

[3] 李强,李章海,陈琴,等. 我国主要烟区、主要烤烟品种烟叶钾含量分析[J]. 湖北农业科学,2006(4): 441-444.

[4] 周淑平,肖强,陈叶君,等. 不同生态地区初烤烟叶中重要致香物质的分析[J]. 中国烟草学报,2004,10(1): 9-16.

[5] Mendell S, Bourlas E C, DeBardleben M Z, et al. Factors Influencing Tobacco Leaf Quality an Investigation of the Literature [J]. Beitrage zur Tabakforschung International, 1984, 12(3): 153-167.

[6] Cambell J S. Trends in tobacco leaf usability[J]. Beitrage zur Tabakforschung Int, 1995, 16(4): 185-195.

[7] Hasebe H, Suhara S. The Quality Estimation of Different Tobacco Types Examined by Headspace Vapor Analysis[J]. Beitrage zur Tabakforschung International, 1999, 18(5): 214-222.

[8] Zhu X L, Su Q D, Cai J B, et al. Optimization of microwave-assisted solvent extraction for volatile organic acids in tobacco and its comparison with conventional extraction methods [J]. Analytica Chimica Acta, 2006, 579(1): 88-94.

[9] Zhou H Y, Liu C Z. Rapid determination of solanesol in tobacco by high-performance liquid chromatography with evaporative light scattering detection following microwave-assisted extraction [J]. Journal of Chromatography B-Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences, 2006, 835(1/2): 119-122.

[10] Yang W Z, Yang G Y, Hu Q F, et al. Determination of heavy metal ions in tobacco and tobacco additives[J]. South African Journal of Chemistry-Suid-Afrikaanse Tydskrif Vir Chemie, 2006,59: 17-20.

[11] Simonovska B, Srbinoska M, Vovk I. Analysis of sucrose esters - insecticides from the surface of tobacco plant leaves[J]. Journal of Chromatography A, 2006, 1127(1/2): 273-277.

[12] 杨虹琦,周冀衡,邵岩,等. 不同产地烤烟叶中绿原酸和芸香苷的含量分析[J]. 天然产物研究与开发, 2006(4): 670-673.

[13] 王东山,彭黔荣,杨再波,等. 不同地区不同等级复烤烟叶中重要致香物质的分析比较[J]. 香料香精化妆品, 2005(6): 14-18.

[14] Huang L F, Zhong K J, Sun X J, et al. Comparative analysis of the volatile components in cut tobacco from different locations with gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) and combined chemometric methods [J]. Analytica Chimica Acta, 2006, 575(2): 236-245.

[15] 杨虹琦,周冀衡,杨述元,等. 不同纬度烟区烤烟叶中主要非挥发性有机酸的研究[J]. 湖南农业大学学报,2005(3): 281-284.

[16] 赵大云,丁霄霖. 雪里蕻腌菜卤汁中有机酸成分气相色谱分析[J]. 上海交通大学学报,2003(3): 220-225.

[17] 白长敏,钟科军,黄建国,等. 高效液相色谱-二极管阵列检测同时测定烟草中多酚类[J]. 分析化学,2006(11): 1619-1621.

[18] 李炎强,郝建辉,赵明月,等. 烤烟烟梗和叶片中性香味成分的分析[J]. 烟草科技,2002(11):3-6.

《烟草科技》2010年第2期目次

·烟草工艺	HPLC-MS/MS检测卷烟主、侧流烟气中的杂环胺
烟丝结构对卷烟端部落丝量的影响	王海艳,赵 阁,谢复炜,等
..... 李善莲,申晓锋,李华杰,等	石墨炉原子吸收法测定烟用香精中的镉
不同叶丝分组干燥技术比较	刘秀彩
..... 王镇增,李春光,孙 觅,等	烟蒂醋酸纤维在离子液体[AMIM]Cl中的溶解与回收
·设备与仪器 周雅文,邓 宇,尚海萍
卷烟厂生产车间冷却塔冬季供冷节能技术研究	废次烟叶中绿原酸的提取与分离
..... 陈华平,邵征宇 古君平,魏万之
旋转箱法卷烟端部落丝多组测量设备的设计应用	·烟草农学
..... 张 勍,赵继俊,吴晓松,等	气候和土壤及其互作对烟叶物理性状的影响
YB45圆角包装商标纸预折叠系统的设计应用 彭新辉,邓小华,易建华,等
..... 刘恒俊,李培波	采收方式和时期对部位间白肋烟生物碱含量差异的影响
GDX1包装机铝箔纸自动拼接系统的设计应用 史宏志,王德宝,杨兴有,等
..... 刘贺阳,张建勋,孙天发,等	方城县植烟土壤主要养分的空间分布格局
·烟草化学 王建伟,张艳玲,薛超群,等
丙三醇和丙二醇热裂解生成羰基化合物研究	
..... 舒俊生,徐志强,瞿先中,等	