

西瓜内部透射光传播模型的建立

徐益程, 朱倩倩, 管劫昊, 李旷开, 饶秀勤*

(浙江大学生物系统工程与食品科学学院, 农业部设施农业装备与信息化重点实验室, 杭州 310058)

摘要: **目的** 建立光在西瓜内部传播的模型。**方法** 采用长与宽均为 100 mm 的西瓜样本块, 测量西瓜样本不同高度的光谱, 对光谱值进行积分后得到照度值, 用照度值建立符合平方反比定律的回归模型。**结果** 样本的照度值与回归模型预测得到的照度值相关系数均在 0.89 以上。**结论** 西瓜样本内部光的衰减波段主要集中在 720~820 nm 之间; 点光源照射西瓜样本时, 光在西瓜内部的光传播符合平方反比定律。

关键词: 西瓜; 透射光; 近红外光谱测定法

Establishment of light transmitting model of watermelon

XU Yi-Cheng, ZHU Qian-Qian, GUAN Jie-Hao, LI Kuang-Kai, RAO Xiu-Qin*

(Key Laboratory of Equipment and Informatization in Environment Controlled Agriculture of the Ministry of Agriculture, College of Biosystems Engineering and Food Science, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China)

ABSTRACT: Objective To establish a light transmitting model of watermelon. **Methods** The watermelon sample was shaped as a block, with both length and width of 100 mm. And the spectrum values were detected for different heights of samples. The luminous flux values were integrated by spectrum values, so as to set up a regression model in line with the inverse square law. **Results** The correlation coefficient values between the luminous flux value calculated with the regression model and the test value were all above 0.89. **Conclusion** The wavelength of spectrum value of the same sample in varied heights is between 720~820 nm. The propagation model of transmittance light in watermelon samples lighted by a point light source is in line with the inverse square law.

KEY WORDS: watermelon; transmittance light; near-infrared spectrometry

1 引言

西瓜有果大、汁多、含糖量高等特点, 是人们钟爱的夏季消暑佳品, 且西瓜含有多种营养成分, 具有很好的保健功效, 因而具有很高的经济价值和营养价值, 在 90 多个国家得到广泛栽培。

西瓜品质检测是目前的重要问题之一。近年来, 西瓜品质检测主要运用声学^[1]、电磁学^[2]、近红外光谱^[3]等多种技术手段。近红外光谱技术具有速度快、无污染、非破坏性等突出的优点, 在水果品质检测技术研究方面越来越受到重视。Guthrie 等^[4]将近红外光

谱法用于水果内部品质的在线无损检测。Long 等^[5]对于不同深度果肉的可溶性固形物含量作了比较研究。Tao 等^[6]采用 325~1075nm 之间用可见/近红外光谱对西瓜进行无损检测。刘燕德等^[7]建立了水蜜桃糖度和有效酸度的近红外光谱测定方法。张静等^[8]利用近红外透射光谱法对苹果糖度进行检测分析。田海清等^[9]设计了一个近红外透射式的西瓜可溶性固形物含量检测系统。

尽管在水果的近红外无损检测中, 对小果形、薄果皮类水果的无损检测, 有很多报道和相关研究, 但是, 对西瓜这类果大、皮厚的水果的品质检测技术还

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201003008)

*通讯作者: 饶秀勤, 博士, 副教授, 主要研究方向: 农产品品质检测技术。E-mail: xrqao@zju.edu.cn

不能满足需要。

本文主要研究光在西瓜内部传播规律, 以期为近红外光谱检测西瓜糖度品质打下基础。

2 试验材料、方法及仪器

本研究采用的西瓜品种为“早春红玉”, 采购于杭州水果批发市场。

样品光谱的采集采用自行搭建的检测系统进行。检测器为美国海洋光学公司的 USB4000, 光谱范围为 200~1118 nm, 光源强度为 50 W, 积分时间 200 ms。采用 SpectraSuite(美国海洋光学公司)进行光谱采集。

样本光谱采集方法如图 1 所示。样本的高度为 H , 长与宽均为 100 mm。样本的初始高度在 73~93 mm 之间(表 1)。每个样本先进行光谱采集, 完成后, 在高度方向切去 4 mm, 然后重新再采集其光谱, 如此重复, 每个样本采集 10 次光谱。样本的初始高度记录于表 1 中。试验结果由 Matlab 软件(美国 MathWorks 公司)进行数据的处理分析。

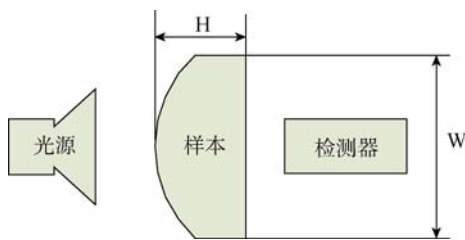


图 1 光谱采集方法示意图

Fig. 1 Schematic of spectrum sampling method

表 1 样本初始高度

Table 1 Initial height of samples

样本编号	初始高度 /mm	样本编号	初始高度 /mm	样本编号	初始高度 /mm
1	83	7	75.5	13	85
2	78	8	80	14	79
3	81	9	79	15	86
4	73	10	78	16	93
5	79	11	80	17	85
6	76	12	84	18	84

3 结果与讨论

3.1 光照强度随西瓜厚度变化情况

图 2 是对一个西瓜样本在其高度变化过程中所采集的 10 次光谱的光谱图。从中可以看出, 西瓜的光谱随西瓜样本高度的变化而变化, 光谱值集中在 720~820 nm 之间。

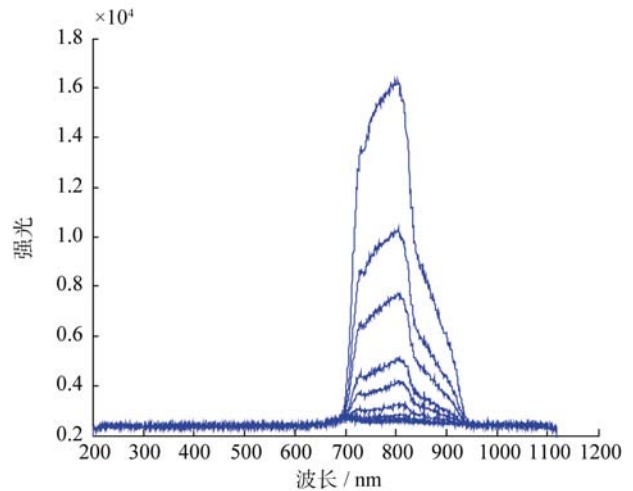


图 2 光谱值与样本高度的关系

Fig. 2 Relationship of spectrum value and height of sample

3.2 西瓜内部透射光强分布模型

图 3 是一个光源照射于西瓜样本的光传播模型示意图。为便于分析, 将光源简化为点光源, 设其发光强度为 S , 光源到西瓜皮的间距为 r , 西瓜的高度为 H , 检测器在西瓜样本表面检测到的光照度为 L 。根据光传播的平方反比定律, 可以建立光照度 L 和发光强度为 S 之间的关系:

$$L = \frac{S}{(r+H)^2} \tag{1}$$

式中

L ---光照度

S ---发光强度

r ---光源到西瓜皮的间距

H ---样本高度

光照度 L 采用 720~820 nm 的光谱值积分得到。

为便于进行回归分析, 将式(1)两边开方去移项整理后, 使未知数 S 和 r 变成一次关系:

$$H = \sqrt{LS'} - r \tag{2}$$

S' ---发光强度值开方, $S' = \sqrt{S}$

对式(2)采用 Matlab 的 polyfit 函数进行回归分析, 再用回归分析得到的参数代入式(1)进行计算, 得到预测的光照度 L' , 并与由光谱值积分计算得到的光照度 L 作相关分析, 相关分析得到的相关系数如表 2 所示。从表 2 可以看出, 除 16 号样本的相关系数低于 0.9 以外, 其余样本的相关系数均在 0.9 以上。图 4 是预测的光照度和由光谱值积分计算得到的光照度值的折线图, 从中可以看出, 二者之间相符得很好。

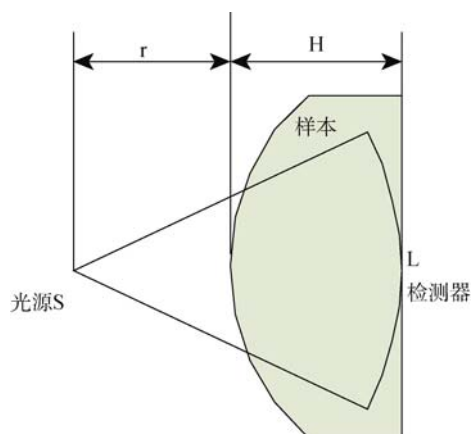


图3 光照模型

Fig. 3 Illumination model

表2 回归分析的相关系数

Table 2 The correlation coefficient of the regression analysis

样本编号	相关系数	样本编号	相关系数	样本编号	相关系数
1	0.982	7	0.908	13	0.922
2	0.996	8	0.945	14	0.972
3	0.990	9	0.978	15	0.941
4	0.985	10	0.997	16	0.894
5	0.992	11	0.988	17	0.930
6	0.947	12	0.940	18	0.952

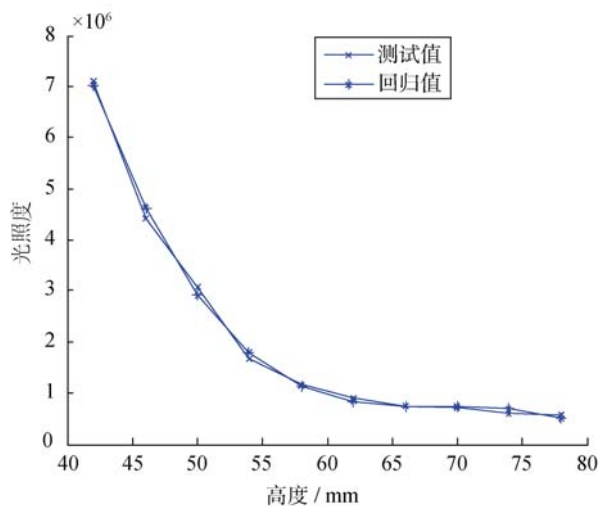


图4 预测值与实测值

Fig. 4 The predicted and measured values

4 结论

本研究以早春红玉西瓜为研究对象，采用改变西瓜样本的高度来研究光在西瓜内部透射的传播规

律，发现西瓜样本内部光的衰减波段主要集中在720~820 nm之间。采用点光源照射西瓜样本时，对所获得的数据用Matlab软件的polyfit函数进行回归分析，发现相关系数均在0.89以上，说明光在西瓜内部的光传播符合平方反比定律。

本研究所获得的光在西瓜内部透射传播规律，可用于西瓜内部品质检测系统设计过程中光源选型和光源功率的确定，可为建立可靠的西瓜内部品质检测系统打下良好的理论基础。

参考文献

- [1] 危艳君. 基于声学特性检测西瓜糖度和空心的声学检测系统[D]. 浙江大学, 2012
- [2] Nelson SO, Trabelsi S, Kays SJ. Dielectric spectroscopy of honeydew melons from 10 MHz to 1.8 GHz for quality sensing [C]. Instrumentation and Measurement Technology Conference, 2006.
- [3] Nicolai BM, Beullens K, Bobelyn E, *et al.* Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy: A review [J]. *Postharv Biol Technol*, 2007, 46: 99-118.
- [4] Guthrie JA, Liebenberg CJ, Walsh KB. NIR model development and robustness in prediction of melon fruit total soluble solids [J]. *Aust J Agric Res*, 2006, 57: 1-8.
- [5] Long RL, Walsh KB. Limitations to the measurement of intact melon total soluble solids using NIR spectroscopy [J]. *Aust J Agric Res*, 2006, 57: 403-410.
- [6] Tao XM, Bao YD. Measurement of sugar content of watermelon using near-infrared reflectance spectroscopy in comparison with dielectric property [C]. Fourth International Conference on Photonics and Imaging Biology and Medicine, 2006.
- [7] 刘燕德, 应义斌. 水蜜桃糖度和有效酸度的近红外光谱测定法[J]. *营养学报*, 2004, 26(5): 400-402.
- [8] 张静, 程玉来, 重滕和明. 利用近红外透射光谱技术测定苹果糖度的研究[J]. *食品科技*, 2007, 2: 245-247.
- [9] 田海清, 应义斌, 徐惠荣, 等. 西瓜可溶性固形物含量近红外透射检测技术[J]. *农业机械学报*, 2007, 38(5): 111-113.

(责任编辑: 张宏梁)

作者简介



徐益程, 本科生, 专业: 生物系统工程。
E-mail: xuyicheng.zju@gmail.com



饶秀勤, 博士, 副教授, 主要研究方向:
农产品品质检测技术。
E-mail: xrqao@zju.edu.cn