

绿茶汤色品质感官评价的色差仪表征方法研究

吴瑞梅¹,赵杰文²,陈全胜²,黄星奕²

(1. 江西农业大学 工学院,江西 南昌 330045; 2. 江苏大学 食品与生物工程学院,江苏 镇江 212013)

摘要: 为弥补感官审评法评定绿茶汤色品质的不足,研究了绿茶汤色品质感官评价的色差仪表征方法。采用色差仪获取茶汤的色度值,分别利用逐步回归法和主成分分析(PCA)法提取汤色特征变量,建立汤色特征变量与其感官审评分值之间的相关模型。结果表明,利用 PCA 方法提取特征变量的效果好于利用逐步回归法。基于主成分分析法提取的特征变量,分别建立特征变量与感官评分之间的 PLS 和 BP-ANN 模型对绿茶汤色品质进行预测,其准确度可靠,但 BP-ANN 模型性能好于 PLS 模型。用 BP-ANN 模型对预测集样本进行测试时,预测集中各样本的预测值与实测值间相关系数为 0.816,预测均方根误差为 2.505。可见,利用色差仪结合 BP-ANN 方法能有效表征绿茶汤色品质。

关键词: 绿茶; 茶汤汤色; 感官评价; 特征提取; BP 神经网络法

中图分类号: TS272.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2014)01-0149-05

Quantification of Sensory Evaluation for Green Tea Quality Using a Color Difference Meter

WU Rui-mei¹, ZHAO Jie-wen², CHEN Quan-sheng², HUANG Xing-yi²

(1. College of Engineering, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China;

2. School of Food & Biological Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: To make up for the defect of sensory evaluation method for evaluating green tea infusion color quality, the quantification methods for the sensory evaluation of green tea infusion color based on the color difference meter were studied in this study. A color difference meter was used to get the colorimetric values of tea infusion for each sample. Stepwise regression and principal component analysis (PCA) methods were respectively used to extract the colorimetric features from the colorimetric values of tea infusion. The results showed that the model based on the feature variables selected by PCA got better result. Then partial least squares (PLS) regression and back-propagation artificial neural network (BP-ANN) methods were performed to build the calibration models based on the relationship between sensory scores evaluated by tea tasters for the infusion color of tea samples and the feature variables extracted by PCA, respectively. The results indicated the predicted results by PLS and BP-ANN models were consistent with the evaluation results of the sensory profiling panels in green tea infusion color study, but the performance of BP-ANN model was better than that of PLS. The correlation coefficient and root mean square error of prediction of BP-ANN model were 0.816 and 2.505 in the prediction set, respectively. The study demonstrates that a color difference meter combined with BP-ANN method can quantify the quality of infusion color for green tea.

Key words: green tea; tea infusion color; sensory evaluation; feature selection; BP-ANN

绿茶是一种不发酵茶,与红茶、乌龙茶等茶类相比,绿茶中含有大量的多酚类物质,这些物质具有抗癌、降血脂、防辐射等药理功效^[1]。绿茶茶汤色泽是茶叶质量优次的最直观表现,是茶叶色、香、味、形诸

收稿日期:2013-06-05

基金项目:国家自然科学基金项目(30971685);江西省科技攻关项目(20112BBF60019)

作者简介:吴瑞梅(1975-),女,江西新余人,副教授,博士,主要从事农产品品质快速无损检测研究。E-mail: wuruimei036@163.com

要素的综合反映,茶汤色泽的变化实质反映了茶叶内化学成分含量的变化^[2]。目前,绿茶汤色品质评价主要采用感官审评方法,审评结果受评茶师经验和外界因素影响大,主观性强,重复性差。另外,绿茶中茶多酚含量很高,其汤色在较高温度下易发生氧化,放置时间稍长即易造成审评时“失真”^[3]。

近年来,一些研究者利用色差分析法对茶叶汤色感官品质进行量化评价。赖国亮等^[4]研究了测色技术在绿茶汤色品质评价中的应用。陆建良等^[5]研究红茶、绿茶、乌龙茶的汤色色度值与感官品质的相关性后得出,各种茶类的汤色色度值与感官评分之间具有显著相关性。王秋萍等^[6]研究了普洱茶在发酵阶段的色泽变化与其品质的关系。以上研究利用逐步回归的方法,筛选出与汤色品质最相关的几个色度值来建立量化模型,且未对所建模型性能进行验证。而Liang等^[7-9]研究得出,各色度值之间存在显著相关性。因此,用逐步回归法筛选出其中的几个色度值建模,必定会丢失汤色特征的部分信息,降低所建模型的精度。目前文献研究大多采用线性方法建立色度值与汤色感官评分之间的相关模型,茶叶汤色品质评定由评茶师通过视觉器官完成,整个审评过程是大脑神经网络的一个复杂作用结果,茶汤色度值与汤色感官评分之间可能是非线性关系。

为了探讨茶汤的汤色特征变量提取方法以及反映茶汤色度值与汤色感官评分之间关系的最佳模型建立方法,本研究以碧螺春绿茶为对象,采用测色仪获取茶汤的色度值,分别利用逐步回归法和主成分分析法(principal component analysis, PCA)提取茶汤的汤色特征变量,比较采用线性方法——偏最小二乘回归法(partial least square regression, PLS)和非线性方法——BP神经网络法(back-propagation artificial neural network, BP-ANN)建立的汤色特征变量与汤色感官评分值之间相关模型的性能,以探讨利用测色仪表征茶汤汤色品质的最佳表征方法。

1 材料和方法

1.1 供试绿茶样本

试验材料选用不同生产日期的苏州洞庭山碧螺春茶(采集时间为2011年3月19日到2011年4月20日),共收集75个茶样,每个200 g,由江苏三万昌茶叶有限公司提供。

1.2 绿茶汤色品质的感官审评

75个茶样的汤色品质感官审评试验在安徽农业大学茶学系感官审评实验室完成,由4位审评专家按照茶叶感官审评标准(GB/T 23776—2009)和碧螺春茶农业行业标准(NY/T 863—2004)进行审评;各评

茶员按百分制给出每个茶样汤色品质的评分值,4个评茶员评分的平均值作为每个茶样汤色品质的最终得分值,75个茶样的汤色平均得分值作为本试验的参考测量值。从75个样本中选取50个作为校正集,用来建立校正模型,余下的25个独立样本为预测集,用来评价模型性能。

1.3 绿茶汤的色度值测定

对每个茶样,按四分法原则随机称取3 g,分别放入150 mL专用审评杯中,注满沸蒸馏水冲泡5 min后,将茶汤倒出,用滤纸过滤,迅速冷却到室温。以蒸馏水为对照,先测量蒸馏水的色度值,然后测量各茶样的茶汤色度值(L 、 a 、 b 、 ΔL 、 Δa 、 Δb 和 ΔE 值),各茶样茶汤的色度值采用DC-P3型全自动色差仪(北京市兴光测色仪器公司生产)测定,该系统采用亨特Lab表色系,其中 L 表示明亮度, a 、 b 是色品坐标,色度 a 值从红(+ a)到绿(- a)渐变, b 值从黄(+ b)到兰(- b)渐变, ΔL 、 Δa 、 Δb 均表示色差值, ΔE 表示总色差值^[10-11]。每个茶样重复测量3次,3次平均值作为该茶样的最终色度值。再由 L 、 a 、 b 计算其衍生值,分别为色相(b/a)、色调彩度($Cab = \sqrt{a^2 + b^2}$)、色彩饱和度($Sab = Cab/L$)及色相角[$Hab = \tan^{-1}(b/a)$],共得到11个茶汤的色度测定值。

1.4 数据处理

对茶汤色度值分别采用逐步回归法和PCA法提取茶汤的汤色特征变量,比较PLS和BP-ANN法建立的汤色特征变量与汤色感官评分值之间相关模型的性能。

2 结果与分析

2.1 绿茶汤色品质的感官审评结果

由表1可见,75个碧螺春茶样的汤色品质感官审评得分值最低为75.000分,最高为93.000分,所有茶样的平均得分值为85.842,标准偏差为4.345。采用Pearson's相关分析法分析4位评茶师对所有茶样的汤色感官审评结果是否具有 consistency,结果见表2。由表2可看出,4位评茶师的汤色评分相互之间存在高度线性相关($P < 0.01$),各评茶师评分与4位评茶师评分的平均值之间也存在高度线性相关($P < 0.01$)。说明4位评茶师对茶汤的汤色品质评价具有较高一致性和准确性。

表1 绿茶汤色品质的感官审评得分值统计结果

样本集	数量/ 个	范围/分	均值/分	标准 偏差	变异系 数/%
所有样本	75	75.000~93.000	85.842	4.345	5.061
校正集	50	75.000~93.000	85.835	4.370	5.091
预测集	25	75.250~92.750	85.855	4.384	5.106

表 2 4 位评茶师茶汤汤色评分的 Pearson's 相关分析

评茶师	评茶师 1	评茶师 2	评茶师 3	评茶师 4
评茶师 1	1			
评茶师 2	0.954**	1		
评茶师 3	0.884**	0.918**	1	
评茶师 4	0.910**	0.914**	0.868**	1
平均值	0.972**	0.982**	0.949**	0.951**

注: ** 表示在 0.01 水平下显著相关。

2.2 茶汤的色度值与感官审评结果相关性分析

表 3 表明,所有茶汤色度值与汤色感官评分之

间都呈显著或极显著相关,其中汤色感官评分与色度 a 值、 b 值均呈极显著负相关,表明绿茶汤 a 值和 b 值越小,其绿色程度越深,黄色程度越浅,感官评分越高。绿茶汤色感官评分与明度 L 呈极显著正相关,表明绿茶茶汤的明度越高,其感官评分也越高,这与梁月荣等^[12]对绿茶的光谱学特征研究结果一致。另外,对所有茶汤色度值之间进行相关分析(表 3)表明,大部分茶汤色度值之间存在显著或极显著相关,说明大部分色度值之间具有一定的冗余信息。

表 3 各色度值之间及色度值与感官评分之间的相关系数

项目	评分值	L	a	b	b/a	Cab	Sab	Hab	ΔL	Δa	Δb
L	0.451**										
a	-0.677**	-0.380**									
b	-0.299**	-0.651**	0.283*								
b/a	0.405**	0.293*	-0.676**	-0.129							
Cab	-0.312**	-0.657**	0.297**	1.000**	-0.136						
Sab	-0.323**	-0.690**	0.306**	0.997**	-0.150	0.998**					
Hab	0.405**	0.293*	-0.676**	-0.129	1.000**	-0.136	-0.150				
ΔL	0.505**	0.873**	-0.345**	-0.740**	0.223	-0.747**	-0.769**	0.223			
Δa	-0.643**	-0.201	0.882**	0.234*	-0.556**	0.247*	0.244*	-0.556**	-0.271*		
Δb	-0.266*	-0.617**	0.267*	0.988**	-0.137	0.987**	0.984**	-0.137	-0.723**	0.211	
ΔE	-0.294*	-0.649**	0.285*	0.980**	-0.169	0.980**	0.980**	-0.169	-0.758**	0.226	0.991**

注: **, * 分别表示在置信度(双侧)为 0.01、0.05 时相关性达极显著、显著水平。

2.3 利用逐步回归法与 PCA 提取特征变量建立的 PLS 模型结果比较

2.3.1 逐步回归法 在校正集中用逐步回归法筛选特征变量,建立 PLS 模型。在显著性水平为 0.05 下进行逐步回归分析后,有 3 个变量被入选,分别为:红绿色度(a),色相角(Hab)和茶汤明亮度与参考蒸馏水的明亮度差值(ΔL)。在校正集中用入选的 3 个变量建立 PLS 模型,模型方程为:

$$Y=85.835-2.838X_2+0.553X_7+1.676X_8$$

式中: Y 为汤色感官评分值, X_2 为 a 值, X_7 为 Hab 值, X_8 为 ΔL 值。利用上述回归方程预测校正集样本,模型的预测值与实际评分之间的相关系数为 0.800,均方根误差为 2.596;用预测集中 25 个独立样本检验模型性能,其实际评分与模型预测值之间的相关系数为 0.666,预测均方根误差为 3.210。

2.3.2 主成分分析法(PCA) 表 3 表明,各样本茶汤的色度值及由测定值计算得到的系列衍生值之间存在一定相关性,即这些变量间存在重叠信息,当有重叠信息参与建模时,会大大降低模型精度。采用主成分分析法^[13]对原始茶汤的色度值进行主成分分析,得到一组互不相关的新变量(主成分),使用得到的新变量来建立 PLS 模型。由表 4 可知,前 5 个

主成分的方差贡献率足够大,其累积贡献率达到 98.37%,即前 5 个主成分解释了原始变量的 98.37%的信息,而后 6 个主成分的方差贡献率非常小,特别是第 10 个和第 11 个主成分不包含有原始变量的信息。因此,本研究选取前 5 个主成分建立 PLS 模型。所建模型的校正集样本和预测集样本与逐步回归方法相同,得到模型对校正集样本的实际评分值与模型预测值之间的相关系数为 0.772,均方根误差为 2.760;用预测集中 25 个独立样本检验模型性能,模型的预测值与实际得分值之间的相关系数为 0.790,预测集均方根误差为 2.640。

表 4 各主成分的方差贡献率和累积贡献率 %

主成分	方差贡献率	累积方差贡献率
1	53.57	53.57
2	22.05	75.62
3	11.60	87.22
4	7.90	95.12
5	3.25	98.37
6	1.09	99.46
7	0.30	99.80
8	0.17	99.97
9	0.03	100
10	0	100
11	0	100

可见,在校正集中由逐步回归法提取特征变量建立的 PLS 模型性能好于 PCA 方法,但当用预测集中 25 个独立样本检验模型性能时,逐步回归方法提取特征变量所建模型的预测能力要远远低于 PCA 方法的。因此,采用主成分分析法提取茶汤的汤色特征信息效果更好。

2.4 BP 神经网络(BP-ANN)模型建立

BP 神经网络是目前应用最广、计算能力最强的神经网络之一,该网络采用最小均方差学习方式,以反向传播的学习算法来调整各权重值,能用来解决模糊的、非线性等复杂问题^[14]。由 2.3 分析可知,采用主成分分析法能较好地提取汤色特征变量,因此,以主成分分析法提取的特征变量作为 BP-ANN 模型的输入变量。为与前面建立的 PLS 模型有可对比性,同样采用前 5 个主成分作为 BP-ANN 网络模型的输入变量,采用 3 层网络拓扑结构:输入层、隐含层、输出层,输入层神经元个数为 5,输出层神经元个数为 1(即汤色感官评

分值)。模型输入层到隐含层的传递函数采用正切 S 形函数,隐含层到输出层的传递函数采用 logistic 函数,学习速率为 0.2,权重修正动量为 0.3,初始权重设置为 0.4,目标误差为 0.001,最大训练次数为 2 000。在校正集中,用训练好的网络预测模型性能,模型预测值与实际评分值之间的相关系数为 0.849,预测均方根误差为 2.292;用预测集中的独立样本评价模型性能,其实际评分值与模型预测值之间的相关系数为 0.816,预测均方根误差为 2.505。

2.5 PLS 模型与 BP-ANN 模型结果比较

从图 1 中可看出,PLS 模型中有 1 个样本的预测误差绝对值超过 5 分,其绝对值在 0~5 分以内的符合率为 96%。BP-ANN 模型中有 2 个样本的预测误差的绝对值高于 5 分,预测误差的绝对值在 0~5 分以内的符合率为 92%。由以上分析可知,由测色仪表征绿茶的汤色品质与人工感官评价绿茶汤色品质具有较好的一致性。

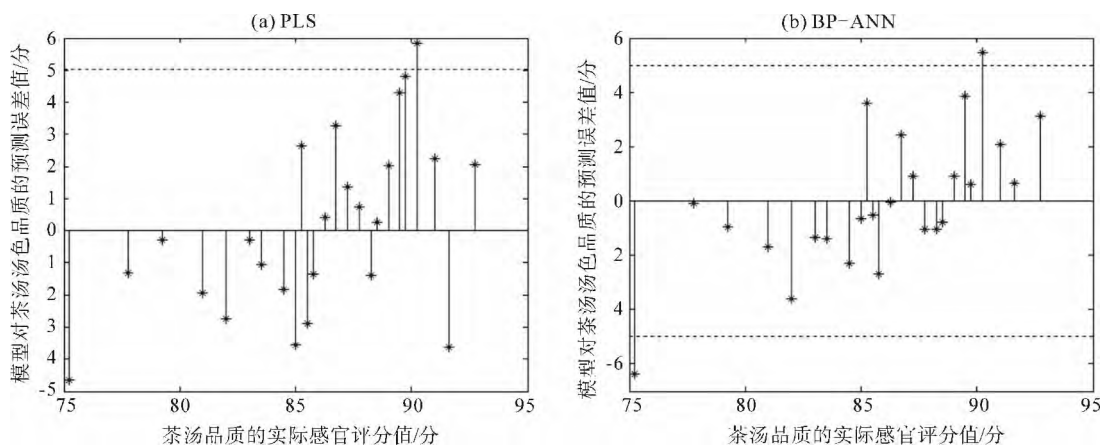


图 1 预测集中 PLS 模型(a)和 BP-ANN 模型(b)的预测误差

在 95% 置信区间内,分别用 PLS 方法和 BP-ANN 方法建立的汤色测定值与其感官评分之间的相关模型时,2 个模型对预测集样本的预测值与实际评分值之间的相关性 t 检验结果(表 5)表明,显著性概率都大于 0.05 ($t < t_{0.025,24} = 2.0639$),说明 PLS 模型和 BP-ANN 模型的预测值与实际评分值之间差异不显著。由此可见,利用测色仪表征绿茶的汤色感官品质,其准确度是可靠的。但由表 6 可知,BP-ANN 模型性能优于 PLS 模型的,说明 BP-ANN 方法能较好地解决绿茶汤色品质感官评分与其色度值之间的相关关系。

表 5 模型的预测值与实际评分值之间 t 检验

模型	差异均值	标准离差	均值标准差	t 值	双尾显著性概率
PLS	1.205	2.786	0.557	0.216	0.831
BP-ANN	-0.036	2.556	0.511	-0.071	0.994

表 6 模型预测结果与实测结果的相关性分析

模型	校正集		预测集	
	相关系数	均方根误差	相关系数	均方根误差
PLS	0.772	2.760	0.790	2.640
BP-ANN	0.849	2.292	0.816	2.505

3 结论与讨论

茶叶感官审评方法标准(GB/T 23776—2009)规定:名优绿茶的汤色以嫩绿明亮、浅绿明亮为上品,而汤色为深黄或黄绿欠亮或浑浊,其汤色品质最差。由逐步回归方法筛选的3个变量中,红绿色度 a 是茶叶汤色的绿色程度的一个度量值,明亮度差值 ΔL 是表示茶叶汤色明亮程度的一个度量值,而色相角 H_{ab} 决定了绿茶汤的汤色色调,由逐步回归法筛选的3个特征值基本能表达绿茶汤的汤色品质。但由相关分析结果可知,茶汤的所有色度值与汤色感官评分之间都呈显著或极显著相关,这说明绿茶汤的色度值对绿茶汤色品质都有一定的贡献作用;由表3还可看出,绿茶汤的色度值相互之间存在一定的相关性。因此,用逐步回归方法筛选出其中的某些色度值及色度计算值,必定会丢失汤色特征的一部分信息,降低所建模型的预测精度。而主成分分析法是采用数学方法,将原始数据重新组合,得到一组新的变量(主成分),这些新变量是互不相关的,同时得到的新变量能表达出原始变量的绝大多数信息。相对于逐步回归方法,主成分分析法能最大程度地获取原始变量的信息。因此,由主成分分析法获取的特征变量建立的模型预测能力要好于逐步回归方法的。

本研究以碧螺春绿茶为对象,采用逐步回归方法和PCA方法提取其汤色特征变量,建立汤色色度测定值与其品质感官评分之间的相关预测模型。结果表明,采用PCA方法能更好地提取汤色特征变量。基于PCA方法提取的特征变量建立PLS和BP-ANN模型,两模型用于绿茶汤色品质的预测,准确度可靠,但BP-ANN模型性能好于PLS模型。本方法用于汤色品质的评价成本低、可靠性高,能为茶叶汤色品质量化评价的仪器化开发提供研究。

参考文献:

[1] 黄亚亚,梁艳,邓永亮,等. 茯砖茶茶汤稳定性研究[J].

河南农业科学,2012,41(10):58-61,65.

- [2] 陆松侯. 施兆鹏茶叶审评与检验[M]. 3版. 北京:中国农业出版社,2001.
- [3] 李立祥,梅玉,常珊,等. 绿茶汤色分析[J]. 食品与发酵工业,2005,31(10):123-126.
- [4] 赖国亮,吴金桃,兰永辉. 测色技术在炒青绿茶品质评价中的应用[J]. 中国茶叶,1999(2):19-21.
- [5] 陆建良,梁月荣,龚淑英,等. 茶汤色差与茶叶感官品质相关性研究[J]. 茶叶科学,2002,22(1):57-61.
- [6] 王秋萍,龚加顺,邹莎莎. 普洱茶发酵阶段色泽的变化及其与品质的关系[J]. 农业工程学报,2010,26(1):394-399.
- [7] Liang Y R, Lu J L, Zhang L Y, *et al.* Estimation of black quality by analysis of chemical composition and colour difference of tea infusions[J]. Food chemistry, 2003,80:283-290.
- [8] Liang Y R, Zhang L Y, Lu J L. A study on chemical estimation of Pu-erh tea quality[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture,2005,85(3):381-390.
- [9] Liang Y R, Ye Q, Jin J, *et al.* Chemical and instrumental assessment of green tea sensory preference[J]. International Journal of Food Properties,2008,11:258-272.
- [10] 曹连平,王力民,李锡军,等. 色差仪的应用实践[J]. 印染,2004,24(6):33-38.
- [11] 杨小青. 色差仪及其在涂料生产中的应用[J]. 分析测试,2003,22(1):37-39.
- [12] 梁月荣,罗德尼·毕. 名茶茶汤光谱学特征初探[J]. 茶叶,1991,17(2):44-46.
- [13] 谷风林,房一明,胡荣锁,等. 电子感官在玉兰花茶品质分析中的应用[J]. 中国食品学报,2012,12(3):167-175.
- [14] 马茵驰,阎广建,丁文,等. 基于人工神经网络方法的冬小麦叶面积指数反演[J]. 农业工程学报,2009,25(12):187-192.