

文章编号 1004-924X(2015)增-0000-05

便携式荧光植物调和油测试系统

徐 婧*, 刘晓飞, 王玉田

- (1. 燕山大学 电气工程学院, 河北 秦皇岛 066004;
2. 燕山大学 机械工程学院, 河北 秦皇岛 066004)

摘要: 为了有效地定量检测植物调和油中的单一植物油, 建立了便携式荧光植物调和油测试系统并对该系统所采用的测量调和油中单一植物油含量的算法进行研究。首先, 设计了便携式荧光植物调和油的系统硬件, 以市场上常见的葵花油, 大豆油, 花生油配置了植物调和油。测量了各种不同比例调和油的荧光光谱及各单一植物油的含量, 依据偏最小二乘回归建立相应的数学模型, 作为标准数据库。然后, 将待测调和油光谱数据带入建立好的偏最小二乘回归模型进行计算, 得出待测调和油中单一植物油的含量。实验结果表明: 依据建立的偏最小二乘回归模型计算出的待测调和油中各植物油含量的准确率偏差在 10% 以内。该测试系统测量快、准确度高, 需要试样量少, 基本满足调和油中各种植物油含量的要求。

关键词: 荧光测试系统; 便携式测试系统; 植物调和油; 定量检测

中图分类号: TH744. 1; TS225. 1 **文献标识码:** A **doi:** 10. 3788/OPE. 20152313. 0000

Portable fluorescence blend oil measuring system

XU Jing*, LIU Xiao-fei, WANG Yu-tian

- (1. College of Electric Engineering, Yanshan University, Qinghuangdao 066004, China;
2. College of Mechanical Engineering, Yanshan University, Qinghuangdao 066004, China)

* Corresponding author, E-mail: ysuxujing@163.com

Abstract: To measure quantitatively each single vegetable oil in blend oil, a portable fluorescence blend oil measuring system was established and an algorithm for the measurement of each single vegetable oil in the blend oil was investigated. Firstly, the hardware was designed for portable fluorescence blend vegetable oil measuring system. Then, sunflower oil, soybean oil and peanut oil commonly sold in the market were mixed into blend vegetable oil. The fluorescence spectra of different proportions of blend oil were measured and the content of each single vegetable oil was tested. A corresponding mathematical model was established based on partial least-square regression model to be used as a standard database. Furthermore, spectral data of the blend oil under the test was taken into the partial least-squares regression model established before to calculate and to obtain the content of single vegetable oil in the blend oil. Experimental results indicate that deviation of test accuracy of calculated content of each vegetable oil in the blend oil is within 10% based on the partial

收稿日期: 2015-05-18; 修订日期: 2015-06-10.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (No. 61471312); 河北省自然科学基金资助项目 (No. F2015203072)

least-squares regression model. The measuring system has higher measuring speed, good accuracy and needs a few samples, and it satisfies the system requirements of the quantitative measurement for each single vegetable oil in blend oils.

Key words: fluorescence measuring system; portable measuring system; blend vegetable oil; quantitative measurement

1 引言

民以食为天,人们日常所食离不开植物油的使用。植物油质量的检测关系民生问题,目前植物油市场管理不规范,缺乏快速有效的检测方法及检测仪器。理化检测手段虽检测精度较高,但花费的价钱和时间较多,不适于植物油的快速准确检测。相对于繁琐的理化检查,光谱技术已用于物质的品质检测^[1-3]。但现有的光谱研究多集中于植物油定性检测及从掺杂植物油中检测出感兴趣组分等研究。因此,有必要研究一种调和油中单一植物油的定量检测方法。植物油可发出荧光,所以可以采用荧光法进行检测。为了满足市场检测人员对现场检测的需求,拟设计一种植物油荧光检测计,用以现场检测植物油种类及含量信息,从而规范植物油市场。

国内外学者对可食用植物油的种类及性质做了许多研究。柳明等结合极性组分分离技术和高效体积排阻色谱技术测定了食用植物油中甘油三酯聚合物的含量^[4]。杨春英等采用气相色谱-质谱联用法测定了食用植物油中的脂肪酸组成^[5]。周振亚分析了中国植物油产业发展的现状、问题及对策,研究表明:受政策的限制,中国油料生产裹足不前,而中国的植物油消费在经济的拉动下却不断增加,这直接导致中国要大量进口油料和油脂;与此同时,中国的植物油加工业还不断被外资控制,植物油产业的风险不断加大^[6]。这种情况下油种质量的检测更为重要。从目前的研究来看,荧光光谱技术很少应用在植物油的检测中,因此采用荧光方法对植物油进行定量及定性识别的研究具有重要的应用价值。

本文建立了便携式荧光植物调合油系统,并对调合油中单一植物油含量的算法进行了研究。

该系统操作简单、成本较低,并且满足市场对植物油含量检测的精度要求。

2 便携式荧光植物调和油系统的构及其工作原理

2.1 系统构成

图 1 为便携式荧光调和油检测系统示意图。它主要由光源激发子系统、荧光接收子系统、弱信号检测子系统、人机交互子系统以及单片机等组成。光源激发子系统由驱动控制电路、激光二极管、激发光传输光纤及参考光传输光纤构成。荧光接收子系统由荧光传输光纤、滤光盘、驱动电机等组成。弱信号检测子系统由光电倍增管、弱信号检测电路等构成。人机交互子系统由通信接口、测量结果显示界面及按键构成。

滤光轮盘如图 2 所示,光纤设计如图 3 所示。图 3 中,○表示传输激发光光纤,●表示传输荧光光纤,⊙表示传输参考光光纤。

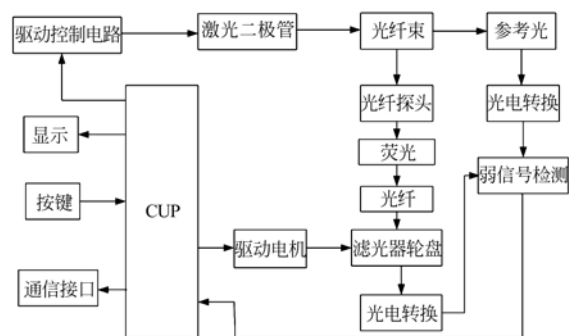


图 1 便携式荧光调和油测量系统原理图

Fig. 1 Block diagram of portable fluorescence blend oil measuring system

2.2 系统工作原理

该系统的基本工作原理为:由 CPU 控制光电

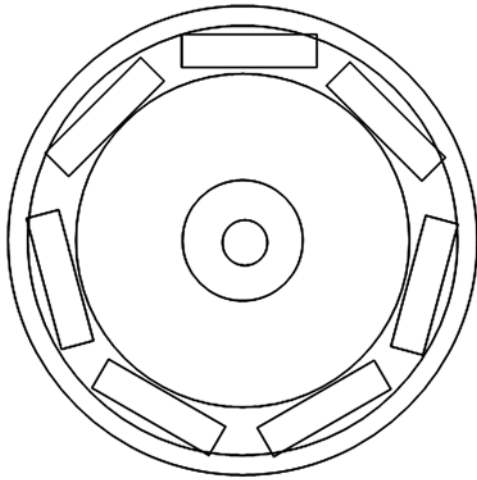


图2 滤光器轮盘
Fig.2 Filter wheel

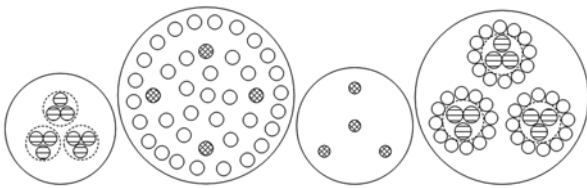


图3 光纤束端面结构
Fig.3 Surface structure of fiber beam

二极管及控制电路,驱动不同波长的激光二极管在不同时刻对待测物质进行光谱激发。激光二极管发出的光通过光纤束分为参考光和激发光两部分,参考光用于消除光源不稳定及干扰的影响,激发光通过发射光纤照射待测物,激发出的荧光通过发射光纤传输到滤光器轮盘。滤光器轮盘由驱动电机控制旋转,经滤光器轮盘分光后进行光电转换,与参考光一同进入弱信号检测单元,在进行初步的滤噪后,进入CPU进行调和油中植物油含量的测定。显示部分用于显示调和油中植物油含量的多少;通信部分用于将测得的调和油数据与外界传输,或对CPU程序进行更改与调试;按键用于选择学习模式或测量模式,学习模式为建立数据库阶段对已知样本的学习,测量模式为利用已有模型对未知样本进行测试。若测试值与已知值差异过大,可通过按键输入正确值,利于仪器学

习和优化。

3 便携式荧光植物调和油系统软件的关键算法

偏最小二乘法(Partial Least Square, PLS)的原理是:设有 q 个因变量 $\{y_1, \dots, y_q\}$ 和 p 个自变量 $\{x_1, \dots, x_p\}$,为了研究因变量与自变量的统计关系,观测 n 个样本点,由此构成了自变量与因变量的数据表 $X = [x_1, \dots, x_p]_{n \times p}$ 和 $Y = [y_1, \dots, y_q]_{n \times q}$ 。

PLS回归分别在 X 与 Y 中提取出 t_1 和 u_1 。在提取这两个成分时,有以下两个要求:

(1) t_1 和 u_1 应尽可能大地携带它们各自数据表中的变异信息;

(2) t_1 和 u_1 的相关程度能达到最大。

这两个要求表明, t_1 和 u_1 应尽可能好地代表数据表 X 和 Y ,同时自变量的成分 t_1 对因变量的成分 u_1 又有最强的解释能力。在此采用简化算法,即在 E_0, \dots, E_{m-1} 矩阵中提取成分 t_1, \dots, t_m ($m < p$)。要求 t_h 能尽可能多地携带 X 中的信息,同时 t_h 对因变量系统 F_0 有最大的解释能力。在这个原则下 w_1, c_1, u_1, t_1 的计算方法如下:

(1) w_1 是矩阵 $E_0 T F_0 F_0 T E_0$ 最大特征值的特征向量,成分 $t_1 = E_0 w_1$;

(2) c_1 是矩阵 $F_0 T E_0 E_0 T F_0$ 最大特征值的特征向量,成分 $u_1 = F_0 c_1$ 。

在算法编写时,首先选择单一植物油的激发波长。将该激发波长下由滤光轮盘滤出的发射光各波长点值作为自变量,将各待测油含量作为因变量,建立最小二乘模型。

4 测量实验与结果

4.1 便携式荧光植物调和油系统数据库建立

将花生油,葵花油,大豆油按不同比例配置形成调和油数据库,这里选择其中9组数据列于表1中。利用所设计的便携式荧光植物调和油系统测量单一植物油和调和油的光谱信息。

4.2 结果验证

表2为部分用于验证的调和油的实际配比及预测配比。从表中可看出,预测结果误差在10%以内。

4.3 误差分析

由于调和油配置时存在取样误差,系统中的滤光器轮盘会影响测量精度。同时光谱测量较敏感,会受到周围环境的影响,通过参考光可在一定程度上消除环境带来的误差。通过验证结果可以看出,预测准确率基本满足测量要求。

表1 数据库样本配比

Tab.1 Ratios of database samples (%)

样本	花生油	大豆油	葵花油
1	100	0	0
2	0	100	0
3	0	0	100
4	50	50	0
5	50	0	50
6	0	50	50
7	30	30	40
8	10	70	20
9	60	10	30

表2 预测样本实际配比及预测值

Tab.2 Actual and predicted ratios of prediction samples (%)

样本	实际配比			预测配比			预测准确率		
	花生油	大豆油	葵花油	花生油	大豆油	葵花油	花生油	大豆油	葵花油
1	90	10	0	87	11	0	96.7	110	100
2	50	40	10	49	39	11	98	97.5	110
3	30	50	20	31	50	21	103.3	100	105
4	10	60	30	9	61	30	90	101.6	100
5	0	20	80	0	19	81	100	95	101.2

5 结论

本文针对目前调和油市场不规范的现状,设计了一种便携式调和油荧光检测系统。通过将不

同激发波长下的发射点谱作为PLS回归的自变量集,实现了调和油的定量检测,检测误差在10%以内。本研究为规范调和油市场提供了一种新的检测仪器。

参考文献:

- [1] 刘燕德,周延睿,彭彦颖. 基于近红外漫反射光谱检测鸡蛋品质[J]. 光学精密工程,2013,21(1):40-45.
LIU Y D, ZHOU Y R, PENG Y Y. Detection of egg quality by near infrared diffuse reflectance spectroscopy [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2013, 21(1): 40-45. (in Chinese)
- [2] 鲍一丹,陈纳,何勇,等. 近红外高光谱成像技术快速鉴别国产咖啡豆品种[J]. 光学精密工程,2015, 23(2):349-355.
BAO Y D, CHEN N, HE Y, *et al.*. Rapid identification of coffee bean variety by near infrared hyperspectral imaging technology [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2015, 23(2):349-355. (in Chinese)
- [3] 周扬,戴曙光,葛丁飞. 近红外光谱稀疏分量分析检测柴油品质参数[J]. 光学精密工程,2014,22(2):296-303.
ZHOU Y, DAI SH G, GE D F. Detection of diesel quality parameters by near infrared spectroscopy with sparse component analysis [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2014, 22(2):296-303. (in Chinese)
- [4] 柳明,李晶,张彬,等. 食用油中甘油三酯聚合物含量测定[J]. 食品研究与开发,2015(1):85-88.
LIU M, LI J, ZHANG B, *et al.*. Determination of triglycerides polymers in edible oils [J]. *Food Research And Development*, 2015(1):85-88. (in Chinese)
- [5] 杨春英,刘学铭,陈智毅. 15种食用植物油脂肪酸的气相色谱-质谱分析[J]. 食品科学,2013(6):

211-214.

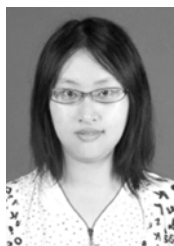
YANG CH Y, LIU X M, CHEN ZH Y. Determination of fatty acid profiles in fifteen kinds of edible vegetable oil by gas chromatography-mass spectrometry [J]. *Food Science*, 2013(6):211-214. (in Chinese)

- [6] 周振亚,李建平,张晴,等. 中国植物油产业发展现状、问题及对策研究[J]. 中国农学通报,2011,32:

92-97.

ZHOU ZH Y, LI J P, ZHANG Q, *et al.*. The developing status, problem and countermeasure investigation of the vegetable oil industry in China[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2011, 32:92-97. (in Chinese)

作者简介:



徐 婧(1989 -),女,山东昌邑人,博士研究生,2012年于燕山大学获得学士学位,主要从事荧光光谱检测及荧光仪器设计方面的研究。E-mail: ysuxujing@163.com

导师简介:



王玉田(1952 -),男,河北秦皇岛人,博士,教授,博士生导师,1977年,1981年,1995年于哈尔滨工业大学分别获得学士、硕士、博士学位,主要从事光学精密测试,环境参数测量的研究。E-mail:y. t. wang@163.com