

文章编号: 1002-2082(2008)05-0750-03

基于光纤光谱仪测量茶叶表面颜色的研究

陈潇潇, 曹远生, 谢兴尧, 谭和平

(中国测试技术研究院, 四川 成都 610021)

摘要: 茶叶表面颜色是评定茶叶质量优劣的重要指标, 介绍了一种基于光纤光谱仪测量一定范围内茶叶表面颜色特征的方法。该方法根据CIE色度系统三刺激值 1 计算式, 通过光纤光谱仪分别获得茶叶和已知光谱反射率的标准白板反射光谱功率分布, 计算出茶叶表面的反射率, 再代入相关常量获得茶叶的三刺激值来表征茶叶表面颜色。装置采用溴钨灯作为光源, 将茶叶及标准白板样品依次放入暗盒, 在自编程序控制下, 旋转步进电机多次采样, 并利用光纤光谱仪同步接收反射光信号, 对数据进行采集、储存、计算等。实验证明, 该方法能快速测量出茶叶表面总体颜色, 测量的重复性精度约为 1% 。

关键词: 色度学; 茶叶表面颜色; 颜色三刺激值; 光纤光谱仪

中图分类号: O432.3; O433.1; TN25

文献标志码: A

Tea color measurement with fiber spectrometer

CHEN Xiao-xiao, CAO Yuan-sheng, XIE Xing-yao, TAN He-ping

(National Institute of Measurement and Testing Technology, Chengdu 610021, China)

Abstract: Surface color of tea is an important parameter to estimate the quality of tea. A method based on a fiber spectrometer to detect the surface color of tea is introduced. The reflective spectrum of tea is detected by the spectrometer and normalized by the reflective spectrum of a white standard ceramic plate. Then the CIE tristimulus values of tea are calculated according to the corresponding theoretical expressions and used to characterize the surface color of tea. A tungsten bromine light is used as light source in the experiment. The reflective spectra of tea and white ceramic standard plate are automatically and repeatedly recorded by the spectrometer. The experimental results indicate that this method is simple, rapid, and it has the reproducibility of about 1% .

Key words: colorimetry; tea colour; tristimulus value; fiber spectrometer

引言

茶叶作为传统的天然饮料, 一直受到世人的欢迎。随着茶叶消费的增长, 茶叶品质的评定也变得愈来愈重要。20世纪70年代日本采用近红外光谱分析技术对茶叶多种组分进行定量分析, 如茶多酚、咖啡碱、全氮量、粗纤维等的定量分析^[1], 其后国内外也有很多学者利用光谱对茶叶组分进行广

泛的研究^[2-4]。但作为评定茶叶质量优劣另一重要指标的茶叶表面颜色, 仍采用主观目视法进行评定^[5]。目视法是一种最传统的颜色测量方法, 具体做法是由标准色度观察者在特定的照明条件下对产品进行目测鉴别, 并与CIE(国际照明委员会)标准色度图比较, 得出颜色参数。人的眼睛虽有优异的视觉功能, 但是不能准确识别微细的色彩差异,

常出现色彩判断失误。用这种方法测量的结果精度低,操作麻烦,并且不同的人得出的结果也往往不一样。本文采用便携式CCD光谱仪作为探测器件,不仅具有测量速度快,准确性高的优点,而且实现装置小型化,便于实时测量。再结合CIE色度系统规定计算出颜色三刺激值,因此能客观地反映茶叶表面颜色特性。实验表明,其重复性精度约为1%。

1 测量原理

CIE色度系统用三刺激值定量描述颜色,根据CIE色度系统三刺激值计算式^[5]:

$$\begin{cases} X = k \int_{\lambda} \varphi(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda \\ Y = k \int_{\lambda} \varphi(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda \\ Z = k \int_{\lambda} \varphi(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda \end{cases} \quad (1)$$

式中: $\varphi(\lambda)$ 为颜色刺激函数,当被测物体为不透明非自发光物体时, $\varphi(\lambda) = \rho(\lambda) * S(\lambda)$; $S(\lambda)$ 是照明光源的相对光谱功率分布; $\rho(\lambda)$ 为物体的光谱反射比; $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$ 是CIE规定的标准色度观察者的光谱三刺激值。

已知反射比为 $\rho_1(\lambda)$ 的标准白板在一定照明条件下的反射光谱功率分布为 $\varphi_1(\lambda)$, 相同照明条件下物体表面反射的光谱分布为 $\varphi_2(\lambda)$ 。通过测量可以得到物体表面的光谱发射比 $\rho_2(\lambda) = \varphi_2(\lambda) * \rho_1(\lambda) / \varphi_1(\lambda)$ 。

2 实验装置

图1为装置示意图。固定在步进电机上的样品盒置于内壁全部涂黑的样品箱中,直径100 mm。溴钨灯作照明光源以45°入射到样品表面,在样品盒正上方直径为0.6 mm的光纤接收反射光后传输

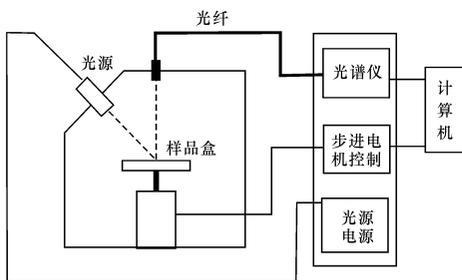


图1 装置示意图

Fig. 1 Schematic diagram of experiment setup

到光谱仪中(光谱仪使用2048像元的线阵CCD探测器)。标准白板通过分光光度计校准得到光谱反射率。利用自编软件,控制步进电机旋转一定角度后,光谱仪进行采样并画出实时光谱功率分布图,步进电机每旋转一周,自编软件对光谱仪多次采样结果进行计算得到茶叶的颜色三刺激值。

2.1 CCD探测器谱线的校准

为确保CCD探测器光谱测量的准确性,先对探测器进行谱线校准,具体方法是:分别点燃标准低压Hg灯和Cd灯,使用光谱仪探测特征谱线,并与标准谱线比较,如表1所示。差值通过自编程序进行修正。

表1 CCD测得的低压汞灯和镉灯特征谱线与标准谱线的比较

Table 1 Detected characteristic spectral lines of Hg/Cd lamps by CCD in comparison with standard ones

低压汞灯		低压镉灯	
标准谱线/nm	测得特征谱线/nm	标准谱线/nm	测得特征谱线/nm
365.48	366.96	361.05	362.89
407.78	406.09	467.81	468.93
435.83	437.18	479.99	481.16
546.96	547.09	508.58	509.76
579.02	578.23	643.84	643.93

2.2 光源电压变化的影响

测量中,光源采用直流电源供电,由于光源电压的变化将引起光源色温的变化,从而改变出射光的光谱分布,因此应考虑电源的稳定性对颜色三刺激值的影响。采用keithley2700监控光源电压变化,在接通电源2 h连续内,电压与测量标准白板的三刺激值的相对变化如图2所示。由图可以看到,在开始接通时光源电压和三刺激值的变化较

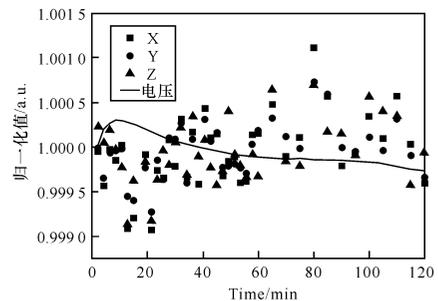


图2 光源电压与标准白板三刺激值随时间的相对变化

Fig. 2 Variation of voltage of light source and spectral tristimulus values of standard whiteboard with time

大,在约 40 min 后逐步趋于稳定,电压在 0.03% 的范围内波动,且三刺激值受电压的影响变化不明显。因此实际测量中,应该在接通电源约 40 min 后光源相对稳定的情况下进行测量。

2.3 茶叶表面形态的影响

由于茶叶表面粗糙,因此样品盒内茶叶平面的平整度对测量结果有较大影响,因此放入样品盒中的茶叶应表面尽可能铺平。但不同茶叶的粗糙度不同,表面平整度也不相同,是引起测量误差的主要原因,可通过多次测量减小误差。

3 实验结果分析

图 3 为竹叶青 1 级、2 级、青山绿水以及普洱茶 4 种茶叶的光谱反射率曲线。由于茶叶中叶绿素对可见波段的强烈吸收,因此茶叶在可见波段的反射率很低,但由于竹叶青和青山绿水表面都呈现不同程度的绿色,因此在波长 500 nm~600 nm 出现不同的峰值。普洱茶几近黑色,因此光谱曲线平坦且光谱反射率较小。通过图中茶叶光谱反射率的分

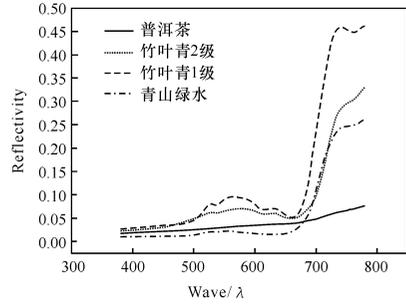


图 3 4 种茶叶的光谱反射率

Fig. 3 Spectral reflectivity of tea surface

布可以清楚地分辨各类茶叶表面颜色的不同。结合 CIE 色度系统规定,计算出颜色三刺激值,如表 2 所示。在连续 5 天的测量中,每次结果为各样品重复 5 次测量的平均值。由此可知,该装置能定量地分辨各类茶叶颜色,对于颜色相近的同类茶叶也能清楚地分辨,并且有较好的重复性精度。茶叶测量的相对标准差约为 1%。

表 2 茶叶测量结果

Table 2 Detected data of tea

茶叶名称	竹叶青 1 三刺激值			竹叶青 2 三刺激值			青山绿水三刺激值			普洱茶三刺激值		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	6.728	7.735	3.846	5.504	6.220	3.627	3.266	3.662	1.970	3.006	3.048	2.420
2	6.770	7.768	3.839	5.422	6.130	3.564	3.250	3.644	1.960	3.016	3.059	2.422
3	6.756	7.746	3.842	5.507	6.219	3.631	3.225	3.615	1.936	3.003	3.046	2.423
4	6.810	7.796	3.858	5.489	6.196	3.621	3.249	3.641	1.978	2.996	3.041	2.427
5	6.855	7.832	3.882	5.493	6.198	3.633	3.299	3.688	1.981	3.008	3.052	2.433
相对标准差	0.007 4	0.005 0	0.004 6	0.006 4	0.005 9	0.008 0	0.008 3	0.007 4	0.009 4	0.002 4	0.002 3	0.002 1

4 结论

与传统目视法相比,本文采用光纤光谱仪测量茶叶表面颜色的方法,具有客观性强,快速易操作、重复性精度高的特点,配上标准色板可用作茶叶颜色评定。另外,该方法还可应用于烟丝、大米、棉花等其他粗糙表面物体的颜色测量,具有良好的发展前景。

参考文献:

[1] 钱小军. 傅里叶变换近红外光谱分析技术在茶叶中的应用[J]. 中国茶叶,1996,22(6):13-15.
QIAN Xiao-jun. The application of near infrared spectrum technique on the tea[J]. China Tea,1999, (6):13-15. (in Chinese)

[2] 徐广通,袁洪福,陆婉珍. 现代近红外光谱技术及应用

进展[J]. 光谱学与光谱分析,2000,4(2):134-142.
XU Guang-tong, YUAN Hong-fu, LU Wan-zhen. Development of modern near infrared spectroscopic techniques and its applications[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis,2000,4(2):134-143. (in Chinese)

[3] 李晓丽,何勇,裴正军. 一种基于可见-近红外光谱快速鉴别茶叶品种的新方法[J]. 光谱学与光谱分析, 2007,27(2):279-282.
LI Xiao-li, HE Yong, QIU Zheng-ju. Application PCA-ANN method to fast discrimination of tea varieties using visible/near infrared [J]. Spectroscopy-Spectroscopy and Spectral Analysis, 2007,27(2):279-282. (in Chinese)

[4] 韩立苹,须海荣,倪君. 近红外光谱技术及其在茶叶上应用研究[J]. 茶叶,2007,33(1):4-7.