

西瓜品质检测系统的光热环境测试

王爱臣, 介邓飞, 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** 掌握西瓜品质检测试验台光照箱内部光热环境变化。**方法** 在西瓜品质检测试验台的光源开启后 30 min 内, 每隔 1 min 采集光照箱的温度和光源的光谱。对光照箱的温度变化过程采用一阶系统的阶跃响应过程进行分析, 将光谱分为可见光波段(400~700 nm)和近红外波(700~1100 nm), 通过对其光谱值积分得到其光谱能量, 并对光谱能量随时间变化的情况进行分析。**结果** 采用一阶系统的阶跃响应公式计算得到各观测时刻的温度计算值与实测值的相关系数为 0.9997, 西瓜品质检测试验台光照箱内温度稳定时间小于 15 min, 光源的光谱稳定时间小于 1 min。**结论** 西瓜品质检测试验台光照箱温度升高过程为一阶系统的阶跃响应过程, 西瓜品质检测试验台光照箱内光热环境稳定时间不大于 15 min, 西瓜品质检测试验可在光源开启 15 min 之后进行。**关键词:** 西瓜; 温度; 近红外光谱测定法

Test for the changes of illumination and thermal environmental in the chamber of a watermelon quality inspection system

WANG Ai-Chen, JIE Deng-Fei, 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 investigate illumination and thermal environmental changes in the chamber of a watermelon quality inspection system. **Methods** The spectrum and temperature of the chamber were determined every 1 min within 30 min after the light source was turned on. The data of temperature changes in the light box were regressed using a first-order system step response. The spectrum values in the visible band (400~700 nm) and NIR band (700~1100 nm) were integrated to get a value which was used as luminous flux value respectively, the luminous flux values were analyzed over time. **Results** The correlation coefficient value between the temperature calculated by first-order system step response and the data measured was 0.997. The stabilization time of temperature in the chamber was less than 15 min, and the stabilization time of spectrum in the chamber was less than 1 min. **Conclusion** The process of temperature increases in the chamber is step response of a first-order system. The changes of illumination and thermal in the chamber are less than 15 min. It is necessary to wait for 15 min after the light source turned on before the inspection of watermelon quality.

KEY WORDS: watermelon; temperature; near-infrared spectrometry

1 引言

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

越受到重视^[1-5]。

在漫透射方式检测西瓜内部时, 检测光线只有穿透表层瓜果后, 才能被西瓜内部组织的官能团所吸收, 引起检测光线的光谱发生变化, 从而实现品质

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

检测。由于西瓜的表皮厚,光线难以穿透^[6],为保证有足够的光线能透射到西瓜内部,确保检测结果的准确性,需要增加入射光线的强度,而在现有的检测系统中广泛用于光源为卤素灯,发热量大是其特点之一,而在检测装置内部,由于温度升高,会引起相关器件老化,影响正常工作。

本文对西瓜检测装置内部光热环境的变化情况进行测试,以期采用近红外光谱检测西瓜品质的装置开发提供设计依据。

2 试验材料、方法及仪器

试验在自行搭建的西瓜品质检测试验台上进行。如图1所示,光照箱的长、宽、高均为1 m,检测器安装在光照箱下部中心位置,环形光源对称布置在检测器上方,两条环形皮带从环形光源下方通过,西瓜托盘跨在两条环形皮带上。温度测试采用热电偶,光谱检测采用美国海洋光学公司的USB4000,其光谱范围在200~1118 nm之间,光源强度为50 W,积分时间为100 ms。采用海洋光学公司的SpectraSuite进行光谱采集。

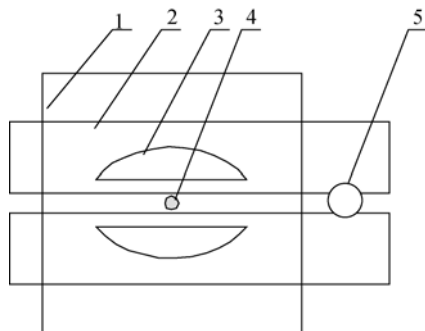


图1 西瓜品质检测试验台的示意图

1.光照箱 2.环形皮带 3.环形光源 4.检测器 5.西瓜托盘
Fig. 1 The schematic of watermelon quality inspection system
1. chamber 2. endless belt 3. ring light 4. detector 5. watermelon tray

试验前,西瓜品质检测试验台的灯经24 h冷却后,首先记录下室温(26 °C),然后开启电源后,每隔1 min记录一次温度,并同时采集一次光谱。温度和光谱分别记录30次。

试验数据分析采用Matlab软件(美国MathWorks公司)。

3 结果与讨论

3.1 温度变化情况

图2是采集的30次温度随时间变化的情况。从

图2可以看出,光照箱内温度的变化类似于二阶系统的阶跃响应过程,因此我们采用二阶系统的阶跃响应过程来描述:

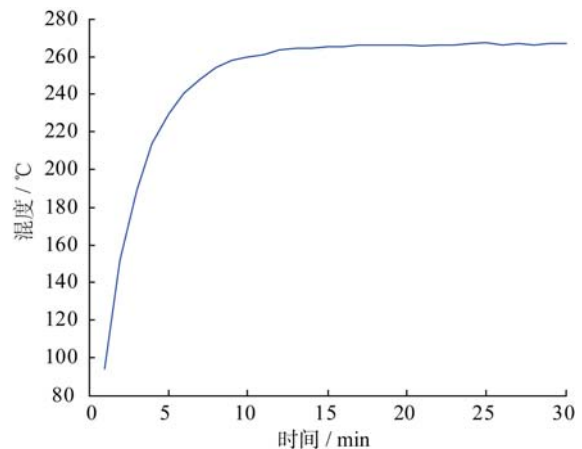


图2 温度随时间变化的情况
Fig. 2 Changes of temperature by time

$$T = T_{\infty} - e^{-\beta(t-t_0)} \quad (1)$$

式中

T ---实时温度

T_{∞} ---稳定温度

t ---时间

t_0 ---时间常数

β ---常数

回归计算后,得到式(2)。

$$y = 266.442 - e^{-0.372(t-14.755)} \quad (2)$$

将测试时间代入(2)后计算得到各观测时刻的温度计算值,对温度计算值和实测值进行相关分析,相关系数为0.9997,二者相符得很好,说明光照箱内温度的变化符合二阶系统的阶跃响应特征。

从式(2)可以看出,经过14.755 min后,测试点的温度与稳定温度相差为1 °C,可以认为此时光照箱内的热环境已经基本稳定了。因此,在进行西瓜品质检测时,可在光源开启15 min后进行。

3.2 光谱变化情况

图3是采集的30次光谱的光谱图。

为分析光谱能量的变化情况,分别将400~700 nm和700~1100 nm的波段光谱值进行积分,得到可见光波段光谱能量和近红外波段光谱能量,分别用图4和图5表示。从图4和图5可以看出,可见光波段光谱能量和近红外波段光谱能量呈随机分布。

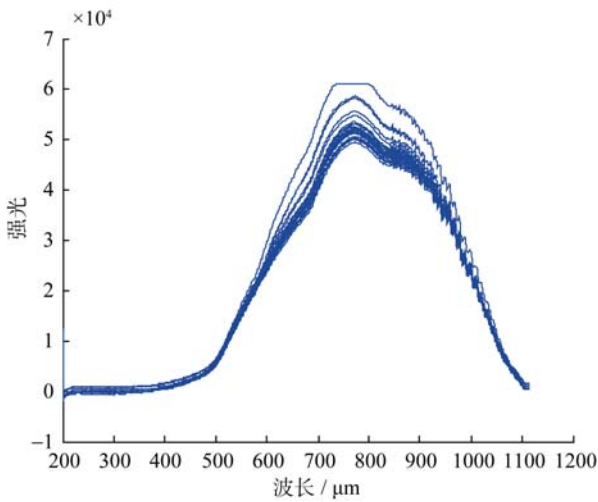


图 3 光谱随时间变化的情况
Fig. 3 Changes of spectrum by time

能量波动最大的在第 10 min 时出现, 其他观测点的波动量不大。

从图 6 可以看出, 在各观测点上, 峰值波长呈随机状态。

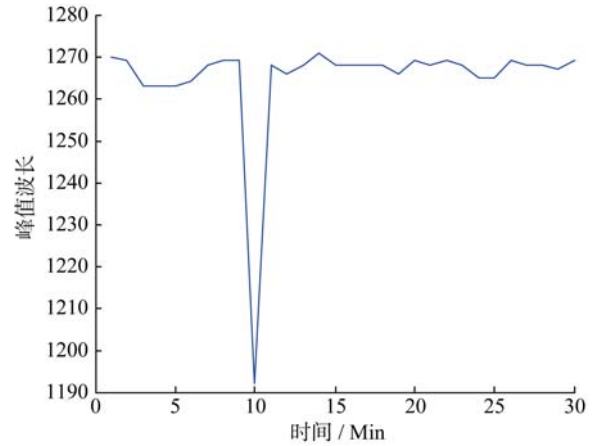


图 6 波峰随时间变化情况
Fig. 6 Changes of peak by time

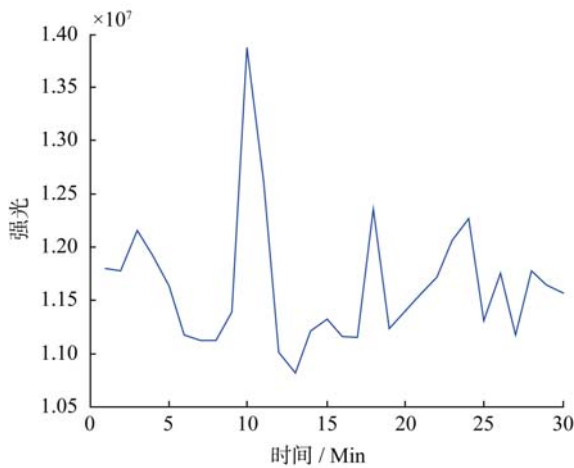


图 4 可见光波段光谱能量随时间变化情况
Fig. 4 Changes of energy in visible-band spectrum by time

造成光谱能量波动的原因与西瓜品质检测试验台的运动件有关。由于西瓜品质检测试验台的光照箱内温度高, 而西瓜品质检测试验台上西瓜的输送依靠皮带来进行, 如果皮带长时间暴露在高温下, 会破坏皮带。为了保证皮带不受破坏, 且测试环境与实际工作一致, 因此, 在光谱采集过程中, 皮带处于正常工作状态。其次, 皮带表面光滑, 反光性好, 在其运动过程中, 皮带的抖动引起反射光路径发生变化, 因而进行检测器的光通量也有变化, 从而引起光谱能量和波峰发生波动。第三, 从灯的发热过程来看, 在电源接通后, 灯丝迅速升高到工作温度, 光谱稳定下来, 这一个时间段远远小于本文的观测时间间隔, 且光照箱内部部件的温度升有限, 没有对光源的光谱产生明显的影响。

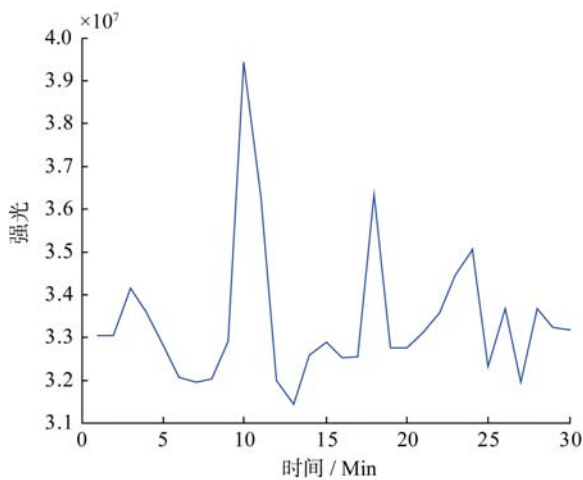


图 5 近红外波段光谱能量随时间变化情况
Fig. 5 Changes of energy in NIR-band spectrum by time

4 结 论

通过对西瓜品质检测试验台光照箱内部光谱和温度连续观测, 发现温度升高过程为一阶系统的阶跃响应过程, 且经过 15 min 后, 光照箱内的热环境可基本稳定。进行西瓜品质检测时, 可在光源开启 15 min 后进行。光源的光谱稳定时间小于 1 min, 光照箱内部部件的温度升高不会对光源的光谱产生明显的影响。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 张静, 程玉来, 重藤和明. 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.
- [6] 田海清. 西瓜品质可见/近红外光谱无损检测技术研究[D]. 浙江大学, 2006

(责任编辑: 张宏梁)

作者简介



王爱臣, 硕士研究生, 研究方向: 农产品品质检测技术研究。

E-mail: winterwac@163.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