

黄涛,俞世康,顾会战,等. 烘烤过程中烟叶色度信号值与主要化学成分的关系[J]. 江苏农业科学,2022,50(5):173-180.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.05.028

烘烤过程中烟叶色度信号值与主要化学成分的关系

黄涛¹, 俞世康², 顾会战³, 李俊举³, 何佶弦³, 张启莉³, 景延秋¹, 母明新³

(1. 河南农业大学烟草学院, 河南郑州 450000; 2. 四川省烟草公司广元市公司, 四川广元 628000;

3. 四川省烟草科学研究所, 四川成都 615000)

摘要:为了用色度信号设备在线监测烟叶烘烤进程,采用相关性分析和回归分析法,研究烘烤过程中烟叶色度信号值的变化规律及其与主要化学成分的关系。结果表明,色度信号值在烟叶烘烤过程中逐渐增大并在 54 ℃ 末~68 ℃ 末之间逐渐趋于稳定;相关性分析表明,色度信号值与颜色参数亮度值(L)、红度值(a)、黄度值(b)、色泽比(H)、色相角(H°)、饱和度(C)和烟叶化学成分中的叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素、总糖、还原糖、淀粉、烟碱、总氮、蛋白质含量和叶片含水率有很强的相关性;回归分析表明,色度信号值与化学成分模型拟合度较好;对回归模型验证可知,叶绿素 b、类胡萝卜素、总糖、淀粉含量相对误差分别为 14.66%、12.33%、11.61%、15.57%,预测精度较高。色度信号监测设备可以实现烟叶烘烤进程的在线监测,为提高烟叶品质提供科学的数据支撑。

关键词:烟叶颜色参数;色度信号监测设备;化学成分;在线监测

中图分类号:TS44

文献标志码:A

文章编号:1002-1302(2022)05-0173-07

在烘烤过程中烟叶表面颜色变化可直接体现烟叶内色素含量的变化,烟叶颜色既是判断烟叶成熟度的主要依据,也是在烘烤过程中判断烟叶状态和转火点的重要依据,对烟叶分级有重要作用,与烟叶品质密切相关^[1-3]。当前对烟叶颜色的判断多为感官评定,该方法易受主观因素的影响,误差较大。随着信息技术的发展,机器视觉技术被广泛应用^[4-7];过伟民等研究表明,随着类胡萝卜素含量的提高,烟叶的红度(a)值、黄度(b)值和饱和度(C)值显著升高^[8-9];霍开玲等研究表明,烟叶内色素含量的变化对烟叶颜色参数有重要影响^[2];李悦等研究表明, L 值和 a 值与外观质量评价总分呈“ \cap ”形曲线关系^[10]。虽然烟叶颜色是判断烟叶烘烤进程的关键因素,但烟叶颜色变化达到理想程度,烟叶内部物质不一定充分转化,所以仅凭烟叶颜色变化判断烟叶烘烤进程,主观因素影响较大。所以,段史江等研究认为,将烟叶颜色参数与烟叶内化学成分建立无损检测模型,可以实现对烟叶烘烤智能化

控制^[11]。

关于在线监测烟叶烘烤进程方面的研究还未见报道,本研究通过色度信号设备实时监测烘烤过程中的烟叶,根据色度信号值在关键转火点的变化规律可更直观地反映烟叶表面颜色变化及烘烤进程,为实现烟叶烘烤智能化控制提供科学支撑。

1 材料与方法

1.1 设备与材料

设备:色度信号监测设备,购自广州融智科技有限公司;KX-1S-25 kg 温度自控式电加热烤房,购自河南中瑞制冷科技有限公司。

烟叶:供试烤烟品种为中烟 100,土壤肥力中等。在群体中选择株高一致、叶片数相等、烟叶成熟度一致、叶色基本一致且无病害的烟株。于 2020 年 8 月 30 日至 9 月 20 日在河南省许昌市禹州烘烤厂进行试验。

1.2 样品制备

在关键温度点按照烟叶状态进行取样。分别为 34 ℃ 末、38 ℃ 末(烟叶 8 成黄)、42 ℃ 末(烟叶 9 成黄)、47 ℃ 末(烟叶全黄、叶片半干)、54 ℃ 末(叶片全干)、68 ℃ 末(烟筋全干)。每次在关键点取 3 张烟叶,并用布片遮挡,以免造成取样误差。均测定烟叶的颜色参数,同时测定烟叶色素含量。

色度信号监测设备放在烤房内烟叶中间,持续

收稿日期:2021-07-01

基金项目:中国烟草总公司四川省公司项目(编号:2019410102000453)。

作者简介:黄涛(1997—),男,河北唐山人,硕士研究生,研究方向为烟草烘烤。E-mail:1461541533@qq.com。

通信作者:景延秋,博士,教授,研究方向为烟草化学,E-mail:jingyanqiu721@163.com;母明新,农艺师,研究方向为烟草栽培育种,E-mail:1239870784@qq.com。

对烟叶进行照射,充分保证其周围的环境与烤房内的整体环境一致。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 烟叶化学成分含量的测定 分别采用 YC/T 160—2002《烟草及烟草制品 总植物碱的测定 连续流动法》^[12]、YC/T 161—2002《烟草及烟草制品 总氮的测定连续流动法》^[13]、YC/T 159—2002《烟草及烟草制品 水溶性糖的测定 连续流动法》^[14]、YC/T 216—2013《烟草及烟草制品 淀粉的测定 连续流动法》^[15]的方法测定烟叶烟碱、总氮、总糖、还原糖和淀粉含量(质量分数)。叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素含量采用 95% 乙醇提取,并使用分光光度法测定^[16]。

1.3.2 烟叶颜色参数测定 采用便携式色差仪测量烟叶正面和反面的颜色参数亮度值(L)、红度值(a)、黄度值(b),共测量 12 个点。色泽比(H)= a/b ;色相角(H°)= $\arctan(b/a)$;饱和度(C)= $(a^2 + b^2)^{1/2}$ ^[17]。

1.3.3 色度信号设备在线监测 工作原理:烟叶内在化学成分与烟叶颜色密切相关,通过对待测烟叶的表面进行聚焦照射,获取烟叶的颜色特征值,再由设备中的信号转换器转化为一项电信号值,利用设备输出的电信号数值可反映烟叶内在化学成分。不同颜色的物体对相同颜色的入射光有不同的反射率;发射强度不变的同一色光,可根据接收到反射光信号的强弱,辨别不同的颜色或物体的有无。色度信号设备工作原理:光源 L 发出调制脉冲光,光电接收元件 G 接收物体的反射光信号,并转换为电信号,然后经检波、放大、滤波、比较放大后输出电信号。传感器有 4 种滤波器类型:红、绿、蓝和清除全部光信息。当入射光投射到传感器上时,通过光电二极管控制引脚 S2、S3 的电平组合,可以选择不同的滤波器。L 和 H 分别代表没电和满电状态,如表 1 所示。

表 1 传感器的 4 种滤波器类型					
S0	S1	输出频率定标	S2	S3	滤波器类型
L	L	关断电源	L	L	红色
L	H	2%	L	H	蓝色
H	L	20%	H	L	无
H	H	100%	H	H	绿色

传感器输出不同频率强度的方波(占空比 50%)。不同的颜色和光强度对应不同频率的方波,输出频率与光强度呈线性关系,该转换器典型

输出频率范围为 2 ~ 500 kHz,通过 2 个可编程引脚来选择 100%、20% 或 2% 的输出比例因子。

光传感器对红、绿、蓝 3 种颜色有不同的敏感度,导致检测纯白色物体时得到的红、绿、蓝 3 个数值(RGB)输出不一定是 255,因此在设备通电后的 2 s 内,会进行白平衡调整。流程如下:(1)将白色的纸放置在传感器上方 1 cm 处,将高亮的 LED 灯端口接入电,使其发光。(2)程序依次选通 R、G、B 3 个滤波器,分别测得红色、绿色和蓝色的值。(3)计算出需要的 3 个调整参数,并自动调整白平衡。

模块与开发板连接如表 2 所示,串口配置如表 3 所示。

表 2 模块与开发板连接		
端口	STM32 单片机引脚	Arduino 引脚
LED	3.3 V	3.3 V
OUT	GPIOA.0	D2
S3	GPIOA.4	D3
S2	GPIOA.3	D4
S1	NC	D5
S0	NC	D6
GND	GND	GND
VCC	3.3 V	5 V

表 3 串口配制				
项目	波特率(B)	数据位	停止位	奇偶校验位
数值	115 200	8	1	0

- 测试前校准流程如下:
- (1)将配套程序下载到相应的开发板中。
 - (2)将串口线和模块接入开发板,给开发板通电,打开串口调试软件。
 - (3)将白纸放置在传感器上方 1 cm 处。
 - (4)给开发板上电。此时 LED 端口接通电源,4 个高亮白色 LED 点亮。
 - (5)上电之后等待 2 s 以上(此时正在调整白平衡)。

(6)调整结束以后,把传感器正面对着待测烟叶,在屏幕上即可显示烟叶表面的色度信号值,设备工作实物图如图 1 所示。

1.4 数据处理

采用 Excel 2013 进行数据处理和绘图,用 SPSS 20.0 进行数据统计、相关性和线性回归分析。

2 结果与分析

2.1 烘烤过程中烟叶颜色参数的变化

2.1.1 烘烤过程中烟叶 L 、 a 、 b 值的变化规律 由



图1 色度信号设备工作实物

图2至图4可知,在烘烤过程中,烟叶正背面 L 、 a 、 b 值的变化规律基本一致,在 $34\text{ }^{\circ}\text{C}$ 末~ $42\text{ }^{\circ}\text{C}$ 末之间变化明显,在 $47\text{ }^{\circ}\text{C}$ 末~ $68\text{ }^{\circ}\text{C}$ 末之间变化幅度较小。烟叶正背面的亮度值在 $34\text{ }^{\circ}\text{C}$ 末~ $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ 末之间呈上升趋势; $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ 末~ $42\text{ }^{\circ}\text{C}$ 末之间呈下降趋势; $42\text{ }^{\circ}\text{C}$ 末~ $47\text{ }^{\circ}\text{C}$ 末之间呈上升趋势; $47\text{ }^{\circ}\text{C}$ 末~ $68\text{ }^{\circ}\text{C}$ 末之间呈下降趋势。烟叶正背面红度值在 $34\text{ }^{\circ}\text{C}$ 末~ $42\text{ }^{\circ}\text{C}$ 末变化明显,在 $47\text{ }^{\circ}\text{C}$ 末~ $68\text{ }^{\circ}\text{C}$ 末缓慢上升并逐渐趋于稳定。烟叶正背面黄度值在 $34\text{ }^{\circ}\text{C}$ 末~ $42\text{ }^{\circ}\text{C}$ 末呈升高趋势,在 $42\text{ }^{\circ}\text{C}$ 末达到最大值,在 $42\text{ }^{\circ}\text{C}$ 末~ $47\text{ }^{\circ}\text{C}$ 末之间呈下降趋势;在 $47\text{ }^{\circ}\text{C}$ 末~ $68\text{ }^{\circ}\text{C}$ 末之间趋于稳定。总体来看,烟叶正面 L 值小于烟叶背面,烟叶正面 a 和 b 值大于烟叶背面,且在变黄期变化最明显,在定色和干筋期变化幅度较小。

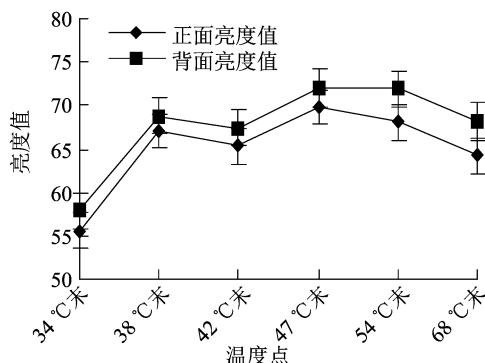


图2 烘烤过程中烟叶亮度值的变化

2.1.2 烘烤过程中烟叶 H 、 H° 、 C 的变化规律 由图5至图7可知,在烘烤过程中,烟叶正背面的 H 、 H° 、 C 值变化规律基本一致。色泽比绿色为负值,红色为正值,数值越小,绿色越深,数值越大,红色越深^[18]。在 $34\text{ }^{\circ}\text{C}$ 末~ $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ 末, H 为负值,烟叶颜色以绿色为主;在 $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ 末~ $68\text{ }^{\circ}\text{C}$ 末之间, H 为正值,颜色以红色为主,并随着烘烤的进行烟叶颜色趋于稳定。色相角是颜色的基本特征^[19],烟叶正背面色相角整体呈下降趋势并趋于稳定。饱和度表示含

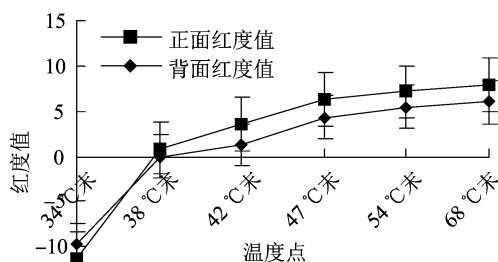


图3 烘烤过程中烟叶红度值的变化

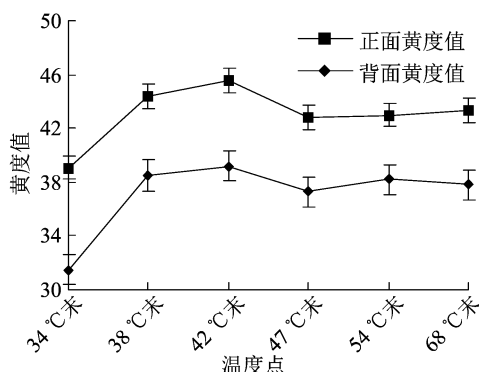


图4 烘烤过程中烟叶黄度值的变化

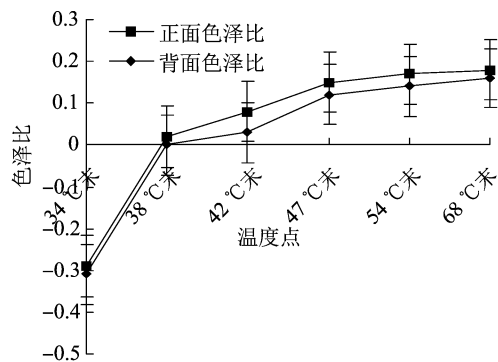


图5 烘烤过程中烟叶色泽比的变化

色的多少,值越小,烟叶色泽越暗淡;值越大,烟叶颜色越饱满^[20],在整个烘烤过程中烟叶正背面饱和度值变化幅度较小且与黄度值变化规律基本一致。

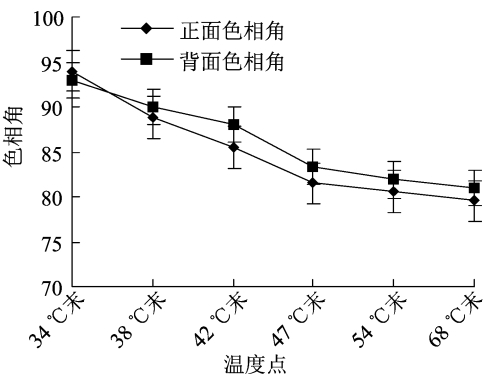


图6 烘烤过程中烟叶色相角的变化

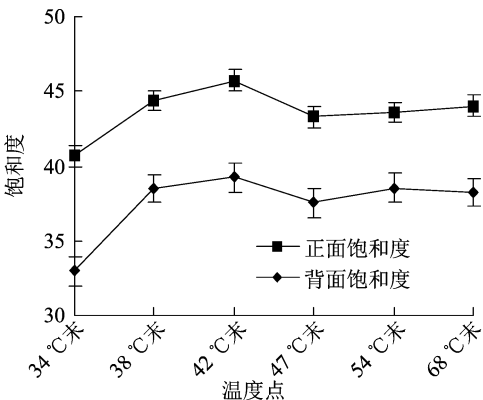


图7 烘烤过程中烟叶饱和度的变化

烟叶的 H° 、 C 值总体表现为,在变黄期变化明显,在定色和干筋期变化幅度较小。

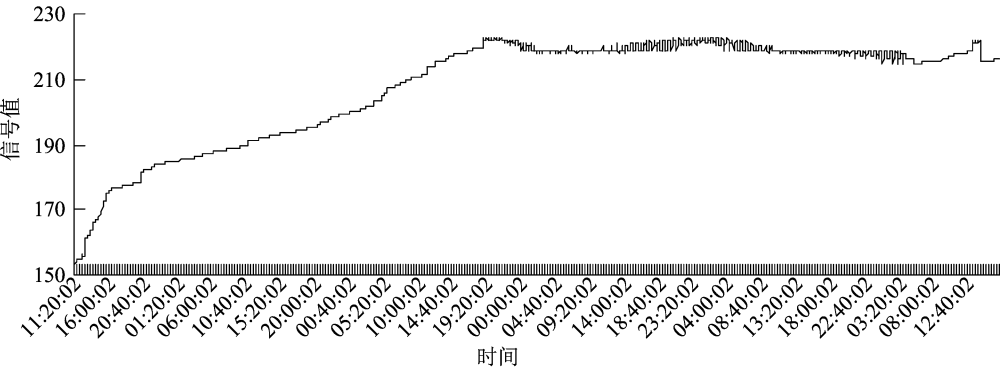


图9 烘烤过程中烟叶色度信号值在线变化规律

2.3 烟叶颜色参数与主要化学成分的相关性分析

由表 4 可知,叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素、总糖、还原糖、淀粉含量与 L 、 a 、 b 、 H° 和 C 值相关性较好,呈极显著相关关系。叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素含量与烟叶正背面 L 、 a 、 b 、 H° 、 C 值都呈极显著负相关关系;总糖和还原糖含量与烟叶正背面 L 、 a 、 b 、 H° 和 C 值都呈极显著正相关关系;淀粉含量与烟叶正背面 L 、 a 、 b 、 H° 和 C 值呈极显著负相关关系;烟碱与烟叶背面 L 值、烟叶正背面 a 值、烟叶背面 b 值、烟叶正背面 H 值和烟叶背面 C

2.2 烘烤过程中色度信号值的变化规律

由图 8、图 9 可知,烟叶表面的信号值随着烘烤的进行逐渐增大,在 34 °C 末~42 °C 末变化最明显,在 42 °C 末~54 °C 末缓慢增大,在 54 °C 末~68 °C 末趋于稳定。这是因为在变黄期烟叶颜色变化大,所以信号值变化的明显;定色期烟叶颜色在黄色的基础上,颜色加深,所以信号值增加,但增加的幅度较小;干筋期,烟叶颜色基本不变,所以信号值近乎无明显变化。在每个关键温度点,烟叶表面的信号值都会出现一个明显的拐点。所以根据色度信号值的变化规律,可以为烟叶烘烤进程提供数据支持和理论参考。

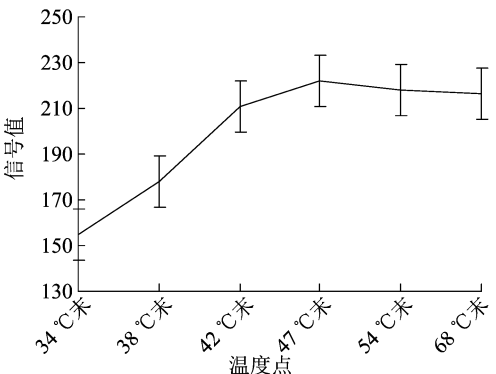


图8 烘烤过程中关键温度点烟叶色度信号值的变化规律

值呈极显著负相关关系,与烟叶正面 L 值和烟叶正背面 H° 值呈显著负相关关系,与烟叶正面 b 值和烟叶正面 C 值无相关关系;总氮含量与烟叶背面 L 值、烟叶正面 a 值和烟叶正背面 H 值呈极显著负相关关系,与烟叶背面 a 值、烟叶背面 b 值、烟叶正背面 H° 值、烟叶背面 C 值呈显著负相关关系,与烟叶正面 L 值、烟叶正面 b 值和烟叶正面 C 值无相关关系;蛋白质含量与烟叶正面 a 值和烟叶正面 H 值呈极显著负相关关系,与烟叶背面 L 值、烟叶背面 a 值、烟叶背面 H 值和烟叶背面 C 值呈显著负相关关

表 4 烟叶颜色参数与烟叶化学成分的相关性分析

		叶绿素 a 含量	叶绿素 b 含量	类胡萝卜素 含量	总糖 含量	还原糖 含量	淀粉 含量	烟碱 含量	总氮 含量	蛋白质 含量	叶片含水率
<i>L</i>	烟叶正面	-0.714 **	-0.731 **	-0.707 **	0.806 **	0.764 **	-0.727 **	-0.505 *	-0.457	-0.337	-0.466
	烟叶背面	-0.924 **	-0.909 **	-0.857 **	0.892 **	0.907 **	-0.882 **	-0.620 **	-0.666 **	-0.571 *	-0.914 **
<i>a</i>	烟叶正面	-0.916 **	-0.928 **	-0.877 **	0.949 **	0.956 **	-0.911 **	-0.671 **	-0.698 **	-0.594 **	-0.871 **
	烟叶背面	-0.906 **	-0.916 **	-0.888 **	0.962 **	0.957 **	-0.912 **	-0.625 **	-0.590 *	-0.506 *	-0.732 **
<i>b</i>	烟叶正面	-0.615 **	-0.625 **	-0.669 **	0.711 **	0.668 **	-0.656 **	-0.388	-0.285	-0.192	-0.294
	烟叶背面	-0.631 **	-0.671 **	-0.714 **	0.685 **	0.627 **	-0.661 **	-0.602 **	-0.481 *	-0.462	-0.364
<i>H</i>	烟叶正面	-0.899 **	-0.920 **	-0.885 **	0.938 **	0.943 **	-0.903 **	-0.674 **	-0.704 **	-0.610 **	-0.875 **
	烟叶背面	-0.902 **	-0.916 **	-0.898 **	0.961 **	0.957 **	-0.917 **	-0.623 **	-0.590 **	-0.505 *	-0.736 **
<i>H°</i>	烟叶正面	-0.816 **	-0.839 **	-0.742 **	0.892 **	0.879 **	-0.801 **	-0.497 *	-0.472 *	-0.366	-0.673 **
	烟叶背面	-0.820 **	-0.878 **	-0.891 **	0.929 **	0.894 **	-0.868 **	-0.589 *	-0.545 *	-0.448	-0.659 **
<i>C</i>	烟叶正面	-0.681 **	-0.690 **	-0.727 **	0.771 **	.0733 **	-0.717 **	-0.442	-0.352	-0.252	-0.377
	烟叶背面	-0.679 **	-0.711 **	-0.740 **	0.727 **	0.673 **	-0.700 **	-0.625 **	-0.506 *	-0.483 *	-0.406

注：*、** 分别表示在 0.05、0.01 水平（双侧）上显著相关。表 5、表 6 同。

系,与烟叶正面 *L* 值、烟叶正背面 *b* 值、烟叶正背面 *H°*值和烟叶正面 *C* 值无相关关系;叶片含水率与烟叶背面 *L* 值、烟叶正背面 *a* 值、烟叶正背面 *H* 值和烟叶正背面 *H°*值呈极显著负相关关系,与烟叶正面 *L* 值、烟叶正背面 *b* 值和烟叶正背面 *C* 值无相关性。

2.4 色度信号值与烟叶颜色参数和烟叶化学成分的相关性分析

由表 5 和表 6 可知,色度信号值与叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素、淀粉、烟碱、总氮、蛋白质含量和叶片含水率呈极显著负相关关系,与总糖和还原糖含量呈极显著正相关关系;与烟叶正背面 *L*、*a*、*H*、*H°*和 *C* 值、烟叶背面 *b* 值都呈极显著正相关关系。说明色度信号监测设备可以实现烟叶烘烤过程的在线监测。

表 5 色度信号值与烟叶化学成分的相关性分析

项目	叶绿素 a 含量	叶绿素 b 含量	类胡萝卜素 含量	总糖 含量	还原糖 含量	淀粉 含量	烟碱 含量	总氮 含量	蛋白质 含量	叶片含水率 含量
信号值	-0.950 **	-0.957 **	-0.858 **	0.917 **	0.942 **	-0.935 **	-0.734 **	-0.745 **	-0.648 **	-0.904 **

表 6 色度信号值与烟叶颜色参数相关性分析

项目	正面 <i>L</i> 值	正面 <i>a</i> 值	正面 <i>b</i> 值	背面 <i>L</i> 值	背面 <i>a</i> 值	背面 <i>b</i> 值	正面 <i>H</i> 值	背面 <i>H</i> 值	正面 <i>H°</i> 值	背面 <i>H°</i> 值	正面 <i>C</i> 值	背面 <i>C</i> 值
信号值	0.678 **	0.950 **	0.551 *	0.926 **	0.902 **	0.597 **	0.936 **	0.897 **	0.818 **	0.813 **	0.626 **	0.644 **

2.5 烟叶色度信号值与烟叶化学成分的回归分析

叶绿素 a 含量 = 1.234 - 0.011 02*x* + 0.000 025*x*² (*R*² = 0.919, *F* = 84.98, *P* < 0.01);

叶绿素 b 含量 = 0.515 6 - 0.004 726*x* + 0.000 011*x*² (*R*² = 0.939, *F* = 115.86, *P* < 0.01);

类胡萝卜素含量 = -0.031 9 + 0.007 274*x* - 0.000 035*x*² (*R*² = 0.846, *F* = 41.28, *P* < 0.01);

总糖含量 = -103.8 + 1.383*x* - 0.003 603*x*² (*R*² = 0.892, *F* = 61.72, *P* < 0.01);

还原糖含量 = -101.1 + 1.269*x* - 0.003 112*x*² (*R*² = 0.919, *F* = 84.94, *P* < 0.01);

淀粉含量 = 120.4 - 1.129*x* + 0.002 736*x*²

(*R*² = 0.902, *F* = 68.82, *P* < 0.01);

叶片含水率 = -0.745 + 0.025 31*x* - 0.000 113*x*² (*R*² = 0.864, *F* = 47.49, *P* < 0.01)。

以烟叶内叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素、总糖、还原糖、淀粉含量和叶片含水率 7 个指标为因变量(*Y*),以色度信号值(*X*)为自变量,进行回归分析,建立动态变化预测方程。烘烤过程中烟叶色度信号值与各化学成分方程拟合度较好,各个拟合方程都达到极显著水平。

2.6 回归模型精准度验证

由表 7 中的实测值和表 8 中的预测值可计算出化学成分预测结果的相对误差。如表 9 所示,烘烤

表 7 烟叶内主要化学成分实测值

温度点	重复	叶绿素 a 含量 (mg/g)	叶绿素 b 含量 (mg/g)	类胡萝卜素含量 (mg/g)	总糖含量 (%)	还原糖含量 (%)	淀粉含量 (%)	叶片含水率 (%)
34 ℃ 末	1	0.271	0.117	0.323	9.121	5.868	25.827	67.5
34 ℃ 末	2	0.207	0.089	0.341	8.521	5.432	22.173	66.0
34 ℃ 末	3	0.307	0.125	0.340	9.612	6.234	28.364	65.9
38 ℃ 末	1	0.210	0.079	0.193	17.091	12.334	17.149	62.2
38 ℃ 末	2	0.209	0.076	0.180	16.032	11.843	14.659	61.5
38 ℃ 末	3	0.229	0.076	0.221	18.931	12.842	19.234	63.5
42 ℃ 末	1	0.109	0.046	0.164	26.233	22.809	10.981	49.1
42 ℃ 末	2	0.109	0.047	0.180	24.674	21.957	8.264	52.7
42 ℃ 末	3	0.103	0.035	0.188	28.523	23.578	12.374	52.8
47 ℃ 末	1	0.064	0.047	0.158	26.786	25.237	6.606	29.5
47 ℃ 末	2	0.060	0.031	0.160	24.748	23.784	5.212	26.0
47 ℃ 末	3	0.065	0.017	0.161	28.394	26.754	8.123	32.7
54 ℃ 末	1	0.067	0.028	0.163	28.098	26.785	5.859	12.6
54 ℃ 末	2	0.071	0.014	0.133	26.098	25.284	4.572	11.7
54 ℃ 末	3	0.081	0.023	0.133	30.041	28.283	6.375	12.2
68 ℃ 末	1	0.030	0.027	0.123	29.832	26.625	5.484	5.4
68 ℃ 末	2	0.024	0.018	0.109	27.001	24.865	4.210	4.5
68 ℃ 末	3	0.030	0.022	0.121	30.284	28.456	6.373	5.9

表 8 烟叶主要化学成分的预测值

温度点	重复	叶绿素 a 含量 (mg/g)	叶绿素 b 含量 (mg/g)	类胡萝卜素含量 (mg/g)	总糖含量 (%)	还原糖含量 (%)	淀粉含量 (%)	叶片含水率 (%)
34 ℃ 末	1	0.313	0.126	0.333	5.684	1.697	28.450	67.8
34 ℃ 末	2	0.217	0.087	0.256	15.375	11.484	19.584	64.1
34 ℃ 末	3	0.255	0.102	0.287	11.612	7.637	23.077	66.7
38 ℃ 末	1	0.200	0.080	0.243	17.001	13.172	18.048	62.4
38 ℃ 末	2	0.213	0.085	0.253	15.813	11.937	19.173	63.7
38 ℃ 末	3	0.206	0.082	0.247	16.499	12.649	18.525	63.0
42 ℃ 末	1	0.125	0.050	0.185	23.734	20.451	11.380	48.5
42 ℃ 末	2	0.093	0.038	0.162	26.103	23.243	8.788	38.0
42 ℃ 末	3	0.080	0.033	0.153	26.984	24.363	7.738	32.2
47 ℃ 末	1	0.088	0.036	0.159	26.491	23.727	8.335	35.6
47 ℃ 末	2	0.081	0.033	0.154	26.917	24.275	7.821	32.7
47 ℃ 末	3	0.073	0.030	0.149	27.422	24.950	7.184	28.5
54 ℃ 末	1	0.074	0.031	0.149	27.363	24.869	7.260	29.0
54 ℃ 末	2	0.037	0.018	0.127	28.864	27.464	4.740	2.6
54 ℃ 末	3	0.048	0.021	0.133	28.593	26.782	5.422	12.5
68 ℃ 末	1	0.041	0.019	0.129	28.794	27.240	4.967	6.3
68 ℃ 末	2	0.040	0.018	0.129	28.824	27.325	4.881	5.0
68 ℃ 末	3	0.063	0.027	0.142	27.948	25.703	6.466	23.0

过程中主要化学成分的预测值和实际值符合度较好,其中叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素、总糖、还原糖、淀粉含量和叶片含水率的相对误差分别为 25.89%、14.66%、12.33%、11.61%、22.48%、

15.57% 和 37.25%,其中叶绿素 b、类胡萝卜素、总糖和淀粉含量的相对误差较小,预测精准度较高,叶绿素 a、还原糖含量和叶片含水率的相对误差较大,预测模型精准度较差。

表 9 烟叶主要化学成分预测结果的相对误差

%

温度点	重复	叶绿素 a 含量	叶绿素 b 含量	类胡萝卜素 含量	总糖 含量	还原糖 含量	淀粉 含量	叶片含水率
34 ℃ 末	1	13.33	6.83	2.99	60.46	245.77	9.22	0.38
34 ℃ 末	2	4.71	2.64	33.00	44.58	52.70	13.22	2.90
34 ℃ 末	3	20.38	22.40	18.82	17.22	18.37	22.91	1.19
38 ℃ 末	1	4.92	1.37	20.65	0.53	6.36	4.98	0.42
38 ℃ 末	2	1.79	11.08	28.61	1.39	0.79	23.54	3.45
38 ℃ 末	3	11.13	8.09	10.65	14.74	1.53	3.83	0.84
42 ℃ 末	1	12.24	7.28	11.57	10.53	11.53	3.51	1.29
42 ℃ 末	2	17.44	22.70	11.10	5.48	5.53	5.96	38.64
42 ℃ 末	3	28.81	4.74	22.51	5.70	3.22	59.91	64.11
47 ℃ 末	1	27.23	31.29	0.54	1.12	6.36	20.75	17.11
47 ℃ 末	2	25.39	5.97	3.97	8.06	2.02	33.36	20.55
47 ℃ 末	3	9.97	42.95	8.44	3.55	7.23	13.07	14.68
54 ℃ 末	1	9.20	7.55	8.98	2.69	7.71	19.30	56.50
54 ℃ 末	2	92.44	18.23	4.56	9.58	7.94	3.54	348.04
54 ℃ 末	3	69.58	7.36	0.06	5.07	5.60	17.58	2.35
68 ℃ 末	1	25.88	43.51	4.97	3.60	2.26	10.41	14.74
68 ℃ 末	2	39.26	3.44	15.36	6.32	9.00	13.75	9.09
68 ℃ 末	3	52.24	16.52	15.19	8.36	10.71	1.44	74.28
		25.89	14.66	12.33	11.61	22.48	15.57	37.25

3 讨论与结论

本研究研发了一种在线监测烟叶烘烤进程的色度信号设备,该设备可代替手持色差仪,实现对烘烤过程中烟叶颜色变化的实时监测,避免从烤房内频繁取样和破坏烤房内的环境,而且把烟叶从烤房内取出暴露在空气中,会导致烟叶变褐。所以,使用色度信号设备在烤房内实时监测烟叶,不仅可以降低试验误差,而且自动化程度高、准确性好。

烟叶表面的颜色参数主要在 34 ℃ 末~42 ℃ 末之间变化幅度最大,在 42 ℃ 末~68 ℃ 末之间变化幅度较小;随着烘烤的进行,色度信号值逐渐增大并趋于稳定,在每个关键转火点烟叶表面的色度信号值都会出现一个明显的拐点,在 34 ℃ 末~42 ℃ 末之间变化幅度最大,在 42 ℃ 末~68 ℃ 末之间变化幅度较小,与烟叶颜色参数变化规律一致;贺帆等研究表明,烟叶正背面的颜色参数指标变化趋势基本一致,且在开烤~42 ℃ 末之间变化最大,42 ℃ 末之后变化幅度较小^[17],也就是说在变黄期烟叶颜色变化最明显,这与本研究结果一致。

相关性分析结果表明,色度信号值与烟叶正背面 L 、 a 、 H 、 H° 、 C 值和叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜

素、总糖、还原糖、淀粉、烟碱、总氮、蛋白质含量和叶片含水率之间相关性较好,呈极显著负相关或极显著正相关关系;对回归方程验证得知,模型拟合度好且叶绿素 b、类胡萝卜素、总糖和淀粉含量相对误差较小,分别为 14.66%、12.33%、11.61%、15.57%,预测精准度较高。通过以上研究结果可知,色度信号监测设备可以为烟叶烘烤提供数据化支撑,实现烟叶烘烤过程的在线监测。

参考文献:

[1]蔡宪杰,王信民,尹启生. 成熟度与烟叶质量的量化关系研究[J]. 中国烟草学报,2005,11(4):42-46.

[2]霍开玲,宋朝鹏,武圣江,等. 不同成熟度烟叶烘烤中颜色值和色素含量的变化[J]. 中国农业科学,2011,44(10):2013-2021.

[3]梁洪波,李念胜,元建,等. 烤烟烟叶颜色与内在品质的关系[J]. 中国烟草科学,2002,23(1):9-11.

[4]张彦娥,李民赞,张喜杰,等. 基于计算机视觉技术的温室黄瓜叶片营养信息检测[J]. 农业工程学报,2005,21(8):102-105.

[5]王克如,李少昆,王崇桃,等. 用机器视觉技术获取棉花叶片叶绿素浓度[J]. 作物学报,2006,32(1):34-40.

[6]吴富宁. 图象处理技术在冬小麦氮营养诊断中的应用[D]. 北京:中国农业大学,2004.

[7]刘朝营,许自成,闫铁军. 机器视觉技术在烟草行业的应用状况[J]. 中国农业科技导报,2011,13(4):79-84.

丁彬,谢吉先,冯梦诗,等. 不同花生荚果类型对机械剥壳效果的影响[J]. 江苏农业科学,2022,50(5):180-184.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.05.029

不同花生荚果类型对机械剥壳效果的影响

丁彬¹, 谢吉先¹, 冯梦诗¹, 陈志德^{1,2}, 常蕾¹, 蒋莹¹

(1. 江苏省农业科学院泰州农科所, 江苏泰州 225300; 2. 江苏省农业科学院经济作物研究所, 江苏南京 210014)

摘要:为研究机械脱壳对不同荚果类型花生剥壳效果的影响,选取 11 个花生品种(包括普通型、曲棍形、茧形和蜂腰型荚果的大、中、小 3 种果型)进行试验。结果表明,不同类型花生荚果机械剥壳差异较大。曲棍形(J1 品种)和茧形(J2 品种)荚果脱壳容易卡在筛孔或筛缝中,同时荚果混入籽仁中不易分离,剥净率低。荚果形态虽均为普通型荚果,但是荚果大小、籽仁形态不同,剥壳率和破损率均有差异,珍珠豆型品种(J3 和 J4)的果壳与果仁间隙较小,机械剥壳时较易伤害籽仁;珍珠豆型品种(J7 和 J8)的籽仁与果壳间有一定的空隙,破损率最低;大果型和中大果型品种(J5、J6、J11)的花生籽仁在脱壳间隙中的停留时间长、被搅动次数多,增加了损伤机会,机械剥壳时籽仁破损率高。荚果茧形、籽仁中等偏大的品种类型(J10 品种),在机械剥壳时容易伤害籽仁。花生籽仁与果壳之间有一定空隙、厚果壳的荚果类型(J9 品种)具有一定缓冲弹性,从而使脱壳更加容易,脱壳损伤率下降。线性分析表明,花生出苗率与破损率之间呈显著负相关关系。

关键词:花生;机械脱壳;荚果类型;剥壳率;破损率

中图分类号: S565.209.2; S226.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2022)05-0180-05

近年来随着我国花生产业的发展,花生脱壳机、分级精选机械和深加工机械的研究、开发和推广得到充分重视^[1],机械剥壳已成必然。然而,机

械剥壳破碎率较高,且破碎的花生多数是饱满籽粒^[2]。破碎的花生籽仁易失油、难储存、价格低^[3-4],并因缺少完整的衣皮保护,容易脱脂、霉变,遭受黄曲霉毒素的侵袭^[5-6]。

目前,花生脱壳仍面临诸多问题,其中剥壳率和破损率是衡量花生种子剥壳质量的重要指标之一^[7-8]。除与脱壳机性能及其工作参数有关外,花生品种荚果性状、果壳强度等也明显影响花生剥壳质量。近年来,远缘杂交育种技术、诱变育种技术、细胞工程育种技术、分子育种技术等越来越多的新

收稿日期:2021-06-02

基金项目:江苏现代农业产业技术体系建设专项(编号:JATS[2020]262);江苏省现代农业发展专项(编号:TN201910)。

作者简介:丁彬(1987—),男,江苏徐州人,硕士,助理研究员,主要从事特色花生新品种选育及高效配套技术研究。E-mail:dingbin1224@126.com

通信作者:谢吉先,研究员,主要从事花生新品种选育及配套技术研究。E-mail:txjx@163.com。

[8] 过伟民,魏春阳,张艳玲,等. 烤烟表面颜色的量化及其与胡萝卜素类物质的关系[J]. 烟草科技,2012,45(1):62-68.

[9] 过伟民,张艳玲,蔡宪杰,等. 光质对烤烟品质及光合色素含量的影响[J]. 烟草科技,2011,44(9):65-70.

[10] 李悦,符云鹏,甄焕菊,等. 烤后烟叶表面颜色特征参数及其与外观质量指标的关系[J]. 河南农业大学学报,2017,51(1):1-7.

[11] 段史江,马力,史龙飞,等. 基于图像处理的密集烘烤过程烟叶β-胡萝卜素含量的检测[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2011,37(5):490-493.

[12] 国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品 总植物碱的测定 连续流动法:YC/T 160—2002[S]. 北京:中国标准出版社,2004.

[13] 国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品 总氮的测定连续流动法:YC/T 161—2002[S]. 北京:中国标准出版社,2004.

[14] 国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品 水溶性糖的测定 连续流动

法:YC/T 159—2002[S]. 北京:中国标准出版社,2004.

[15] 国家烟草专卖局. 烟草及烟草制品 淀粉的测定 连续流动法:YC/T 216—2013[S]. 北京:中国标准出版社,2014.

[16] 金云峰,王莎莎,张建波,等. 生长温度对不同生育期烟草叶片光合作用及质体色素代谢的影响[J]. 中国农学通报,2015,31(22):57-74.

[17] 贺帆,王涛,王梅,等. 烘烤过程中烟叶颜色变化与主要化学成分的关系[J]. 中国烟草学报,2014,20(6):97-102.

[18] 汪琳,应铁进. 番茄果实采后贮藏过程中的颜色动力学模型及其应用[J]. 农业工程学报,2001,17(3):118-121.

[19] 王利群,戴雄泽. 色差计在辣椒果实色泽变化检测中的应用[J]. 辣椒杂志,2009,7(3):23-26,33.

[20] 贺帆,王涛,樊士军,等. 基于色度学的密集烘烤过程中烟叶主要化学成分变化模型研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2014,42(5):111-118.