

丁竹青,李晓良,张若宇,等. 基于 LabVIEW Vision 的加工番茄表面霉斑缺陷检测[J]. 江苏农业科学,2015,43(5):302-306.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.05.100

基于 LabVIEW Vision 的加工番茄表面霉斑缺陷检测

丁竹青,李晓良,张若宇,坎 杂,李 硕

(石河子大学机械电气工程学院/新疆生产建设兵团农业机械重点实验室,新疆石河子 832003)

摘要:以 LabVIEW 编程系统为软件开发平台,结合视觉开发工具包 IMAQ Vision,开发了识别加工番茄表面霉斑缺陷的检测系统。该系统采用图像灰度增强、阈值分割、填充、形态学处理、粒子分析等算法对霉斑图像进行处理和分析。试验结果表明,该 LabVIEW 机器视觉检测系统可准确检测加工番茄表面霉斑缺陷,且系统性能稳定可靠,为进一步开发加工番茄表面缺陷在线检测系统奠定了基础。

关键词:LabVIEW Vision;机器视觉;图像处理;表面缺陷;霉斑检测

中图分类号:S24;TP391 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)05-0302-05

新疆凭借良好的光热资源和气候条件,已成为国际公认优质酱用番茄的主产区之一^[1]。2013 年新疆出口番茄酱近 70 万 t,出口贸易量居世界之首,酱用番茄产业已成为当地重要的出口创汇型产业之一^[2]。当番茄酱原料中混有霉烂果时,易造成番茄酱中霉菌丝体含量超标,影响番茄酱的品质和食用安全性^[3-5]。目前,各国对食品质量的要求不断提高,食品进口准入标准也随之提高,国内番茄酱出口贸易面临着日益严峻的考验,出口价格甚至不及发达国家的 1/3^[6]。若要提高国内番茄酱的国际竞争力,需从源头减少番茄酱原料中霉烂果的数量。

目前,番茄酱厂主要依靠人工分选来剔除番茄酱原料中混有的霉烂果,判别结果受人主观因素影响较大,并存在精度低、速度慢、视觉易疲劳等问题,且易造成人为的二次污染^[7-8]。LabVIEW 机器视觉技术是以 LabVIEW 软件为开发

平台,结合 IMAQ Vision 软件包中丰富的视觉处理函数、计算机科学、图像处理和模式识别等^[9]。IMAQ Vision 软件包为图像处理提供了完整的 VI 函数,它将 400 多种功能集成到 LabVIEW 开发环境中,极大缩短了程序开发时间,具有传统机器视觉系统所无法达到的高效性、准确性和可靠性^[10-14]。目前,该技术已初步应用于农产品检测分级,如苹果表面苦痘斑检测^[15]、番茄成熟度检测^[16]、柑橘溃疡病检测^[17]等。

为提高番茄酱的品质和卫生安全,本研究基于 LabVIEW 机器视觉技术,利用图像处理软件包 IMAQ Vision 中的 VI 函数对缺陷图像进行处理分析,开发出 1 套能够准确识别加工番茄表面霉斑缺陷的检测系统。

1 检测系统设计

本检测系统是在 LabVIEW 虚拟仪器平台上,应用 IMAQ Vision 软件包中丰富的图像处理函数,使用图形化编程语言(G 语言)进行开发的,整个软件系统由前面板和程序框图组成。

1.1 前面板界面

前面板是系统与用户交流信息的窗口,具有相应输入、输出功能,如读取已采集的加工番茄图像、显示图像处理结果、选择和设置参数等。前面板界面如图 1 所示。

收稿日期:2014-07-19

基金项目:国家农业科技成果转化资金(编号:2009GB2G410429);教育部重点项目(编号:208166)。

作者简介:丁竹青(1989—),男,安徽安庆人,硕士研究生,主要从事农产品智能化检测与分级技术研究。E-mail:dzq_shzdx@163.com。

通信作者:坎 杂,教授,主要从事农牧机械装备研究。E-mail:kz-shz@163.com。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 北京:人民卫生出版社,1957.
- [2] 张炳文,郝征红,王建军,等. 对药食两用生物资源研发的创新思路探讨[J]. 食品科学,2005,26(9):597-601.
- [3] 王 啸. 生姜活性部位与成分研究进展[J]. 中医研究,2009,22(12):53-55.
- [4] 黄慧珍,杨 丹. 高良姜的化学成分及其药理活性研究进展[J]. 广东化工,2009,36(1):77-80.
- [5] 葛毅强,倪元颖,张振华,等. 生姜精油的研究新进展[J]. 中国调味品,2004,29(9):3-9.
- [6] 杜丽霞,姜子涛,李 荣. 天然调味香料高良姜挥发油的研究进

展[J]. 中国调味品,2012,37(3):22-25.

- [7] 梁逸曾. 白灰黑复杂多组分分析体系及其化学计量学算法[M]. 长沙:湖南科学技术出版社,1996.
- [8] Zeng Z D, Liang Y Z, Wang Y L, et al. Alternative moving window factor analysis for comparison analysis between complex chromatographic data[J]. Journal of Chromatography A, 2006, 1107(1/2): 273-285.
- [9] Chen Y, Li X R, Zhao J, et al. Chemical component analysis of volatile oil in drug pair Herba Ephedrae-Ramulus Cinnamomi by GC-MS and CRM[J]. Journal of Central South University of Technology, 2007, 14(4): 509-513.
- [10] Li X R, Zhang B, Zhou Y, et al. Comparison analysis of common active constituents between recipe Jingfangsan and its single herbs[J]. J Cent South Univ Technol, 2008, 39(5): 923-927.

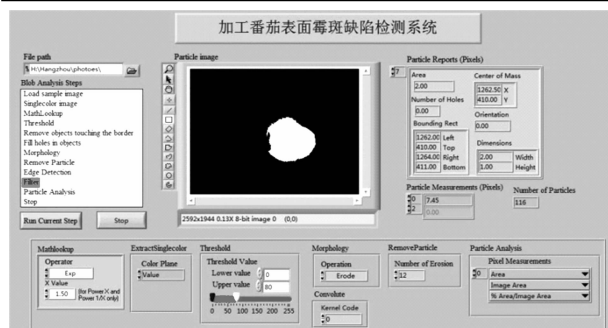


图1 前面板界面

1.2 系统程序

程序框图是按照系统的功能要求,采用模块化、层次化的设计以实现图像读取、处理和显示等功能,主要由若干图像处理单元组成:图像读取、图像增强、阈值分割、形态学处理、缺陷识别分析等,其流程如图2所示。

LabVIEW 视觉开发工具包 IMAQ Vision 中包含了图像读取 (IMAQ ReadFile. vi)、图像增强 (IMAQ MathLookup. vi)、阈值分割 (IMAQ Threshold. vi)、边界剔除 (IMAQ RejectBorder. vi)、

填充 (IMAQ FillHole. vi)、形态学变换 (IMAQ GrayMorphology. vi)、高级形态学处理 (IMAQ Remove Particle. vi) 和粒子分析 (IMAQ Particle Analysis. vi) 等函数,便于实现上述图像处理操作。为保证系统的高效运行,本软件采用顺序结构进行设计,程序框图如图3所示。

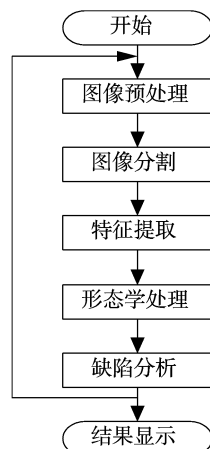


图2 系统软件结构图

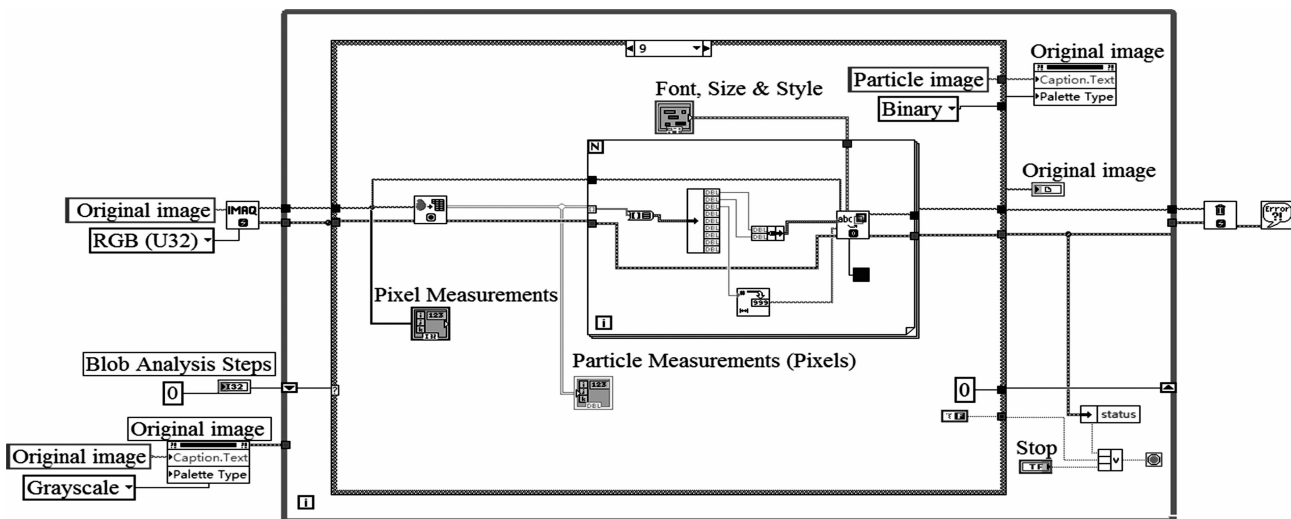


图3 系统程序框图

2 图像的基本处理

基于 LabVIEW Vision 的图像处理可分为 3 个阶段:图像基本处理、特征提取、霉斑识别分析。图像的基本处理过程包括噪声抑制、图像灰度增强、阈值分割和填充等过程。

2.1 图像的灰度直方图

2.1.1 整体图像的灰度直方图 图像的灰度直方图表示:图像中每一灰度级与该灰度级出现的频数间的统计关系。一般

用横坐标表示灰度级 (0 ~ 255), 纵坐标表示频数 (像素个数)^[18]。表面霉斑缺陷加工番茄的灰度直方图如图4所示。

由图4-b可知,虽然加工番茄图像的灰度直方图出现双峰,但背景峰与番茄非缺陷峰间距不大,两峰之间有交叠的部分,故不适于直接用阈值法进行分割图像。由图4-c、图4-d可知,番茄非缺陷峰和背景反光峰很接近,造成番茄图像不易与背景反光部分分离。故本研究选取单分量上的直方图为研究对象,对加工番茄图像进行阈值分割。

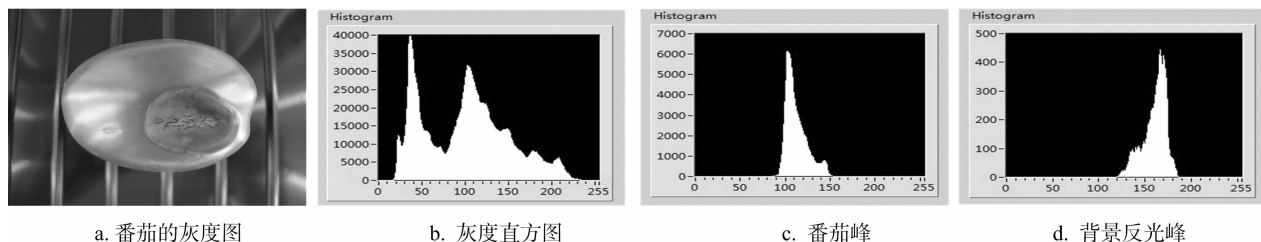


图4 表面霉斑缺陷加工番茄的灰度直方图

2.1.2 单分量图像的灰度直方图 在 IMAQ Vision 里通过设置 IMAQ Extract Single Color Plane. vi 函数来完成对番茄图像的单分量提取,通过对其前面板中 Color Plane 的设置可提取不同分量的图像。分析各分量的直方图可以发现 R 和 V 分量直方图中双峰非常明显,且双峰间距很大,但 RGB 颜色

模型(红、绿、蓝)易受光照影响,不同位置的光照变化强度大,而 HSV 颜色模型(色调、饱和度、亮度)比较符合人对颜色的描述习惯^[16],故选取 V 分量上的直方图为研究对象,对加工番茄图像进行阈值分割。各分量灰度直方图如图 5 所示。

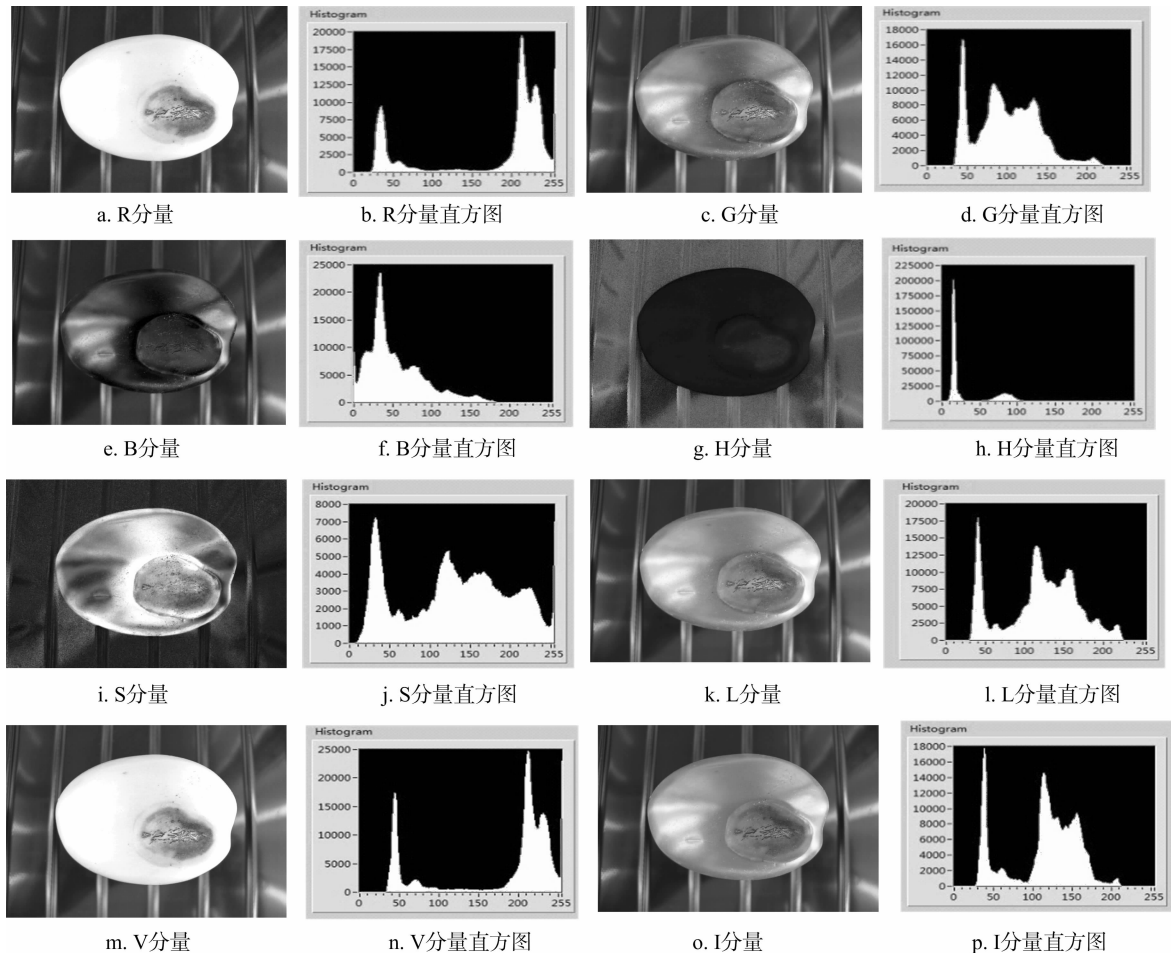


图5 各分量灰度直方图

2.2 图像增强及灰度变换

图像增强技术是突出图像中需要的部分,减弱或除去不需要的部分,提高对图像中目标物的识别能力。加工番茄图像在获取过程中可能会受到相片颗粒的噪声、电子系统、外界环境等影响。为消除这些噪声和干扰,以便后续识别霉斑,本研究采用灰度变换的方法对图像进行了增强处理。灰度变换是利用点运算来修改原图像像素的灰度值以改

善图像对比度,能扩展原图像中所需信息的灰度范围,增大对比度,而使相应噪声的灰度被压缩到端部的较小范围内^[10]。在 IMAQ Vision 里通过设置 IMAQ MathLookup. vi 函数来完成对霉斑图像的灰度变换,通过对其前面板中 Operator 的设置可实现不同函数对加工番茄图像的处理。灰度变换的程序框图如图 6 所示。

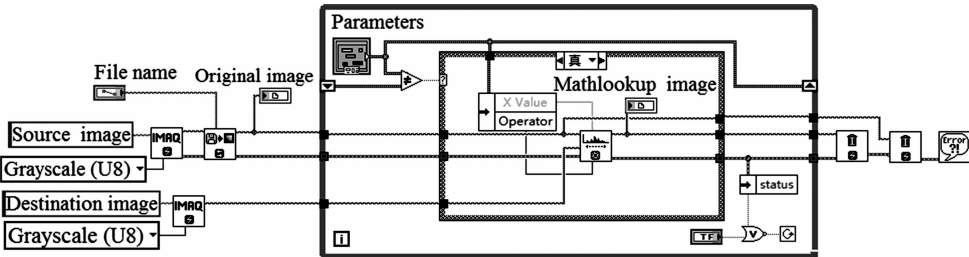


图6 灰度变换程序框图

不同函数对加工番茄图像进行灰度变换的结果如图 7 所示,对比分析图 7 - b 至图 7 - h 可知:Log 变换与 Square root

变换相似,但 Log 灰度变换相对平缓;Square 变换功能与 Linear 变换功能相似,但 Square 灰度变换相对平缓;Exp 变换

和 Power X 变换总体效果较好,能够将加工番茄图像从背景图像中很好地区分出来,而经过 Exp 灰度变换后的图像更为清晰和光滑,噪声得到一定消除,对比度也有所增强,使加工

番茄与背景的像素差别更加明显,为后续图像处理分析提供了更高质的图像。故本研究采用 IMAQ MathLookup.vi 函数里的 Exp 灰度变换来增强图像。

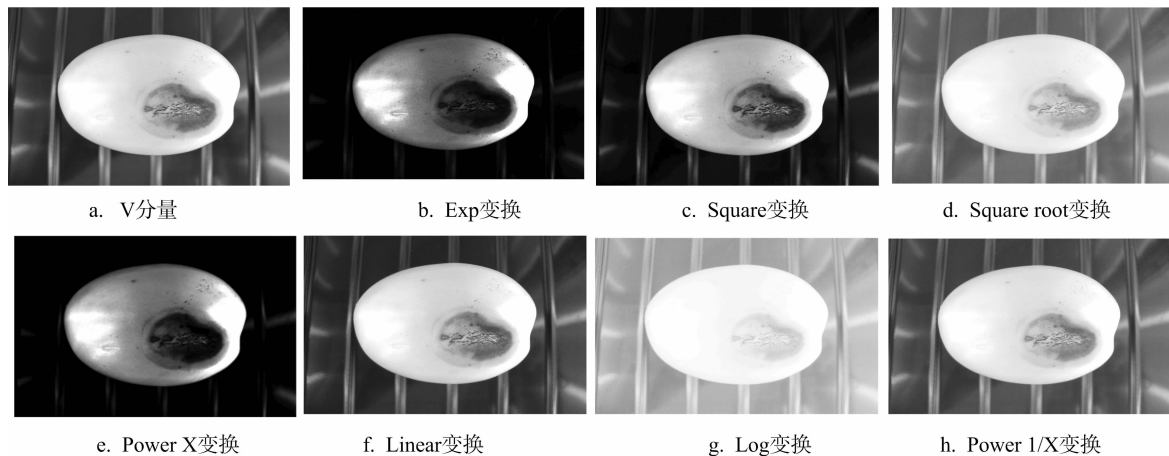


图7 不同函数的灰度变换结果

2.3 图像与背景分割

图像分割的常用方法有:阈值化分割法、最大类间方差法、最大熵阈值法、聚类法、基于区域生长的分割方法、基于边缘检测的分割方法等。本研究采用阈值化分割法进行加工番茄图像与背景的分割。

在 IMAQ Vision 里通过设置 IMAQ Threshold.vi 函数来完成对图像的背景分割,通过对其前面板中 Threshold Value 的手动设置可较好地实现加工番茄图像的背景分割,效果如图 8 所示。

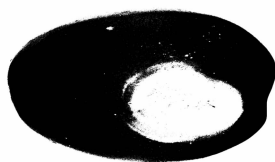


图8 阈值分割图

2.4 数学形态学处理

提取霉斑区域后,霉斑图像中仍存在噪声颗粒。为确保后续分析的准确性,需对霉斑图像进行形态学处理。形态学处理包括初级形态学处理和高级形态学处理。

2.4.1 初级形态学处理 在 IMAQ Vision 中实现初级形态学处理的是 IMAQ Gray Morphology.vi 函数,通过该函数的操

作(Operation)接线端和结构元素(Structing Element)接线端的前面板分别设置形态学处理的各种方法和结构元素。结构元素是由 0 或 1 组成的二维矩阵,可根据实际处理的需要修改元素值。基本的初级形态学处理包括腐蚀运算(Erode)、膨胀运算(Dilate)、开运算(Open)和闭运算(Close)。

(1)腐蚀运算:能够细化或收缩霉斑图像的边界。腐蚀运算的结果与图像本身、所设置结构元素的大小有关,可消除图像中细小的物体。腐蚀运算的实际效果如图 9-a 所示。

(2)膨胀运算:能够加长或变粗霉斑图像的边界。膨胀运算的结果与图像本身、所设置结构元素的大小有关,常用于将图像中原本断开的同一物体桥接起来,可用来填补图像中的空洞。膨胀运算的实际效果如图 9-b 所示。

(3)开运算:先腐蚀运算后膨胀运算。能够使霉斑图像的轮廓变平滑且其面积变化不明显,可消除一般图像中细小的对象,且狭窄的间断也会被断开。开运算的实际效果如图 9-c 所示。

(4)闭运算:先膨胀运算后腐蚀运算。霉斑图像中细小的孔洞会被填充,小的间断也会被弥合,能使图像的轮廓变平滑且外观基本保持不变。闭运算的实际效果如图 9-d 所示。

对比分析图 9-a 至图 9-d 可发现:经过初级形态学处理后,粒子的整体尺寸和形状都得到了改变,但开运算处理后的缺陷图像明显脱离噪声颗粒,且其面积变化不明显,故本研究选择开运算对缺陷图像进行初级形态学处理。

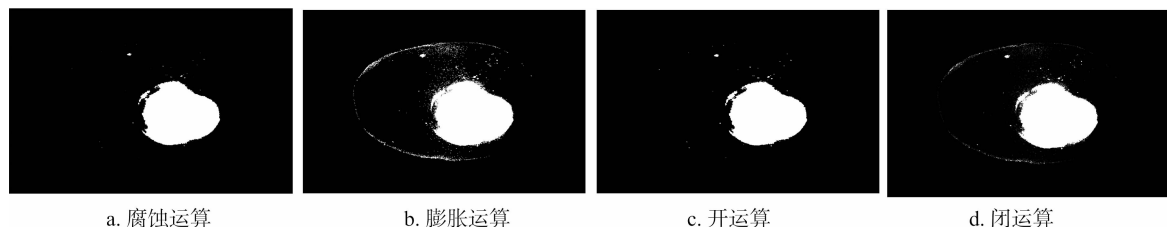


图9 初级形态学处理效果图

2.4.2 高级形态学处理 高级形态学是建立在初级形态学处理上的操作,其处理对象是粒子而不是像素,具有移除不相关的大粒子和小粒子、填补颗粒缝隙、移除颗粒边界粗糙部分

等功能^[19]。本研究选择 IMAQ Vision 里 IMAQ Remove Particle.vi 函数来移除开运算后缺陷图像中的小颗粒,通过设置其前面板中 Number of Erosion 和连接模式 Connectivity4/8 的

数值来控制处理效果。为对比不同 Number of Erosion 值和连接模式 Connectivity4/8 值的处理效果,本研究将 Number of Erosion 值设为 12,Connectivity4/8 值设为 8,处理效果如图 10 所示。

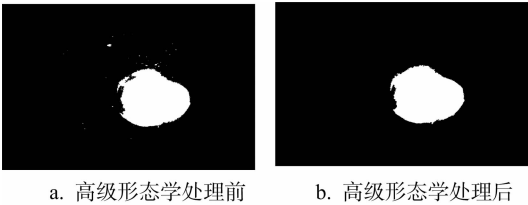


图10 高级形态学处理效果图

3 图像特征分析

本系统作用为识别出加工番茄表面霉斑缺陷并计算缺陷面积,根据霉斑缺陷面积来评价番茄酱原料的质量。在 IMAQ Vision 里通过设置 IMAQ Particle Analysis. vi 函数的 Pixel Measurements 接线端前面板来对霉斑图像进行分析计算。该函数能计算出图像在 X、Y 轴方向的中心坐标、像素为 1 的对象个数及其面积、被像素为 1 对象围绕的空洞个数及空洞面积等^[13]。为不影响系统检测的结果,在图像的形态修正模块中去除多余杂点,只留下霉斑图像,使检测结果直接显示霉斑的面积。本研究对所采集的 20 帧表面有霉斑缺陷的加工番茄图像进行处理分析,其粒度分析结果如表 1 所示。

表 1 霉斑缺陷粒度分析结果

序号	缺陷面积	缺陷占整个图像面积比(%)	序号	缺陷面积	缺陷占整个图像面积比(%)
1	357 122	7.09	11	226 241	4.49
2	290 352	5.76	12	719 262	14.27
3	59 677	1.18	13	148 827	2.95
4	366 004	7.26	14	318 479	6.32
5	67 894	1.35	15	395 368	7.85
6	168 434	3.34	16	383 537	7.61
7	62 740	1.25	17	405 587	8.05
8	57 871	1.15	18	347 860	6.90
9	367 814	7.30	19	149 722	2.97
10	180 093	3.57	20	284 785	5.65

由表 1 可知,本系统能够准确识别加工番茄表面霉斑缺陷,并计算出缺陷部分面积及其占图像整体面积的百分比。

4 结论

利用 LabVIEW 图形化的编程环境和 IMAQ Vision 强大的视觉处理函数,极大地缩短了检测系统开发的周期。

本研究采用 Exp 变换对图像进行增强;采用手动阈值法对图像 V 分量进行图像分割;采用开运算使霉斑缺陷图像的轮廓变得更加光滑。所采用的图像基本处理方法可满足加工番茄霉斑缺陷特征提取和模式识别的要求。

本检测系统能正确识别并提取加工番茄表面霉斑缺陷的特征,计算出霉斑缺陷部分的面积,全面描述了加工番茄表面的霉斑信息。

本检测系统可视化效果好,性能稳定,为进一步在线剔除番茄酱原料中的霉烂番茄,以提高番茄酱品质和卫生安全性奠定了基础。

参考文献:

[1]曹宇光. 新疆生产建设兵团番茄产业发展战略研究[D]. 大连: 大连理工大学,2008.

[2]新疆番茄酱出口百余国家和地区出口贸易量居世界之首[EB/OL]. [2014-06-15]. <http://www.foods1.com/content/1552775/>.

[3]柏文莲,朱文. 番茄酱罐头霉菌污染的防止及其质量控制[J]. 现代化农业,2000(2):20-21.

[4]王帅. 新疆加工番茄生长及加工过程污染霉菌的分类与鉴定[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2011.

[5]黄玲,蒋刚强,王帅,等. 新疆番茄生长及其果实加工过程中霉菌污染的监测[J]. 新疆农业科学,2011,48(8):1458-1464.

[6]李细平. 技术壁垒对我国番茄出口的影响及对策[D]. 长沙:湖南大学,2007.

[7]王树文,张长利,房俊龙. 基于计算机视觉的番茄损伤自动检测与分类研究[J]. 农业工程学报,2005,21(8):98-101.

[8]王树文. 计算机视觉技术在农产品自动检测与分级中的研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2002.

[9]冀荣华,祁力钧,傅泽田. 机器视觉技术在精细农业中的研究进展[J]. 农机化研究,2007(11):1-5.

[10]贾小丽. 基于 LabVIEW 的微型电感器生产装备视觉检测系统的研究[D]. 广州:广东工业大学,2008.

[11]白雨. 基于 LabVIEW 和 IMAQ Vision 的晶体生长检测系统[D]. 西安:西安工业大学,2012.

[12]李彦峰,王春耀,王跃东,等. 水果表面缺陷检测研究——基于 NI Vision Assistant 和 IMAQ Vision[J]. 农机化研究,2013(7):62-65.

[13]Klinger T. Image processing with LabVIEW and IMAQ Vision[M]. America:Prentice Hall Professional,2003.

[14]岳晓峰,权海生,杜微. 基于虚拟仪器技术的活塞表面字符识别[J]. 机械工程师,2005(12):26-28.

[15]Nicolai B M, Lotze E, Peirs A, et al. Non-destructive measurement of bitter pit in apple fruit using NIR hyperspectral imaging[J]. Postharvest Biology and Technology,2006,40(1):1-6.

[16]刘金桥,王春耀,吴金强,等. 基于 LabVIEW 和 IMAQ Vision 的农产品颜色识别研究[J]. 农机化研究,2009(3):50-52.

[17]Qin J W, Burks T F, Zhao X H, et al. Development of a two-band spectral imaging system for real-time citrus canker detection[J]. Journal of Food Engineering,2012,108(1):87-93.

[18]张立华. 基于计算机视觉的芒果表面缺陷检测方法研究[D]. 南宁:广西大学,2006.

[19]王燕,林苏斌,缪希仁. 基于 LabVIEW 的机器视觉在玻璃缺陷检测中的运用[J]. 工业控制计算机,2011,24(4):75-77.