

综述专论

## 基于色度学原理的颜色分析方法在药物研究领域的应用概况\*

何晓凤<sup>1</sup>, 王露露<sup>2</sup>, 张晶<sup>1,2\*\*</sup>

(1. 吉林农业大学中药材学院, 长春 130118; 2. 长春科技学院, 长春 130600)

**摘要:** 颜色分析方法是一种基于色度学原理, 可快速检测物体颜色的技术, 其广泛地应用于各个领域, 通过将颜色以数值的形式进行描述, 并与产品性状质量建立相关性, 从而实现对产品颜色及品质的有效管理。本文对颜色分析在药物研究领域的应用进行了概述, 旨在为实现药物的深入研究提供参考。

**关键词:** 色度学; 颜色分析; 药物; 应用

中图分类号: R 917

文献标识码: A

文章编号: 0254-1793(2018)09-1471-05

doi: 10.16155/j.0254-1793.2018.09.01

## Application of color analysis method in the field of medical research based on chromaticity\*

HE Xiao-feng<sup>1</sup>, WANG Lu-lu<sup>2</sup>, ZHANG Jing<sup>1,2\*\*</sup>

(1. College of Chinese Medicine, Jilin Agriculture University, Changchun 130118, China;

2. Changchun Sci-Tech University, Changchun 130600, China)

**Abstract:** The color difference analysis method is a technique based on the principle of chromaticity and it can quickly detect the color of the object. It is widely used in various fields. The color is described in numerical form and is related to the quality of the product trait. The color and quality of the product can be effectively managed. This paper mainly introduces the knowledge of chromaticity, and summarizes the application of color difference analysis in medicine research. It aims to provide reference for achieving in-depth study of medicine.

**Keywords:** colorimetry; color analysis; medicine; application;

颜色是用于评价某些物质内在和外在质量的重要指标。对物质颜色可以用色调、饱和度和明度3个参数综合表示<sup>[1]</sup>, 利用各物质间的色度可描述不同物质的质和量的差异。颜色分析法可利用仪器实现对

物质颜色进行无损和快速测定的手段, 通过对颜色数值进行量化分析, 可以在产品颜色的控制和评价上更加准确。此法克服了肉眼判断误差大, 导致颜色评价结果可信度较低的问题。

\* 吉林省科技发展项目(20160204004YY)

\*\* 通信作者 Tel: 13353144693; E-mail: zhjing0701@163.com

第一作者 Tel: 13944214750; E-mail: 939531444@qq.com

## 1 颜色分析常用的颜色空间及测定仪器

### 1.1 颜色空间

颜色空间是一种将颜色转换成数字,进而对其量化分析的方法<sup>[2]</sup>。根据其应用范围可分为3种类型,即工业、视觉和色度学颜色空间。其中工业颜色空间包括RGB、CMY、YUV、YIQ和YCbCr等,RGB颜色空间适用于计算机图像及成像系统的研究<sup>[3-4]</sup>;CMY颜色空间主要用于印刷行业<sup>[5]</sup>。视觉颜色空间可分为HSB、HSI、HSL和HSV,其中基于HSV颜色空间可对图像进行检索<sup>[6]</sup>。色度学颜色空间有 $L^*a^*b^*$ 、Luv、LCH、XYZ、Yxy等,Lab、Luv分别用于一般物体和自发光体色差的计算<sup>[7]</sup>;LCH表达色彩则更贴近人的认知方式,因此容易被理解<sup>[8]</sup>。

### 1.2 测定仪器

颜色参数可通过光电积分式测色仪和分光光度测色仪测定。其中,光电积分式测色仪器是模拟人眼光谱三刺激值特性,用光电积分效应直接测得样品的三刺激值,再由此计算出样品的色品坐标等参数,精确度不高但能准确测出2个色源之间的差别,适用于测量精度要求不是很高行业的快速在线检测<sup>[9]</sup>。而分光光度测色是测量各个波长的颜色刺激,通过测试样品的光谱成分进而确定其颜色参数,因此精度非常高<sup>[10]</sup>。

## 2 颜色分析法在药物研究中的应用

色泽是药品品质评价的重要指标之一,传统目视法主观误差大<sup>[11]</sup>。基于色度学原理的颜色分析方法可有效地鉴别药材,评价药物的质量,建立中药炮制工艺的标准,以及药物制剂产品在线管理。

### 2.1 中药材鉴别

颜色是中药性状描述的关注点之一,以颜色对药材进行区分是中药鉴定常用的方法。研究显示<sup>[12]</sup>,通过测定和分析陈皮与广陈皮2种颜色参数 $L^*$ 值和 $b^*$ 值的差异,可快速有效地区分陈皮和广陈皮。在以色差仪对仿野生及人工栽培的防风饮片的总色差值 $E^*_{ab}$ 的测定结果显示:2种防风饮片外皮颜色具有显著差异,可以作为快速鉴别2种饮片的检测方法,并可为防风饮片分级提供依据<sup>[13]</sup>。刘红亮等<sup>[14]</sup>根据厚朴发汗前后显著的色度L和a的差异,实现了发汗和未发汗厚朴样品的鉴别。研究表明<sup>[15]</sup>,采用RSD和 $dE^*_{ab}$ 双指标评价方法对甘草的断面和表皮颜色及进行量化分析,可精确、如实地反映药材颜色情况,为揭示中药传统性状鉴别提供了实验依据。

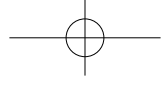
通过对不同产地茺蔚子的色差值以及水分等分析发现:不同产地茺蔚子质量差异较大,并且总色差值是判断不同产地茺蔚子的重要因素<sup>[16]</sup>。另有研究表明<sup>[17]</sup>,通过对5种芸香科中药性状“颜色”、“气”、“味”分别进行客观数值化和综合数据分析,所得分类结果与PCA模型分析结果一致,因此对“颜色”等中药性状进行客观数值化研究可实现对各类样品的准确区分。

### 2.2 分析中药材外观与内在品质的相关性

药材颜色的不同或变化,不仅由于它的品种和本身差异,与其化学成分及含量高低也关系密切。何婉婉等<sup>[18]</sup>通过分析北豆根药材粉末色泽与其中所含4个生物碱成分的相关性,发现北豆根粉末橙红色越深,总色差越大,4个生物碱含量总和越大。研究显示<sup>[19]</sup>,野生甘草的根皮及断面中甘草苷和甘草酸含量与其色度值 $\Delta E^*$ 、 $\Delta L^*$ 显著相关,稳定性良好。葡萄籽与其成分的相关性分析显示<sup>[20]</sup>:葡萄籽中多酚、原花青素氧化裂解产生的花色苷伴随着 $a^*$ 和 $b^*$ 值增大L值减小,因此,可以通过色差定性判断葡萄籽中多酚和原花青素的变化。研究表明<sup>[21]</sup>:当羟基红花黄色素A含量低时,红花的红色和黑色往往较少,说明红花的红色度 $a^*$ 和亮度 $L^*$ 与羟基红花黄色素A含量有显著的相关性,此结果也证实颜色可用作红花质量评价的特征,甚至可以应用于其他植物中药。另有研究表明<sup>[22]</sup>,莲须药材总黄酮含量与药材粉末明暗程度有关,其颜色越亮,总黄酮的含量越高。方小华等<sup>[23]</sup>利用HPLC测定饮片中柚皮苷和新橙皮苷的含量,对饮片色泽信息和有效成分的关系进行分析,其结果显示色度差和有效成分存在显著相关性,因而分析色度差可作为不同发酵时间樟帮枳壳饮片质量评判标准。

### 2.3 建立中药炮制工艺

中药的加工是使中药颜色发生变化的重要因素,因此通过监测加工过程中药材颜色变化,可准确地得出药材合适的加工条件。刘粤疆等<sup>[24]</sup>以色差法比较了槟榔药材炒制前后的颜色,发现槟榔亮度 $L^*$ 值与炒制时间线性关系显著, $\Delta L^*$ 介于13~15内,焦槟榔炮制品为合格品。另有研究显示<sup>[25]</sup>,当生藕节与其炮制品 $\Delta E$ 值在6~10,炮制温度达到165~215℃时,为合格的藕节炭炮制品。殷放宙等<sup>[26]</sup>通过分析栀子和山楂炒制过程中 $\Delta E$ 和L的变化,确定了不同火候下2种药材颜色的平稳时间,其结果可为中药炮制



最佳工艺参数的确定提供参考。研究表明<sup>[27]</sup>,泽泻炮制饮片的颜色与质量有较好的相关性,色度差可作为其质量控制的标准,因此控制炮制条件,使泽泻饮片外观色泽均匀,炮制品质更佳。肖井雷等<sup>[28]</sup>以芦荟大黄素、大黄酸、大黄素、大黄酚、大黄素甲醚和总蒽醌的量为大黄炮制品考察指标,并量化炮制品的颜色值,其色度值显示与这几种成分含量显著相关,因此熟大黄炮制过程中,可以通过测定其色度 L、a、b 值科学地判定炮制终点。有研究显示<sup>[29]</sup>:白术麸炒饮片颜色与生品颜色的差值  $\Delta E_{ab}$  与 5-羟甲基糠醛(5-HMF)含量呈显著正相关,因此 5-HMF 含量能够反应白术炮制程度,可作为炮制过程中饮片质量的控制指标,为白术麸炒炮制规范研究提供参考。

#### 2.4 评价药物制剂的质量

在药物制剂中,色差法主要通过测定注射液颜色,实现对品质的检测。吴衍凤等<sup>[30]</sup>采用色差法测定益气复脉冻干溶液颜色的方法学考察结果满意,检测效果良好。刘君动等<sup>[31]</sup>利用色差法建立的丹参多酚酸溶液颜色的测定方法,精密度和重复性好,3 h 色差值  $\Delta E$  的 RSD 为 1.3%。刘炜等<sup>[32]</sup>通过比较清开灵注射液与标准比色液的色品、色差、红绿度和黄兰度,可灵敏地检测出中药注射剂质量,对中药注射剂安全性控制具有实际意义。黄春辉<sup>[33]</sup>以色差计法对灰黄霉素溶液颜色进行数字量值化的测定;方法简单,数据稳定,重复性好。在注射用头孢曲松钠各论项下的有关物质和头孢曲松聚合物的测定方法检查杂质含量,结果显示其溶液颜色越深,杂质和聚合物含量越高;不同厂家间药品的颜色稳定性有较大差异<sup>[34]</sup>。北村智等<sup>[35]</sup>选用抗坏血酸(VC)、头孢菌素类抗生素头孢噻肟(CZX)和头孢唑啉(CEZ)的水溶液进行颜色测定,并以动力学加以分析,进而得出颜色变化的预测报告以确定药物变色的原因。研究表明<sup>[36]</sup>,色差计法结合目视法对 1 种抗生素注射用粉针剂样品的颜色进行考察测定,可较为科学合理地制订出其溶液颜色检查项的限度规定。

#### 2.5 完善制药工艺

在制药方面,通过颜色分析的方法可实现工艺在线管理控制。研究表明<sup>[37]</sup>,利用色差分析法对治偏头痛的中药微丸边缘进行跟踪,进而完成在小丸图像边缘特征点的全自动定位,可有效地实现小药丸圆整度的检测。基于 RGB 颜色模式对 3 种不同小金丸粉体混合均匀性表征结果显示<sup>[38]</sup>:人工混合粉体 RGB

模型的颜色差异最大,深颜色块状与近白色块状占比多;复合粒子粉体 RGB 模型的颜色差异最小,深颜色块状的灰度色较浓;对照粉体 RGB 模型的颜色差异介于二者之间,表明复合粒子粉体兰种指标成分的混合均匀性最佳,人工混合粉体最差。近而筛选出改善中药粉体均一性与溶解性的合适粒子粉体。顾金林等<sup>[39]</sup>通过测定固体药物的反射率,实现对硝苯地平及其片剂颜色的无损检测,为研究药物制剂中光敏感性物质在光线照射下的颜色变化以及预测固体制剂稳定性具有重要意义。佟宝光<sup>[40]</sup>利用色差计测定药物氯雷他定反应终点前后的颜色变化(色差  $\Delta E$ ),通过  $\Delta E$ -Vol 曲线求得反应终点的滴定液消耗的体积数,有效克服了人眼对颜色的敏感程度不同而造成的终点误差。

#### 2.6 药物真伪检测

药物假冒增长是一个重大的公共卫生问题,颜色分析可简便快速地对药物进行真伪鉴别。川贝母与其他掺假品种贝母粉末样品的色差分析表明<sup>[41]</sup>:其相互间颜色差异不明显,而与薏苡仁、面粉掺假的粉末样品颜色差异较大,且随着掺假比例增加,颜色差异越明显。Antoniella<sup>[42]</sup>通过测量片剂表面的颜色和包装的特定位置,对原始和假冒的伟哥 Cialis 和 Levitra 进行色度计的测试,并分别对可疑药物与标准药物的表面颜色及其光谱反射率进行比对,简便快捷地鉴别假药。

### 3 结语

颜色不仅是物品的重要属性,也是用以描述其外观的手段,影响着人们对它们质量的感知。颜色作为产品生产、加工、储存和销售的必检项目,目视评价虽简便易行,然而并不能对其做出准确评价;利用仪器对物质进行颜色分析的方法比较复杂,但可取得精确的色度数据,并且可以有效去除人为因素对测定的影响,使对颜色判断更加客观,测定结果准确度更高。除在食品、农业和工业等方面的应用外,将色差分析法应用于药物研究领域,不但实现了对中药及其加工品的模糊颜色进行数字化表达,也使得基于颜色性状的中药鉴定及品质评价更加客观,药物的加工过程和产品更加标准化;与此同时这也为药物的质量控制和药品生产加工的发展奠定了基础。随着科技的发展,测定仪器的不断改进和完善,颜色分析方法可逐步代替人眼对物质颜色进行评价,并取得可观进展。



## 参考文献

- [1] 秦一心,方亮,张龙,等. 森林色彩三要素独立变化对观赏效应的影响[J]. 中国城市林业, 2016, 14(3): 26  
QIN YX, FANG L, ZHANG L, *et al.* Aesthetic effects of individual variation of three forest color elements[J]. *J Chin Urban Forest*, 2016, 14(3): 26
- [2] REINHARD E, ASHIKHMIN M, GOOCH B, *et al.* Color transfer between images[J]. *IEEE Comput Graph Appl*, 2001, 21(5): 34
- [3] 杨璟,朱雷. 基于RGB颜色空间的彩色图像分割方法[J]. 计算机与现代化, 2010(8): 147  
YANG J, ZHU L. Color image segmentation method based on RGB color space[J]. *Comput Mod*, 2010(8): 147, 171
- [4] SÜSSTRUNK S, BUCKLEY R, SWEN S. Standard RGB Color Spaces[C]. *Color Imag Confer*, 1999, 7: 127
- [5] BULAN O, SHARMA G. Improved Color Barcodes via Expectation Maximization Style Interference Cancellation[C]. *IEEE International Conference on Acoustics*, 2012, 22(10): 1509
- [6] 宋麦玲,李欢. 一种基于HSV颜色空间的图像检索技术[J]. 电脑知识与技术, 2007, 1(1): 200  
SONG ML, LI H. An image retrieval technologe based on HSV color space[J]. *Computer Knowledge Technol*, 2007, 1(1): 200
- [7] 朱正芳,汤顺青. 色度学及其进展[J]. 物理, 1996, 25(6): 342  
ZHU ZF, TANG SQ. Chromaticism and its progress[J]. *Physics*, 1996, 25(6): 342
- [8] NIELSEN SS. *Food Analysis*[M]. 4th Ed. Springer US, 2010: 35
- [9] 徐海松. 颜色技术原理及在印染中的应用(十四)第十一篇光电积分式测色仪器及荧光材料的颜色测量[J]. 印染, 2006, 32(7): 40  
XU HS. Color technical principle and its application to dyeing and finishing(XIV)[J]. *Dye Finis*, 2006, 32(7): 40
- [10] 徐海松. 颜色技术原理及在印染中的应用(十三)第九篇分光光度测色仪器[J]. 印染, 2006, 32(6): 41  
XU HS. Color technical principle and its application to dyeing and finishing(XIII)[J]. *Dye Finis*, 2006, 32(6): 41
- [11] 周怡. 化学药品标准中杂质控制及其限度的建立[J]. 药物生物技术, 2010, 17(2): 181  
ZHOU Y. Establishment of the criteria for impurities in drug standards[J]. *Chin J Pharm Biotechnol*, 2010, 17(2): 181
- [12] 李旻,陈美君,潘欢欢,等. 基于颜色客观化的陈皮药材鉴别[J]. 中国实验方剂学杂志, 2016, 22(18): 31  
LI M, CHEN MJ, PAN HH, *et al.* Discrimination of Citri Reticulatae Pericarpium based on color objectivization[J]. *Chin J Exp Tradit Med Form*, 2016, 22(18): 31
- [13] 陈梁,李丽,肖永庆,等. 仿野生与人工栽培防风饮片的色彩色差分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(12): 92  
CHEN L, LI L, XIAO YQ, *et al.* Color analysis between imitatively wild and artificially cultivated pieces of Saposhnikovia Radix by colorimeter[J]. *Chin J Exp Tradit Med Form*, 2013, 19(12): 92
- [14] 刘红亮,晏仁义,郭健,等. 厚朴“发汗”前后药材颜色及气味差异的数值化研究[J]. 中国中药杂志, 2013, 38(1): 45  
LIU HL, YAN RY, GUO J, *et al.* Study on digitalization in drug color and odor of Magnoliae Officinalis Cortex before and after perspiration[J]. *China J Chin Mater Med*, 2013, 38(1): 45
- [15] 邹慧琴,李硕,林相龙,等. 基于色度学理论的甘草颜色数字化方法学研究[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2014(12): 2681  
ZOU HQ, LI S, LIN XL, *et al.* Methodological research on color digitalization of Glycyrrhize Radix et Rhizoma based on colorimetry theory[J]. *World Sci Technol Mod Tradit Chin Med Mater Med*, 2014, 16:(12): 2681
- [16] 杨小露,李水清,王淑美,等. 基于主成分分析的不同产地茺蔚子质量评价研究[J]. 广东药学院学报, 2017, 33(4): 461  
YANG XL, LI SQ, WANG SM, *et al.* Study on quality evaluaion of Leonur Fructus from different habitats based on principal components[J]. *J Guangdong Pharm Univ*, 2017, 33(4): 461
- [17] 胥敏,杨诗龙,李欣逸,等. 基于性状客观化的五种芸香科中药鉴别研究[J]. 中药与临床, 2015, 6(6): 1  
XU M, YANG SL, LI XY, *et al.* Research on discrimination of five Rutaceae herbs by objectifying its characters[J]. *Pharm Clin Chin Mater Med*, 2015, 6(6): 1
- [18] 何婉婉,张建逵,李云静,等. 北豆根药材粉末色泽与有效成分的相关性[J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(5): 57  
HE WW, ZHANG JK, LI YJ, *et al.* Correlation between color traits of Menispermi Rhizoma powder and its effective components[J]. *Chin J Exp Tradit Med Form*, 2017, 23(5): 57
- [19] 侯伟龙,窦德强. 甘草的色泽与甘草苷、甘草酸含量的相关性研究[J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(15): 130  
HOU WL, DOU DQ. Research on the correlation between color traits of licorice and its content of Glycyrrhizic acid and liquiritin[J]. *Chin J Exp Tradit Med Form*, 2013, 19(15): 130
- [20] 李春阳,许时婴,张红城,等. 葡萄籽贮藏过程中色差变化的研究[J]. 食品工业科技, 2007, 28(10): 208  
LI CY, XU SY, ZHANG HC, *et al.* Study on the variation of color difference during grape seed storage[J]. *Sci Technol Food Ind*, 2007, 28(10): 208
- [21] XU M, DU C, ZHANG N, *et al.* Color spaces of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) for quality assessment[J]. *J Tradit Chin Med Sci*, 2016, 3(3): 168
- [22] 李庆,张建逵,康廷国,等. 莲须粉末颜色与总黄酮含量相关性研究[J]. 亚太传统医药, 2016, 12(14): 32  
LI Q, ZHANG JK, KANG TG, *et al.* Study of correlation between the content of total flavonoids and powder color of Stamen Nelumbinis[J]. *Asia-Pacific Tradit Med*, 2016, 12(14): 32
- [23] 方小华,谢一辉,姚冬琴,等. 不同发酵时间对樟帮枳壳饮片质量的影响[J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(9): 17  
FANG XH, XIE YH, YAO DQ, *et al.* Quality control method *Citrus anrantiun* pices with different fermentation time[J]. *Chin J Exp Tradit Med Form*, 2012, 18(9): 17

- [24] 刘粤疆,李文敏,张慧慧,等. 色彩色差计在槟榔炒焦加工中的应用[C]//中华中医药学会中药炮制分会2008年学术研讨会论文集, 2008: 254  
LIU YJ, LI WM, ZHANG HH, *et al.* Application of color difference meter in betel nut speculation processing [C]// Chinese Medicine Society of Chinese Medicine Processing Branch 2008 Symposium Proceedings, 2008: 254
- [25] 刘粤疆,张继良,吴纯洁,等. 中药藕节现代炮制过程数据量化控制研究[J]. 中国医药导报, 2009, 36(6): 9  
LIU YJ, ZHANG JL, WU CJ, *et al.* Research on quantitative control in modern processing of lotus rhizome node [J]. *Chin Med Her*, 2009, 36(6): 9
- [26] 殷放宙,吴晓燕,李林,等. 炮制火候对饮片颜色的影响[J]. 中草药, 2013, 44(16): 2252  
YIN FZ, WU XY, LI L, *et al.* Influence of different heating degrees on color of Chinese materia medica pieces [J]. *Chin Tradit Herb Drugs*, 2013, 44(16): 2252
- [27] 刘文琴,余无双,周丽姣,等. 泽泻饮片质量控制方法研究[J]. 中国实验方剂学杂志, 2011, 17(7): 87  
LIU WQ, YU WS, ZHOU LJ, *et al.* Study on quality control method of processed *Alisma* pieces [J]. *Chin J Exp Tradit Med Form*, 2011, 17(7): 87
- [28] 肖井雷,刘玉翠,刘媛媛,等. 熟大黄炮制工艺优选及判定标准量化研究[J]. 中草药, 2017, 48(8): 1571  
XIAO JL, LIU YC, LIU YY, *et al.* Study on process optimization and judgment standard of quantitative of cooked *Rhei Radix et Rhizoma* [J]. *Chin Tradit Herb Drugs*, 2017, 48(8): 1571
- [29] 李雪莲. 白术麸炒过程中颜色与物质基础变化相关性研究[D]. 成都: 成都中医药大学, 2015  
LI XL. Study on the Correlation of Both Color and Material Basis of *Atractylodes* During the Process of Frying [D]. Chengdu: Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, 2015
- [30] 吴衍凤,李德坤,周大铮,等. 色差计法测定注射用益气复脉(冻干)溶液的颜色[J]. 中华中医药学刊, 2012, 30(1): 52  
WU YF, LI DK, ZHOU DZ, *et al.* Determination of *Yiqi Fumai* injection color by colorimeter [J]. *Chin Arch Tradit Chin Med*, 2012, 30(1): 52
- [31] 刘君动,叶正良,李德坤,等. 色差计法测定注射用丹参多酚酸溶液的颜色[J]. 辽宁中医杂志, 2013, 40(1): 143  
LIU JD, YE ZL, LI DK, *et al.* Color difference meters measuring the color of *saivianolate* lyophilized injection solution [J]. *Liaoning J Tradit Chin Med*, 2013, 40(1): 143
- [32] 刘炜,潘卫松,张嘉莹,等. 色差计法在注射剂溶液颜色检查法中的应用[J]. 药物分析杂志, 2015, 35(12): 2131  
LIU W, PAN WS, ZHANG JY, *et al.* Application of colorimeter method for solution color inspection in injections [J]. *Chin J Pharm Anal*, 2015, 35(12): 2131
- [33] 黄春辉. 灰黄霉素色泽的色差法测定[J]. 中国医药工业杂志, 2001, 32(4): 169  
HUANG CH. Determination of *etodolac* sustained release tablets and its methyl derivatives by HPLC [J]. *Chin J Pharm*, 2001, 32(4): 169
- [34] 庞青云,柳飞,张洁萍,等. 注射用头孢曲松钠溶液颜色与相关杂质的研究[J]. 中国药品标准, 2009, 10(2): 101  
PANG QY, LIU F, ZHANG JP, *et al.* Study of the solutions colour and relative substance in *ceftriaxone sodium* for injection [J]. *Drug Stand China*, 2009, 10(2): 101
- [35] 北村智,周嘉秀. 药物水溶液颜色变化的动力学[J]. 药学实践杂志, 1987(1): 35  
BEI CZ, ZHOU JX. Kinetics of color change of drug aqueous solution [J]. *J Pharm Pract*, 1987(1): 35
- [36] 王国兰,寇晋萍,余立,等. 注射用粉针溶液颜色限度的制订[J]. 中国药品标准, 2004, 5(4): 23  
WANG GL, KOU JP, YU L, *et al.* Establishment of limit for the color of solution of power for injection [J]. *Drug Stand China*, 2004, 5(4): 23
- [37] 朱一玮. 色差分析法测定治偏痛微丸圆整度的计算方法研究[J]. 江西中医学院学报, 2011, 23(4): 53  
ZHU YW. An algorithm for pellet edge tracking based on color analysis [J]. *J Jiangxi Univ Tradit Chin Med*, 2011, 23(4): 53
- [38] 王小平. 粒子设计改善中药粉体均一性与溶解性的工艺原理研究[D]. 成都: 成都中医药大学, 2015  
WANG XP. Study on the Principle of Particle Design to Improve the Uniformity and Solubility of Traditional Chinese Medicine Powder [D]. Chengdu: Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, 2015
- [39] 顾金林,沈鸿. 用漫反射光谱法测定固体制剂的颜色变化[J]. 分析化学, 1995, 23(4): 487  
GU JL, SHEN H. Determination of color change of solid preparation by diffusing reflectance spectroscopy [J]. *Chin J Anal Chem*, 1995, 23(4): 487
- [40] 佟宝光. 色差法确定化学反应终点的研究[J]. 染料与染色, 2007, 44(2): 52  
TONG BG. A study on the termination of chemical reaction by chromatism [J]. *Dyestuffs Colorat*, 2007, 44(2): 52
- [41] 杨诗龙. 基于智能感官分析技术的贝母及黄连饮片鉴别研究[D]. 成都: 成都中医药大学, 2015  
YANG SL. Discrimination of *Bulbus of Fritillaria* and Processed Products of *Coptidis Rhizoma* by Using Intelligent Sensory technologies [D]. Chengdu: Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, 2015
- [42] ANTONIELLA E. Counterfeit drugs detection by measurement of tablets and secondary packaging colour [J]. *J Pharm Biomed Anal*, 2010, 53(2): 215

(本文于2017年6月9日收到)