

基于数学形态学的牛肉图像中背长肌分割 和大理石纹提取技术研究

赵杰文, 刘木华, 张海东
(1. 江苏大学生物与环境工程学院, 镇江 212013)

摘 要: 牛肉图像中背长肌区域的分割和大理石纹提取是利用计算机视觉评定牛肉胴体等级的重要步骤。研究了利用数学形态学的方法来分割牛肉眼肌切面图像中背长肌区域并将大理石纹提取出来的技术。眼肌切面图像经过去除背景并进行肌肉和脂肪像素识别等预处理后, 再用形态学腐蚀与膨胀相结合获得背长肌区域图像, 通过图像逻辑运算提取大理石纹。结果表明, 这种方法能有效地把背长肌区域与其周围肌肉组织分离开来并提取大理石纹。

关键词: 牛肉; 图像分割; 数学形态学; 背长肌; 大理石纹
中图分类号: TP242 62; TS251. 52 **文献标识码:** A

文章编号: 1002-6819(2004)01-0143-03

0 引 言

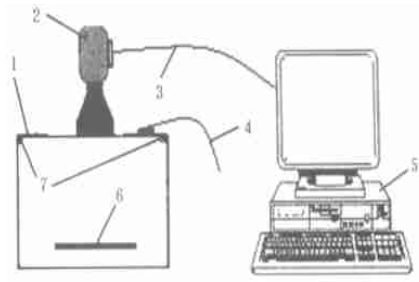
牛肉胴体等级分为产量级和质量级两个方面。牛肉第 12~ 13 肋骨间的眼肌切面中背长肌的特征(面积、大理石纹和颜色等)是确定产量级和质量级的重要指标。目前, 要靠人工用眼判别背长肌特征来评定牛肉胴体等级。图像处理技术的发展为用计算机视觉代替人工判别提供了可能性。为了提取出用于评定牛肉等级的大理石纹, 有必要把牛肉图像中的背长肌区域提取出来。为此, 国外一些研究者对此进行了研究。1990 年, McDonald 和 Chen^[1, 2]最先探讨了基于图像处理的牛肉等级评定技术, 他们应用数学形态学的方法研究了眼肌切面图像中背长肌区域的分割技术。McDonald 和 Chen 提出的方法中, 结构元素和一些操作系数的选取比较复杂。1996 年, Gerrard 等人^[3]采用快速结构标记算法来确定背长肌肉的结构特征, 然后以此结构作为数学形态操作的结构元素来去除图像中的非背长肌区域, 他们所用的结构元素标记是至为关键且比较复杂的。在国内, 由于牛肉等级标准刚刚制定, 计算机视觉在牛肉等级评定中的应用还处初步研究阶段。任发政^[19]、孙永海^[11]、屠康^[12]等进行了初步研究, 他们在图像处理时并不提取出牛肉眼肌切面中背长肌的区域, 而是人工选取图像中的部分区域提取牛肉大理石纹, 该方法对牛肉大理石纹等级评定的准确性和实际应用等方面都有不足之处。

本文设计了一种更简单且效果很好的背长肌形态学分割方法—基于使用动态圆结构元素寻找图像最大区域的算法。

1 试验材料与装置

本研究的牛肉试验材料均来自江苏澳士达牧业发展有限公司。样本采集在牛被宰杀、胴体冷却后进行, 取

样部位为牛胴体第 12~ 13 胸肋间的眼肌切面。取出的眼肌切面手工去除表面上遗留、由电锯齿原因而沾附的杂物。图 1 是本研究所用的牛肉图像获取试验系统。光源箱 1 内相对放置两盏卤素灯(每盏功率为 150 W), 牛肉放在可调节高度的黑色平板 6 上面, 摄像头 2 采集的图像由数据采集线 3 传递给计算机 5。



1. 光源箱 2. CCD 摄像头 3. 图像数据传输线 4. 电源线
5. 计算机及图像采集卡 6. 黑色平板 7. 卤钨灯

图 1 计算机图像采集装置

Fig 1 Computer vision system

2 图像处理方法与结果

用上述试验装置采集的其中一幅牛肉图像如图 2a 所示。图像为 RGB 真彩色, 大小为 512 × 476, 存储格式为 BMP。图 2 中 1 为背景(黑色)颜色, 2 为牛肉脂肪, 3 为背长肌, 4 为周围肌肉组织。

根据牛肉 RGB 图像 R 分量的灰度直方图, 利用最大方差自动取阈值法(OSTU)把黑色背景从整块牛肉图像中去除, 然后把完成背景去除处理后的图像变成灰度图像, 用模糊 C 均值聚类算法(FCM)分割出牛肉脂肪(用白色像素点表示)和肌肉(用黑色像素点表示)区域^[5]。图 2a 经上述预处理后如图 2b 所示。

图 2b 中 5 是周围肌肉组织与背长肌之间的“细线”连接, 6 是周围肌肉组织与背长肌之间的“桥式”连接。“细线”连接与“桥式”连接是相比较而言的, 所谓“细线”, 其宽度只有几个黑色像素的尺寸, 而“桥”的宽度尺寸相对较大。本文中, 把“细线”连接像素作为噪声处理, 采用数学形态滤波(用固定结构元素腐蚀一次)消除。未

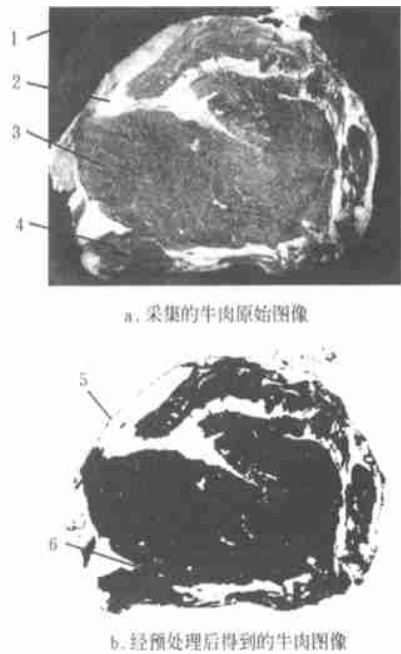
收稿日期: 2003-07-11

基金项目: 国家高技术“863”计划资助项目(2002AA 248051)

作者简介: 赵杰文, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为农畜产品物料特性及无损检测技术。镇江 江苏大学生物与环境工程学院食品科学与工程系, 212013



被数学形态滤波消除的周围肌肉组织与背长肌之间的连接, 均视为“桥式”连接, 进一步用数学形态学中的变结构元素腐蚀方法消除。



1. 黑色背景 2. 脂肪 3. 背长肌 4. 周围肌肉组织 5. 周围肌肉组织与背长肌之间的“细线”连接 6. 周围肌肉组织与背长肌间的“桥式”连接

图 2 牛肉眼肌切面的组成

Fig 2 Components of beef ribeye

2 1 图像的数学形态滤波与空洞填充处理

形态滤波所用的结构元素是半径为 2 的圆结构, 进行一次腐蚀操作即可消除周围肌肉组织与背长肌之间的“细线”连接。圆结构元素如图 3 所示。

完成腐蚀操作后, 再对图像进行空洞填充。采用 8 邻域方式将黑色像素包围的白色像素置为黑色。图 2b 经腐蚀和填充后的结果如图 4。

0	0	1	0	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	1
0	1	1	1	0
0	0	1	0	0

图 3 形态滤波的圆结构元素

Fig 3 Disc structure element of morphological filter



图 4 腐蚀和填充后的结果

Fig 4 Image after erosion and filling

2 2 背长肌区域的分割操作

尽管牛肉眼肌切面中的背长肌的形状是不规则, 大小差异很大, 但通过分析能总结出它的一些结构特征: 背长肌在所有结构中是面积最大的, 其结构大体类似于椭圆形; 而非背长肌组织都是周长、面积较小且与背长肌分离或“桥式”连接。进一步采用数学形态学中的腐蚀操作就可以把这些“桥”腐蚀掉, 如果用一个不断扩大的“圆”则不但可以腐蚀了“桥”, 还会把非背长肌组织按面积由小到大的顺序逐个消除, 背长肌将是最后一个被腐蚀完的组织。因此, 当进行到整副牛肉图像中只剩一个区域(再进行一步操作后仍然是一个区域或区域消失), 此时的圆结构元素即为能寻找到图像中最大区域的最小圆。用此圆结构元素来膨胀腐蚀后的区域就能得到背长肌区域。背长肌区域分割操作算法具体步骤如下:

设 X 为经预处理后的牛肉图像, D 为半径为 2 的圆结构元素, 如图 3 所示。构造以下循环操作

$$X_i = X \ominus iD \quad (i = 1, 2, 3, 4, 5, \dots)$$

式中 \ominus ——腐蚀操作; i ——整数(表示操作次数); iD ——一个不断扩大的圆结构元素; X_i ——原始图像经 i 次扩大的圆结构元素腐蚀后的图像集合。

判定每次腐蚀操作后图像中的区域数目。区域的判断是以 8 邻域方式搜索图像中的黑色像素, 如果像素是以 8 邻域的方式连接在一起则认为是同一区域的像素。整个图像搜索完后则可计算出区域数目。当图像只有一个区域时, 步骤 停止循环, 此时循环数 i 为记为 $END I$, 图像记为 $Y_{END I}$, 圆结构元素的半径记为 $A = iD$ 。

进行膨胀操作。用结构元素 A 膨胀 $Y_{END I}$ 后可得到背长肌的区域图像 Y_{LD} , 如图 5a。 \oplus 表示膨胀操作。

$$Y_{LD} = Y_{END I} \oplus A$$

2 3 背长肌中的大理石纹提取

经过上述分割步骤后, 可以进一步提取牛肉背长肌中的大理石纹。所谓大理石纹就是背长肌中的脂肪。用形态操作得到的图像 Y_{LD} 与预处理后的牛肉图像 X 进行操作可得到包含有大理石纹信息的背长肌图像 X_{LD} , 如图 5b。

$$X_{LD} = Y_{LD} \mid X$$

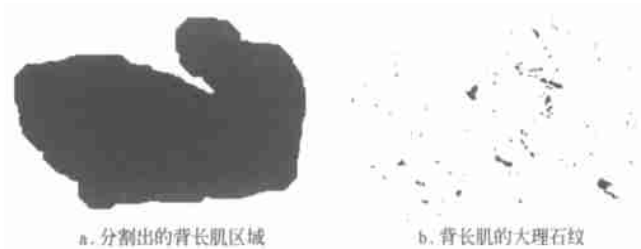


图 5 背长肌区域及其大理石

Fig 5 Region of longissimus dorsi and marbling

我国牛肉胴体等级中, 大理石纹分成 5 级, 用本文提出的算法对胴体等级的标准图像进行处理, 可提取不

同级别的标准大理石纹信息。图 6 是胴体等级标准中大理石纹为 1 级的牛肉图像, 图 7 为提取出的大理石纹信息。

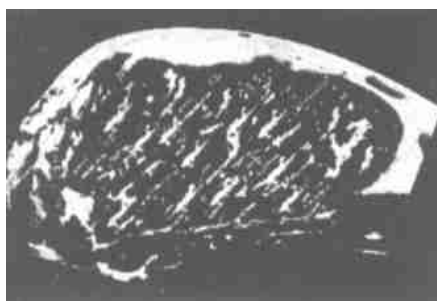


图 6 大理石纹为 1 级的标准牛肉图像

Fig 6 Image which marbling is grade 1



图 7 提取的大理石纹

Fig 7 Extracted marbling in Fig 6

3 结论与建议

通过分析牛肉眼肌切面中各对象的特点, 本文提出了基于寻找图像中最大区域的数学形态学算法来分割图像中面积最大对象的方法, 该方法能很好地分割出牛肉图像中的背长肌区域, 可进一步提取出用于评定牛肉的大理石纹。

本文试验的对象是在屠宰厂经过手工去除眼肌切面表面上遗留、由电锯齿原因而沾附杂物后的牛肉。经

过对江苏澳士达牧业发展有限公司牛肉生产线的考察来看, 这种沾附杂物的情况是很普遍的。因此, 研究如何从生产工艺上改进或从图像处理角度来消除这中情况是非常重要的, 也是笔者下一步要研究的问题。

[参 考 文 献]

- [1] McDonald T P, Chen Y R. Separating connected muscle tissue in images of beef carcass ribeyes[J]. Trans of the A S A E, 1990, 33(6): 2059- 2065.
- [2] McDonald T P, Chen Y R. Visual characterization of marbling in beef ribeyes and its relationship to taste parameters[J]. Trans of the A S A E, 1991, 34(6): 2499.
- [3] Gerrard D E, Gao X, Tan J. Beef marbling and color score determination by image processing[J]. Journal of Food Science, 1996, 61(1): 145- 148.
- [3] 方如明, 蔡健荣, 许 俐. 计算机图像处理技术及其在农业工程中的应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
- [4] 陈武凡. 小波分析及其在图像处理中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [5] Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle. 图像处理、分析与机器视觉(第 2 版)[J]. 北京: 人民邮电出版社, 2002.
- [6] 郎 锐. 数字图像处理学 Visual C++ 实现[M]. 北京: 北京希望电子出版社, 2003.
- [7] 何 斌, 马天予, 王运坚, 等. Visual C++ 数字图像处理(第 2 版)[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2002.
- [8] 周光宏. 肉品学[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999.
- [9] 南京农业大学肉类研究室研制. 牛肉等级标准[S]. 2002.
- [10] 任发政. 应用 MATLAB 图像处理技术评判牛肉大理石花纹[J]. 肉类研究, 2002, (4): 14- 15.
- [11] 孙永海, 鲜于剑川, 石 晶. 基于计算机视觉的冷却牛肉嫩度分析方法[J]. 农业机械学报, 2003(5): 102- 105.
- [12] 屠 康, 王富昶. 计算机视觉在牛肉大理石花纹分级中的应用研究[J]. 粮油加工与食品机械, 2003(10): 43- 45.
- [12] 刘木华, 赵杰文. 基于模糊 C 均值聚类的牛肉图像中脂肪与肌肉区域分割技术[J]. 农业工程学报, 2004, 20(2) (已录用).

Segmentation of longissimus dorsi and marbling in ribeye imaging based on mathematical morphology

Zhao Jiewen, Liu Muhua, Zhang Haidong

(1. School of Biological and Environmental Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang, Jiangsu 212013, China)

Abstract: Longissimus dorsi is the object of inspection for beef carcass grading based on computer vision, and marbling is a major index. Because locating the longissimus dorsi is an important requirement of a computer grading system, it is necessary to segment longissimus dorsi from ribeye imaging. The paper introduced a method to segment the area of longissimus dorsi and extract marbling from ribeye imaging based on mathematic morphology. Pretreatment of ribeye imaging was obtained after removing the background color and separating fat pixel from muscle pixel, and the morphology filter was used to separate all objects clearly. After then the area of longissimus dorsi was obtained by repeated using the operation of dilation and erosion. The marbling was extracted by using logic operation.

Key words: beef; image segmentation; mathematical morphology; longissimus dorsi; marbling