

基于主成分分析法研究茶叶加工工艺对茶饮料汤色稳定性的影响

张瑞莲¹, 尹军峰^{1*}, 袁海波¹, 许勇泉¹, 陈建新¹, 叶国注², 陈素芹²

(1. 中国农业科学院茶叶研究所, 国家茶产业工程技术研究中心, 农业部茶及饮料植物产品加工与质量控制重点实验室, 浙江 杭州 310008; 2. 深圳市深宝华城食品有限公司, 广州 深圳 518000)

摘 要: 采用主成分分析(principal components analysis, PCA)法以茶多酚含量、浊度、色泽为指标对 38 个不同茶叶加工工艺制成茶饮料后汤色稳定性进行分析, 从 17 个影响茶饮料品质稳定性指标中提取 4 个主成分构建数学评价模型, 并利用感官评定法对该方法在茶饮料汤色稳定性研究中的应用进行验证。研究表明, 应用主成分分析(PCA)法的结果与感官评定法结果一致, 即茶叶加工工艺 A-1、A-4、A-3、A-7、A-21 和 A-2 制成的茶饮料汤色稳定性较好, 表明该方法在茶饮料的汤色稳定性研究中具有可行性。

关键词: 茶饮料; 汤色; 稳定性; 主成分分析

Using Principal Component Analysis for Investigating the Effects of Processing Conditions on Color Stability of Tea Infusion

ZHANG Rui-lian¹, YIN Jun-feng^{1*}, YUAN Hai-bo¹, XU Yong-quan¹, CHEN Jian-xin¹, YE Guo-zhu², CHEN Su-qin²

(1. Tea Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, National Engineering Technology Research Center for Tea Industry, Key Laboratory of Processing and Quality Control of Tea and Beverage Plants, Ministry of Agriculture, Hangzhou 310008, China; 2. Shenzhen Shenbao Huacheng Foods Tech. Co. Ltd., Shenzhen 518000, China)

Abstract: Principal component analysis (PCA) was applied to analyze infusion color stability of tea samples made by different processing technologies. Principal components, namely tea polyphenol content, turbidity, and color were used to establish mathematical models for evaluating the effects of processing conditions on the stability of tea infusion. Sensory evaluation was used for verifying the results obtained in this investigation. Consistent results were obtained between PCA and sensory evaluation. Better color stability of tea infusion could be achieved through the following steps: A-1, A-4, A-3, A-7, A-21 and A-2. Therefore, it is feasible to investigate the color stability of tea infusion through PCA, which provides an objective and comprehensive evaluation approach to further exploring the stability of tea infusion.

Key words: tea infusion; color; quality stability; principal component analysis

中图分类号: TS275.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2010)13-0082-06

大量研究资料表明,“汤色褐变、浑浊沉淀、香气低劣”是茶饮料在加工及储运过程中面临的三大技术难题,迄今未有满意的解决方法^[1-3]。目前对于茶饮料加工技术和原料茶优异性的评价主要在于产品的感官风味以及品质稳定性,尤其以后者最为重要。澄清度、色变程度是判别茶饮料品质稳定性优劣的重要指标,体现了茶产品抗高温褐变和低温浑浊的能力。但现有资料

对茶饮料加工、存放过程中澄清度、色泽褐变的分析大都采用单向比较和简单归类的方法,未曾采用综合性统计手段分析多个阶段、不同条件下的处理品质稳定性状况,使得评价结果的准确性和稳定性不能保证^[4]。主成分分析(principal components analysis, PCA)是一种能够在保证原始数据信息损失最小的情况下,以少数综合变量取代原有多位变量,以客观确定权重防止主观随

收稿日期: 2009-10-13

基金项目: 浙江省重大科技专项(优先主题)农业项目(2008c12038); 农业部农业公益性行业科研专项(3-35-15)

作者简介: 张瑞莲(1983—),女,硕士研究生,主要从事茶叶加工与茶饮料工程研究。E-mail: rly686@mail.tricaas.com

* 通信作者: 尹军峰(1968—),男,副研究员,硕士,主要从事茶及茶饮料加工工程研究。E-mail: yinjf@mail.tricaas.com

意性的高效综合评价方法,能对各处理的优缺点进行科学评价和度量^[5]。本实验运用PCA统计方法,在不同工艺原料茶制成茶饮料过程中,对高温灭菌及贮藏过程中茶饮料的浑浊、色变等进行初步研究,以探讨在工艺评价体系中植入数学模型辅助分析的可行性,为有效结合感官评定和数据统计的分析结果,准确筛选最佳原料茶制作工艺及技术参数提供借鉴。

1 材料与方法

1.1 材料

原料品种采用福鼎大白茶,鲜叶嫩度为一芽二叶至一芽三叶,采摘地点为浙江省开化县名茶开发公司茶园基地。

1.2 仪器与设备

电加热6CS-40型杀青机、6CR-35型揉捻机 浙江绿峰机械有限公司;6CSF500型热风杀青机、碧螺春名茶烘干机、六角辉干机 浙江上洋机械有限公司;小型蒸汽杀青机 中国农业科学院茶叶研究所自制;6CCQ-50型双锅曲毫炒干机 浙江武义万达干燥设备制造有限公司;炭火焙笼 开化县名茶开发公司;MINOLTA CT-310色差计 柯尼卡美能达控股株式会社;WZT-3A型光电浊度计 上海劲佳科学仪器有限公司。

1.3 鲜叶加工及处理

在同一茶园采摘同样嫩度的鲜叶,经自然摊放至含水率70%后按照杀青、揉捻、干燥的工艺流程加工成干茶。

杀青:设置滚筒(280℃)、滚筒(300℃)、滚筒(320℃)、热风(250℃,500r/min)、热风(250℃,900r/min)、热风(300℃,500r/min)、热风(300℃,900r/min)、摇青(3min)、滚筒(300℃)+热风(250℃,500r/min)、滚筒(300℃)+热风(250℃,900r/min)、滚筒(300℃)+热风(300℃,500r/min)、滚筒(300℃)+热风(300℃,900r/min)、滚筒(300℃)+蒸汽、滚筒(320℃)+蒸汽、滚筒(350℃)+蒸汽、摇青+滚筒(280℃)、摇青+滚筒(300℃)、摇青+滚筒(320℃)共18个处理。采用相同的常温揉捻处理及烘干(毛火120℃,足火85℃)工艺。

揉捻:设置冷揉(20℃)、边烘边揉、温揉(40℃)、常温揉捻、加糯米粉常温揉捻、加蔗糖常温揉捻、加葡萄糖常温揉捻7个处理。采用相同的滚筒(300℃)杀青和烘干(毛火120℃,足火85℃)工艺。

干燥:设置烘干(毛火110℃,足火85℃)、烘干(毛火115℃,足火85℃)、烘干(毛火120℃,足火85℃)、烘(115℃)+焙(55℃)、烘(120℃)+焙(55℃)、烘(120℃)+低温长焙(40℃)、全炒干(160℃)、全炒干(170℃)、全炒干(180℃)、全炒干(180℃+闷24h)、烘(120℃)+炒(170℃)+焙(40℃)、烘(120℃)+炒(170℃)+烘(85℃)、炒(170℃)+

烘(85℃)共13个处理。采用相同的滚筒(300℃)杀青和常温揉捻工艺。

将上述38个不同处理工艺加工的原料茶进行系统编号,其中A-1~A-13为不同干燥处理;A-14~A-31为不同杀青处理;A-32~A-38为不同揉捻处理。

1.4 茶饮料处理和分析评价方法

1.4.1 茶饮料处理

1.4.1.1 茶饮料制备

取10g磨碎茶样于500mL锥形瓶中,加入450mL 70℃的纯水并在70℃水浴中浸提15min,每隔5min摇匀1次,浸提完成后,趁热用脱脂棉过滤到500mL容量瓶中,冷却后定容至500mL。测定茶多酚含量,并将其稀释为具有相同茶多酚浓度的茶汤。将稀释后的茶汤进行双层滤纸抽滤,随后常温常压条件下100℃,1min灭菌处理,趁热灌装于45mL离心管中,密封后待处理^[6]。

1.4.1.2 茶饮料贮藏

取1.4.1.1节中灌装于45mL离心管中的茶饮料分别放置于4℃冰箱以及37℃恒温箱中,于7d后取出,常温后测定样品浊度、色差。

1.4.2 茶饮料分析评价方法

茶多酚含量:采用酒石酸铁比色法测定^[7];茶饮料色泽:采用MINOLTA CT-310色差计,应用 $L^*a^*b^*$ 色差系统测定;茶饮料澄清度:采用WZT-3A型光电浊度计测定,测定单位为NTU。

茶饮料感官审评评价方法:由本实验室4名成员组成评定小组,采用密码审评方式对各样品进行感官评价,评分标准见文献[8-9]。

1.4.3 主成分分析方法的原理

利用主成分分析法进行分析,详细内容参见文献[10-12],本实验分析方法如下。

设有 n 个茶叶加工工艺, p 个指标,求 p 个指标之间的相关系数,得相关系数的对称矩阵;利用雅可比法求出各主成分的特征值, $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p > 0$,再求各相应的特征向量 e_j ,可得到主成分 $Y_j = e_j^T \sum_{i=1}^p x_i$;第 j 个主成分的方差贡献率为 $\alpha_j = \lambda_j / \sum_{i=1}^p \lambda_i$,当累计方差贡献率 $\alpha = \sum_{j=1}^m \alpha_j$ 达到80%以上时,取前 m 个主成分 Y_1, Y_2, \dots, Y_m ,即可认为这 m 个主成分能以较少的指标综合体现原来 p 个评价指标的信息。用各个主成分的方差贡献率作为权重,线性加权求和得到综合评价函数 $Z_n = \sum_{j=1}^m \alpha_j Y_j$, Z_n 表示第 n 个加工工艺对茶饮料汤色变化大小的综合评价值。 Z_n 越低说明经过该工艺处理后的茶饮料汤色变化越小,则经过该工艺处理后的茶饮料色泽稳定性越好。

1.4.4 数据分析

采用软件SPSS 16.0及Excel 2003对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理茶饮料汤色稳定性指标分析

本研究设计了高温灭菌处理前、高温灭菌处理后、低温(4℃)放置41h、低温(4℃)贮藏和高温(37℃)贮藏7d 5个不同处理,分别测定茶汤 L^* 、 a^* 、 b^* 值和浊度值。把高温灭菌处理后、4℃放置41h后、低温(4℃)贮藏7d和高温(37℃)贮藏7d后测定的茶汤 L^* 、 a^* 、 b^* 值和浊度值分别减去高温灭菌处理前测定的 L^* 、 a^* 、 b^* 值和浊度值,结果记录为 ΔL^*1 、 Δa^*1 、 Δb^*1 、 Δ 浊度1、 ΔL^*2 、 Δa^*2 、 Δb^*2 、 Δ 浊度2……

Δ 浊度4。各工艺共17个品质指标的原始数据如表1所示。

多酚类在鲜叶中占干物质的30%左右,约占茶汤水浸出物总量的3/4^[13]。已有大量研究表明,TP是茶汤沉淀形成的关键因素。师大亮等^[14]认为,茶乳酪是由TP包埋蛋白质,分子之间形成氢键而破坏质点的水化层,使体系不断增大而最终形成的。阎守和^[15]的研究指出茶乳酪的本质是咖啡碱分子中含有较多的氢键结合位点,在较低温度下,茶红素和茶黄素等多元酚物质与咖啡碱通过氢键的缔合形成络合物。随着温度的降低,其缔合度不断增大,形成茶乳酪。郭炳莹等^[16]以绿茶为材料研究了茶汤组分与金属离子之间的络合性能,发现钙

表1 不同工艺原料茶制成茶饮料后汤色稳定性指标

Table 1 Infusion color stability indexes of tea samples made by different processing technologies

工艺	指标																
	X_1 TP	X_2 ΔL^*1	X_3 Δa^*1	X_4 Δb^*1	X_5 Δ 浊度1	X_6 ΔL^*2	X_7 Δa^*2	X_8 Δb^*2	X_9 Δ 浊度2	X_{10} ΔL^*3	X_{11} Δa^*3	X_{12} Δb^*3	X_{13} Δ 浊度3	X_{14} ΔL^*4	X_{15} Δa^*4	X_{16} Δb^*4	X_{17} Δ 浊度4
A-1	0.71	0.41	-0.20	1.25	1.54	0.32	-0.24	0.83	0.07	0.91	-0.35	2.78	3.22	4.40	-0.10	20.00	5.92
A-2	0.65	0.85	0.03	1.47	1.95	0.43	-0.16	0.96	0.67	1.65	-0.28	4.15	5.49	6.14	1.15	22.98	5.65
A-3	0.58	1.13	0.04	1.28	3.78	0.12	-0.12	0.49	-1.18	1.62	-0.05	2.66	5.02	5.38	0.02	21.30	7.03
A-4	0.94	0.64	-0.3	1.96	2.23	0.47	-0.20	0.75	0.94	1.56	-0.34	3.38	2.99	4.70	-0.16	22.64	4.52
A-5	1.02	1.00	-0.07	2.53	4.86	0.57	0.25	-0.05	1.99	1.27	-0.39	3.44	6.54	4.87	-0.16	26.90	9.98
A-6	1.77	0.96	-0.04	2.38	4.18	0.48	0.07	0.45	2.12	1.35	-0.38	3.73	6.28	6.88	2.34	25.15	17.27
A-7	1.05	0.56	0.14	1.02	1.67	0.43	-0.05	0.78	0.56	1.17	0.11	2.43	4.27	5.42	0.92	20.59	7.48
A-8	1.01	1.53	-0.27	3.89	6.91	0.77	-0.02	0.95	7.69	1.67	0.11	5.48	10.97	5.80	2.31	28.21	11.02
A-9	1.02	1.13	-0.34	3.05	5.37	0.41	-0.18	0.79	5.31	1.28	0.12	4.54	7.25	5.37	1.48	27.39	9.92
A-10	0.87	1.03	-0.35	2.67	3.17	0.52	-0.14	0.72	4.50	1.05	0.07	4.11	5.34	5.01	1.05	25.68	8.16
A-11	1.01	1.12	-0.32	2.78	4.68	0.27	-0.04	0.67	4.53	0.86	0.19	3.97	5.93	5.16	1.43	30.26	7.63
A-12	1.06	0.87	-0.39	2.70	4.65	0.43	-0.14	0.90	5.29	0.71	0.15	3.71	4.00	5.16	1.86	26.98	9.48
A-13	0.91	1.38	-0.40	2.99	6.00	0.45	-0.08	0.62	4.66	0.98	0.15	3.66	4.54	5.36	1.71	26.72	9.66
A-14	0.89	1.47	-0.37	3.83	6.46	1.44	0.14	0.95	13.88	1.84	0.46	4.10	12.34	6.17	3.67	26.39	10.22
A-15	0.85	1.51	-0.38	4.11	8.25	0.53	0.01	0.89	6.21	1.39	0.37	4.47	9.36	6.52	4.12	30.24	12.77
A-16	0.84	1.21	0.04	2.02	2.65	0.14	0.18	0.64	4.24	1.57	-0.01	3.70	4.96	6.02	2.36	27.01	8.66
A-17	0.78	1.32	-0.14	3.26	6.47	1.01	0.3	0.36	8.20	1.47	-0.12	3.83	8.21	5.90	2.72	27.19	7.84
A-18	0.87	1.10	-0.13	3.15	4.54	0.42	0.23	0.38	2.33	1.18	-0.19	3.95	4.55	5.39	1.99	27.61	5.64
A-19	0.90	0.94	-0.10	2.82	4.61	0.42	0.21	0.22	3.03	1.20	-0.09	3.90	3.96	5.39	2.27	25.55	6.64
A-20	0.84	1.26	0.06	3.81	5.3	0.53	0.29	0.54	0.34	2.16	0.56	6.1	5.36	7.01	4.43	25.41	9.73
A-21	0.97	0.67	-0.33	2.55	2.99	0.5	0.13	0.53	2.32	0.9	-0.53	4.71	1.1	5.28	1.84	26.01	5.11
A-22	1.03	3.66	2.11	8.68	3.46	1.17	0.8	0.54	5.44	4.91	2.52	8.33	30.31	8.53	5.77	20.24	22.82
A-23	1.03	1.02	0.21	3.07	-1.85	2.84	1.03	-0.86	20.59	2.67	1.15	3.2	3.94	6.16	4.28	18.74	9.77
A-24	0.96	0.94	0.16	2.69	1.47	1.48	0.84	-0.69	11.11	2.25	1.04	2.36	7.63	6.14	4.28	16.51	13.63
A-25	1.06	1.67	0.11	6.15	2.61	12.11	2.81	-0.65	7.19	1.86	0.31	7.2	4.93	7.2	4.19	26.32	13.66
A-26	1.03	1.12	0.05	4.03	1.48	1.09	0.6	0.02	6.76	1.89	0.29	4.93	9.41	5.58	2.73	23.17	8.46
A-27	1.02	1.51	0.71	4.22	0	0.56	0.76	0.6	18.73	2.55	1.32	5.02	8.92	10.11	7.27	20.66	34.51
A-28	1.03	1.75	0.99	4.77	2.09	1.77	1.06	0.36	28.34	5.52	2.2	4.02	33.45	6.65	4.93	18.75	20.93
A-29	1.04	1.25	0.74	3.56	-3.73	1.03	1.03	0.64	13.9	3.63	1.94	5.01	16.51	13.97	4.44	11.43	25.74
A-30	1.16	1.33	-0.09	3.39	0.41	2.19	0.88	0.29	16.68	3.36	0.78	4.34	16.24	7.03	3.87	23.15	18.88
A-31	1.18	2.47	1.22	5.51	-1.32	4.5	1.81	0.29	39.47	5.44	2.51	6.2	26.67	8.79	5.82	20.81	26.96
A-32	1.08	1.87	0.32	2.67	3.54	4.11	1.17	-0.07	16.64	3.47	1.03	4.06	17.36	7.29	3.82	25.03	15.98
A-33	1.13	1.18	0.17	2.41	1.09	3.28	1.21	-0.09	21.35	2.22	0.94	3.05	9.52	6.02	4.52	24.01	11.89
A-34	1.10	0.91	-0.09	2.39	0.16	4.08	1.2	-0.37	17.61	3.59	1.06	2.49	20.52	5.75	3.4	21.02	13.43
A-35	1.13	1.6	0.88	4.86	-4.72	3.38	1.52	0.18	15.06	1.79	1.53	5.12	1.38	6.17	4.63	21.88	9.94
A-36	1.12	1.61	0.56	4.31	0.55	8.29	2.21	-1.39	36.93	2.28	1.48	4.85	9.03	6.1	4.42	24.33	10.33
A-37	1.05	1.2	0.2	4.09	-1.46	6.94	1.86	-0.2	44.26	3.04	1.48	5.02	19.26	6.85	4.06	24.99	20.08
A-38	1.06	3.14	0.38	5.65	16.98	7.84	1.64	0.63	55.93	6.94	2.09	6.46	48.23	9.16	5.34	24.47	41.03

注: TP 含量以光密度计。

络合型沉淀中的主要组分是 TP。此外, TP 还是衡量茶原料浸出率、制得率高低的重要参照, 故选择 TP 含量为指标之一以辅助浊度、色泽指标对茶饮料品质稳定性的评价。

2.2 不同处理茶饮料汤色稳定性的主成分分析

利用 SPSS 16.0 处理软件对原始数据进行主成分分析, 为减少信息缺失, 使综合评价结果最大程度接近原始状态, 累计方差贡献率需达到 80% 以上, 从表 2 可知, 前 4 个主成分的累计方差贡献率(累计比例)达到 83.59%, 基本上代表了影响茶饮料汤色稳定性品质分析指标的绝大部分信息, 故取前 4 个主成分为影响茶饮料汤色稳定性的重要主成分。表 3 为 4 个主成分的特征向量, 根据特征向量构建主成分与茶饮料汤色稳定性之间的线性关系如下:

$$Y_1 = 0.1947X_1 + 0.565X_2 + 0.414X_3 + 0.309X_4 + 0.268X_5 + 0.218X_6 + 0.298X_7 + 0.093X_8 + 0.719X_9 + 0.862X_{10} + 0.674X_{11} + 0.180X_{12} + 0.903X_{13} + 0.574X_{14} + 0.495X_{15} - 0.366X_{16} + 0.836X_{17}$$

$$Y_2 = 0.090X_1 + 0.748X_2 + 0.598X_3 + 0.880X_4 + 0.065X_5 + 0.252X_6 + 0.342X_7 + 0.054X_8 + 0.090X_9 + 0.311X_{10} + 0.434X_{11} + 0.926X_{12} + 0.284X_{13} + 0.421X_{14} + 0.537X_{15} + 0.097X_{16} + 0.349X_{17}$$

$$Y_3 = 0.410X_1 + 0.115X_2 + 0.147X_3 + 0.258X_4 - 0.278X_5 + 0.860X_6 + 0.845X_7 - 0.881X_8 + 0.591X_9 + 0.238X_{10} + 0.337X_{11} + 0.111X_{12} + 0.131X_{13} + 0.006X_{14} + 0.385X_{15} - 0.021X_{16} + 0.141X_{17}$$

$$Y_4 = -0.098X_1 + 0.114X_2 - 0.546X_3 + 0.005X_4 + 0.858X_5 + 0.129X_6 - 0.197X_7 + 0.224X_8 + 0.023X_9 - 0.157X_{10} - 0.398X_{11} + 0.098X_{12} + 0.087X_{13} - 0.447X_{14} - 0.283X_{15} + 0.854X_{16} - 0.125X_{17}$$

Y_1 、 Y_2 、 Y_3 、 Y_4 为综合指标, 是 17 个品质指标的线性组合。

以 4 个主成分 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 、 Y_4 与其方差贡献率构建茶饮料汤色稳定性的综合得分模型 Z , Z 为因变量, Y_1 、 Y_2 、 Y_3 、 Y_4 为自变量, Z 为主成分 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 、 Y_4 的线性组合:

$$Z = 0.2451Y_1 + 0.2312Y_2 + 0.1964Y_3 + 0.1632Y_4$$

利用该模型对 38 个不同工艺处理茶饮料的汤色稳定性进行综合评价, 结果见表 4。

表 2 各主成分的特征值、贡献率及累计贡献率

Table 2 Characteristic value, contribution rate and accumulative contribution rate of each principal component

主成分	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
Y_1	4.166	24.51	24.51
Y_2	3.931	23.12	47.63
Y_3	3.339	19.64	67.27
Y_4	2.774	16.32	83.59

表 3 各主成分的特征向量

Table 3 Characteristic eigenvector of each principal component

变量	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
X_1	0.194	0.090	0.410	-0.098
X_2	0.565	0.748	0.115	0.114
X_3	0.414	0.598	0.147	-0.546
X_4	0.309	0.880	0.258	0.005
X_5	0.268	0.065	-0.278	0.858
X_6	0.218	0.252	0.860	0.129
X_7	0.298	0.342	0.845	-0.197
X_8	0.093	0.054	-0.881	0.224
X_9	0.719	0.090	0.591	0.023
X_{10}	0.862	0.311	0.238	-0.157
X_{11}	0.674	0.434	0.337	-0.398
X_{12}	0.180	0.926	0.111	0.098
X_{13}	0.903	0.284	0.131	0.087
X_{14}	0.574	0.421	0.006	-0.447
X_{15}	0.495	0.537	0.385	-0.283
X_{16}	-0.366	0.097	-0.021	0.854
X_{17}	0.836	0.349	0.141	-0.125

表 4 38 种不同工艺原料茶制成茶饮料后的汤色稳定性综合评价结果

Table 4 Comprehensive evaluation on infusion color stability of tea samples made by different processing technologies

位次	处理	Z	位次	处理	Z	位次	处理	Z
1	A-1	6.70	14	A-13	12.96	27	A-25	22.55
2	A-4	7.58	15	A-9	14.25	28	A-34	24.53
3	A-3	8.43	16	A-20	14.33	29	A-30	25.13
4	A-7	8.44	17	A-6	14.86	30	A-32	26.04
5	A-21	9.05	18	A-26	15.68	31	A-29	26.58
6	A-2	9.41	19	A-17	15.76	32	A-27	29.18
7	A-18	11.11	20	A-24	17.37	33	A-36	29.70
8	A-19	11.25	21	A-35	17.52	34	A-22	33.11
9	A-10	11.85	22	A-8	18.12	35	A-28	36.90
10	A-5	11.96	23	A-15	18.27	36	A-37	37.32
11	A-16	12.24	24	A-23	18.70	37	A-31	42.46
12	A-12	12.36	25	A-14	20.44	38	A-38	63.52
13	A-11	12.58	26	A-33	21.99			

从表 4 可以看出, 不同茶叶加工工艺制得茶饮料汤色稳定性评价模型得分差异较为明显, 最低及最高得分相差约 9.5 倍, 表明原料茶加工工艺不同对制成茶饮料后的汤色稳定性有极大影响。根据模型得分大致可以将 38 个处理分为 3 类: 第 1 类 $Z < 10$, 分别有 A-1、A-4、A-3、A-7、A-21、A-2, 此类 Z 值得分较低, 茶饮料在高温灭菌处理及贮藏期间澄清度、色泽变化小, 稳定性好, 是饮料用原料茶加工需首先考虑的工艺目标; 第 2 类 $10 \leq Z \leq 20$, 主要有 A-18、A-19、A-10 等, 此类汤色稳定性一般, 在选用其工艺处理时应结合香气、滋味等风味品质综合分析; 第 3 类 $Z > 20$, 主要有 A-33、A-38 等, 此类别原料茶加工工艺制

作茶饮料抗高温色变和低温浑浊的能力较差,应避免相应工艺技术参数在原料茶加工中的运用。

将汤色稳定性评价模型得分结合工艺处理类别综合分析后发现:第1类主要由干燥工序处理组成,第2类由干燥、杀青工序处理组成,第3类则包括杀青、揉捻处理等。对38个原料茶加工工艺根据类别进行各工序组间方差分析(表5、6),不同工艺类别间存在显著性差异,有必要对杀青、揉捻、干燥等工序进行系统研究,其中又以干燥工序的汤色稳定性最好(平均值仅为11.50,标准差为3.273),其次为杀青工序,再次为揉捻工序。

表5 不同原料茶加工工艺对茶饮料汤色稳定性统计分析
Table 5 Descriptive statistics of infusion color stability of tea samples made by different processing technologies

类别	均值	标准差	N
1	11.5000	3.27377	13
2	21.1172	9.44380	18
3	31.5171	15.42003	7
总和	19.7429	11.57717	38

注:1.干燥工序处理;2.杀青工序处理;3.揉捻工序处理。

表6 不同原料茶加工工艺对茶饮料汤色稳定性方差分析结果

Table 6 Variance analysis of infusion color stability of tea samples made by different processing technologies

来源	平方和	自由度	均方	F	P
校正模型	1887.717 ^a	2	943.859	10.756	0.000
截距	14938.912	1	14938.912	170.234	0.000
分类	1887.717	2	943.859	10.756	0.000
误差	3071.427	35	87.755		
总和	19770.856	38			
校正总和	4959.144	37			

注:a. $R^2=0.381$ (调整 $R^2=0.345$)。

2.3 不同处理茶饮料汤色稳定性的感官验证

通过主成分分析,基本可以选出制成茶饮料后汤色和澄清度变化较小,汤色稳定性较好的几种原料茶的加工工艺。由于主成分分析在茶饮料研究应用中还比较少见,不能确定通过该方法选出的原料茶的加工工艺是否具有可行性,因此需要进一步验证。感官评定是最直观有效的研究方法,本实验通过感官评价的方法对主成分分析在研究茶饮料汤色稳定性中的应用进行验证。通过对比茶饮料汤色的感官评价得分,研究不同原料茶的加工工艺对茶饮料汤色稳定性的影响。

表7 不同贮藏处理对茶饮料汤色稳定性的影响

Table 7 Effect of storage treatment methods on infusion color stability of tea samples made by different processing technologies

样品号	高温灭菌处理前		高温灭菌处理后		4℃放置41h后		4℃放置7d后		37℃放置7d后		变异系数
	汤色	得分	汤色	得分	汤色	得分	汤色	得分	汤色	得分	
A-1	绿明亮	90	黄绿尚亮	87	黄绿较亮	88	黄绿明亮	88	浅橙黄明亮	83	0.0297
A-2	黄绿尚亮	87	绿黄	85	浅黄尚亮	85	浅黄较亮	84	橙黄尚亮	79	0.0357
A-3	黄绿明亮	88	浅绿尚亮	88	浅黄较亮	86	绿黄明亮	85	橙黄明亮	81	0.0337
A-4	绿明亮	90	黄绿	88	黄绿尚亮	86	黄绿较亮	88	绿黄较亮	83	0.0304
A-5	黄绿较亮	89	黄绿较亮	88	浅黄绿较亮	88	黄绿尚亮	87	橙黄尚亮	78	0.0526
A-6	黄绿尚亮	88	黄绿尚亮	87	浅绿明亮	89	浅黄明亮	86	橙黄尚亮	77	0.0565
A-7	绿明亮	91	黄绿	88	黄绿尚亮	87	浅绿尚亮	88	绿黄尚亮	83	0.0330
A-8	黄绿	88	绿黄	85	黄绿	85	黄绿	86	橙黄尚亮	78	0.0448
A-9	黄绿	89	黄绿较亮	86	黄绿	86	黄绿尚亮	87	橙黄尚亮	78	0.0494
A-10	黄绿	90	黄绿尚亮	85	黄绿	87	黄绿尚亮	88	橙黄尚亮	78	0.0539
A-11	绿黄	85	绿黄尚亮	84	黄绿	86	黄绿尚亮	86	橙黄稍暗	76	0.0506
A-12	黄绿	87	黄绿	86	黄绿	85	黄绿	86	橙黄较亮	78	0.0432
A-13	绿黄	85	绿黄	84	绿黄	84	黄绿	86	橙黄较亮	78	0.0375
A-14	黄亮	83	黄	80	绿黄(深)	82	绿黄尚亮	83	橙黄	75	0.0417
A-15	黄尚亮	82	黄	79	绿黄(深)	81	绿黄尚亮	82	橙黄	75	0.0370
A-16	黄绿尚亮	87	绿黄	83	黄绿明亮	90	黄尚亮	82	橙黄较亮	78	0.0552
A-17	黄绿	88	绿黄	85	绿尚亮	87	绿黄尚亮	84	橙黄较亮	79	0.0415
A-18	黄绿尚亮	88	绿黄	85	绿黄较亮	86	绿黄尚亮	83	橙黄较亮	77	0.0502
A-19	黄绿较亮	89	黄绿较亮	88	黄绿较亮	90	黄绿尚亮	87	橙黄较亮	78	0.0559
A-20	黄绿	87	黄	81	黄尚亮	82	浅橙黄	80	橙黄较亮	78	0.0412
A-21	黄绿	87	黄绿	87	浅黄绿尚亮	86	绿黄尚亮	85	浅橙黄较亮	80	0.0343
A-22	黄	81	黄	80	黄尚亮	81	橙黄欠亮	73	橙黄较暗	71	0.0624
A-23	黄绿较亮	87	黄绿尚亮	86	黄绿尚亮	86	黄尚亮	80	黄暗	76	0.0578
A-24	黄绿尚亮	86	绿黄较亮	84	嫩绿尚亮	88	黄尚亮	80	橙黄稍暗	75	0.0627
A-25	绿黄较亮	85	绿黄较亮	84	绿黄较亮	85	黄尚亮	81	橙黄尚亮	77	0.0417
A-26	黄绿较亮	87	黄绿尚亮	86	浅绿黄较亮	85	浅黄尚亮	82	橙尚亮	75	0.0584
A-27	绿黄较亮	86	绿黄较亮	85	绿黄尚亮	84	黄尚亮	81	橙黄稍暗	74	0.0591
A-28	绿黄尚亮	85	绿黄尚亮	84	绿黄欠亮	79	黄尚亮	80	橙黄稍带红	71	0.0694

续表7

样品号	高温灭菌处理前		高温灭菌处理后		4℃放置 41h 后		4℃放置 7d 后		37℃放置 7d 后		变异系数
	汤色	得分	汤色	得分	汤色	得分	汤色	得分	汤色	得分	
A-29	绿黄尚亮	85	绿黄	83	黄稍带绿尚亮	83	黄欠亮	77	橙黄带灰	72	0.0673
A-30	黄绿尚亮	86	黄绿尚亮	86	黄绿欠亮	80	绿黄尚亮	83	橙尚亮	75	0.0565
A-31	绿黄较亮	85	黄尚亮	82	黄尚亮	80	黄带灰较暗	71	橙黄欠亮	72	0.0795
A-32	黄绿较亮	87	绿黄较亮	85	浅黄绿尚亮	86	绿黄尚亮	84	橙黄尚亮	77	0.0473
A-33	黄绿较亮	87	黄绿尚亮	85	黄绿尚亮	86	浅橙黄	81	橙黄较亮	79	0.0411
A-34	黄绿较亮	87	绿黄较亮	84	黄绿尚亮	86	黄尚亮	80	橙黄尚亮	78	0.0467
A-35	绿黄尚亮	84	黄欠亮	78	绿黄尚亮	84	黄欠亮	77	橙稍暗	70	0.0740
A-36	绿黄尚亮	85	黄	80	绿黄尚亮	84	绿黄尚亮	82	橙黄欠亮	72	0.0642
A-37	绿黄较亮	86	绿黄	84	绿黄欠亮	78	绿黄尚亮	83	橙黄稍暗	75	0.0560
A-38	黄绿较亮	88	黄	82	黄欠亮	76	绿黄欠亮	81	橙黄欠亮	72	0.0764

表7为38种不同原料茶加工工艺制得茶饮料汤色的感官评价得分,变异系数指的是高温灭菌处理前、高温灭菌处理后、4℃放置41h、4℃放置7d和37℃放置7d 5个处理之间的感官得分变化情况,变异系数越小,各处理之间的汤色变化越小。

从表7可以看出,变异系数最小的6个工艺依次为A-1、A-4、A-7、A-3、A-21和A-2,除A-7和A-3的顺序互换之外,感官评价的结果和主成分分析方法的结果是一致的,这就验证了主成分分析法在茶饮料汤色稳定性研究应用中的可行性,同时也验证了这6种原料茶的加工工艺对茶饮料汤色稳定性的影响。

3 结 论

本实验在前人研究基础上,针对饮料专用茶的品质要求特点,系统设计多个关键工序的不同处理,比较高温灭菌处理前后及贮藏期间茶多酚含量、浊度、色泽的变化情况,同时采用主成分分析法对各处理汤色变异值进行统计分析,避免了感官评价造成的人为误差,取得了以下的初步结论:1)应用主成分分析法构建的数学评价模型能有效地保留测定指标的大部分信息(83.59%),可更为直观、全面地评定茶饮料的汤色稳定性品质。通过对38个工艺处理的综合分析,初步优选出了A-1、A-4、A-3、A-7、A-21和A-2适宜于作为饮料用茶叶原料的加工工艺。2)将数学评价模型结合工艺处理类别进行综合分析后发现,不同工艺类别间对茶饮料汤色稳定性的影响存在显著性差异,其中又以干燥工序的汤色稳定性最好,有必要对此展开重点研究。3)本实验仅从色泽、浑浊度、茶多酚含量方面探讨了茶饮料的品质稳定性问题,不同原料茶加工工艺在

制作茶饮料高温灭菌处理前后及贮藏期间感官评价的结果差异证实了该方法的可行性。

参考文献:

- [1] 骆锐,邵宛芳,吴红. 茶饮料沉淀的成因与澄清技术的应用[J]. 中国农学通报, 2005, 21(12): 95-98.
- [2] 方元超,梅从笑,杨朝伟. 茶汤色、香、味的变化机理及提高茶汤品质的方法[J]. 冷饮与速冻工业, 2004(4): 19-21.
- [3] 帅大亮,余继忠,郭敏明. 茶乳酪的形成机理及解决途径[J]. 杭州农业科技, 2007(2): 22-24.
- [4] LIANG Yuerong, LU Jianliang, ZHANG Lingyun. Comparative study of cream in infusions of black tea and green tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze][J]. International Journal of Food Science and Technology, 2002, 37: 627-634.
- [5] 王振锋,王淮东,徐广印,等. 基于非线性主成分分析法的区域物流发展综合评价模型[J]. 河南农业大学学报, 2006, 40(5): 553-556.
- [6] 尹军峰,林智,谭俊峰. 绿茶初制工艺与饮料适制性的研究[J]. 饮料工业, 2003, 6(3): 22-29.
- [7] GB/T 8313—2002 茶、茶多酚测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [8] 季玉琴. 液态茶饮料的审评方法[J]. 茶业通报, 1997, 19(1): 30-31.
- [9] 松井阳吉,林智. 日本对乌龙茶及其饮料的品质评定[J]. 福建茶叶, 1997(2): 9-10.
- [10] 温天姝,周大强,刘一勋,等. 随机数据分析与处理:应用概率统计[M]. 开封: 河南大学出版社, 1993: 277-285.
- [11] 杨坚,童华荣,贾利蓉,等. 豆腐乳感官和理化品质的主成分分析[J]. 农业工程学报, 2002, 18(2): 131-135.
- [12] 乔国庆,胡清华,莫军,等. 主成分回归在水稻需水量预测中的应用[J]. 塔里木大学学报, 2005, 17(2): 6-9.
- [13] 张凌云. 不同茶树品种绿茶饮料适制性研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2003: 5-6.
- [14] 帅大亮,余继忠,郭敏明. 茶乳酪的形成机理及解决途径[J]. 杭州农业科技, 2007(2): 22-23.
- [15] 阎守和. 速溶茶生物化学[M]. 北京: 北京大学出版社, 1980: 62.
- [16] 郭婉莹,程启坤. 茶汤组分与金属离子的络合性能[J]. 茶叶科学, 1991, 11(2): 139-144.