

手持式牛肉大理石花纹检测系统*

郭 辉^{1,2} 彭彦昆¹ 江发潮¹ 杨伟龙¹

(1. 中国农业大学工学院, 北京 100083; 2. 新疆农业大学机械交通学院, 乌鲁木齐 830052)

【摘要】 针对牛肉屠宰加工企业的实际需求,开发了基于光谱技术与计算机图像处理技术相结合的牛肉大理石花纹检测系统,阐述了检测系统的工作原理、硬件构成、硬件参数的选择和软件系统的构建。通过选取中心波长为 530 nm 的窄带宽滤光片,利用工业相机提取该波长下的图像数据,开发了针对大理石花纹检测的图像处理软件系统,并且与人工判断大理石花纹等级进行了比对试验,结果表明该系统的检测精度能够满足对牛肉大理石花纹检测的要求。

关键词: 牛肉 大理石花纹 手持式检测装置 图像处理

中图分类号: TS251.7; S237 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2012)S0-0207-04

Development of Conveyable Beef-marbling Detection System

Guo Hui^{1,2} Peng Yankun¹ Jiang Fachao¹ Yang Weilong¹

(1. College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China

2. College of Mechanical and Traffic, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

Abstract

The beef-marbling detecting system combined with spectral and computer vision technology was created. Working principle, hardware structure, choice of hardware parameters and the software of the detecting system were introduced. Center wavelength of the filter used in this detecting system was 530 nm, and the image of sample under this wavelength was taken by an industrial camera. Image processing software used to detect beef-marbling was developed. The results of experiment show that detect accuracy of the system can match the demand of beef-marbling detect.

Key words Beef, Marbling, Conveyable detection device, Image processing

引言

大理石花纹是衡量牛肉品质的重要指标。大理石花纹也叫脂肪杂交,指肌肉脂肪含量和分布数量。根据标准^[1],大理石花纹等级由第 12 ~ 13 肋骨之间眼肌部位的肌肉脂肪分布程度来判定。大理石状脂肪被认为是决定牛肉风味的脂肪,与牛肉的嫩度和风味密切相关,大理石花纹越丰富,肉质相对越嫩。在相同的育肥条件下,大理石花纹越多,胴体及肉品质越好。

国内外很多学者对牛肉大理石花纹的检测

和分级进行了研究^[2~10]。目前,牛肉屠宰加工企业对于牛肉大理石花纹的评估基本上都是依靠人工通过标准样本卡进行比对来完成。由于人工长时间进行单一工作会产生疲劳感,从而会影响到对结果的判断精确性,而通过机器来对牛肉进行评估就能够避免由于疲劳而产生的判断误差。

本文在前期研究基础上^[9~10],选择中心波长为 530 nm 的滤光片,进一步完善大理石花纹的检测评价算法,结合工业相机和图像处理技术,开发手持式牛肉大理石花纹检测系统。

收稿日期: 2012-07-07 修回日期: 2012-08-06

* “十二五”国家科技支撑计划资助项目(2012BAH04B02)和公益性行业(农业)科研专项资助项目(201003008)

作者简介: 郭辉,博士生,新疆农业大学副教授,主要从事农畜产品品质安全无损检测技术与装备研究,E-mail: gh97026@126.com

通讯作者: 彭彦昆,教授,博士生导师,主要从事农畜产品品质安全无损检测技术与装备研究,E-mail: ypeng@cau.edu.cn

1 检测系统工作原理与功能

1.1 工作原理

行业标准 NY/T676—2010 规定,屠宰工厂在屠宰、冷却后胴体分级时,首先切开背部 12 ~ 13 肋骨处的背最长肌,切面平滑,然后对背最长肌切面处的大理石花纹分级。因此,本文选取牛胴体背部 12 ~ 13 肋骨处的背最长肌横截面作为检测部位。

牛肉大理石花纹检测系统设计主要包括硬件系统设计和软件系统开发,系统的工作原理框架如图 1 所示。

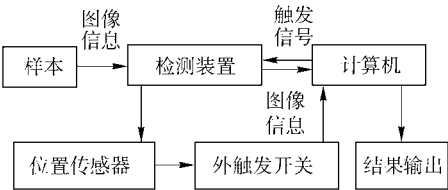


图 1 系统结构框图
Fig.1 Structure of the system

检测系统开始工作时,首先由检测人员将检测装置对准所需要检测的样本,在检测装置摆放到位后,安装在检测装置上的位置传感器就会提示位置正确可以进行检测,此时有检测人员按下外触发开关,计算机接收到触发信号后,触发检测装置开始提取样本的图像信息,然后将图像信息发送至计算机,计算机根据检测装置发回的图像信息进行运算,最终得出样本的大理石花纹等级结果。

1.2 系统功能

系统功能如图 2 所示,主要包括样品信息的实时采集及可视化、样品品质参数的预测、肉品品质的评级、工作模式的选择、分析模型的更新、数据库的管理、结果的查询输出、检测过程的监督以及企业其他要求。

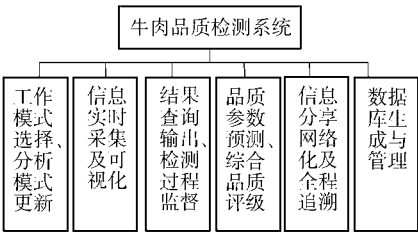


图 2 系统功能组成图
Fig.2 Function of the system

2 检测系统硬件

2.1 硬件构成

硬件系统主要由检测装置、触发控制装置、计算机等组成,如图 3 所示。

手持式检测装置的主体由外壳、相机、镜头、滤

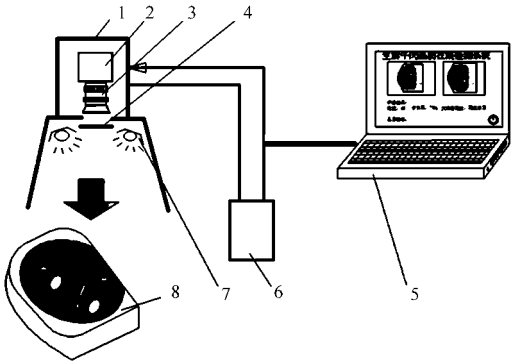


图 3 系统硬件构成示意图

Fig.3 Hardware of the system

1. 检测装置外壳 2. 工业相机 3. 镜头 4. 滤光片
5. 计算机 6. 触发控制装置 7. 光源 8. 样本

光片组成,装置的触发由按钮开关触发,在外壳的底部安装有 4 个位置传感器,用以检测装置是否到位。触发控制装置的核心部件是单片机,用以接收传感器和触发开关的信号,并与计算机通信控制图像信息的采集。系统的工作流程如图 4 所示。

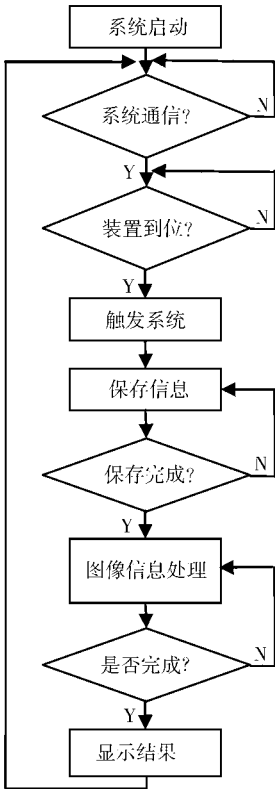


图 4 检测系统工作流程图

Fig.4 Work process of the system

2.2 硬件选择

(1) CCD 工业相机

在选择相机时需要考虑相机感光器件的类型、感光面积、工作方式、位深、分辨率、帧速、数据传输方式等诸多因素,同时还需要针对检测对象和检测指标确定相机的各个参数。

在相机的选型中主要考虑了下列几个因素:

①由于检测对象为牛眼肌部位,面积较小,为了提高检测精度,应当选择分辨率较大的相机。②在检测装置中安放有滤光片,相机的感光元件应当在滤光片的带宽范围内有较强的光学响应特性,由于使用的滤光片中心波长为 530 nm,处于可见光范围,一般的相机在此波长范围都具有较好的光学响应特性。③在选定相机感光器件类型时,考虑到后期图像处理的精度,应选用成像效果较好的 CCD 传感器,并且传感器的尺寸应较大,以保证相机对细小的大理石花纹也能清晰地表现。④在检测装置工作时不需要连续显示图像,对帧速没有特别的要求,因此对传输速率也没有特殊要求,可选择帧速较低的数字相机,通过 USB 接口传输数据,这样就可以省去图像采集卡,并且数字相机可直接得到数字化的图像,给后期的图像处理带来很多便利。⑤由于检测装置中需要使用滤光片,得到的图像会成为单色图像,可选用黑白相机。⑥在图像处理时需要将脂肪与肌肉所对应的像素分离,主要采用阈值法对像素的灰度值进行分割,为了得到更加精确的结果,就需要得到位深尽可能大的图片,因此选择相机位深参数时应尽量选取大位深的相机。

综上所述:应当选择高分辨率、大尺寸 CCD、大位深的黑白数字相机,由于对数据传输速率的要求不高,因此相机的数据接口可以是 USB 接口,以简化系统、降低成本。

(2) 光学镜头

相机的镜头是检测装置的关键部件,镜头性能的好坏直接关系到系统的性能好坏。

选择镜头时首先要考虑镜头与相机接口的匹配,如果接口不匹配,相机和镜头就无法协同工作。其次还需要选择合适的镜头焦距,由于检测装置为手持式装置,其结构就不能过大,否则会给操作人员带来很大的不便,因此应适当的选择广角镜头,这样就可以在可视范围一定的情况下尽量减小检测装置的高度。另外,还需要考虑到镜头与相机 CCD 尺寸的匹配,尤其是选用较大面积的 CCD 时。如果对较大尺寸的 CCD 匹配较小的镜头,就会使 CCD 的使用效率降低,造成相机的功能不能完全发挥;反之,就会使镜头的功能有所浪费,造成不必要的损失。

(3) 滤光片

在定制滤光片时需要注意以下几点:①滤光片的中心波长应当与所建预测模型中使用的波长相吻合,否则就会使系统的检测精度下降。②滤光片的半带宽应当尽量小,半带宽过大会使相机所拍摄的图片受到中心波长以外的其他波段的干扰,对检测结果会产生较大影响。③滤光片对中心波长的透光

度应尽量高,在相机前加装滤光片后,中心波长以外的大部分光线都被过滤,能够进入相机内的仅为中心波长及其附近很窄范围内的光线,相机 CCD 能够接收的光线大大减少,相机需要更长的曝光时间来获取足够亮度的图片,而增加曝光时间则有可能使系统受到更多的外界干扰(如装置的晃动等),致使采集到的图像信息质量下降,因此需要滤光片有较高的中心波长透过率,以提高系统的稳定性和抗干扰能力。

3 检测系统软件

3.1 功能结构

在自行开发的界面内实时控制光谱系统采集样品信息,并自动对采集到的信息进行分析处理,以得到预测结果。主要包括:在 Labwindows/CVI 环境下开发系统的控制界面设计,外部触发控制编程,仪器串口通信,用于数据分析的 Labwindows/CVI 与 Matlab 间的模型调用,以及数据结果维护及数据库的管理,如图 5 所示。



图 5 系统软件示意图
Fig. 5 Schematic diagram of the system

3.2 人机交互界面

人机交互界面主要面向设备操作人员、企业负责人员、用户以及系统研发人员。对于操作人员,主要是方便操作人员与检测系统进行实时互动,了解设备的运行情况,随时查询检测进度,对检测过程中出现的变化实时作出调整,确保设备在正确的条件下使用正确的分析模型得到检测结果;对于企业负责人员,则需满足样品数据查询、结果汇总及数据库生成等功能要求,以便实现质量的追溯要求;对于系统研发人员,主要考虑的是对系统的实时更新,如对模型的校正、系统硬件的校正等。软件系统界面如图 6 所示。

4 检测试验

按照行业标准 NY/T676—2010 中的规定,在北京御香苑畜牧有限公司分割车间,由专业牛肉分级员,对照标准牛肉大理石花纹分级板,选取鲁西黄牛 12~13 胸肋间眼肌切面处,大理石花纹 7 个等级:1 级、1.5 级、2 级、2.5 级、3 级、3.5 级和 4 级的牛肉样品各 3~6 块,每头牛选取一个样品。检测系统的检测结果如表 1 所示。

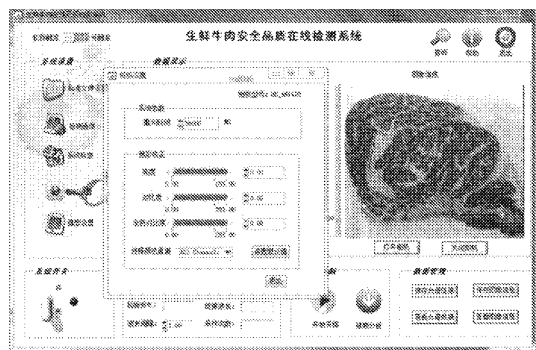


图 6 系统主界面

Fig. 6 User interface of the system

表 1 试验采集样品及结果
Tab.1 Beef sample and result

等级	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
数量	5	9	11	11	14	10	8
检测正确率/%	100	88.8	100	90.9	93	90	87.5

结果表明,本检测系统能够较好地根据牛肉大理石花纹特征参数对牛肉进行评级。试验中各等级样品较少,系统的检测模型还需要大量的样品来增加其检测精度和可靠性。

5 结束语

在前期研究的基础上开发出手持式牛肉大理石花纹检测系统,阐述了检测系统的工作原理、硬件构成以及检测软件系统的构建。该检测系统利用 CCD 工业相机透过中心波长为 530 nm 的窄带滤光片提取样本的图像数据,而后通过软件处理得到样本的大理石花纹等级。试验表明,该系统对大理石花纹的检测精度可以达到实验室前期研究中所建模型的精度,可以用于牛肉大理石花纹检测生产实践中。

参 考 文 献

1 NY/T676—2010 牛肉质量分级标准[S]. 2003.
NY/T676—2010 Beef quality grading[S]. 2003. (in Chinese)

2 McDonald, T, Chen Y R. A geometric model of marbling in beef longissimus dorsi[J]. Transactions of the ASAE, 1992, 35(3): 1 057 ~ 1 062.

3 Gerrard D E, Gao X, Tan J. Beef marbling and colour score determination by image processing[J]. Journal of Food Science, 1996, 61(1): 145 ~ 148.

4 江建龙. 基于计算机视觉和神经网络的牛肉大理石花纹自动分级技术的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2003.
Jiang Jianlong. Study on the automatic grading for beef marbling based on computer vision and neural network[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2003. (in Chinese)

5 汤晓艳, 徐幸莲, 钱永忠. 中国牛肉大理石花纹等级图谱的改进研究[J]. 中国农业科学, 2006, 39(10): 2 101 ~ 2 106.
Tang Xiaoyan, Xu Xinglian, Qian Yongzhong. Improvement of marbling grading system for Chinese beef[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2006, 39(10): 2 101 ~ 2 106. (in Chinese)

6 Chen K, Qin C. Segmentation of beef marbling based on vision threshold [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2008, 62(2): 223 ~ 230.

7 仇金宏, 沈明霞, 彭增起, 等. 基于改进型 FCM 算法的牛肉大理石花纹提取方法[J]. 农业机械学报, 2010, 41(8): 184 ~ 188.
Qiu Jinhong, Shen Mingxia, Peng Zengqi, et al. Beef marbling extraction based on modified fuzzy C-means clustering algorithm[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(8): 184 ~ 188. (in Chinese)

8 陈坤杰, 吴贵茹, 於海明, 等. 基于分形维和图像特征的牛肉大理石花纹等级判定模型[J]. 农业机械学报, 2012, 43(5): 147 ~ 151.
Chen Kunjie, Wu Guiru, Yu Haiming, et al. Prediction model of beef marbling grades based on fractal dimension and image features[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(5): 147 ~ 151. (in Chinese)

9 高晓东, 吴建虎, 彭彦昆, 等. 基于高光谱成像技术的牛肉大理石花纹的评估[J]. 农产品加工·学刊, 2009(10): 33 ~ 37.
Gao Xiaodong, Wu Jianhu, Peng Yankun, et al. Analysis of beef-marbling grade using hyperspectral imaging technology[J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2009(10): 33 ~ 37. (in Chinese)

10 高晓东. 基于高光谱成像技术的牛肉大理石花纹的评估[D]. 北京: 中国农业大学, 2009.
Gao Xiaodong. Analysis of beef-marbling grade using hyperspectral imaging technology[D]. Beijing: China Agricultural University, 2009. (in Chinese)

11 陈兵旗, 孙明. 实用数字图像处理与分析[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2005.

12 陈坤杰, 秦春芳, 姬长英. 牛胴体眼肌切面图像的分割方法[J]. 农业机械学报, 2006, 37(6): 155 ~ 158.
Chen Kunjie, Qin Chunfang, Ji Changying. Segmentation methods used in rib-eye image of beef carcass[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(6): 155 ~ 158. (in Chinese)