

# 基于 PLSR 分析常规化学成分对市售卷烟 感官品质的影响

Influence of routine chemical components on sensory quality of commercial  
cigarettes using partial least square regression

沈 宁<sup>1</sup> 赵 娟<sup>1</sup> 于静洋<sup>1</sup> 夏书芹<sup>1</sup> 张晓鸣<sup>1</sup>

SHEN Ning<sup>1</sup> ZHAO Juan<sup>1</sup> YU Jing-yang<sup>1</sup> XIA Shu-qin<sup>1</sup> ZHANG Xiao-ming<sup>1</sup>

郭 磊<sup>2</sup> 苏加坤<sup>2</sup> 邵灯寅<sup>2</sup> 蔡继宝<sup>2</sup>

GUO Lei<sup>2</sup> SU Jia-kun<sup>2</sup> SHAO Deng-yin<sup>2</sup> CAI Ji-bao<sup>2</sup>

(1. 江南大学食品学院, 江苏 无锡 214122; 2. 江西中烟工业有限责任公司, 江西 南昌 330000)

(1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China;

2. Tobacco Jiangxi Industrial Co., Ltd., Nanchang, Jiangxi 330000, China)

**摘要:**为研究常规化学成分对市售卷烟感官品质特征的影响,采用偏最小二乘回归法(partial least square regression, PLSR)分析常规化学指标总糖、还原糖、烟碱、总氮等与卷烟感官品质的相关性。结果表明:总糖、还原糖、糖碱比与舒适感所有指标呈正相关;烟碱、总氮、钾与卷烟的舒适感特性呈负相关;钾氯比与口腔刺激/舌部灼烧和口腔残留/干燥感呈显著正相关。在卷烟的烟气特性中,总糖、还原糖、糖碱比与大部分烟气特性指标呈正相关;烟碱与丰富性呈显著负相关,与劲头呈显著正相关;钾氯比与杂气呈显著正相关。

**关键词:**卷烟;感官品质;化学成分;偏最小二乘回归法

**Abstract:** The Partial Least Square Regression (PLSR) analysis was used to study the influences of routine chemical components, such as total sugar, reducing sugar, nicotine, total nitrogen etc. on cigarette sensory quality. The results showed that there were positive correlations between total sugar, reducing sugar and the ratio of sugar to nicotine and most comfort characteristic. Nicotine, total nitrogen and potassium had negative influences on tobacco comfort characteristics. There were significantly positive correlations between the ratio of potassium to chlorine and irritation or tongue burning, oral coating or oral dryness. There were positive correlations between total sugar, reducing sugar and the ratio of sugar to nicotine and most smoke

characteristics. There was a significantly negative correlation between nicotine and richness with a significantly positive correlation between nicotine and impact. The ratio of potassium to chlorine had a significantly positive influence on off-taste.

**Keywords:** cigarettes; sensory quality; routine chemical components; PLSR

烟叶化学成分含量是感官评吸质量的基础,从种植到加工的整个过程,烟草内部一直进行着各种化学反应,不同化学成分间有复杂的相关性<sup>[1-7]</sup>;而且感官质量指标间也存在固有联系,评吸者在感官评吸过程中存在主观判断<sup>[8]</sup>,很难准确分析单一化学成分对感官质量指标的具体影响,采用一定的相关性分析就可以较好地做到这一点<sup>[9]</sup>。

目前有关卷烟化学成分与感官质量的相关性分析已有较多研究,常爱霞等<sup>[10]</sup>对中国 15 个省及部分进口烟叶样品化学成分指标与感官质量指标间进行了简单相关分析,结果表明,总氮、烟碱、总糖、两糖差、有机钾、还原糖、糖碱比等化学成分指标均与总体感官质量呈显著或极显著的相关关系。张晓明<sup>[11]</sup>对烤烟烟叶的 35 个主要化学指标检测数据和感官舒适度评价数据进行的分析与验证表明:烤烟烟碱这一化学成分在不同的样本量情况下均表现出与感官舒适度指标具有稳定的高度相关性,可作为评价其感官舒适度的关键化学指标。王小翠等<sup>[12]</sup>研究发现总糖、还原糖含量与评吸得分呈极显著正相关,烟碱、总氮、蛋白质含量与评吸得分呈极显著负相关。过伟民等<sup>[13]</sup>应用典型相关分析得出质体色素和多酚与浓香型特色烟叶的感官评吸质量,尤其是与香气品

**基金项目:**江西中烟工业有限责任公司技术创新项目(编号:赣烟工  
科计 2013-05)

**作者简介:**沈宁(1991-),女,江南大学在读硕士研究生。

E-mail:shenningvip@163.com

**通讯作者:**张晓鸣,蔡继宝

**收稿日期:**2015-10-23

质关系密切。最近,喻奇伟等<sup>[14]</sup>指出毕节产区烟叶糖碱比在4.00~28.00,烟叶糖碱比与除燃烧性外的感官品质指标呈极显著的回归关系。

PLSR<sup>[15]</sup>是瑞典化学家S. Wold教授提出的被称为第二代回归分析的偏最小二乘回归,是一种新型多元统计分析方法。它是多元线性回归、典型相关分析和主成分分析的有机结合<sup>[16]</sup>,较传统的回归分析、主成分回归具有更大的优势,从而使模型精度、稳健性、实用性都得到提高。目前,PLSR已经得到了广泛的应用<sup>[17-22]</sup>。

常规化学成分对卷烟感官品质有重要影响。目前有关常规化学成分与感官品质关系的分析已有许多研究<sup>[10-14]</sup>,但是对于内在质量评价系统的研究却不多,且多停留在简单的相关分析与聚类分析,不足以反映各种常规成分对内在质量的综合作用。因此,本试验拟采用PLSR分析常规化学成分与卷烟感官品质特征的关系,研究单一的化学成分对具体感官品质特征指标的影响,以期为卷烟品牌配方的调整或生化处理以及卷烟的质量控制提供科学参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

10种市售成品卷烟:江西中烟工业有限责任公司。

### 1.2 试验方法

1.2.1 感官品质评价 调节卷烟样品的水分,制备样品,参照GB/T 16447—2004。感官评吸由9名省级以上卷烟感官评吸专家完成。按10分标度制,对各卷烟样品的品质特征进行评分,评分标准见文献<sup>[23]</sup>中的表1。取平均值作为各感官评价指标得分,保留两位小数。

#### 1.2.2 常规化学成分测定

(1)水分的测定:按YC/T 31—1996《烟草及烟草制品试样的制备和水分测定 烘箱法》执行。

(2)总糖、还原糖的测定:按YC/T 251—2008《烟草及烟草制品 葡萄糖、果糖、蔗糖的测定 离子色谱法》执行。

(3)总植物碱的测定:按YC/T 160—2002《烟草及烟草

制品 总植物碱的测定 连续流动法》执行。

(4)总氮的测定:按YC/T 161—2002《烟草及烟草制品总氮的测定 连续流动法》执行。

(5)钾的测定:按YC/T 217—2007《烟草及烟草制品钾的测定 连续流动法》执行。

(6)氯的测定:按YC/T 162—2002《烟草及烟草制品 氯的测定 连续流动法》执行。

1.2.3 数据分析 采用偏最小二乘回归(PLSR)法以常规化学成分为X变量,以感官指标为Y变量对卷烟感官品质与常规化学成分进行相关性分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 感官品质特征分析

感官品质特征共包含12个指标,各指标得分见表1,其中总分为所有指标得分的总和。

由表1可知,总分较低的样品2、3、4、9、10的各感官指标都较低,总分较高的其余样品的各感官指标得分也都较高,说明品质特征各指标之间具有一定的协调性。

### 2.2 常规化学成分分析

常规化学成分及协调性指标,见表2。

一般认为,水溶性总糖和还原糖的含量是体现烟草优良品质的指标,是烟草化学分析的重要项目之一<sup>[24]</sup>。样品1和6的总糖和还原糖含量都较高(见表2),它们的感官品质也较好(见表1)。在一定范围内,烟碱含量越高,吸食者越会得到更大满足,若烟碱含量低则劲头小,吸食淡而无味;但烟碱含量过高,刺激性增强,产生辛辣味,则不利于卷烟抽吸品质。因此,烟碱含量要与其他类型化合物保持平衡协调比例,才能产生好的总和品质,特别是水溶性糖与烟碱的比例(糖碱比)常用来评价烟质的劲头和舒适度。目前,关于不同烤烟糖碱比和氮碱比的差异性分析较多,但关于卷烟产品相关报道较少<sup>[25-27]</sup>。通过PLSR分析常规化学成分和协调性指标与卷烟感官品质的相关性,可以更好地研究化学指标对卷烟抽吸品质的影响。

表1 10个卷烟样品的感官品质特征得分

Table 1 Sensory scores of 10 kinds of cigarettes

样品	口腔刺激/ 舌部灼烧	口腔残留/ 干燥感	收敛	喉部刺激	喉部干燥	鼻腔刺激	香气	丰富性	细腻/柔 和/圆润	杂气	烟气浓度	劲头	总分
样品1	8.12	8.22	7.92	8.22	8.09	8.11	8.41	8.00	8.11	8.21	8.10	5.10	94.61
样品2	8.21	8.11	7.58	7.39	8.09	7.41	7.88	7.43	8.08	7.92	7.60	5.42	91.12
样品3	7.39	7.12	6.57	7.03	7.07	7.38	6.87	6.83	7.25	6.95	8.12	5.43	84.01
样品4	7.01	6.38	6.38	6.87	6.85	7.23	7.12	7.08	6.87	6.99	8.11	5.03	81.92
样品5	8.21	8.11	8.42	8.12	8.21	8.48	8.08	9.02	7.98	7.28	7.81	4.92	94.64
样品6	8.09	8.22	7.94	8.19	8.02	8.03	8.38	8.39	8.91	8.01	8.01	4.98	95.17
样品7	7.90	8.12	8.58	8.21	8.10	8.42	9.13	7.92	7.79	8.03	7.92	5.47	95.59
样品8	7.88	8.11	8.61	8.11	7.93	8.47	7.99	7.90	8.51	8.01	8.03	4.99	94.54
样品9	8.01	8.07	6.81	7.08	7.09	8.11	8.12	8.01	7.89	7.99	6.98	4.98	89.14
样品10	7.49	6.89	6.79	7.04	8.03	8.09	8.02	7.50	7.52	7.01	8.11	5.03	87.52

表 2 10 个卷烟样品常规化学成分含量和协调性指标

Table 2 The content of the routine chemical compounds and coordination indexes of 10 kinds of cigarettes

样品	总糖/%	还原糖/%	烟碱/%	总氮/%	钾/%	氯/%	糖碱比	钾氯比
样品 1	26.47	25.54	2.29	2.62	2.13	0.49	11.58	4.35
样品 2	24.27	22.43	2.46	2.60	2.26	0.44	9.85	5.16
样品 3	22.61	21.35	2.41	2.62	2.43	0.78	9.36	3.11
样品 4	21.31	20.30	2.27	2.66	2.57	0.65	9.38	3.98
样品 5	22.27	21.19	1.98	2.66	2.33	0.53	11.23	4.40
样品 6	24.83	22.99	2.13	2.31	2.41	0.42	11.64	5.72
样品 7	23.71	22.04	2.09	2.34	2.53	0.61	11.35	4.17
样品 8	24.20	22.43	2.27	2.41	2.33	0.67	10.65	3.49
样品 9	23.53	21.89	2.19	2.72	2.36	0.49	10.74	4.84
样品 10	21.76	19.55	2.33	2.71	2.12	0.81	9.35	2.62

## 2.3 常规化学成分与卷烟感官品质的相关性分析

2.3.1 PLS2 相关性分析 为了方便分析,对各指标进行编号,见表 3。

表 3 化学指标与感官指标编号

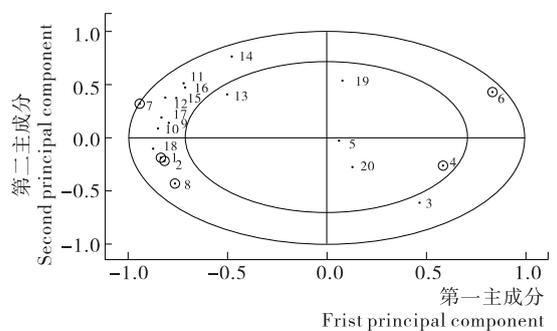
Table 3 The numbers of chemical indexes and sensory indexes

编号	指标	编号	指标
1	总糖	11	收敛
2	还原糖	12	喉部刺激
3	烟碱	13	喉部干燥
4	总氮	14	鼻腔刺激
5	钾	15	香气
6	氯	16	丰富性
7	糖碱比	17	细腻/柔和/圆润
8	钾氯比	18	杂气
9	口腔刺激/舌部灼烧	19	烟气浓度
10	口腔残留/干燥感	20	劲头

为了进一步考察常规化学成分对卷烟品质的影响,以常规化学成分和协调性指标(总糖、还原糖、烟碱、总氮、钾、氯、糖碱比、钾氯比)为自变量(X)。以 12 个品质特征指标为因变量(Y),运用 PLS2(多因变量)对化学成分指标和品质特征指标进行相关性分析,见图 1。

根据交叉有效性得到的最优主成分个数为两个,它们累积提取了 X 变量 58% 的信息。由图 1 可知,喉部刺激、细腻/柔和/圆润、杂气、香气、烟气浓度等品质特征变量位于两个圆环之间,可以很好地被化学变量解释。

PC1(第一主成分)所解释的变量中,品质特征指标大部分都位于相关载荷图(loading plot)的左侧,也说明了品质特征的各指标的协调性;根据 PC1,常规化学成分分成了两部



两个圆环分别代表了 50% 和 100% 的解释方差

图 1 常规化学成分和感官品质特征的偏最小二乘回归 PLSR2 分析

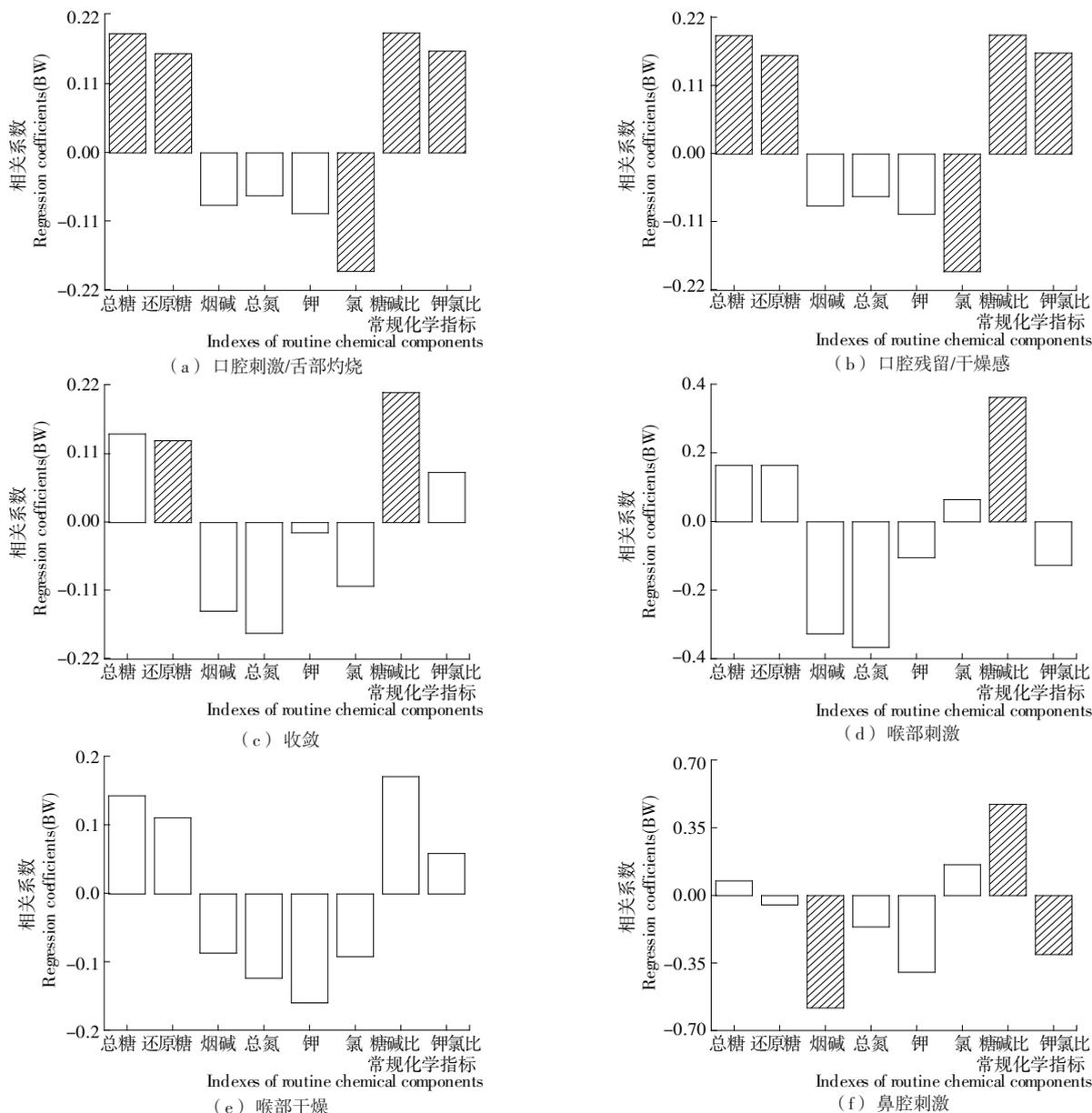
Figure 1 The correlation loadings plot between the chemical compounds and sensory characteristics based on Partial Least Squares Regression(PLSR)

分,总糖、还原糖、糖碱比、钾氯比在左侧,利于卷烟的感官品质;氯、烟碱、总氮等在右侧,较不利于卷烟感官品质。

2.3.2 PLS1 贡献性分析 PLS2 的分析反映的是化学指标对感官品质的整体影响,为研究常规化学成分对感官品质特征各指标的具体影响,运用 PLS1(单因素)贡献性分析找出各化学指标与具体感官指标的相关性。

(1) 常规化学成分对舒适感特征的贡献性分析:以化学指标总糖、还原糖、烟碱、总氮、氯等为自变量(X),分别以舒适感各指标为因变量(Y)进行了 PLS1 分析,见图 2。

由图 2 可知:总糖、还原糖和糖碱比与舒适感特性指标的回归系数都大于零,说明这 3 个指标与舒适感特征指标都呈正相关,且糖碱比与舒适感特性指标(除了喉部干燥)都呈显著正相关,总糖、还原糖与部分舒适感特征指标呈显著相关性。说明糖碱比对卷烟抽吸品质影响较大,提高糖碱比可提高卷烟抽吸舒适性。这是因为水溶性糖,特别是其中的还原性糖,在卷烟燃吸能产生酸性反应,抑制烟气中碱性物质的碱性,使烟气的酸碱平衡适度,降低刺激性。



斜杠柱形图表示显著相关,即  $P < 0.05$

图2 常规化学指标对舒适感特性各指标的贡献性分析

Figure 2 The contribution analysis of routine chemical compounds on each index of comfort characteristics

烟碱、总氮、钾与舒适感特征指标的回归系数都小于零,说明这3个指标与舒适感特征指标都呈负相关,其中烟碱与鼻腔刺激呈显著负相关。氯与口腔刺激/舌部灼烧和口腔残留/干燥感的相关系数都小于零,说明钾与这两个感官指标呈负相关,且氯与二者都呈显著负相关。同样,由图2(a)和(b)可判断出协调性指标钾氯比与口腔刺激/舌部灼烧和口腔残留/干燥感呈显著正相关,而钾、氯都与舒适感特性指标都呈负相关,说明卷烟感官品质受钾、氯的综合影响。

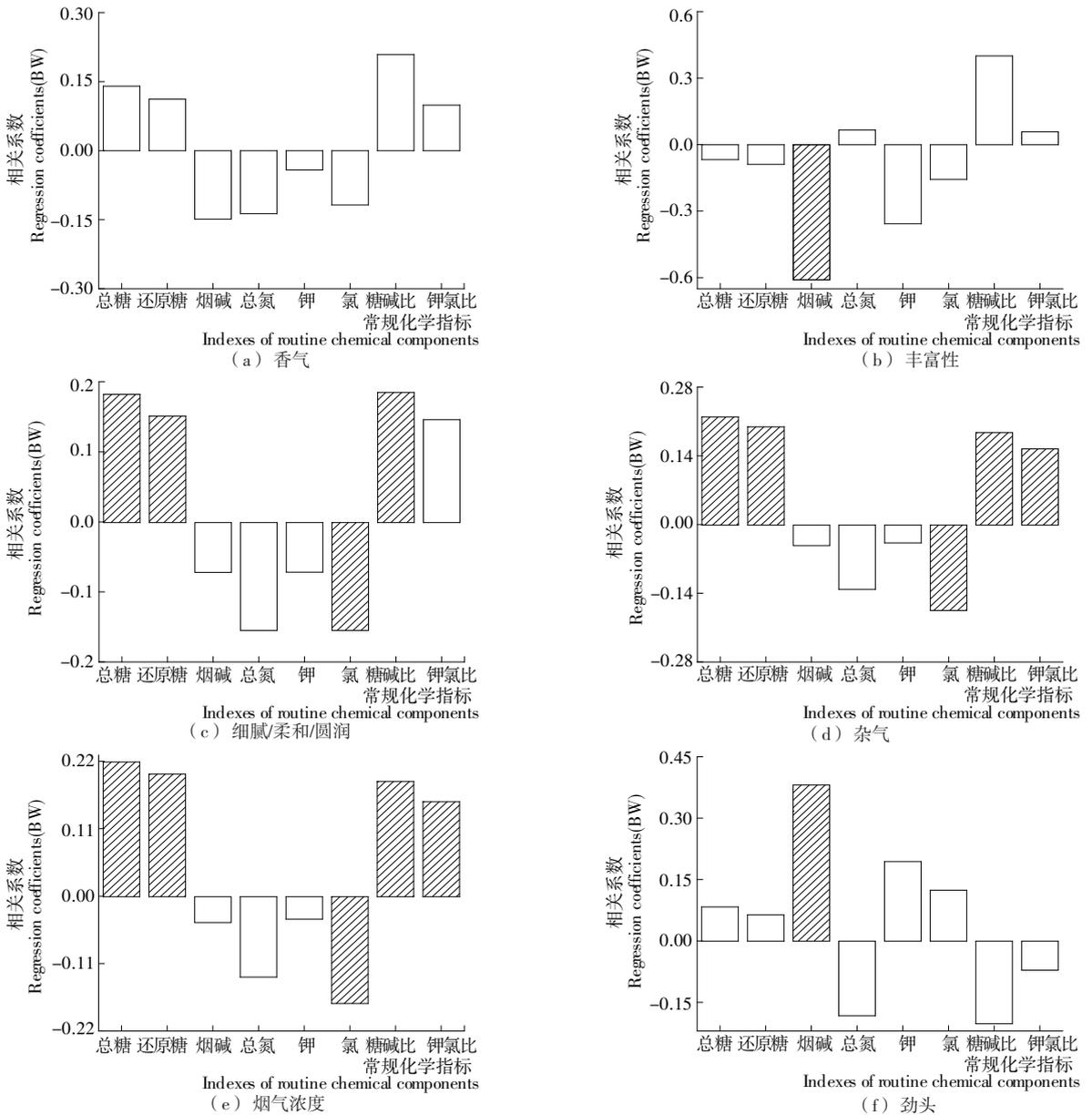
结合2.1和2.2可知,舒适感指标得分较高的样品1、5、6、7、8的总糖、还原糖和糖碱比也都较高。钾氯比最高的样品6,其口腔刺激/舌部灼烧和口腔残留/干燥感指标的得分也较高。

糖、还原糖、烟碱、总氮、氯等为自变量(X),分别以烟气特征各指标为因变量(Y)进行了PLS1分析,见图3。

由图3可知:与舒适感特征指标相似,大部分烟气特征指标与总糖、还原糖和糖碱比都呈正相关关系,其中,总糖、还原糖、糖碱比与细腻/柔和/圆润和杂气呈显著正相关。这可能是因为烟叶在加热及烟支燃吸过程中,单独热解形成多种香气物质,产生令人愉快的香气,掩盖其他物质产生的杂气。另外,烟碱与丰富性呈显著负相关,与劲头呈显著正相关。钾氯比与杂气呈显著正相关。

结合2.1和2.2可知,烟气特征指标得分较高的样品1、5、6、7、8的总糖、还原糖和糖碱比也都较高。劲头最大的样品2,其烟碱含量也最大。钾氯比较高的样品6,其杂气得分也较高。

(2) 常规化学成分对烟气特征的影响:以化学指标总



斜杠柱形图表示显著相关,即  $P < 0.05$

图 3 常规化学指标对烟气特性各指标的贡献性分析

Figure 3 The contribution analysis of routine chemical compounds on each index of smoke characteristics

### 3 结论

通过 PLSR 法,明确了影响成品卷烟感官品质特征的关键常规化学成分。与糖有关的 3 个指标总糖、还原糖、糖碱都与舒适感指标呈正相关;烟碱、总氮、钾、氯则不利于卷烟的舒适感。另外,降低钾氯比可减少口腔刺激和口腔残留。建立了品质特征和卷烟常规化学指标的构效关系。在此构效关系的指导下,进行加料配方的调整或生化处理,可针对性地调控卷烟化学组成,并为卷烟品牌的建立与维护及卷烟的质量控制提供科学参考。另外,在对卷烟品质进行评价时,通过对常规化学成分的测定,可在一定程度预判卷烟的品质。

#### 参考文献

1 周恒,许自成,毕庆文,等. 醇化过程中烤烟片烟主要化学成分

与中性致香成分的变异分析[J]. 江西农业学报, 2009, 21(4): 1~5.

2 施丰成,戴亚,龙君,等. 烤烟烟叶常规化学成分与多元酸的相关分析[J]. 中国烟草科学, 2010, 31(1): 56~59, 64.

3 殷全玉,王霞,杨铁钊,等. 叶面分泌物和中性香气物质在不同烤烟品种(系)和地区间的变化及其与常规化学成分的关系[J]. 中国烟草学报, 2010, 16(3): 17~23.

4 赵会纳,向章敏,周淑平,等. 贵州烤烟常规化学成分与中性香气物质的相关分析[J]. 西南农业学报, 2012, 25(3): 856~863.

5 王超,胡战军,孙曙光,等. 河南省烤烟常规化学成分与烟叶有机酸含量关系分析[J]. 江西农业学报, 2012, 24(10): 88~90, 94.

6 杜咏梅,张怀宝,付秋娟,等. 烤烟非挥发有机酸、高级脂肪酸与其他成分及其感官品质的关系[J]. 烟草科技, 2011(6): 29~34.

- 7 龙章德, 林顺顺, 田兆福, 等. 烟草多酚类化合物对卷烟品质的影响[J]. 食品与机械, 2013, 29(6): 41~44.
- 8 龙章德, 林顺顺, 田兆福, 等. 基于电子鼻分析的原料烟叶鉴别[J]. 食品与机械, 2013, 29(4): 35~39.
- 9 程传玲, 唐琦, 汪文良, 等. 烤烟常规化学成分与感官质量的典型相关分析[J]. 贵州农业科学, 2011(1): 59~61.
- 10 常爱霞, 杜咏梅, 付秋娟, 等. 烤烟主要化学成分与感官质量的相关性分析[J]. 中国烟草科学, 2009, 30(6): 9~12.
- 11 张晓明. 烟草主要化学指标与卷烟风格感官评价的修正复相关性分析[D]. 昆明: 云南财经大学, 2014: 28~32.
- 12 王小翠, 喻奇伟, 符云鹏, 等. 毕节烟区烤烟化学成分、感官质量及其相关性研究[J]. 河南农业科学, 2012, 41(6): 58~61, 64.
- 13 过伟民, 李伟观, 刘阳, 等. 烤烟类胡萝卜素含量与香气质量的关系[J]. 烟草科技, 2010(1): 51~55.
- 14 喻奇伟, 符云鹏, 李炜, 等. 毕节烟区烤烟糖碱比的区域分布特点及与感官品质的关系[J]. 烟草科技, 2015, 48(3): 14~18, 46.
- 15 王惠文. 偏最小二乘回归方法及其应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 1999: 1~5.
- 16 Shi Xian-zhong, Mehrooz Aspandiar, David Oldmeadow. Using hyperspectral data and PLSR modelling to assess acid sulphate soil in subsurface[J]. Journal of Soils and Sediments, 2014(14): 904~916.
- 17 Zhu Jian-cai, Chen Feng, Wang Ling-ying, et al. Comparison of aroma-active compounds and sensory characteristics of durian (*Durio zibethinus* L.) wines using strains of *saccharomyces cerevisiae* with odor activity values and partial least-squares regression[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2015, 63(7): 1 939~1 947.
- 18 Song Shi-qing, Tang Qi, Hayat Khizar, et al. Effect of enzymatic hydrolysis with subsequent mild thermal oxidation of tal-  
low on precursor formation and sensory profiles of beef flavors assessed by partial least squares regression[J]. Meat Science, 2014, 96(1): 191~1 200.
- 19 Karangwa Eric, Linda Virginie Raymond, Shabbar Abbas, et al. Temperature and cysteine addition effect on formation of sunflower hydrolysate Maillard reaction products and corresponding influence on sensory characteristics assessed by Partial Least Square Regression[J]. Food Research International, 2014(57): 242~258.
- 20 秦蓝, 李风华, 田怀香, 等. 鸡精调味料人工感官评价与电子鼻感官分析的相关性研究[J]. 食品与机械, 2014, 30(4): 11~13.
- 21 朱向荣, 李高阳, 苏东林, 等. 基于近红外光谱与组合间隔偏最小二乘法的稻米镉含量快速检测[J]. 食品与机械, 2015, 31(4): 43~46.
- 22 Song Shi-qing, Zhang Xiao-ming, Xiao Zuo-bing, et al. Contribution of oxidized tallow to aroma characteristics of beelike process flavour assessed by gas chromatography-mass spectrometry and partial least squares[J]. Journal of Chromatography A, 2012, 1 254: 115~124.
- 23 苏加坤, 罗娟敏, 徐达, 等. 基于PLSR分析蛋白质与淀粉对市售卷烟感官品质的影响[J]. 食品与机械, 2015, 31(5): 16~20.
- 24 刘仕民, 程传玲, 宋辉, 等. 烟草中水溶性总糖与还原糖的分析研究进展[J]. 广东化工, 2013, 40(21): 87~88.
- 25 吴彦辉, 薛立新, 许自成, 等. 断根结合生长素和钾肥施用对烤烟生长及糖碱比、有机钾指数的影响[J]. 生态学报, 2013, 33(18): 5 686~5 695.
- 26 陈胜利, 张玉林, 张占军, 等. 烤烟主产区烟叶糖碱比的变异分析[J]. 烟草科技, 2012(10): 73~76.
- 27 唐士军, 李东亮, 戴亚. 烤烟糖碱比和氮碱比的醇化预测模型研究[J]. 安徽农业科学, 2009(23): 10 835~10 837.

## 信息窗

## 水果保鲜: 乙烯信号“开关”找到

近日从北京大学获悉,该校生命科学学院郭红卫教授带领的研究团队在植物激素乙烯信号转导领域取得突破性进展,发现了由EIN2蛋白调控的新的乙烯信号转导机制。应用该成果,将可以人为控制乙烯信号“开关”,让植物抵御各种环境因素的胁迫,或延迟果实的成熟和农作物的衰老,为农业生产实践服务。相关研究成果在线发表于最新一期的《细胞》杂志。

植物激素乙烯因其具有促进香蕉、番茄等果实成熟的作用而为人们所熟知。植物自身可以产生乙烯,并用其调控诸如种子萌发、花与叶片的衰老和脱落、细胞的程序性死亡等生长发育过程。采摘后的果实会因产生大量的乙烯导致过熟从而大大缩短仓储期和货架期;不利天气因素和严重的病虫害会诱导农作物产生大量的乙烯进而导致早衰减产,这些都给农业生产带来很大的损失。

科学家经过20多年的研究,鉴定到了模式植物拟南芥中乙烯信号转导过程中的一些关键调控组分,其中,EIN2是植物响应乙烯的核心正调因子,其功能缺失会导致植物完全丧失乙烯反应,这是目前已知的唯一的单基因缺失突变导致乙烯完全不敏感的突变体。自EIN2基因于1999年被克隆以来,人们一直想知道定位于内质网膜的EIN2蛋白是如何调控乙烯信号转导的。

郭红卫团队的研究发现EIN2蛋白在细胞质中的一项新功能,并揭示了一条新的乙烯信号转导通路。同时,他们的研究成果在植物信号转导领域第一次表明mRNA的3'UTR非编码区像一个“感受器”感知上游信号并向下传递,对植物学的研究具有重要的启发意义。

(来源:www.cifst.org.cn)