

猪肉瘦肉率和背膘厚度在线检测系统的研究

赵松玮, 彭彦昆*, 王伟, 张海云, 宋育霖, 赵娟

(中国农业大学工学院, 北京 100083)

摘要: **目的** 建立猪肉瘦肉率和背膘厚度在线检测系统。**方法** 利用图像处理技术设计屠宰线上猪胴体无损等级评定系统, 实现对猪肉品质的在线分级。**结果** 针对猪肉的瘦肉率检测提出了一种依据直方图的检测方法, 针对猪肉胴体背膘厚度肋骨位置的检测提出了三种确定方法: 按照比例来确定, 按照轮廓拐点来确定, 直接数取肋骨的数量来确定。**结论** 本研究设计的猪胴体无损等级评定系统对于实时检测评估猪肉品质具有很大的潜力。

关键词: 在线检测系统; 图像处理; 瘦肉率; 背膘厚度

On-line system for prediction of lean meat percentage and backfat thickness of pig carcass

ZHAO Song-Wei, PENG Yan-Kun*, WANG Wei, ZHANG Hai-Yun SONG Yu-Lin, ZHAO Juan

(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

ABSTRACT: Objective To establish an on-line system for prediction of lean meat percentage and backfat thickness of pig carcass. **Methods** A non-destructive pork grade assessing system using in the slaughter line was designed based on the image processing technique. **Results** A creative detection method was proposed for lean meat percentage detection based on histogram. And three methods were proposed for pork carcass backfat thickness detection to determine location of sixth and seventh ribs: according to the proportion, according to the outline inflection point, and direct accessing the number of ribs. **Conclusion** The established pig carcass rating system has a great potential for real-time detection and evaluation pork quality.

KEY WORDS: on-line prediction system; image processing; lean meat percentage; backfat thickness of pork

1 引言

随着人们生活水平的不断提高, 农产品品质问题受到越来越多的关注。由农产品品质所导致的农产品安全事故越来越多, 因此, 农产品品质的快速检测成为当前急需解决的问题之一。农产品无损检测是在不破坏被检测农产品的情况下, 应用一定的检测技术和分析方法对农产品的内在品质和外在品质加以测定, 并按一定的标准对其做出评价的过程。农产品的外形、缺陷、颜色、成分等品质, 用传统的检测方

法难以实现无损、在线检测。因此研究快速、高效、精确的农产品品质检测技术, 具有十分重要的现实意义。

猪肉一直是我国重要的农产品, 猪肉在国内消费者肉类产品消费中一直占据着主导地位, 是我国居民日常生活不可或缺的副产品。猪肉品质的好坏, 直接影响到人们的生活质量和健康安全, 同时也影响着整个肉品行业的发展^[1]。因此, 我国急需建立规范统一的猪肉品质评价体系, 对于肉类产品实行按

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201003008)

*通讯作者: 彭彦昆, 教授, 博士生导师, 主要研究方向: 农畜产品品质安全无损检测关键技术与装备。Email: ypeng@cau.edu.cn.

质定价,满足人民吃到放心安全猪肉的需求,同时提高我国肉类产品在国际贸易中的竞争力。

猪肉的等级是影响生猪养殖者和屠宰加工企业经济效益的重要因素,评定猪肉等级的两个重要指标是瘦肉率和背膘厚度。瘦肉率的评定方法是利用瘦肉率测定仪采用一点测量倒数第三、第四肋骨间,根据测量肥膘和瘦肉的厚度来计算瘦肉率。背膘厚度的测量是直接利用直尺测量背膘厚度。传统的评定方法主要是目测或者借助测量工具进行检测^[2],主观因素大,在和肉质接触的过程容易产生污染,而且检测速度慢,难以实现在线的检测。

近年来,国内外许多学者利用图像处理技术展开对猪胴体等级评定的研究工作,而众多外国公司的研究已经直接应用于生产线,由于猪种及其各国猪肉等级评定标准的差异,这些等级评定系统很难在国内直接应用。有的等级评定系统虽然能够不断扩充猪种及评价标准,然而这些系统价格昂贵,每套系统近百万元人民币,国内只有极少大型有实力的猪肉屠宰场才能购买。因此,本课题主要研究自动化程度高的快速无损伤猪肉等级检测技术,自主建立一套基于图像处理技术的屠宰线上猪胴体无损等级评定系统,实现对猪肉品质的分级,以提高生产率,满足屠宰线快速生产要求。

2 材料和方法

2.1 材料的获取

新鲜猪肉(大红门)购买于北京市当地超市,放置于有冰块的储运箱中,运送到实验室后,进行简单处理,即将表面切平,以方便图像照片的采集^[3]。将处理好的猪肉放置于背景均匀的托板上或者挂置于背景均匀的背景板前,使被拍摄的猪肉表面与相机镜头正对,进行实验图像的获取。

2.2 猪肉在线检测系统设计

猪肉生产主要在屠宰线上进行,因此在线检测主要针对猪肉二分体进行图像获取。本研究主要采用图像处理的方法检测背膘厚(猪肉胴体第6和第7根肋骨处的背膘厚)和瘦肉率^[1],具体方案实现及指标检测过程为:当猪肉二分体在生产线上运动时,悬挂猪肉二分体的挂钩通过光电开关(E18-8MNK,北京华宇展业科技有限公司),光电开关此时产生一个脉冲信号,计算机接收到这个电信号,即控制第一照相

机开始拍照,蓝色背景板绕轴转动一个微小角度将猪肉二分体托起,使猪肉二分体在运动过程中有一个停滞的状态,以方便第一相机拍照,其中蓝色背景板放在生产线的后侧面,首先对猪肉整体部分进行拍照,实验中选取的背景板颜色为蓝色,这样有利于进行下一步图像的处理,根据第一照相机(MV-VD120SM,北京维视数字图像技术有限公司)拍摄的图像,用来寻找二分体上具体测量位置(猪肉胴体第6和第7根肋骨处的背膘厚),根据第一相机的拍照结果,由计算机和控制器控制平移台的动作,指挥第二相机移到特定位置进行拍照测定背膘厚。

图1是猪肉在线检测系统的方案图,其中第一照相机放在固定位置,对整个猪肉二分体图像进行拍照;第二照相机放在三维的平移台上,三维的平移台由控制器进行控制,进而移动第二照相机到猪肉二分体特定部位进行拍照;光电开关直接接到单片机上,由单片机进行信号的处理送达到计算机显示和控制^[4]。

2.3 数字图像的获取和处理

对新鲜肉表面经过处理的平整一面进行图像获取,镜头与样品的距离不需要保证固定,只需要保证镜头和样品表面正对。光源为普通自然光,CCD相机型号为维视数字图像公司的MV-VD120SC,相机的分辨率为1280*960。

利用Microsoft Visual C++6.0,在通用图像处理平台DIPA(北京现代富博科技有限公司)进行编程开发,进行图像处理。对灰度图像运用中值滤波方法进行预处理,根据灰度图像求出图像的灰度直方图,并运用阈值分割方法,从图像中去除背景,分离肥肉和瘦肉^[5,6]。

3 结果和讨论

3.1 利用图像处理技术计算猪肉块的瘦肉率

3.1.1 计算的过程

利用所搭建的图像采集系统获取猪肉的原始图像,如图2a所示,获取的图像背景基本为黑色,和肉体部分之间区别比较明显,其中肉块中白色部分表示猪肉的肥膘部分,灰色部分表示猪肉的瘦肉部分。

对原始图像去除图像的噪声,采用常用的中值滤波手段,即3*3领域内的9个像素取中间灰度值的

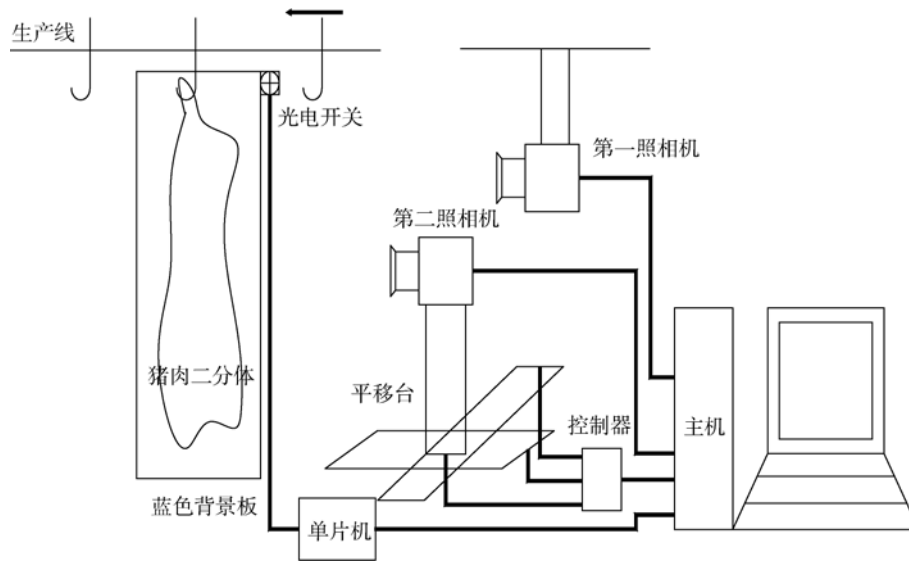


图 1 猪肉在线检测系统的方案图

Fig. 1 Program figure of pig carcass on-line detection system

像素。中值滤波之后的图像, 如图 2b 所示, 大体上比原来图像模糊, 但是这种模糊并不影响实验测量的结果, 并求出其灰度直方图, 如图 3a 所示。

对去除噪声之后的图像进行区域分割, 以分离背景和肉块部分, 如图 2c 所示。阈值分割采用的是实验和直方图相结合的方法将图像的区域进行分割。利用灰度直方图来确定阈值, 阈值一般选择在两个峰值之间的低谷区域, 根据阈值选择原则, 求出去除噪声之后图像的灰度直方图, 并经过多次实验, 最终确定把肉块和背景分离开来的阈值为 60, 并求出阈值分割后图像的灰度直方图, 如图 3b 所示。

对去除噪声之后的图像进行区域分割, 以分离猪肉中的肥膘部分, 如图 2d 所示。采用的处理方法是双阈值二值化处理, 经过多次实验, 最终确定的双阈值是 60 和 150, 双阈值二值化处理后的图像效果最佳, 瘦肉区域和原始图像瘦肉区域最为吻合, 进而求出阈值分割后图像的灰度直方图^[7], 如图 3c 所示。

3.1.2 试验分析及结果

单阈值处理后的图像中白色部分表示肉块部分, 黑色部分表示背景部分, 求出这个二值图像的灰度直方图, 就能够得到白色部分所占图像区域的比例和黑色部分所占图像区域的比例, 白色部分和黑色部分面积之和即为图像区域面积。灰度直方图反映的是每个灰度级别的像素在画面中的个数, 也就是每个灰度级别的频度^[3]。通过对单阈值处理后的灰度直

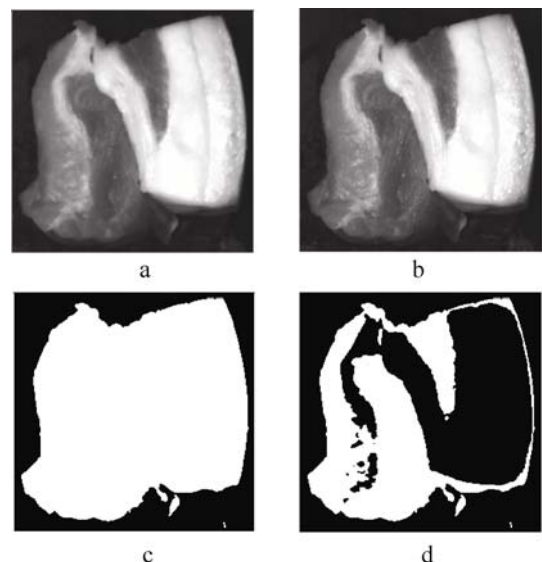


图 2 图像处理过程所获取的图像

Fig. 2 The obtained image after image processing

方图(图 3b)进行分析和观察, 得到灰度级别 255(白色区域)即整个肉块区域占整个图像的比例是 69%。双阈值处理后的图像中白色部分表示瘦肉部分, 黑色部分表示肥肉部分和背景部分, 根据这个二值图像的灰度直方图, 就能够得到灰度级别 255(白色区域)所占图像区域的比例, 即瘦肉部分所占整个图像的比例, 通过双阈值二值化处理后的图像的灰度直方图(图 3c), 得出瘦肉部分占整个图像的比例是 34%。综合以上两个灰度直方图的结果, 整个肉块区域占整

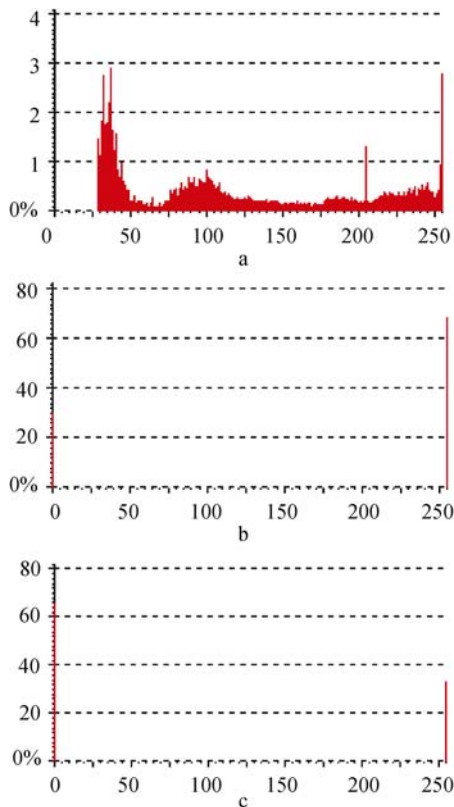


图3 图像处理过程中获取图像的灰度直方图(横轴表示灰度级别,纵轴表示此灰度级别所占比例,a图是灰度图像,b和c图是黑白图像,只有灰度级别0和255)

Fig. 3 The image histogram after image processing (The horizontal axis represents gray level, the vertical axis represents the proportion of this gray level, figure a is gray-scale image, figure b and c is black and white image)

个图像的比例是69%,瘦肉部分占整个图像的比例是34%,因此瘦肉部分占整个肉块区域的比例为49.3%。

3.2 对用图像处理技术计算猪肉胴体背膘厚检测方法的探讨

通过对相关国家标准和行业标准的调研,发现测量猪肉胴体的背膘厚一般是猪肉二分体六七根肋骨处背中线皮下脂肪的厚度,其中猪皮的厚度一般被看作猪肉背膘厚度的一部分。在图像处理中,求取图像中两点的距离是很方便的,只要求取图像中两个像素点之间的距离。欲从二分体图像中提取六七根肋骨处的背膘厚,关键问题就是需要在图像中找出六七根肋骨处的点的位置。本研究结合以往的研究和猪胴体的特性,提出了三种确定六七根肋骨位置的方法,分别是按照比例来确定、按照轮廓拐点来确定、直接

数取肋骨的数量来确定。

3.2.1 按照比例来确定

已有研究发现,六七肋骨处点的位置与胴体总长存在一个确定的关系,如图4所示,也就是图像中肋长与胴体总长的比值接近一个常数,其中肋长定义为图像中胴体最高点到六七肋处点的距离,胴体总长定义为图像中胴体最高点到胴体最低点的长度。通过扫描胴体的正面图像,就可以知道胴体最高点和最低点的坐标,两点纵坐标之差即为图像中胴体总长,利用肋长与胴体总长的比例常数就可以得出肋长,从而可以找到胴体六七根肋骨处的位置,即六七肋处点的纵坐标等于胴体最高点的纵坐标减去肋长^[8]。

3.2.2 按照轮廓拐点来确定

根据猪胴体的体型特点,六七肋骨处猪胴体上半部分轮廓最为突出,如图5所示,可以把最为突出的地方当作猪体形的拐点,利用这个拐点就可以知道六七肋骨处点的位置,此处所说的拐点即为极大值点,过此点作猪肉胴体背中线的垂直线,即为六七肋处的参考线,该直线与背膘部分边缘的两个交点之间的距离即为六七肋处的背膘厚,关于此拐点的求取可以根据曲线的斜率方程得出。

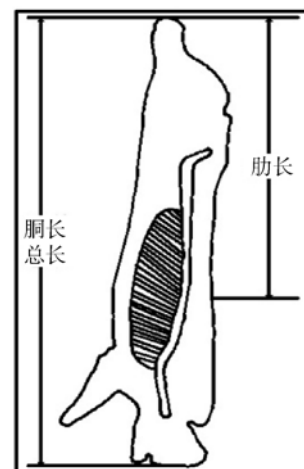


图4 肋长与胴体总长的关系

Fig. 4 The relationship between the length of rib and the total length of pig carcass

3.2.3 直接数取肋骨的数量来确定

要知道猪肉二分体六七肋骨处点的位置,可以直接数取肋骨的数量,但由于在图像处理中,各个肋骨的形状、大小很不相同,想要运用图像处理技术数出肋骨的数量难度很大。本研究提出了一种初步想法,并进行初步探讨。

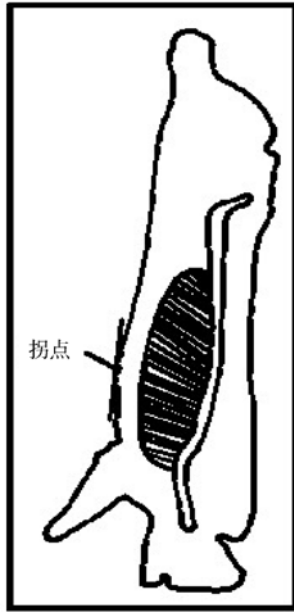


图 5 猪肉胴体的拐点

Fig. 5 The outline inflection point of pig carcass

如图 6 所示是猪肉胴体的一很小部分的原始图像, 图中小片的白色区域表示表示猪肉的胸椎骨, 猪肉的胸椎骨和肋骨是左右对应的关系, 第一胸椎对应于第一肋骨, 一般来说胸椎骨比较短, 肋骨比较长^[9]。

为了进一步阐述测量的方法, 经过对原始图像的理想化处理, 结果如图 7 所示。图中白色的横道表示胸椎骨部分, 从上到下骨头数量的确定是: 通过从下到上黑白间距的扫描确定最小宽度, 依据这个最小宽度, 从上到下沿着通过骨头的线开始进行扫描, 通过程序设置一个累加器, 累加器清零, 当遇到黑变白, 即灰度由 0 变为 255 时, 继续进行扫描, 当遇到白变黑, 即灰度由 255 变为 0 时, 测量这两点之间的距离, 当这个距离大于最小宽度时, 累加器加 1, 这样当累加器加到 6、7 时, 此时累加器记录的就是第六七肋骨, 扫描线所在的位置就是第六七根肋骨的位置。

4 结 论

本研究建立了一种猪肉在线检测的硬件系统, 并且基于图像处理的方法对检测方法进行了探究。运用图像处理技术对猪肉的瘦肉率和背膘厚度的测量方法进行了研究, 针对猪肉的瘦肉率的检测创造性的提出了一种依据直方图的检测方法, 针对猪肉胴体背膘厚的六七肋骨位置检测提出了三种确定方法,

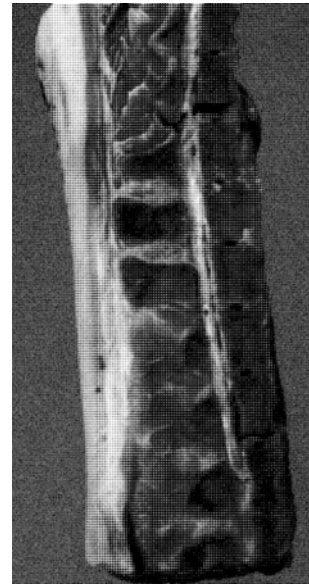


图 6 部分猪肉胴体的原始图像

Fig. 6 The original image of part of the pork carcass

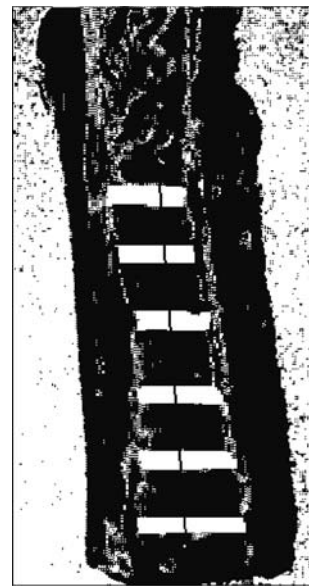


图 7 理想化的二值图像

Fig. 7 Idealized binary image

其中按照比例来确定编程比较简单, 易于实现, 但是确定和直接数取肋骨的数量来确定的方法, 图像处理编程比较复杂, 但是检测准确。

参考文献

[1] 彭彦昆, 张雷蕾. 光谱技术在生鲜肉品质安全快速检测的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2010, 1(4): 62-72 .
 [2] 郑友民, 汤晓艳, 周光宏, 等. NY/T1759-2009, 猪肉等级规格[S]. 2009.

- [3] 陶斐斐, 王伟, 李永玉, 等. 冷却猪肉表面菌落总数的快速无损检测方法研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2010, (12): 3405-3409.
- [4] 孙京新, 罗欣, 汤晓艳, 等. 数字图像和逐步回归客观评定冷却猪肉肉色[J]. 农业工程学报, 2008, (9): 170-174.
- [5] 赵晓霞, 张铁中, 陈兵旗, 等. 自然环境下桃子图像分割算法[J]. 农机化研究, 2009, (2): 107-111.
- [6] 张立峰, 张季川, 张京茂, 等. GB/T17236-2008, 生猪屠宰操作规程[S]. 2008.
- [7] 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, 清华大学出版社, 2008.
- [8] 郑丽敏, 于铂, 唐毅, 等. 利用图像处理技术自动获取猪胴体参数[J]. 计算机应用研究, 2007, (1): 203-206.
- [9] 孔保华, 马丽珍. 肉品科学与技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2004.

(责任编辑: 张宏梁)

作者简介



赵松玮, 硕士, 研究方向: 农畜产品无损检测。

E-mail: zhaosongwei56@gmail.com



彭彦昆, 教授, 主要研究方向: 农畜产品品质安全无损检测技术与装备。

E-mail: ypeng@cau.edu.cn