

# 基于化学成分含量评判信阳红茶质量等级方法研究

陈 义<sup>1,2</sup>

(1. 信阳农林学院茶学系, 信阳市茶产业基础研究重点实验室, 信阳 464000;

2. 安徽省大别山区农林特色产业协同创新中心, 合肥 230088)

**摘 要:** 采用主成分分析(principal components analysis, PCA)法, 对测定的信阳群体种原料加工的不同嫩度、不同等级 10 份信阳红茶样品中 11 个化学成分进行分析。构建了基于信阳红茶化学成分含量的质量评价模型:  $F=0.29181F_1+0.23078F_2+0.13092F_3+0.13468F_4+0.07793F_5$ , 通过感官审评方法对模型预测结果进行检验。结果显示两种评判方法结果具有一致性, 为依据化学成分含量划分信阳红茶质量等级提供了参考。

**关键词:** 信阳红茶; 主成份分析; 化学成分; 质量评判

中图分类号: S571.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2015)01-0022-05

## The quality evaluation of Xinyang black tea based on the chemical compositions

Chen Yi<sup>1,2</sup>

(1. Tea Department, Xinyang College of Agriculture and Forestry, Key Laboratory of Basic Research in Xinyang Tea Industry, Xinyang 464000;

2. Collaborative Innovation Center of Characteristic Agriculture and Forestry Industries in Dabie Mountain Area, Hefei 230088)

**Abstract:** Chemical components of ten teas made from tea leaves of different tenderness, varieties, and seasons were analyzed. After data analysis using principal component analysis (PCA), a mathematic model was deduced based on the chemical quality evaluation:  $F=0.29181F_1+0.23078F_2+0.13092F_3+0.13468F_4+0.07793F_5$ . The model was tested using the visual evaluation method. Two methods generated the same evaluation result for the same tea samples. It provides a reference for the quality evaluation of Xinyang black tea based on the chemical compositions.

**Key words:** Xinyang black tea; principal component analysis; chemical components; quality evaluation

从 2010 年开始, 信阳茶叶在信阳毛尖之外, 又添一成员“信阳红”, 经过茶界工作者不断地努力, 信阳红形成“条索紧细、干茶色泽乌润、金毫显露, 内质: 汤色红艳明亮、香气浓郁高长、有板栗香、有蕴藏鲜花香气, 滋味浓厚鲜爽, 叶底红艳明亮高品质的信阳红沿杯壁有明亮的黄金圈”<sup>[1]</sup>的稳定品质。目前, 信阳红的感官审评主要参照《红茶国家标准》(GB/T13738.2-2008), 根据标准中“中小叶工夫红茶各等级的感官品质要求”可将信阳红分成 6 个等级, 但感官审评具有一定的主观性, 受审评环境、审评员等众多因素影响, 往往同一批茶样在不同的环境下审评结果不一样, 给样品定级带来一定的困难。

主成分分析 (或称主分量分析)是一种通过

降维技术把多个变量化为少数几个主成分(即综合变量)的统计方法。该方法被很多学者应用于茶叶香气物质分析, 尚未见利用主成分分析法对“信阳红”化学成分进行分析的报道。笔者采用主成分分析法对由信阳群体种所制的不同嫩度、不同等级 10 份“信阳红”茶样品的主要化学成分进行测定分析, 构建信阳红茶化学成分质量数学评价模型, 并利用感官审评进一步对模型评价结果进行检验, 结果显示两种评价方法结果具有很好的一致性, 表明构建的评价模型在信阳红茶等级划分方面, 具有一定的实际指导意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

**1.1.1 材料与试剂** 茶样由信阳毛尖集团提供: 由

信阳群体种所制的不同嫩度、不同等级的 10 份“信阳红”茶叶样品。

主要试剂: 碱式乙酸铅;  $4.5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  硫酸; 茚三酮; pH 8.04 的磷酸盐缓冲溶液; 1% 香荚兰素盐酸溶液; 70% 甲醇溶液; 10% 福林酚试剂; 没食子酸标准溶液; 1% 邻苯二酚; 无灰滤纸, 乙酸乙脂, 95% 乙醇, 饱和草酸; 2.5% 碳酸氢钠 (以上药品均为化学纯)。

**1.1.2 设备与仪器** 主要设备: SHZ-DIII 循环水真空泵(巩义市予华仪器有限责任公司); UV-759 紫外可见分光光度计(上海精科); DRZ-12 型箱式电阻炉(天津市华北实验仪器有限公司); 800 型离心沉淀器(上海手术器械厂); 电子天平(上海菁海仪器有限公司, 感量 0.0001g)。

## 1.2 试验方法

**1.2.1 感官审评方法** 审评方法: 参照 GB/T23776-2009 中工夫红茶审评方法: 3 g 茶样, 150 mL 水, 4 min, 外形 (25 分)、汤色 (10 分)、香气 (25 分)、滋味 (30 分)、叶底 (10 分), 由于茶叶外形主要是加工过程形成的, 与茶叶化学成分关系不大, 所以本实验主要从汤色、香气、滋味、叶底 4 因子对 10 个样品进行感官评审, 总共 75 分, 得分越高, 茶叶品质越好, 由 3 位评茶员对 10 个茶样进行平行感官审评打分, 取其平均值<sup>[2-3]</sup>。

**1.2.2 主要化学成分的测定方法** 水浸出物的测定: GB/T8305-2002《茶-水浸出物的测定》全量法; 游离氨基酸的测定: GB/T8314-2002《茶-游离氨基酸总量测定》茚三酮比色法; 咖啡碱的测定: GB/T8312-2002《茶-咖啡碱测定》紫外分光光度法; 儿茶素的测定: 儿茶素总量的快速测定---香荚兰素比色法; 茶多酚的测定: GB/T8313-2008《茶-茶多酚的测定》福林酚显色法; 茶黄素、茶红素、茶褐素的测定: 分光光度法<sup>[4]</sup>。

## 1.3 数据处理

主成分分析 (principal component analysis, PCA), 将多个变量通过线性变换以选出较少个数重要变量的一种多元统计分析方法。又称主分量分析<sup>[5-6]</sup>。

主成分的提取: 将  $N$  个样本的  $X$  个变量, 通过 spss19.0 处理, 提取出  $K$  个主成分 ( $K < X$ ),  $K$  个主成分的累积方差贡献率将要在 80% 以上, 即  $K$  个主成分能够反映样本的 80% 以上的信息。

本试验  $N=10$  个样本, 每个样本  $X=11$  个变量, 主成分  $F_i$  的表达式:  $F_i=A_{1i}X_1+A_{2i}X_2+\dots+A_{11i}X_{11}$  ( $i=1\sim K$ ), 在该因子模型中:  $A_{1i}, A_{2i}, A_{3i}, A_{4i},$

$A_{5i}, A_{6i}, A_{7i}, A_{8i}, A_{9i}, A_{10i}$  和  $A_{11i}$  叫做因子载荷, 即第  $i$  个主成分在对应的  $X$  变量上的负荷。

以不同主成分特征值的方差贡献率  $B_i$  ( $i=1, 2, \dots, K$ ) 为加权系数, 利用综合评价函数  $F=B_1F_1+\dots+B_KF_K$  计算各样本得分, 然后根据得分对各个茶样的化学成分质量进行排序评价。  $F$  的绝对值越大, 茶叶化学成分质量越好。

## 2 结果与分析

### 2.1 信阳红化学成分组成

按试验方法 1.2.2 对 10 份茶样进行测定分析, 结果如表 1。参照中华人民共和国国家标准 GB/T13738.22008 中对红茶---工夫红茶的感官和生化成分规定的标准: 含水量  $\leq 7.0\%$ , 总灰分  $\leq 6.5\%$ , 中小叶工夫类水浸出物  $\geq 32\%$ , 生产信阳红鲜叶原料均属于中小叶类, 所以所选 10 个茶样符合标准中对红茶-工夫红茶的各项规定<sup>[3]</sup>。

### 2.2 主成分分析法对信阳红的主化学成分提取及模型构建

利用 SPSS 19.0 对表 1 中数据进行相关性分析和主成分提取, 得结果如表 2~表 4。

**2.2.1 信阳红茶样化学成分指标间相关矩阵** 由表 2 可见, 样品化学成分指标间, 存在不同的相关度, 氨基酸和茶多酚间呈极显著相关, 茶黄素和茶褐素间呈极显著相关; 水浸出物、茶褐素和水溶性灰分间呈显著相关, 茶黄素、灰分和茶红素间呈显著相关, 氨基酸、茶多酚和咖啡碱间呈显著相关。根据各指标间相关性可知, 各变量在反映信阳红茶叶品质的信息上有一定重叠。即本实验适合主成分分析。

**2.2.2 主成分提取** 对信阳红化学成分指标进行主成分分析结果显示 (表 3), 第 1 个主成分特征值 3.210, 方差贡献率 29.18%, 即第 1 个主成分反应样品 29.18% 的信息; 第 2 个主成分特征值 2.539, 方差贡献率 23.08%, 即第 2 个主成分反应样品 23.08% 的信息; 第 3 个主成分特征值 1.529, 方差贡献率 13.902%, 即第 3 个主成分反应样品 13.90% 的信息; 第 4 个主成分特征值 1.481, 方差贡献率 13.47%, 即第 4 个主成分反应样品 13.47% 的信息; 第 5 个主成分特征值 0.857, 方差贡献率 7.79%, 即第 5 个主成分反应样品 7.79% 的信息, 即前 5 个主成分反应样品 87.42% 的信息, 因此选前 5 个主成分对信阳红化学成分质量进行分析。

**2.2.3 信阳红化学成分质量评价模型的构建** 各主成分特征向量表示该主成分对该因子所能反应的程度, 数值的绝对值越大, 对该因子反应程度越高。

由表 4 可见：主成分  $F_1$  在各因子变量含水量、水浸出物、灰分、水溶性灰分、氨基酸、咖啡碱、儿茶素、茶多酚、茶黄素、茶红素、茶褐素上的载荷分别是  $-0.046$ 、 $-0.535$ 、 $0.614$ 、 $0.763$ 、 $0.024$ 、 $0.120$ 、 $-0.137$ 、 $0.319$ 、 $0.835$ 、 $0.648$  和  $0.843$ ，所以  $F_1$  主

要反应水浸出物、灰分、水溶性灰分、茶黄素、茶红素、茶褐素等化学成分在茶叶品质上所反应信息， $F_1$  表达式如下： $F_1 = -0.046X_1 - 0.535X_2 + 0.614X_3 + \dots + 0.835X_9 + 0.648X_{10} + 0.842X_{11}$

表 1 10 份“信阳红”茶样化学成分  
Table 1 The list of chemical composition of Xinyang black tea

样品 Sample	化学成分/% Chemical component				
	含水量 Water content	水浸出物 Water leaching	灰分 Ash	水溶性灰分 Water-solubility ash	氨基酸 Amino acid
No.1	5.58	36.37	6.24	56.98	2.56
No.2	6.01	38.38	5.74	53.12	2.89
No.3	5.75	43.07	5.39	52.13	3.67
No.4	5.79	32.34	5.72	57.52	3.52
No.5	6.63	36.34	5.54	58.12	3.97
No.6	6.66	33.26	5.39	55.84	2.83
No.7	5.12	35.92	5.69	59.93	3.49
No.8	6.46	38.20	6.01	55.74	3.38
No.9	6.67	37.46	5.13	51.46	3.23
No.10	4.99	37.50	5.44	51.29	3.46

  

样品 Sample	化学成分/% Chemical component					
	咖啡碱 Caffeine	儿茶素 Catechin	茶多酚 Polyphenols	茶黄素 Theaflavin	茶红素 Thearubigins	茶褐素 Theabrownin
No.1	2.32	1.59	18.01	0.18	3.40	7.58
No.2	2.44	2.49	20.80	0.32	4.53	8.60
No.3	2.96	2.59	21.20	0.16	2.67	7.76
No.4	2.94	1.72	21.10	0.28	4.19	9.37
No.5	2.70	1.59	21.40	0.20	3.72	7.70
No.6	2.84	2.58	19.00	0.20	2.75	8.91
No.7	2.79	1.38	21.40	0.28	3.09	10.16
No.8	2.71	2.23	19.10	0.28	3.60	9.60
No.9	2.43	1.55	19.10	0.18	2.60	6.57
No.10	2.84	1.61	20.00	0.19	3.64	7.01

同理，主成分  $F_2$ 、 $F_3$ 、 $F_4$  和  $F_5$  在各因子变量的载荷上得出。 $F_2$  主要反应灰分、氨基酸、咖啡碱、茶多酚在化学成分质量上所反应的信息； $F_2$  表达式为： $F_2 = -0.068X_1 + 0.206X_2 - 0.550X_3 + \dots - 0.01X_9 - 0.091X_{10} + 0.147X_{11}$

$F_3$  主要反应在含水量、水浸出物、水溶性灰分、儿茶素、茶黄素在化学成分质量上所反应的信息； $F_3$  表达式为： $F_3 = 0.306X_1 + 0.401X_2 + 0.067X_3 + \dots + 0.318X_9 + 0.161X_{10} + 0.252X_{11}$

$F_4$  主要反应在含水量、水浸出物、水溶性灰分、茶黄素在化学成分质量上所反应的信息； $F_4$  表达式： $F_4 = 0.739X_1 - 0.476X_2 - 0.219X_3 + \dots - 0.209X_9 - 0.495X_{10} + 0.253X_{11}$

$F_5$  主要反应在含水量、茶红素、茶黄素在化学成分质量上所反应信息； $F_5$  表达式： $F_5 = 0.527X_1 - 0.173X_2 - 0.141X_3 + \dots + 0.146X_9 + 0.452X_{10} - 0.318X_{11}$

根据不同主分量特征值的方差贡献率得出，综合评价函数  $F$  的表达式： $F = 0.29181F_1 + 0.23078F_2 + 0.13092F_3 + 0.13468F_4 + 0.07793F_5$

### 2.3 信阳红化学成分质量评价与感官审评结果比较

由 2.2.2 可知，前 5 个主成分的累积方差贡献率达 87.422%，即前 5 个主成分反应能反应茶叶化学质量 87.422% 信息，所以前 5 个主成分可用来信阳红化学成分质量评价，根据 2.2.3 构建的信阳红化学成分质量评价模型，计算各信阳红化学成分质量得分，结果如表 5，评价模型计算得分愈高，茶叶化学成分质量愈佳。

按 1.2.1 感官审评方法对 10 个信阳红茶样进行感官审评，其结果如表 5，感官审评得分越高，茶叶品质越好。

由试验结果表 5 可知，感官审评中 1 号样品与 2 号样品得分一致，而化学质量评价模型计算得分

2 号样品略高于 1 号样品, 3 号样品与 10 号样品感官审评与化学质量评价模型结果略有差异。由此可见, 信阳红化学成分质量评价模型在信阳红等级划分方面与感官审评基本一致, 信阳红化学成分质量

评价模型来评价信阳红等级是可行的, 且比感官审评更客观, 弥补了感官审评的主观性, 可以区分品质相差甚微的信阳红茶。

表 2 信阳红化学成分间相关矩阵

Table 2 Correlation matrix of chemical components in Xinyang black tea

相关性 Correlation	含水量 Water content	水浸出物 Water leaching	灰分 Ash	水溶性灰分 Water-solubility ash	氨基酸 Amino acid
含水量 Water content	1.000				
水浸出物 Water leaching	-0.174	1.000			
灰分 Ash	-0.135	-0.118	1.000		
水溶性灰分 Water-solubility ash	0.121	-0.569	0.488	1.000	
氨基酸 Amino acid	0.056	0.211	-0.384	0.101	1.000
咖啡碱 Caffeine	-0.051	-0.053	-0.343	0.102	0.611
儿茶素 Catechin	0.347	0.344	-0.061	-0.355	-0.226
茶多酚 Ployphenols	-0.221	0.137	-0.265	0.192	0.738
茶黄素 Theaflavin	-0.050	-0.274	0.425	0.352	-0.047
茶红素 Thearubigins	-0.133	-0.232	0.509	0.159	0.005
茶褐素 Theabrownin	0.054	-0.355	0.423	0.674	0.028

  

相关性 Correlation	咖啡碱 Caffeine	儿茶素 Catechin	茶多酚 Ployphenols	茶黄素 Theaflavin	茶红素 Thearubigins	茶褐素 Theabrownin
含水量 Water content						
水浸出物 Water leaching						
灰分 Ash						
水溶性灰分 Water-solubility ash						
氨基酸 Amino acid						
咖啡碱 Caffeine	1.000					
儿茶素 Catechin	0.212	1.000				
茶多酚 Ployphenols	0.540	-0.026	1.000			
茶黄素 Theaflavin	-0.017	0.085	0.325	1.000		
茶红素 Thearubigins	-0.122	-0.032	0.289	0.689	1.000	
茶褐素 Theabrownin	0.361	0.170	0.283	0.749	0.252	1.000

表 3 主成分特征值与累积贡献率

Table 3 Characteristic value and accumulative contribution rate of each pincipal component

主成分 Principal component	特征值 Characteristic value	方差贡献率% Variance contribution	累积方差贡献率% Accumulative contribution rate
$F_1$	3.210	29.181	29.181
$F_2$	2.539	23.078	52.259
$F_3$	1.529	13.902	66.161
$F_4$	1.481	13.468	79.629
$F_5$	0.857	7.793	87.422

### 3 讨论

信阳红感官品质主要有包括外形、汤色、香气、滋味、叶底 5 部分, 外形主要与加工工艺相关, 其他 4 个因子都与化学成分相关。根据前人研究, 构成红茶汤色主要化学物质主要茶黄素、茶红素、茶褐素以及多酚中部分酮类物质, 茶红素是红茶汤色红的主要物质, 茶黄素是汤色发亮的主要物质, 茶褐素越多, 汤色越暗; 红茶香气物质主要在加工过

程中形成, 其中茶多酚、氨基酸是红茶香气形成的重要基质<sup>[7]</sup>, 氨基酸可通过脱氨作用和脱羧作用而转化成芳香物质, 氨基酸与多酚中儿茶素偶联氧化形成香气物质; 红茶主要呈味物质有茶黄素、茶红素、氨基酸、咖啡碱、多酚类物质等物质, 其中茶黄素、茶红素与咖啡碱在高温下是各自呈游离状态, 但随温度下降通过氢键缔合形成絮状沉淀, 是形成红茶“冷后浑”的主要原因, “冷后浑”是红茶品质好的一个重要指标; 红茶叶底色泽主要由茶黄素、

茶褐素与蛋白结合沉淀于叶底,形成叶底红颜明亮的品质特点。而目前,信阳红的等级划分是通过感官审评打分结果来划分,感官审评受很多因素影响,

比如:审评的环境因素、审评员、操作误差等造成结果往往误差较大。

表 4 各主成分的特征向量

Table 4 Characteristic eigenvector of each principal component

成分指标 Component indicator	主成分 Principal component				
	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	$F_5$
含水量 Water content ( $X_1$ )	-0.046	-0.068	0.306	0.739	0.527
水浸出物 Water leaching ( $X_2$ )	-0.535	0.206	0.401	-0.476	0.173
灰分 Ash ( $X_3$ )	0.614	-0.550	0.067	-0.219	-0.206
水溶性灰分 Water-solubility ash ( $X_4$ )	0.763	0.006	-0.364	0.369	-0.141
氨基酸 Amino acid ( $X_5$ )	0.024	0.888	-0.198	-0.036	0.225
咖啡碱 Caffeine ( $X_6$ )	0.120	0.813	0.107	0.249	-0.295
儿茶素 Catechin ( $X_7$ )	-0.137	0.036	0.947	0.176	-0.100
茶多酚 Polyphenols ( $X_8$ )	0.319	0.842	0.015	-0.280	0.111
茶黄素 Theaflavin ( $X_9$ )	0.835	-0.010	0.318	-0.209	0.146
茶红素 Thearubigins ( $X_{10}$ )	0.648	-0.091	0.161	-0.495	0.452
茶褐素 Theabrownin ( $X_{11}$ )	0.842	0.147	0.252	0.253	-0.318

表 5 信阳红化学成分质量评价与感官审评结果

Table 5 Chemical composition evaluation results and sensory evaluation results of Xinyang black tea

样品 Sample	化学成分质量模型评审 Chemical composition appraisal by modeling							感官审评 Sensory evaluation	
	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	$F_5$	$F$	排序 Order	得分 Score	排序 Order
No.1	42.20	24.21	0.001	3.90	0.80	18.49	7	67.45	6
No.2	40.35	27.66	3.64	1.52	2.48	19.06	6	67.45	6
No.3	35.03	30.33	5.21	-1.26	2.83	18.00	8	65.30	9
No.4	47.60	27.80	-1.13	5.96	0.41	20.99	2	69.45	2
No.5	44.09	28.92	-0.25	4.37	2.02	20.25	3	69.00	3
No.6	43.38	25.74	0.63	6.33	0.37	19.57	4	68.90	4
No.7	47.61	28.93	-1.08	4.73	-0.30	21.03	1	69.85	1
No.8	42.33	26.91	2.52	3.63	1.39	19.51	5	67.60	5
No.9	35.68	26.46	2.18	1.87	2.77	17.29	10	65.10	10
No.10	37.19	27.68	2.12	0.39	2.21	17.76	9	65.50	8

根据信阳红品质形成特点,参考前人对信阳毛尖品质特点与化学成分之间的关系和红茶国家标准(GB/T13738.2-2008),作者就对信阳红品质起决定作用的11个化学成分进行测定,利用主成分分析法(或称主分量分析),通过降维技术把11个变量转化为5个主成分(即5个综合变量),5个主成分的累积方差贡献率达到87.422%,即5个主成分反应了茶叶品质的87.422%信息,构建信阳红化学成分质量评价模型: $F=0.29181F_1+0.23078F_2+0.13092F_3+0.13468F_4+0.07793F_5$

根据信阳红化学成分质量评价模型计算结果与感官审评结果比较可以看出,两者具有较高的一致性,表明所构建的化学成分质量评价模型是可行的,对信阳红等级划分具有一定的指导意义。

## 参考文献:

- [1] 王铁,郭瑞民.信阳红真的很红[M].郑州:河南人民出版社,2012:64-68.
- [2] 陆松侯,施兆鹏.茶叶审评与检验[M].3版.北京:科学出版社,2000.
- [3] 中华人民共和国国家标准.红茶:第二部分,工夫红茶.GB/T13738.2-2008[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [4] 张正竹.茶叶生物化学实验教程[M].北京:中国农业出版社,2009.
- [5] 郭丽,蔡良绥,林智,等.基于主成分分析法的白茶香气质量评价模型构建[J].热带作物学报,2010,31(9):1606-1610.
- [6] 岳田利,彭帮柱,袁亚宏,等.基于主成分分析法的苹果酒香气质量评价模型的构建[J].农业工程学报,2007,23(6):223-227.
- [7] 宛晓春,黄继轸,龚正礼.茶叶生物化学[M].3版.北京:中国农业出版社,2003.