



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108152231 B

(45)授权公告日 2019.11.22

(21)申请号 201711419328.7

审查员 张银平

(22)申请日 2017.12.25

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108152231 A

(43)申请公布日 2018.06.12

(73)专利权人 中国农业大学

地址 100081 北京市海淀区圆明园西路2号

专利权人 塔里木大学

(72)发明人 汤修映 朱晓彤 胡灿 鲁兵

(74)专利代理机构 北京迎硕知识产权代理事务

所(普通合伙) 11512

代理人 钱扬保 张群峰

(51)Int.Cl.

G01N 21/31(2006.01)

G01N 21/88(2006.01)

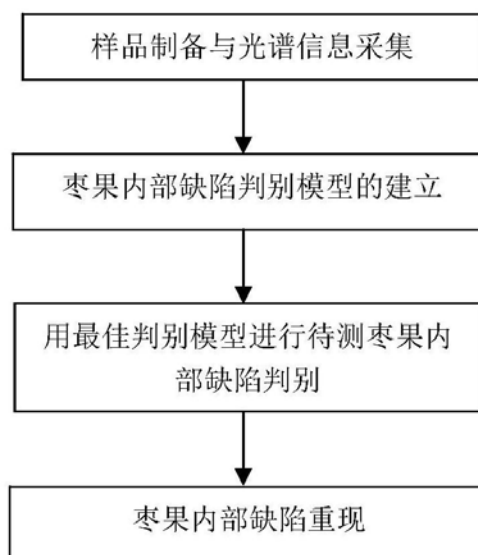
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

基于可见/近红外光谱的枣果内部缺陷检测方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于可见/近红外光谱的枣果内部缺陷检测方法及装置,本发明的检测方法包括如下步骤:R1样品制备与光谱信息采集;R2枣果内部缺陷判别模型的建立,将判别枣果内部缺陷准确率最高的模型作为最佳判别模型;R3用最佳判别模型进行待测枣果内部缺陷判别;R4待测枣果内部缺陷重现。实验证明,本发明所提供的基于可见/近红外光谱的枣果内部缺陷检测方法,枣果内部缺陷判别准确率可达96.77%。本发明通过采集枣果的可见/近红外光谱信息,建立了枣果内部缺陷判别模型,用于枣果内部缺陷的检测,具有快速、无损的特点。



1. 一种基于可见/近红外光谱的枣果内部缺陷检测方法,包括如下步骤:

R1 样品制备与光谱信息采集;

R2 枣果内部缺陷判别模型的建立;

R3 用最佳判别模型进行待测枣果内部缺陷判别;

R4 待测枣果内部缺陷重现;

其中R1的样品制备过程如下:

R11 样品制备:

取相同品种的新鲜枣果若干,作为实验样品;取一定比例样品,通过轻微挤压使其形成内部缺陷,且外部无明显伤痕;记录枣果内部损伤情况,获得枣果内部损伤情况数据集K;

其中R1的光谱信息采集过程如下:

R12 光谱信息采集:

在相同环境下,应用可见/近红外枣果品质检测装置获取样品的可见/近红外透射光谱;

所述样品光谱获取方式为:为获得准确地内部缺陷信息,光纤探头在每个样品赤道部位采集多个透射光谱,即在圆周上间隔一定角度 α 均匀地采集透射光谱,取多次采集的光谱平均光谱作为该样品光谱,获得光谱数据集T;

所述透射光谱的数据形式为透射率或吸光度中的一种;

其中R2的具体过程如下:

R21 光谱预处理:

将R12中光谱数据集T进行不同预处理;

R22 判别模型的建立:

将所述预处理后的光谱集和枣果内部损伤情况数据集K按照比例分为:训练集和测试集,建立内部缺陷判别模型;所述内部缺陷判别模型的建立方法包括朴素贝叶斯判别分析法、支持向量机判别分析算法、Fisher判别法和最小二乘支持向量机;

所述训练集中有损伤和无损伤样品个数比值为1:1;

所述测试集中有损伤和无损伤样品个数比值为1:1;

R23 模型选择:

计算不同判别模型测试集的模型评价参数,选择适用于枣果内部缺陷的最佳判别模型;

所述模型评价参数为内部缺陷判别准确率,选择判别准确率高的判别模型用于内部缺陷检测;

所述最佳判别模型,由于样品品种、采样条件的不同,最佳判别模型也不同;

其中R3的具体过程如下:

采用与建模样本相同品种的枣果,在步骤R12所述环境下采集待测枣果赤道部位可见/近红外透射光谱,获得光谱数据集X1;

所述透射光谱的数据形式与步骤R12所述数据形式相同;

将所述光谱数据集X1进行预处理,预处理方法为R23中最佳判别模型所用的预处理方法;

将预处理后数据集代入R23所述最佳判别模型,得到枣果内部损伤情况;

其中R4的具体过程如下：

R4 待测枣果内部缺陷重现：

采用与建模样本相同品种的枣果，在步骤R12所述环境下采集各采样点下待测枣果可见/近红外透射光谱，获得光谱数据集X2；

所述透射光谱的数据形式与步骤R12所述数据形式相同；

所述采样点布置方式为沿枣果长轴方向，在长轴轴线上均布；

所述采样点布置间距大于光纤探头检测范围；

所述采样点个数根据样品大小确定；

将所述光谱数据集X2进行预处理，预处理方法为R23中最佳判别模型所用的预处理方法；

将预处理后数据集代入R23所述最佳判别模型，预测各个采样点处枣果内部损伤情况；

将所有采样点在绘图软件中模拟，通过图像法重现内部缺陷在长轴轴线上的投影，预测结果为有损伤的采样点在图中标记，预测结果为无损伤的采样点不进行标记，将相邻的被标记点进行连线。

2. 根据权利要求1所述的检测方法，步骤R12中所述角度 α 取值为 120° 、 90° 、 60° 、 45° 、 30° 角度中的一种。

3. 根据权利要求1所述的检测方法，步骤R21中所述预处理的方法包括一阶导数、二阶导数、附加散射校正、变量标准化、中值滤波光谱预处理方法中的一种或几种的组合。

基于可见/近红外光谱的枣果内部缺陷检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及农产品采后挑选技术领域,具体说是一种基于可见/近红外光谱的枣果内部缺陷检测方法及装置。

背景技术

[0002] 枣果富含维生素和微量元素,具有极高的营养价值,中国国家统计局2014 年统计数据显示中国红枣年产量为807.58万吨。枣果最主要的销售形式为干制枣果,干制枣果相比鲜枣更易储存。在枣果干制前需要根据果型大小及外观进行品质分级。

[0003] 在枣树种植和枣果成熟过程中,生长环境中的温度、降雨量、矿物质含量等因素的变化都有可能造成枣果裂果。并且枣果极易受到病虫害,害虫在幼果时侵入,靠啃食果肉为生,严重影响枣果的销售。在枣果的采摘、运输和分级过程中,剧烈的运动冲击、磕碰和挤压会对枣果内、外部产生机械损伤,从而影响枣果的品质和贮藏时间。具有外部损伤的枣果可以根据其外观特征进行剔除。枣果的内部机械损伤会在枣果的果肉部分形成损伤,从外观上看无明显特征。并且,具有内部缺陷的枣果在干制过程中,果肉受热收缩内部缺陷会逐渐扩展形成空洞甚至造成枣果开裂,影响干制枣果的品质以及货架期。在枣果干制前剔除内部缺陷枣,可以降低因内部损伤造成的低品质枣果带来的经济损失。

[0004] 因此,找出快速无损检测枣果内部缺陷的方法,对枣果的采后分选具有重要意义。

发明内容

[0005] 本发明为解决枣果内部缺陷不易检测的问题,提供一种基于可见/近红外光谱的枣果内部缺陷检测方法。该方法具有快速、无损的特点,适用于实际生产中的采后分选。

[0006] 为达到以上目的,本发明提供一种基于可见/近红外光谱的枣果内部缺陷检测方法,包括如下步骤:

[0007] R1样品制备与光谱信息采集;

[0008] R2枣果内部缺陷判别模型的建立;

[0009] R3用最佳判别模型进行待测枣果内部缺陷判别;

[0010] R4待测枣果内部缺陷重现。

[0011] 所述步骤R1中,样品制备与光谱信息采集,具体过程如下:

[0012] R11样品制备:

[0013] 取相同品种的新鲜枣果若干,作为实验样品。取一定比例样品,通过轻微挤压使其形成内部缺陷,且外部无明显伤痕;记录枣果内部损伤情况,获得枣果内部损伤情况数据集K;

[0014] 优选情况下,所述有损伤的样品与无损伤的样品比例为1:1。

[0015] R12光谱信息采集:

[0016] 在相同环境下,应用可见/近红外枣果品质检测装置获取样品的可见/近红外透射光谱;

- [0017] 优选情况下,所述内部损伤情况分为两类:0和1;
- [0018] 所述0为无损伤,即未经过挤压处理,无内部缺陷;
- [0019] 所述1为有损伤,即经过挤压处理,有内部缺陷。
- [0020] 所述样品光谱获取方式为:为获得准确地内部缺陷信息,光纤探头在每个样品赤道部位采集多个透射光谱,即在圆周上间隔一定角度 α 均匀地采集透射光谱,取多次采集的光谱平均光谱作为该样品光谱,获得光谱数据集T。
- [0021] 所述角度 α 取值可以为 120° 、 90° 、 60° 、 45° 、 30° 等角度中的一种。
- [0022] 所述透射光谱的数据形式为透射率或吸光度中的一种。
- [0023] 所述步骤R2中,枣果内部缺陷判别模型的建立,具体过程如下:
- [0024] R21光谱预处理:
- [0025] 将R12中光谱数据集T进行不同预处理;
- [0026] 所述预处理的方法包括一阶导数、二阶导数、附加散射校正(MSC)、变量标准化(SNV)、中值滤波(MF)光谱预处理方法中的一种或几种的组合。
- [0027] R22判别模型的建立:
- [0028] 将所述预处理后的光谱集和枣果内部损伤情况数据集K按照比例分为:训练集和测试集,建立内部缺陷判别模型;
- [0029] 所述训练集中有损伤和无损伤样品个数比值为1:1;
- [0030] 所述测试集中有损伤和无损伤样品个数比值为1:1;
- [0031] 所述内部缺陷判别模型的建立方法包括朴素贝叶斯判别分析法、支持向量机判别分析算法、Fisher判别法、最小二乘支持向量机中的一种。
- [0032] R23模型选择:
- [0033] 计算所述不同判别模型测试集的模型评价参数,选择适用于枣果内部缺陷的最佳判别模型;
- [0034] 所述模型评价参数为内部缺陷判别准确率,选择判别准确率高的判别模型用于内部缺陷检测;
- [0035] 所述最佳判别模型,由于样品品种、采样条件的不同,最佳判别模型也不同;
- [0036] 所述步骤R3中,用最佳判别模型进行待测枣果内部缺陷判别,具体过程如下:
- [0037] 采用与建模样本相同品种的枣果,在步骤R12所述环境下采集待测枣果赤道部位可见/近红外透射光谱,获得光谱数据集X1;
- [0038] 所述透射光谱的数据形式与步骤R12所述数据形式相同;
- [0039] 将所述光谱数据集X1进行预处理,预处理方法为R23中最佳判别模型所用的预处理方法;
- [0040] 将预处理后数据集代入R23所述最佳判别模型,得到枣果内部损伤情况;
- [0041] 优选情况下,所述内部损伤情况分为两类:0和1;
- [0042] 所述0为无损伤,即未经过挤压处理,无内部缺陷;
- [0043] 所述1为有损伤,即经过挤压处理,有内部缺陷。
- [0044] 所述步骤R4中,待测枣果内部缺陷重现,具体过程如下:
- [0045] 采用与建模样本相同品种的枣果,在步骤R12所述环境下采集各采样点下待测枣果可见/近红外透射光谱,获得光谱数据集X2;

- [0046] 所述透射光谱的数据形式与步骤R12所述数据形式相同；
- [0047] 所述采样点布置方式为沿枣果长轴方向，在长轴轴线上均布；
- [0048] 所述采样点布置间距大于光纤探头检测范围；
- [0049] 所述采样点个数根据样品大小确定；
- [0050] 如步骤R3中所述预测各个采样点处枣果内部损伤情况；
- [0051] 将所有采样点在绘图软件中模拟，通过图像法重现内部缺陷在长轴轴线上的投影，预测结果为有损伤的采样点在图中标记，预测结果为无损伤的采样点不进行标记，将相邻的被标记点进行连线。
- [0052] 本发明的另一目的是提供一种用于实施所述步骤R1-R4的基于可见/近红外光谱的枣果品质检测装置，该装置包括：
- [0053] 光谱采集单元，包括光源、光纤和光谱仪；光纤由探头支架固定于升降台，可随升降台上下移动；光纤的一端固定于探头支架用于采集光谱信息，另一端与光谱仪连接，将光信号传输至光谱仪；
- [0054] 散热装置，安装于光源后方；
- [0055] 电源，为整个装置供电，用隔板与光谱采集单元隔开；
- [0056] 暗箱，分为上下两部分，由黑色铝塑板从中间分开，铝塑板中部位置开设有矩形通孔，并在通孔上方固定样品台；样品台由黑色遮光海绵制成，中心位置设有一鹅蛋形通孔，通孔为上打下小的锥形，尺寸为枣果样品外形尺寸的2/3。
- [0057] 具体情况下，暗箱的箱体框架由铝型材构成，铝型材均使用黑色哑光漆喷成黑色，减少材料反光，铝型材外侧为黑色铝塑板遮光外壳。
- [0058] 优选情况下，光源为卤钨灯。
- [0059] 本发明所述的基于可见/近红外光谱的枣果内部缺陷检测方法及装置，具有快速无损的特点。本发明所述的基于可见/近红外光谱的枣果内部缺陷检测方法，通过采集枣果赤道多个部位的可见/近红外光谱，取平均作为样品光谱，然后对光谱数据进行预处理并建立枣果内部缺陷判别模型，用于识别枣果内部缺陷，并通过图像法还原内部缺陷特征，具有非侵入、效率高的优点。

附图说明

- [0060] 图1本发明的工艺流程图。
- [0061] 图2为本发明的可见/近红外枣果品质检测装置示意图。
- [0062] 其中，1：光源；2：散热装置；3：电源；4：隔板；5：光纤；6：探头支架；7：光谱仪；8：升降台；9：样品台；10：暗箱。
- [0063] 图3为本发明实际检测所得透射光谱曲线图。

具体实施方式

- [0064] 下面将结合说明书附图，对本发明做进一步说明。
- [0065] 一、可见/近红外枣果品质检测装置
- [0066] 如图2所示，可见/近红外枣果品质检测装置由如下部件组成：
- [0067] 光谱采集单元包括光源1和光纤5。光源1为卤钨灯，具体为两个12V 100W 卤钨灯

杯(欧司朗);光源1距样品台9的距离需要根据光源功率确定;光纤5由探头支架6固定于升降台8,可随升降台8上下移动;光纤5固定于探头支架6的一端用于采集光谱信息,另一端与光谱仪7连接,将光信号传输至光谱仪7。

[0068] 散热装置2为直流12V 0.25A风扇,安装于光源1后方。

[0069] 电源3为直流电源,为可见/近红外枣果品质检测装置供电,用隔板4与光谱采集单元隔开。

[0070] 暗箱10分为上下两部分,由厚度为3mm的黑色铝塑板从中间分开,铝塑板中部位置开设有矩形通孔,并在通孔上方固定样品台9。样品台9由矩形黑色遮光海绵制成,中心位置设有一鹅蛋形通孔,通孔为锥形(上大下小),尺寸为枣果样品外形尺寸的2/3。

[0071] 暗箱10外形尺寸为456×343×616mm,箱体框架由横截面为20×20mm的铝型材构成,铝型材均使用黑色哑光漆喷成黑色,减少材料反光,铝型材外侧为黑色铝塑板遮光外壳。

[0072] 二、装置使用方法

[0073] 参见图1,可见/近红外枣果品质检测装置的使用方法具体如下:

[0074] 1. 打开计算机,通过数据线连接光谱仪7与计算机;

[0075] 2. 打开光谱采集软件(Ocean Optics Spectra Suite),关闭暗箱10的箱门,保存暗参考;

[0076] 3. 打开电源3开启光源1,预热30分钟,关闭暗箱10的箱门,保存白参考;

[0077] 4. 扣除暗参考,采用透射模式采集光谱;

[0078] 5. 在样品台9上放置枣果样品,样品长轴水平放置,在光谱采集软件中保存样品光谱;

[0079] 6. 通过计算机对待测枣果样品进行预处理,并代入最佳判别模型预测枣果内部损伤情况。

[0080] 三、基于可见/近红外光谱的枣果内部缺陷检测方法实例

[0081] 以下通过93个红枣样品的实例进行说明。

[0082] 1样品制备与光谱信息采集

[0083] 1.1样品制备

[0084] 取新鲜的红枣93个,作为实验样品。取45个样品,通过轻微挤压使其形成内部缺陷,且外部无明显伤痕。记录枣果内部损伤情况,获得枣果内部损伤情况数据集K。

[0085] 所述内部损伤情况分为两类:0和1;

[0086] 所述0为无损伤,即未经过挤压处理,无内部缺陷;

[0087] 所述1为有损伤,即经过挤压处理,有内部缺陷。

[0088] 1.2光谱信息采集

[0089] 在相同环境下,应用可见/近红外枣果品质检测装置获取样品的可见/近红外透射光谱。

[0090] 所述可见/近红外枣果品质检测装置中透射光源为两个12V 100W的卤素灯杯。

[0091] 所述可见/近红外枣果品质检测装置中所用光谱仪为USB2000+可见近红外光谱仪(美国海洋光学公司),探测范围为350-1100nm,最小采样间隔为0.38nm。

[0092] 所述样品光谱获取方式为:为获得准确地内部缺陷信息,光纤探头在每个样品赤

道部位采集多个透射光谱,即在圆周上间隔 90° 采集一次透射光谱,取四次采集的光谱平均光谱作为该样品光谱,获得光谱数据集T。

[0093] 所述透射光谱的数据形式为透射率。

[0094] 2数学模型的建立

[0095] 2.1光谱预处理

[0096] 将所述光谱数据集T进行不同预处理。

[0097] 所述预处理方法为一阶导数、附加散射校正(MSC)、变量标准化(SNV)、中值滤波(MF)。

[0098] 2.2判别模型的建立

[0099] 将所述预处理后的光谱集和枣果内部损伤情况数据集K按照比例分为:训练集和测试集,建立内部缺陷判别模型。

[0100] 所述训练集和测试集分组比例为2:1;

[0101] 所述训练集中有损伤和无损伤样品个数比值为1:1;

[0102] 所述测试集中有损伤和无损伤样品个数比值为1:1。

[0103] 所述内部缺陷判别模型建立方法为朴素贝叶斯判别分析法、支持向量机判别分析算法。

[0104] 2.3模型选择

[0105] 计算所述不同判别模型测试集的模型评价参数,选择适用于枣果内部缺陷的最佳判别模型。

[0106] 所述模型评价参数为内部缺陷判别准确率,选择判别准确率高的判别模型用于内部缺陷检测。

[0107] 不同预处理后光谱数据采用朴素贝叶斯判别分析法和支持向量机判别分析算法的建模结果如表1所示,最佳判别模型预处理方法为中值滤波(MF),建模方法为支持向量机判别分析法,枣果内部缺陷判别准确率为96.77%。

[0108] 表1不同预处理方法与建模方法枣果内部缺陷判别准确率/%

	Raw	1-der	MSC	SNV	MF
[0109] NB	54.84	70.97	77.42	77.42	67.74
SVM	90.32	90.32	74.19	80.65	96.77

[0110] 3待测枣果内部缺陷判别

[0111] 采用与建模样本相同品种的枣果,在步骤1.2所述环境下采集待测枣果赤道部位可见/近红外透射光谱,获得光谱数据集X1。

[0112] 所述透射光谱的数据形式与步骤1.2所述数据形式相同。

[0113] 将所述光谱数据集X1进行预处理,预处理方法为步骤2.3中最佳判别模型所用的预处理方法。

[0114] 将预处理后数据集代入步骤2.3所述最佳判别模型,得到枣果内部损伤情况。

[0115] 所述内部损伤情况分为两类:0和1;

[0116] 所述0为无损伤,即未经过挤压处理,无内部缺陷;

[0117] 所述1为有损伤,即经过挤压处理,有内部缺陷。

[0118] 实际检测所得透射光谱曲线图参见图3。

[0119] 4待测枣果内部缺陷尺寸预测

[0120] 采用与建模样本相同品种的枣果,在步骤1.2所述环境下采集各采样点下待测枣果可见/近红外透射光谱,获得光谱数据集X2。

[0121] 所述透射光谱的数据形式与步骤1.2所述数据形式相同。

[0122] 所述采样点布置方式为沿枣果长轴方向,在长轴轴线上均布。

[0123] 所述采样点布置间距大于光纤探头检测范围。

[0124] 所述采样点个数根据样品大小确定。

[0125] 如步骤3中所述预测各个采样点处枣果内部损伤情况。

[0126] 将所有采样点在绘图软件中模拟,通过图像法重现内部缺陷在长轴轴线上的投影,预测结果为有损伤的采样点在图中标记,将相邻标记点进行连线。

[0127] 本发明的优点如下:

[0128] (1) 本发明为解决枣果内部缺陷不易检测的问题,提供一种基于可见/近红外光谱的枣果内部缺陷检测方法及装置。该方法具有快速、无损的特点,适用于实际生产中的采后分选。

[0129] (2) 本发明所述的基于可见/近红外光谱的枣果内部缺陷检测方法及装置,通过采集枣果赤道多个部位的可见/近红外光谱,取平均作为样品光谱,然后对光谱数据进行预处理并建立枣果内部缺陷判别模型,用于识别枣果内部缺陷,并通过图像法还原内部缺陷特征,具有非侵入、效率高的优点。

[0130] 本领域技术人员应该理解,上文所述具体实施方式仅为了更好地理解本发明,并不用于对本发明进行限制,本发明的保护范围应以权利要求书的限定为准。

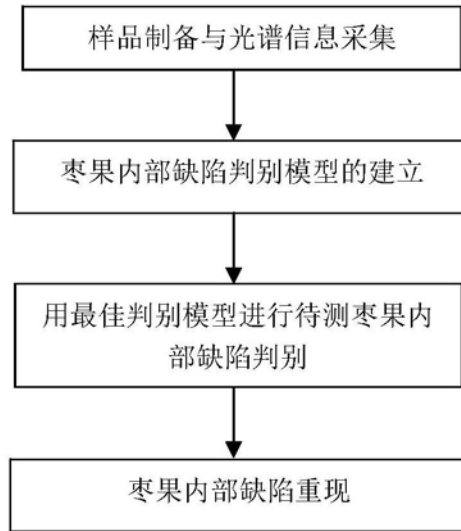


图1

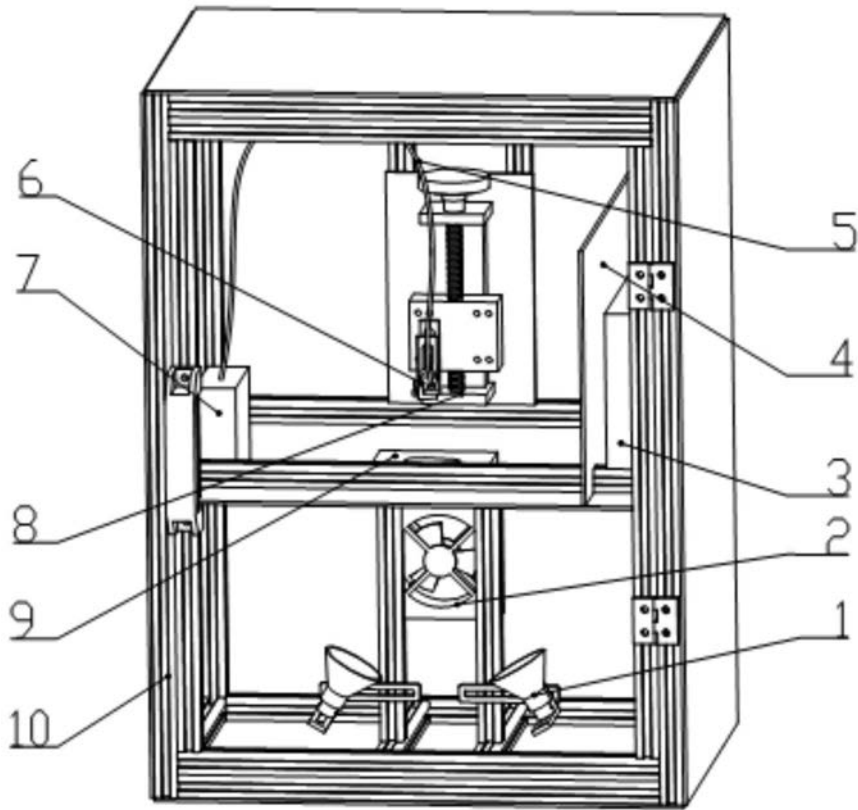


图2

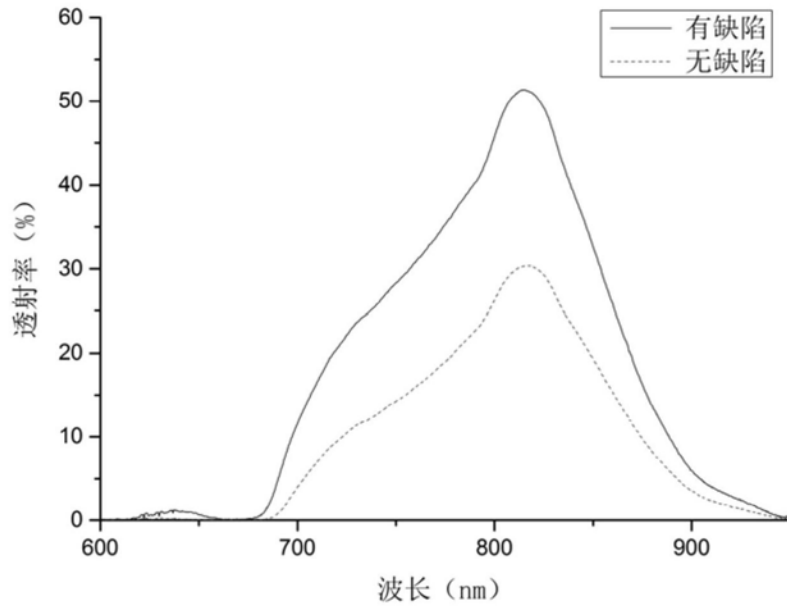


图3