

钱蓉, 李小金, 董伟, 等. 基于 RGB 颜色空间的猪肉大理石纹分割[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(20): 200–203.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.20.046

基于 RGB 颜色空间的猪肉大理石纹分割

钱蓉^{1,3}, 李小金^{1,2}, 董伟³, 王重龙^{1,2}

(1. 猪分子数量遗传学安徽省农业科学院重点实验室, 安徽合肥 230031; 2. 安徽省农业科学院畜牧兽医研究所, 安徽合肥 230031;
3. 安徽省农业科学院农业经济与信息研究所, 安徽合肥 230031)

摘要:自然光或白炽灯照射下的猪肉图像会因反光作用导致亮斑噪声, 且猪肉大理石纹纹理具有细小、分布较散等特点, 不利于大理石纹识别。针对上述问题, 通过对比多种光源条件, 找到最佳拍摄环境, 避免图像出现亮斑噪声。提取猪背最长肌横截面图的 RGB 颜色空间的 R、G、B 3 个颜色分量图, 分别用阈值分割法、模糊 C 均值聚类分割算法 (FCM) 和基于高斯核的模糊 C 均值聚类分割算法 (KFCM), 对 R、G、B 分量图进行分割试验, 通过图像处理技术自动识别出猪肉大理石纹, 研究结果表明 KFCM 算法在 R 分量图上的分割结果最优。

关键词:RGB; 猪肉; 大理石纹; 图像分割

中图分类号: S828 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)20-0200-03

猪肉的嫩度和口感 2 个方面因素会直接影响猪肉产品的销售, 备受消费者及生猪养殖户关注。据李庆岗等研究表明, 肌肉脂肪中的磷脂是影响肉品挥发性风味成分的重要前体物, 且肌肉脂肪的含量与肉的嫩度呈正相关, 肌肉脂肪越多, 经烹调后嫩度就越好^[1]。随着肌肉脂肪含量的增加, 嫩度也相应改善。检测猪肉肌肉脂肪含量的常规方法通常是化学萃取法^[2], 此方法具有耗时长、投入经济成本大等弊端。谭林等研究发现, 猪肉肌肉脂肪含量与大理石纹评分等级呈正比^[3]。由此可知, 将机器视觉技术引入到猪肉肌肉脂肪测定中, 通过图像分析识别技术自动提取猪肉大理石纹, 从而实现直接预测猪肉肌肉脂肪含量, 能切实做到无损检测, 且有效缩短试验进程。

图像处理和识别技术被广泛应用, 并已渗透到农业领域等方面, 相关研究成果被应用到果实采摘、作物病虫害识别和畜产品评定及质量监督等方面^[4]。国内外在 20 世纪 80 年代末开始把图像处理和识别技术应用到畜产品质量监督和自动评定方面。早在 1991 年, McDonald 等已开始将计算机视觉技术引入到牛肉分级标准的量化研究上, 牛肉智能评级系统对于牛肉等级的评定已可取代人工评级^[5]。2005 年, Faucitano 等把图像分析技术应用到猪肉大理石纹测定研究中, 用图像分析技术分割背最长肌中大理石纹, 制定能描述大理石纹特征的图像特征参数集合, 利用统计分析方法评定品种对胴体品质和肉质大理石纹结构的固定效应^[6]。2015 年,

Ludwiczak 等通过试验对比 Hessian、Canny 和 Deriche 的 3 种图像分割算法, 在猪肉大理石纹智能评估的效果, 分析每种分割算法的优劣性^[7]。

国内把数字图像应用到肉品质检测和自动分级研究相对较晚。2004 年赵文杰等获取牛肉眼肌切面图像 RGB 图的 R 分量图, 利用数学形态学的方法来分割背长肌区域, 把大理石纹分割出来^[8]。随着大理石纹能被正确有效地分割出来, 2010 年伍学千提出一种利用核模糊 C 均值聚类和改进分水岭算法分割猪肉眼肌切面图像中背最长肌区域的方法, 对采集的 60 幅猪肉眼肌图像进行处理, 分割正确率为 86.67%^[9]。

牛肉具有雪花面积大、纹理清晰等易于大理石纹分割的优点, 针对牛肉大理石纹等级的自动评定方面研究较多。与牛肉相比, 猪肉的大理石纹理小而细, 并且脂肪与肌肉间界限不够清晰, 交接处难于分割, 因此猪肉大理石纹等级的无损检测方面研究很少。本研究选用阈值分割法、模糊 C 均值分割算法 (FCM) 和基于核的模糊 C 均值算法 (KFCM) 3 种算法进行试验, 分别对猪背最长肌截面图像进行分割, 比较其分割效果, 选择最佳分割算法。

1 图像采集方法

1.1 试验材料与硬件平台

1.1.1 试验材料 试验猪屠宰胴体冷却后, 采集背最长肌肋骨段约 1 kg, 放置冰箱冷藏 24 h, 取第 10 至第 11 肋处背最长肌横段 (眼肌), 样本厚度约 1 cm, 在常温环境下静置 30 min, 采集样品的数字图像。数字图像采集装置见图 1。

1.1.2 硬件平台 相机; 镜头; 工作台; 光源为四联灯柔光箱。

1.2 样本图像采集

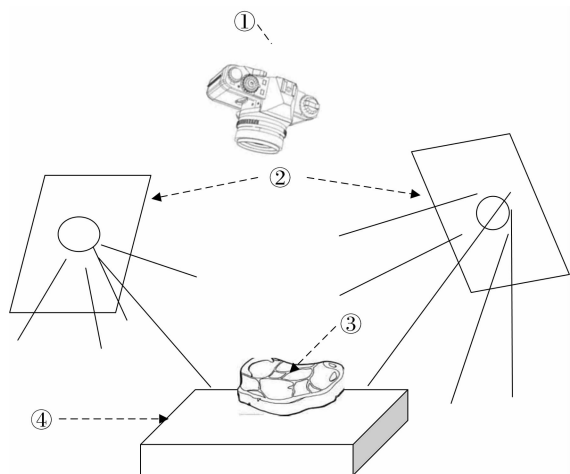
本次试验由 2017 年 2 月底开始, 直至 4 月初才全部完成, 共屠宰 86 头试验猪。猪肉样本需在 0~4℃ 冰箱中冷藏 24 h, 取出后切除新鲜肉样表面, 在室温条件下置 30 min 后采集样本的数字照片。然而, 在放置过程中肉样切面会有水渗

收稿日期: 2018-06-22

基金项目: 国家自然科学基金 (编号: 31371258); 安徽省农业科学院重点实验室项目 (编号: 18S0404); 安徽省科技重大专项 (编号: 17030701008、16030701069); 安徽省生猪产业技术体系项目 (编号: AHCYTX-05-09); 安徽省财政畜牧业发展资金项目; 安徽省淮南市工程技术研究中心项目 (编号: 2017G30)。

作者简介: 钱蓉 (1982—), 女, 安徽含山人, 硕士, 助理研究员, 研究方向为图像识别在农业中应用。E-mail: qj930@126.com。

通信作者: 王重龙, 博士, 副研究员, 研究方向为动物遗传育种与福利养殖。E-mail: ahwchl@163.com。



①—相机；②—四联灯柔光箱；③—样本；④—工作台
图1 样本图像采集装置

出,形成水珠,且肉样表面有油脂,导致样本表面反光,在采集的样本数字图像中有亮斑噪声,亮斑面积大小不一,在图像预处理阶段和图像分割后很难去除。与样本原始照片做对比,发现亮斑噪声经图像分割后的结果与大理石纹分割结果相同,会被误认为是猪肉的大理石纹,给试验结果准确率带来很大影响。查阅相关文献,发现其他研究者在样本采集过程中也遇到同样问题。

经多次试验得知,改进样本采集场所的光源和样本被拍摄前的预处理方法,可有效去除上述亮斑噪声。在光源方面作的改进是采用2个四联灯柔光灯箱作为光源,在无其他外接光源的黑暗工作室中拍摄,可提升柔光效果,减少肉色失真;在样本被拍摄前分别采用风干、干布擦拭样本表面和用玻璃覆盖样本等方法,经比较在同一个拍摄环境下采用厚度为5 mm的正方形玻璃盖在样本表面,消除样本表面因凹凸不平、水珠和油脂等因素带来的反光影响,采集样本的效果最佳。

2 3种分割算法试验结果与分析

RGB^[10]颜色模型是应用最多的一种,包括红(Red)、绿(Green)和蓝(Blue)3个分量通道,由真实的人眼颜色匹配试验得出的模型。在RGB颜色空间中,R、G、B 3个分量的属性是独立的。本试验选择RGB颜色空间的R分量图、G分量图、B分量图,用阈值分割算法、模糊C均值分割算法(FCM)和基于高斯核的模糊C均值分割算法(KFCM)对3个分量图进行分割,各种方法的分割结果如下。

2.1 基于阈值分割算法的肉类大理石纹识别

2.1.1 算法应用概述 阈值处理直观、实现简单且计算速度快,在图像分割应用中占核心地位。阈值是用于区分目标和背景的灰度门限,利用目标和背景的灰度差异,选取合适的灰度阈值。如果图像只有目标和背景两大类,那么只选取一个阈值称为单阈值分割。如果图像中有多个目标,就需要选取多个阈值将目标及背景分开,这种方法称为多阈值分割^[11]。2002年任发政等开始研究图像阈值算法、图像面积提取技术以及图像均匀化处理和灰度值域处理方法在牛肉大理石花纹等级评判上的探索应用^[12]。2009年,Jackman等把聚类分割算法和阈值分割法相结合,交换RGB图的R通道和B通道

后转换到HSI颜色空间,多次试验选取合适的阈值范围,截取感兴趣图像内容并重新转换到RGB空间,利用聚类算法对经阈值处理图像分类,结合初始图像去除无关内容,分割出大理石纹^[13]。

2.1.2 试验结果 采用最大类间方差算法分别对多幅样本图的3个分量图进行图像处理,发现该算法对样本采集清晰度、样本含有大理石纹的数量及大理石纹的性状等不定因素较敏感,分割准确性不稳定。如图2、图3所示,样本A和B的R分量图的最佳分割阈值是0.254 9、0.529 4,G分量图的最佳分割阈值是0.231 4、0.356 9,B分量图的最佳分割阈值是0.211 8、0.447 1,可知采用阈值算法分割猪肉背最长肌截面图,其分割效果很不理想。猪肉的肌内脂肪颗粒很小和含量偏少等因素不利于阈值选取,因此很难正确地分割出背最长肌的大理石纹。

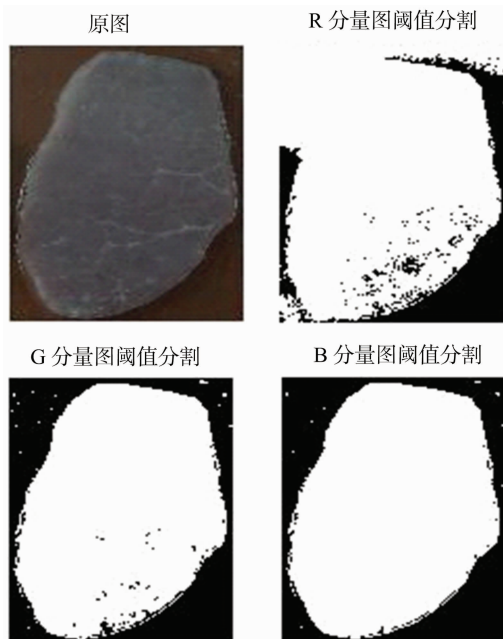


图2 A样本R、G、B 3个分量图阈值分割结果

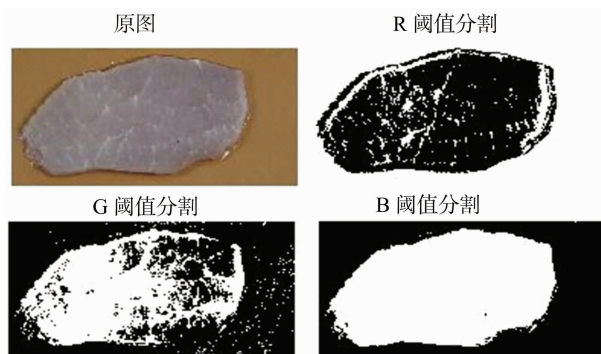


图3 B样本R、G和B分量图的阈值分割结果

2.2 基本模糊C均值分割算法的肉类大理石纹识别

2.2.1 算法应用概述 FCM(Fuzzy C-Means)算法由Dunn提出,经过Bezdek的推广后,获得了十分广泛的应用^[14]。用于灰度图像分割,其实现简单,是一种非监督模糊聚类方法,适合存在模糊和不确定性等特点的灰度图像。FCM算法未

对样本进行最优化处理,针对信息分布不均匀的样本,处理结果不能达到最优^[15]。FCM 的目标函数如式(1)所示:

$$J_m(U, V, X) = \sum_i \sum_k (u_{ik})^m \|x_k - v_i\|_{A_0}^2 \quad (1)$$

式中: $U = \{u_{ik}\}$ 是隶属度矩阵, u_{ik} 是第 k 个灰度值 x_k 对应的第 i 个隶属度值; V 下 = $\{v_1, v_2, \dots, v_c\}$ c 个聚类中心点集。

FCM 算法对图像的分割效果依赖于聚类数 C 、初始聚类中心点、指数权值 m 等初始参数的设定。2010 年仇金宏等提出一种基于改进型模糊 C 均值聚类算法的牛肉大理石花纹提取方法,结合了快速模糊 C 均值(FCM)聚类算法,对传统 FCM 算法中的隶属函数、聚类数 C 和初始聚类中心点选取方法进行了优化^[16],使牛肉大理石花纹提取的准确度由 76.2% 提高到 85.7%。

2.2.2 试验结果 本次试验选用的照片与阈值算法分割试验选择同一张照片,进行同样的预处理,分别转换为 R、G、B 3 个分量图,绘制 3 个分量图的直方图,其中 G 分量图的直方图有 3 个波谷。利用 FCM 算法逐一进行分割试验,式(1)中的 m 分别取 3、4、5 进行试验, $m=4$ 的分割效果最佳,与直方图相符合(图 4)。

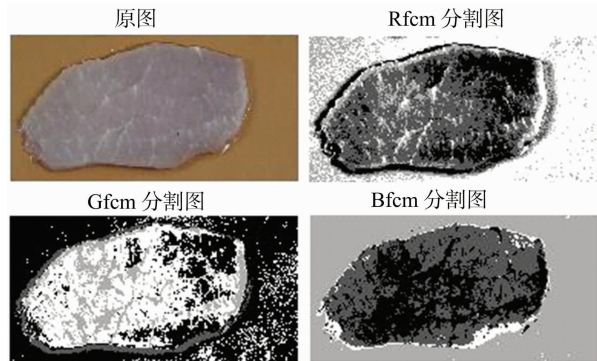


图4 R、G、B 3 个分量图的 FCM 分割

2.3 基于高斯核模糊 C 均值聚类分割算法的肉类大理石纹识别

2.3.1 算法应用概述 FCM 算法采用欧氏距离法计算 2 点间距离,局限于处理球星数据簇,依据样本一维特征完成聚类。为优化 FCM 算法,引入核函数,通过非线性映射,把样本数据映射到高维,进行多维特征提取,利用核函数进行聚类,提高聚类结果的准确性。伍学千等均采用 FCM 算法分割牛肉图像和猪肉眼肌图像,并对分割结果作进一步的优化,使用向量信任、洪水填充算法和改进分水岭算法,避免大理石纹分割中出现的过分割和欠分割问题^[9,17]。KFCM 分割算法的目标函数如式(2)所示:

$$J_{KFCM}(U, V) = \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^n u_{ik}^m [K(x_k, x_k) - 2K(x_k, y_k) + K(v_i, v_i)] \quad (2)$$

式中: U 是 $c \times c$ 的隶属矩阵, V 是聚类中心矩阵, m 是权重系数, $K(x, y)$ 是核函数,其数学实现如式(3)所示:

$$K(x, y) = \exp[-\|x - y\|^2 / (2\sigma^2)] \quad (3)$$

2.3.2 试验结果 根据 FCM 试验结果,结合 FCM 算法和 KFCM 的相似性,式(2)中的类别数 $m=3, 4, 5$, 式(3)中高斯核的 $\sigma=28, 150, 200$, 允许误差 $E_{\max}=10^{-5}$, 用基于高斯核的

FCM 算法对 3 个分量图进行分割试验,分割结果见图 5。

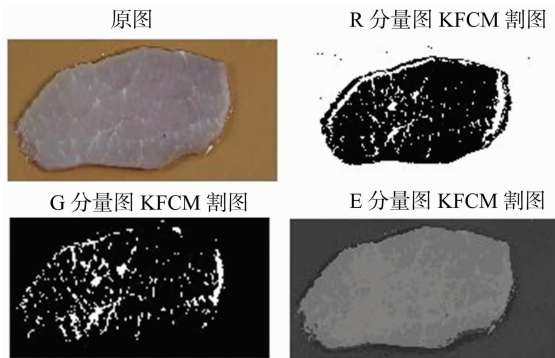


图5 R、G、B 3 个分量图的 KFCM 分割

3 讨论与结论

对比分析 3 种分割算法的试验结果,可发现采用基于高斯核的 FCM 算法对 R 分量图分割的效果最佳。分析其原因,有如下几方面:首先,猪肉的大理石纹与牛肉的大理石纹相比,有着较大区别,猪肉的大理石纹和肌肉间界限没有牛肉大理石清晰,很模糊,不利于阈值分割,在阈值分割的过程中很难找到合适的分割阈值。其次,FCM 要求人为设置初始类别数、类中心值及隶属函数,这一设定带有很大的主观性,会导致试验结果不够严谨;同时,与阈值分割算法相比,分割出数量较多的大理石纹,因 FCM 分割算法采用欧氏距离法计算样本点与类中心间距离,而猪肉大理石纹细短,且分布较散,采用欧式距离法不利于分割出小而细的大理石纹;另外,因大理石纹和肌肉间界限模糊,导致分割过程中有过分割的现象。考虑上述原因,采用基于高斯核的 FCM 分割算法(KFCM)对 3 个分量图进行分割,结果表明,在 R 分量图上采用 KFCM 聚类算法的分割结果更加贴近实际情况。KFCM 算法是对 FCM 作进一步改进,采用高斯核法计算样本与类中心间距离,把样本特征映射到高维,让特征空间得到细化,把原来隐藏的特征信息显化,弥补了阈值算法和 FCM 算法存在的不足。

在未来的工作中,将针对识别出的大理石纹,制定准确描述大理石纹的特征参数集,采用机器学习方法,结合猪个体特征,根据猪肉大理石纹和肌内脂肪间的相关性,构建猪肉肌内脂肪含量自动预测模型,提高猪肉肌内脂肪含量检测的效率,降低检测费用,实现无损化检测。

参考文献:

- [1] 李庆岗, 经荣斌. 猪肌内脂肪酸的研究进展[J]. 饲料博览, 2004(3): 10-12.
- [2] 张伟力, 曾勇庆. 猪肉肌内脂肪测定方法及其误差分析[J]. 猪业科学, 2008, 25(7): 102-103.
- [3] 谭林, 姜海龙. 肌内脂肪含量与猪肉品质的相关性分析[J]. 饲料博览, 2010(12): 11-13.
- [4] 赵萍, 李永奎, 林静, 等. 数字图像处理技术在农产品方面的应用[J]. 农机化研究, 2007(11): 198-200.
- [5] McDonald T P, Chen Y R. Visual characterization of marbling in beef rib eyes and its relationship to taste parameters[J]. Transactions of the Asae, 1991, 34(6): 2499-2504.
- [6] Faucitano L, Huff P, Teuscher F, et al. Application of computer image

陈大伟,刘茵茵,王倩倩,等. 硒镉同时暴露对鸡蛋和蛋鸡组织中硒镉含量的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(20):203-205.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.20.047

硒镉同时暴露对鸡蛋和蛋鸡组织中硒镉含量的影响

陈大伟¹, 刘茵茵¹, 王倩倩², 蒲俊华¹, 马丽娜¹, 葛庆联¹, 唐修君¹, 孔令武^{1,3}, 高玉时¹

(1. 江苏省家禽科学研究所, 江苏扬州 221003; 2. 江苏省扬州市动物疾病预防控制中心, 江苏扬州 211407;

3. 扬州双扬生物科技有限公司, 江苏扬州 225125)

摘要: 研究探讨镉、硒同时摄入对蛋鸡组织及所产鸡蛋中镉、硒含量的影响。从饮水和饲料途径同时对 120 羽 40 周龄海兰褐壳蛋鸡进行镉(50 mg/L)、硒(在饲料中添加 3% 酵母硒)、硒镉(在饮水中添加 50 mg/L 的同时在饲料中添加 3% 酵母硒)暴露 8 周。研究结果显示, 硒组、硒镉联合组鸡蛋中硒、镉含量随着时间延长逐渐增加; 与单独给镉组比较, 添加酵母硒极显著降低了镉在鸡蛋中的沉积; 硒镉联合组大多种组织中镉含量均有所升高, 但仅有肝脏、肾脏镉含量显著升高, 其他组织差异不显著。与单独添加酵母硒组比较, 硒镉同时摄入后蛋鸡肝脏和肾脏中硒含量显著升高, 其他各组织中硒含量均有升高趋势, 但差异不显著。结果表明, 蛋鸡硒镉同时暴露时, 硒能促进镉在家禽体内的沉积, 减少镉在鸡蛋中的残留。

关键词: 硒; 镉; 蛋鸡; 鸡蛋; 重金属沉积

中图分类号: S831.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)20-0203-03

镉是一种重要的环境污染物, 可引起急慢性中毒, 并有致癌、致畸和致突变的作用。氧化应激损伤是镉产生毒性损伤的主要机制^[1]。多种元素对镉的毒性损伤具有保护效应, 其中硒被认为是最有效的一种, 硒是一种重要的营养微量元素^[2], 在宿主免疫应答和抗氧化保护方面具有显著的作

用^[3], 其在宿主体内的功能包括抗氧化、调节甲状腺激素代谢以及还原反应、生殖和免疫调节等^[4]。硒能够在抵抗自由基和氧化应激方面发挥重要作用^[5], 众多研究表明, 硒能从体内和体外 2 个方面抑制镉毒性^[6-7]。

但关于硒镉同时暴露对食品动物体内及产品硒镉残留影响的研究报道较少, 本研究从饮水和饲料途径对蛋鸡同时进行镉、硒暴露, 通过测定蛋鸡组织和鸡蛋中的硒、镉含量, 研究硒镉在蛋鸡体内的分布规律和相互作用特点, 为保障禽产品质量安全提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

氯化镉(CdCl_2), 分析纯, 含量大于 99%, 购自国药集团。莱硒乐, 购自巴西贝瑞金公司, 有机硒含量超过 2 000 mg/kg。试验于 2017 年 8—10 月在农业部家禽品质监督检验测试中心(扬州)国家家禽生产性能测定站完成, 鸡品种为商品代海

收稿日期: 2018-06-29

基金项目: 国家重点研发计划(编号: 2016YFD0501208); 江苏现代农业(肉鸡)产业技术体系(编号: JATS[2018]251); 江苏省现代农业重点及面上项目(编号: BE2018363); 扬州市社会发展项目(编号: YZ2017081); 农产品质量安全监管专项(编号: 181721301092362945)。

作者简介: 陈大伟(1983—), 男, 江苏沐阳人, 博士, 副研究员, 主要从事禽产品质量安全研究。E-mail: ydcdw83@sina.com。

通信作者: 高玉时, 博士, 研究员, 硕士生导师, 主要从事家禽品质调控与评价、质量安全研究。E-mail: gaoyu100@sina.com。

analysis to measure pork marbling characteristics[J]. Meat Science, 2005, 69(3): 537-543.

[7] Ludwiczak A, Ślósarz P, Lisiak D, et al. Different methods of image segmentation in the process of meat marbling evaluation[J]. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, 2015: 1-6.

[8] 赵杰文, 刘木华, 张海东. 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[J]. 农业工程学报, 2004, 20(1): 144-146.

[9] 伍学千. 基于计算机视觉技术的猪肉品质检测与分级研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2010.

[10] 冈萨雷斯. 数字图像处理[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.

[11] 杨卫平, 李忠科, 王勇, 等. 基于区域的图像分割算法综述[C]//全国测控计量仪器仪表学术年会, 2007: 278-281.

[12] 任发政, 郑丽敏, 王桂芹, 等. 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.

[13] Jackman P, Sun D W, Allen P. Automatic segmentation of beef longissimus dorsi muscle and marbling by an adaptable algorithm[J]. Meat Science, 2009, 83(2): 187-194.

[14] Bezdek J C. Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms[M]// Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms. Plenum Press, 1981: 203-239.

[15] 张莉, 周伟达, 焦李成. 核聚类算法[J]. 计算机学报, 2002, 25(6): 587-590.

[16] 仇金宏, 沈明霞, 彭增超, 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.

[17] Du C J, Sun D W, Jackman P, et al. Development of a hybrid image processing algorithm for automatic evaluation of intramuscular fat content in beef M - longissimus dorsi[J]. Meat Science, 2008, 80(4): 1231-1237.