

# 基于近红外技术的绿茶杀青自动控制系统设计与试验

宁井铭<sup>1</sup>, 孙磊<sup>2</sup>, 张正竹<sup>1\*</sup>, 毛晓文<sup>1</sup>, 李尚庆<sup>1</sup>

(1. 安徽农业大学教育部/农业部茶叶生物化学与生物技术重点开放实验室, 合肥 230036;

2. 安徽农业大学工学院, 合肥 230036)

**摘要:** 为了解决绿茶杀青中因鲜叶大小、季节差异以及内部含水量不同等因素影响杀青叶质量的问题, 设计了杀青自动化控制生产线, 采用红外光谱技术对杀青后鲜叶含水量在线精确测量, 通过可编程逻辑控制器 (PLC) 调节投叶量或滚筒转速, 从而保证鲜叶杀均杀透。试验结果表明, 该系统检测技术和装置具有可靠性和实用性, 在线检测误差在  $2.37\% \pm 3.53\%$  范围内。

**关键词:** 绿茶; 杀青; 质量; 自动控制

中图分类号: TS272.51

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2013)06-0899-04

## Design and experiment of automatic control in green tea firing process based on infrared spectroscopy

NING Jing-ming<sup>1</sup>, SUN Lei<sup>2</sup>, ZHANG Zheng-zhu<sup>1</sup>, MAO Xiao-wen<sup>1</sup>, LI Shang-qing<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Tea Biochemistry and Biotechnology, Ministry of Education, Ministry of Agriculture, Anhui Agricultural University, Hefei 230036;

2. School of Engineering, Anhui Agricultural University, Hefei 230036)

**Abstract:** During the firing process of green tea, the quality of tea is disturbed by the size, season and moisture fluctuation and so on. In order to get an accurate moisture content of the test single kernel green tea during the firing process, a kind of online moisture content metering technology and device were developed. The automatic production line was designed, and the water content of leaf was measured online accurately using infrared spectroscopy. At the same time, leaf weight or roller speed was regulated by programmable logic controller (PLC), so as to ensure the quality of firing leaves. It is concluded that detection technology and device of the system are of high reliability and practicability, and the detection error online is in the range of  $2.37\% \pm 3.53\%$ .

**Key words:** green tea; firing; quality; automatic control

杀青是绿茶加工的第一道工序, 也是绿茶品质形成的关键工序之一, 杀青质量如何决定着绿茶的品质。杀青一方面利用高温破坏鲜叶中酶的活性, 制止鲜叶中多酚类物质氧化, 以防止鲜叶变红, 同时蒸发叶内部分水分, 使叶子变软, 为揉捻造型创造条件。杀青后叶子含水量根据鲜叶老嫩程度不同, 一般保持在  $58\% \sim 62\%$  之间<sup>[1]</sup>。含水量过高, 鲜叶中酶的活性没有完全钝化, 易造成绿茶出现红梗红叶; 含水量过低, 茶叶在揉捻时断碎较多, 而且很难成条, 所以杀青对于绿茶品质形成至关重要。

鲜叶的杀青通常采用电加热滚筒杀青机进行。制茶工人事先根据鲜叶的嫩度、新鲜度和匀净度手动调节杀青叶量。虽然人工操作成本低, 但不方便、劳动强度大, 功效低, 具有一定的主观性和滞后性, 很难保证杀青叶质量, 这就影响了绿茶加工连续化、自动化的发展。近年来, 自动控制技术在茶叶加工方面得到了广泛应用<sup>[2-7]</sup>。本研究利用近红外光谱技术在线快速检测杀青后鲜叶的含水量, 控制系统比较在线检测的值与预设值, 通过 PLC 调节杀青叶投叶量或滚筒的转速, 从而保证杀青后鲜叶的质量。

收稿日期: 2013-08-30

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划 (2011BAD01B03-2) 资助。

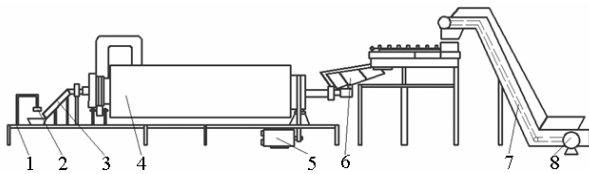
作者简介: 宁井铭, 男, 博士, 副教授。E-mail: ningjm@ahau.edu.cn

\* 通信作者: 张正竹, 男, 博士, 教授, 博士生导师。E-mail: zzz@ahau.edu.cn

# 1 试验设计

## 1.1 自动杀青系统设计

如图1所示,绿茶杀青自动系统由鲜叶输送带、杀青机、出料输送带、近红外光谱水分检测器和PLC控制系统组成,杀青机加热系统总功率为18kw,由温控器进行现场控制加热,热电偶测温信号通过现场温控仪显示,通过RS485总线与PLC通讯,现场的温度测量值与设定值均可通过开关选择,实现监控和本地控制。



1.机架 Rack; 2.在线水分检测仪 Online detection of moisture content; 3.出料斗 Discharge hopper; 4.滚筒 Roller; 5.驱动电机 Driving motor; 6.进料斗 Feed hopper; 7.输送带 Conveyor belt; 8.驱动电机 Driving motor

图1 自动化杀青设备总体结构

Figure 1 Overall structure of auto firing system

## 1.2 自动控制系统设计

**1.2.1 自动控制结构** 如图2所示,水分在线监测仪通过数据线与控制器连接。控制器为西门子S7-300系列PLC,人机接口为威纶E8000系列触摸屏,可在上面设置各种工作参数,例如,PID调节器的参数,水分含量,杀青机滚筒的加热温度,还可以设置工作模式,可以选择手动操作或自动调节方式;温度控制器为台达的DTC1000R温度控制器,内置PID控制器,采样时间为模拟采样0.15s;变频器为丹麦的丹佛斯公司的变频器VLT2800系列,三台变频器分别控制茶叶的进料输送带电机,滚筒电机,出料输送带电机,可通过PLC控制变频器以达到控制电机转速的目的;在线近红外水分检测仪采用美国MoistTech公司的IR3000系列在线近红外水分检测仪,精度为0.01%,响应时间为10ms,提供RS485接口,通讯协议为MODBUS协议,可以很好的实时检测茶叶的水分含量。预先在PLC控制中心设定一个含水量,在杀青的时候,通过近红外水分检测仪预测杀青后鲜叶的含水量,传送给PLC控制中心,控制中心进行运算后与设定值比较,并根据比较结果调节相应变频器,增加或减少投叶量;加快或减慢出叶时间,使杀青后鲜叶的含水量保持在一定范围内,从而达到自动控制的目的。

**1.2.2 自动控制系统分析** 在生产过程中,启动电源首先设定温控制器的温度,启动滚筒转动和加热电源,使滚筒升温并基本稳定在设定值,变动幅度小于5℃。在滚筒达到设定温度并稳定后,设定茶叶杀青后的目标水分含量,根据所采用的控制策略,通过二个变频器控制上料输送带和滚筒转速,来达到控制水分的目的。另外设置一个出料传送带电机,使之每隔一定时间运行一次,转速控制主要是为了精确水分采样的需要,因为水分检测仪对物料采样时对静态物料的水分测量精度比较高。这里没有进行滚筒温度的调节,这是因为一方面滚筒的电加热缓慢,升温 and 降温比较慢,时间过长,不利于生产加工。另外,茶叶在加工中杀青温度必须达到一定的值,温度高了杀青叶容易焦边,后期不利于造型;温度低了,鲜叶中多酚氧化酶的活性没有钝化,杀青以后叶子容易红变,不利于绿茶品质的形成。

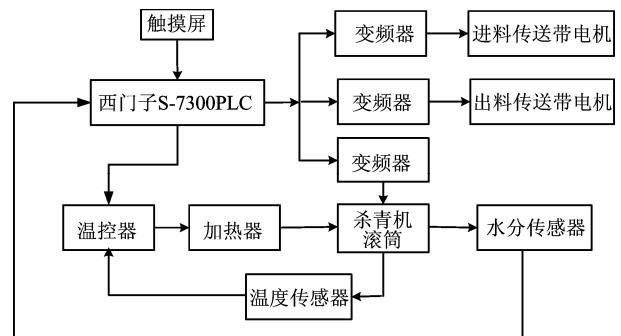


图2 自动控制结构

Figure 2 Overall structure of auto control system

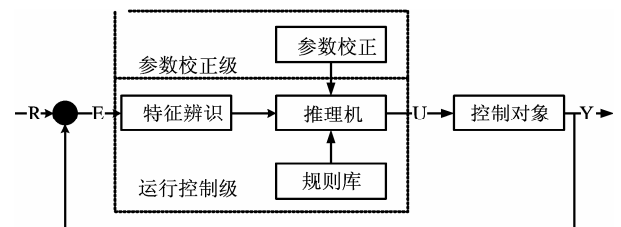


图3 智能控制系统

Figure 3 Overall structure of intelligence control system

根据控制对象的不同可分为以下3种控制方式:

- (1) 固定茶叶进料输送带的电机转速,调节滚筒电机的转速,通过调节鲜叶在滚筒内时间,达到杀青要求;
- (2) 固定滚筒电机转速,调节鲜叶进料输送带的转速,通过调节投叶量,达到杀青要求;
- (3) 既调节茶叶进料输送带的电机转速,同时

也进行滚筒电机的转速调节, 2 种调节方式共同进行调节。

这 3 种控制方式的控制策略都采用仿人智能控制方法, 仿人智能控制系统图 3 所示。

表 1 工艺设计

Table 1 The design of processing

杀青温度/°C Firing temperature	投叶量/kg·h <sup>-1</sup> Leaves thrown			
	6	8	10	12
270	A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>
300	A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>
330	A <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>3</sub>	D <sub>3</sub>

PLC 通过安装出料输送带上方的水分检测仪,

实时检测滚筒出料口的茶叶水分, 作为控制器的反馈,  $R$  为给定茶叶水分含量, 反馈  $Y$  为杀青机滚筒出料斗位置的茶叶水分含量, 系统误差  $E=R-Y$ ; 仿人智能控制器的输出量为  $U$ , 这里的  $U$  为输送带变频器和滚筒变频器的控制信号, 变频器用于控制输送带和滚筒的转速。

### 1.3 杀青试验设计

根据试验中使用的滚筒杀青机规格, 分别设定了不同的杀青温度和投叶量进行杀青试验 (表 1)。

## 2 结果与分析

在不同杀青温度和投叶量下, 对杀青后叶子水分的预测值和实际值进行了比较 (表 2)。

表 2 自动化杀青叶在不同杀青工艺下含水量的测定结果

Table 2 The results of water content with automatic control in different firing processes

杀青温度/°C Firing temperature	投叶量/kg·h <sup>-1</sup> Leave delivered	预测值/% Predicted value	实测值/% Determined value	修正值/% Corrected value	含水率/% Moisture content	失水率/% Rate of water loss
270	6	60.24	62.58	2.34	77.17	0.19
	8	60.60	64.00	3.40	77.17	0.17
	10	61.92	65.27	3.35	77.17	0.15
	12	65.20	67.34	2.14	77.17	0.13
300	6	59.90	62.15	2.25	77.17	0.19
	8	63.02	64.52	1.50	77.17	0.16
	10	60.00	63.29	3.29	77.17	0.18
	12	63.00	64.28	1.28	77.17	0.17
330	14	64.50	65.47	0.97	77.17	0.15
	6	55.90	58.64	2.74	77.17	0.24
	8	56.70	59.42	2.72	77.17	0.23
	10	58.10	60.14	2.04	77.17	0.22
	12	60.40	63.94	3.54	77.17	0.17
	14	58.80	60.45	1.65	77.17	0.22

表 3 不同处理杀青效果比较

Table 3 Comparison of effects with different firing processes

项目 Item	A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>
色泽 Colour	绿	绿	暗绿	暗绿	暗绿	暗绿	绿	绿
形状 Shape	梗软叶边稍卷曲	叶边稍脆且卷曲	梗软叶边稍卷曲	梗软叶边稍卷曲	叶边略焦脆	叶边略焦脆	叶边卷曲梗软	叶边稍卷曲
香气 Aroma	稍青涩	稍青涩	稍青涩	稍青涩	稍清香	稍清香	稍清香	稍清香
均匀度 Evenness	均匀	均匀	均匀	均匀	均匀	均匀	均匀	均匀
项目 Item	E <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>3</sub>	D <sub>3</sub>	E <sub>3</sub>		
色泽 Colour	绿	稍枯	绿稍枯	绿	暗绿	暗绿		
形状 Shape	叶边稍卷曲	叶边焦脆略刺手	焦脆刺手梗软	叶边卷曲略刺手	叶边卷曲稍刺手	叶边卷曲稍刺手		
香气 Aroma	稍青涩	有点焦味	清香	清香	清香	清香		
均匀度 Evenness	均匀	均匀	均匀	均匀	均匀	均匀		

从表 2 可知, 水分检测仪对水分的预测值总体

上偏小, 但在线检测误差在  $2.37\% \pm 3.53\%$  范围内。

通过对杀青结果进行感官审评可知(表3),在不同杀青温度下,不同的投叶量通过自动调节滚筒转速,鲜叶的杀青均匀度均较好,由于杀青温度不同,杀青后鲜叶的香气有所差异。

从总体情况来看,测试过程中杀青后叶子的水分预测值与实际值十分接近,感官审评结果与人工杀青一致,无明显问题;设备运行正常,杀青机温度无明显波动。整套自动控制线安全可靠,鲜叶输送带和出叶输送带速度均可调,实现稳定、均匀投料和输送。

### 3 结论

系统采用多种控制方式,不仅可靠,控制效率高,而且可以实现长距离即时控制。系统结合 PLC 和触摸屏进行控制,实现整个杀青过程自动化。可以进行远程控制和手动操作,方便进行投叶量、投叶速度的设置。节省了劳动力,减少了因人工调控不及时造成损失。试验结果表明,调节鲜叶投叶量

的效果要好于调节滚筒转速,当滚筒转速达到一定值时,随着转速的增加,出叶时间变化不大。

### 参考文献:

- [1] 安徽农学院. 制茶学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1985.
- [2] 彭秀英, 陈亚, 罗艳蕾. 基于 PLC 控制的电加热滚筒杀青机温度控制系统[J]. 农机化研究, 2011, 33(4): 186-189.
- [3] 吴卫国, 谢昌瑜. 茶叶电热滚筒杀青机的研究[J]. 中国茶叶加工, 2009(1): 30-31.
- [4] 刘继光, 曹亚楠, 王传山. 变频器应用中的干扰问题及其对策[J]. 山东煤炭科技, 2009(4): 39-42.
- [5] 范阳阳, 李尚庆, 王倩, 等. 基于 PLC 的杀青机组的自动化控制[J]. 农机化研究, 2013(5): 208-211.
- [6] 金元郁. 基于 ARMAX 模型的新型广义预测控制[J]. 控制理论与应用, 1992, 9(4): 426-431.
- [7] 方华, 赵英汉, 王焜. 模糊自适应控制在茶叶杀青工艺中的应用[J]. 中国农机化学报, 2013, 34(3): 241-243.