

张 萌, 许 敏. 红枣表面缺陷快速检测方法研究[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(7): 331-334.
doi: 10.15889/j.issn.1002-1302.2015.07.113

红枣表面缺陷快速检测方法研究

张 萌¹, 许 敏²

(1. 辽宁装备制造职业技术学院机械工程系 辽宁沈阳 110161;

2. 中国科学院沈阳自动化研究所智能检测与装备研究室 辽宁沈阳 110179)

摘要: 红枣表面缺陷快速检测是实现其自动分级的关键技术之一。针对红枣表面曲率变化致使其表面灰度分布很不均匀和缺陷区域很不明显的特点, 提出了一种亮度快速校正算法。首先使用单色 CCD、滤光片和近红外光源获得红枣近红外图像; 其次对原始图像进行去背景操作, 获得红枣区域灰度图像; 然后使用均值滤波器对去背景后的图像进行滤波获得亮度图像, 并使用该亮度图像对去背景后的红枣图像进行亮度校正; 最后对亮度校正后的图像进行缺陷分割。试验结果表明, 该方法能显著提高自动分级系统的实时性, 且该缺陷检测方法的准确率可达 95%。

关键词: 表面缺陷检测; 近红外图像; 亮度校正; 自动分级

中图分类号: TP274⁺.52 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)07-0331-03

红枣具有极高的营养价值及药用价值, 受到了越来越多的消费者青睐^[1]。作为中国的重要经济作物, 种植面积与产量逐年提高, 但霉烂、虫害等缺陷严重影响了红枣的品质和价值, 必须将其从正常枣中分选出来。目前, 缺陷红枣的剔除采用人工分选方法, 缺点是工作量大, 劳动效率低, 准确性差。计算机视觉技术具有效率高、精度高、检测信息丰富、非接触等优点, 已在农产品表面缺陷检测领域获得了广泛应用^[2]。

由于农产品表面缺陷区域与正常区域在颜色上存在显著差异, 因此大部分缺陷检测算法是在颜色空间中进行。朱伟华等提出了基于模糊颜色聚类的缺陷分割方法, 并将该方法应用于番茄的缺陷分割^[3]。李锦卫等将灰度截留分割法与改进的十色模型应用到马铃薯表面缺陷检测中, 试验结果该方法能够快速、有效检测出马铃薯表面缺陷^[4]。赵杰文等提取 HSI 颜色空间中 H 分量的均值与方差作为红枣的颜色特征, 并使用支持向量机建立了红枣缺陷识别模型, 该模型对预测集样本的预测准确率可达 96.2%^[5]。李江波等对球型水果表面灰度分布不均进行了灰度补偿(亮度校正), 然后使用单一阈值一次性分割获得了脐橙表面缺陷区域^[6]。该方法简单高效, 在水果表面缺陷在线检测中有较大的应用潜力。

目前, RGB 彩色成像系统已经广泛应用于水果分级检测中, 但 RGB 彩色成像系统在识别一些水果表面缺陷时性能较差, 主要原因是缺陷区域通常对 R、G 和 B 波段不敏感^[7]。因此, 许多研究者尝试使用近红外成像系统来检测水果表面缺陷。Kim 等对苹果表面的虫害粪便污染进行了多波段(450~850 nm)反射特性试验^[8], 并对受污染的苹果进行缺陷算法开发试验。Kleynen 等研究发现 750 nm 波段图像能有效区分

苹果表面大部分缺陷和正常组织^[9]。Lee 等将近红外 CCD 应用到椰枣表皮剥落缺陷检测中, 与普通 CCD 相比, 近红外 CCD 获取的图像其缺陷区域的对比度得到明显增强^[10]。目前该系统已用于实际生产, 分级精度最高可达 95%。展慧等提出了近红外光谱和机器视觉的多源信息融合技术的板栗缺陷检测方法, 建立了 3 层 BP 神经网络融合识别模型, 该模型对测试样本的识别率为 90%^[11]。

目前, 水果表面缺陷视觉检测技术面临的主要问题是: 如何快速、准确地定位缺陷区域。由于水果通常呈球体或椭球体, 其表面的曲率变化使得灰度分布很不均匀, 水果中心区域的灰度值较高, 边缘区域的灰度值较低, 而水果表面缺陷通常以较低的灰度值出现在图像中。因此, 水果表面缺陷很难用单一阈值进行分割。本研究以新疆和田枣为对象, 研究其表面亮度校正算法和表面缺陷快速检测方法, 为红枣的自动分级提供理论依据和技术支持。

1 图像采集系统

红枣图像采集系统如图 1 所示。该系统由输送线、光照装置、计算机视觉系统组成。输送线采用 2 排双锥式滚子来输送和翻转红枣, 整个输送线为黑色。双锥式滚子以一定的间隔均匀地装在链条上, 链条由传动轮来带动。红枣放置在滚子之间, 双锥式滚子与摩擦带紧密接触, 当摩擦带与双锥式滚子之间存在速度差时, 由速度差产生的摩擦力使双锥式滚子在向前运动的同时绕水平轴转动, 带动红枣翻转, 从而保证摄像机获得红枣的全表面图像。计算机视觉系统由 HD-HV1351UM 相机、图像采集卡、2 条 LED 近红外光源、滤光片和计算机构成。

2 图像处理

2.1 图像采集

图像采集采用触发抓拍的方式。红枣运动状况检测传感器安装在图像采集区域内, 用于检测待红枣是否到达预定的图像采集位置。当传感器检测到红枣到达预定位置时发出触

收稿日期: 2014-07-31

基金项目: 中国科学院科技支新工程(编号 XBJ-2011-015)。

作者简介: 张 萌(1980—), 男, 辽宁沈阳人, 硕士, 讲师, 研究方向为数控机床故障诊断与维修。E-mail: 51263094@qq.com。

通信作者: 许 敏, 博士, 副研究员, 研究方向为机器视觉检测技术及其在农产品自动分级系统中的应用。E-mail: mxu@sia.cn。

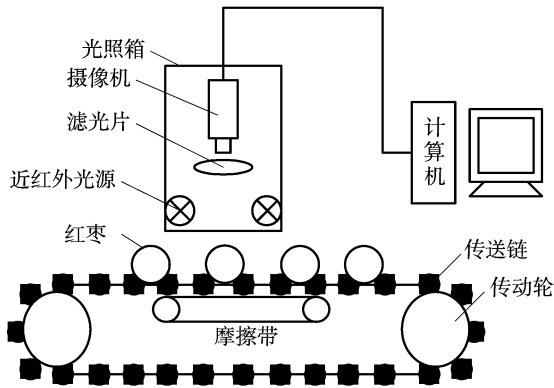


图1 红枣在线图像获取系统示意

发信号,图像采集卡受到触发,红枣图像被采集到计算机内存中,等待进一步的处理。同一红枣被连续抓拍4次,理想状态下4幅图像可以组成红枣几乎完整的表面。图2所示为采集系统获取的红枣图像,其中前3幅存在虫害缺陷,最后1幅不存在缺陷。

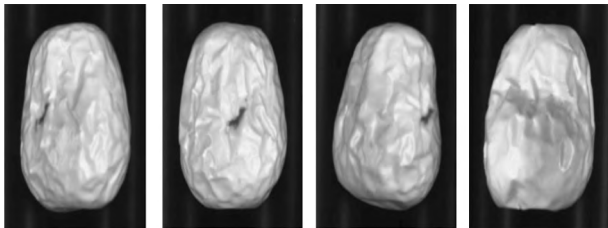


图2 同一红枣连续4幅图像

2.2 图像预处理

图像预处理目标是去除背景及噪声,由于掩模具有去除背景及噪声的同时不破坏缺陷区域的优点^[12],本研究采用掩模法去除背景。掩模法去除背景的关键是构建完整的掩模图像。从图2可以看出,红枣区域的灰度明显高于背景区域。因此,可以使用一个简单阈值 T 对图像进行二值化并将该二值图像作为掩模图像。在本试验中阈值 T 设为 70,基于此阈值将红枣原始图像 I_{orig} 的目标区域设置为 1,背景区域设置为 0,然后再进行形态学开运算及填充运算,去除目标区域中的噪声干扰及目标区域中出现的空洞,形成二值掩模图像 $Temp$ 。红枣二值掩模图像见图3。然后进行如公式(1)的运算就可以获得不含背景的红枣灰度图像。

$$I_{mask} = I_{orig} \times Temp \quad (1)$$

式中: I_{mask} 为掩模操作后的图像。去背景后的红枣灰度图像见图4。掩模去除了背景且完整地保留了红枣正常区域及缺陷区域。从图4可以看出,图像中心区域较亮,而红枣边缘及缺陷区域较暗,这将影响缺陷区域分割的准确性。为此,本试验研究了红枣表面亮度校正方法。

2.3 亮度校正

亮度校正的目的是消除水果表面灰度分布不均对缺陷检测的影响。李江波等基于照度-反射模型,使用低通滤波获取 R 分量图像的亮度分量并使用此亮度分量对去背景后的 R 分量图像进行亮度校正^[13]。使用的亮度校正算法是在频域中进行的,整个校正过程包括:中心变换、离散傅立叶变换、

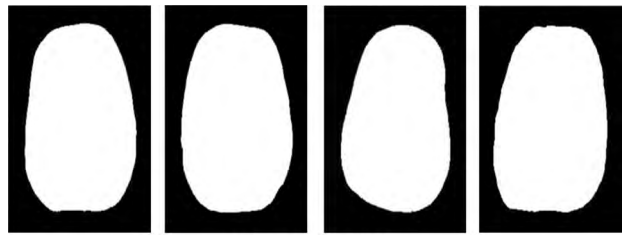


图3 二值掩模图像

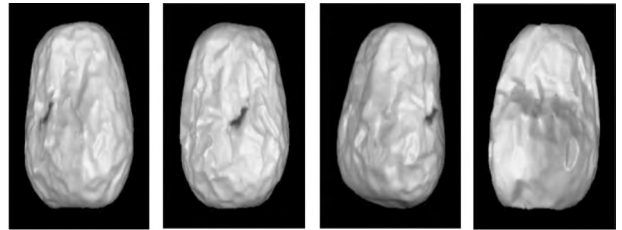


图4 去背景后的灰度图像

Butterworth 低通滤波器设计以及傅立叶反变换,算法的计算量非常大。为了提高检测系统的实时性,本研究提出了一种空域内直接亮度校正算法。

2.3.1 亮度图像获取 设 $f(x, y)$ 表示某一图像, $h(x, y)$ 表示某一形式的滤波器,则亮度图像可以表示为:

$$I(x, y) = f(x, y) \otimes h(x, y) \quad (2)$$

式中: $I(x, y)$ 表示亮度图像, \otimes 表示卷积。亮度图像获取的关键是滤波器的设计,本研究直接对去背景后的红枣灰度图像进行均值滤波。设 $f(x, y)$ 表示某一图像,其大小为 $M \times N$, $Temp$ 表示大小为 $m \times m$ 的方形均值滤波模板,通过的试验,均值滤波模板的尺寸可由公式(3)确定。

$$m = \text{round} \left[\frac{\min(M, N)}{8} \right] \times 2 + 1 \quad (3)$$

式中: $\min(M, N)$ 表示取 M 和 N 的较小值; $\text{round}()$ 表示圆整。

2.3.2 亮度校正及缺陷区域分割 在获得亮度图像 $I(x, y)$ 后(图5),利用公式(4)对亮度图像进行校正。

$$f'(x, y) = \frac{f(x, y)}{I(x, y)}; \quad F(x, y) = \begin{cases} 255 & \text{if } f'(x, y) \geq 1 \\ 255 \cdot f'(x, y) & \text{if } f'(x, y) < 1 \end{cases} \quad (4)$$

式中: $f'(x, y)$ 为亮度校正后的图像, $F(x, y)$ 表示将亮度校正后的图像灰度限制在 $[0, 255]$ 区间内。

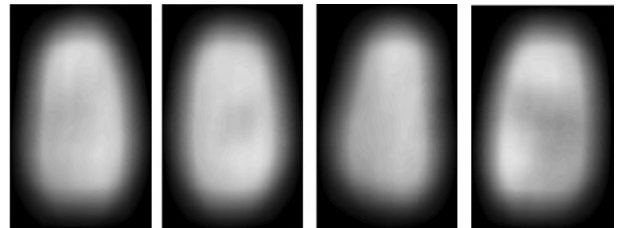


图5 亮度图像

亮度校正后的图像见图6。从图6可以发现红枣正常表面经校正后呈现为高灰度区域,而缺陷区域仍然为低灰度区域,即使缺陷位于图像的边缘区域(此时缺陷较难检测)也能

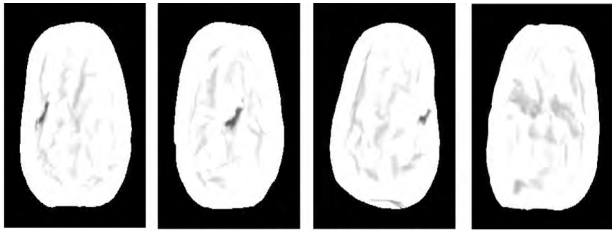


图6 亮度校正后的灰度图像

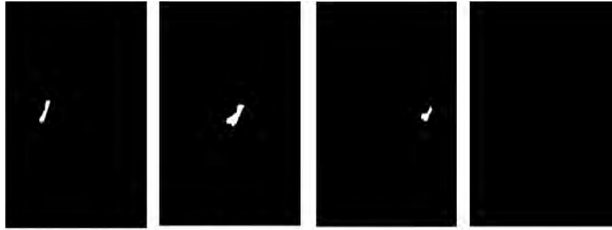


图7 缺陷二值图像

达到非常好的校正效果。亮度校正后的图像,使用一个简单阈值即可分割出红枣表面缺陷区域。分割结果见图7(所用阈值为170)。

3 试验分析

根据试验要求,由当地熟练挑拣工挑选不同种类的缺陷样本,包括虫害枣、鸟啄枣、霉烂枣、药害枣、正常枣。采集到的部分缺陷枣和正常枣图像见图8-a,采用本研究所述方法分割获得的缺陷区域图像见图8-b。虫害枣、霉烂枣、正常枣的识别准确率较高,药害枣的识别率仅为76%,主要原因是药害枣表面呈现麻点状缺陷,经亮度校正后麻点状缺陷很容易被淹没,导致缺陷区域无法获取(表1)。同时比较了本研究方法与李江波等所提方法的实时性。李江波等方法处理1幅图像需要72ms^[13],而本研究提出的缺陷检测方法处理1幅图像仅需要35ms。因此,本研究提出的缺陷检测方法能显著提高检测系统的实时性。

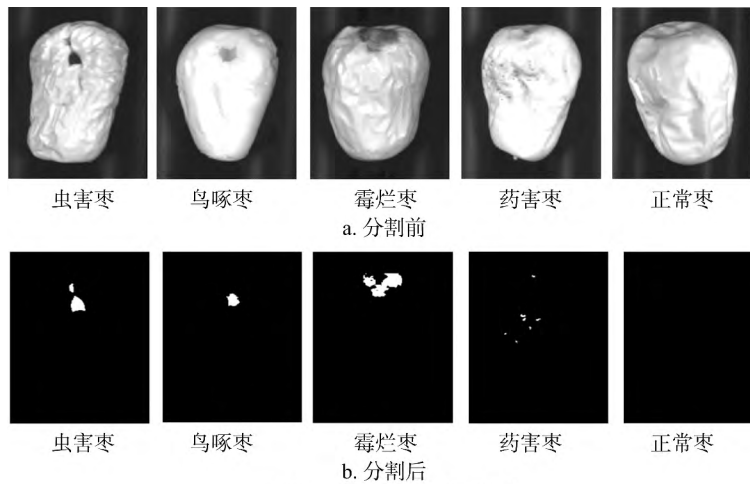


图8 缺陷枣分割前后图像

表1 不同种类缺陷枣检测识别结果

枣缺陷种类	样本(粒)	正确检测(粒)	准确率(%)
虫害	100	95	95.0
鸟啄	80	73	91.3
霉烂	200	196	98.0
药害	100	76	76.0
正常	600	593	98.8
合计	1 080	1 033	95.6

4 结论

本研究针对红枣表面灰度分布不均,致使其表面缺陷难以快速准确定位问题,提出了一种果面灰度分布不均快速补偿方法。经该补偿方法处理后,果面缺陷区域特征得到显著增强。试验结果表明,与已有果品表面缺陷检测方法相比,本方法能显著提高果品自动分级系统的实时性,同时该缺陷检测方法综合准确率可达95%以上。

参考文献:

[1]初乐,吴茂玉,朱风涛,等.新疆地区红枣产业现状及发展建议

[J].农产品加工·学刊,2012(4):110-113.

[2]应义斌,烧秀勤,赵匀,等.机器视觉技术在农产品品质自动识别中的应用(I)[J].农业工程学报,2000,16(1):103-108.

[3]朱伟华,曹其新.基于模糊彩色聚类方法的西红柿缺陷分割研究[J].农业工程学报,2003,19(3):133-136.

[4]李锦卫,廖桂平,金晶,等.基于灰度截留分割与十色模型的马铃薯表面缺陷检测方法[J].农业工程学报,2010,26(10):236-242.

[5]赵杰文,刘少鹏,邵小波,等.基于支持向量机的缺陷红枣机器视觉识别[J].农业机械学报,2008,39(3):113-115,147.

[6]李江波,烧秀勤,应义斌.基于照度-反射模型的脐橙表面缺陷检测[J].农业工程学报,2011,27(7):338-342.

[7]Gowen A A, O'Donnell C P, Cullen P J, et al. Hyperspectral imaging - an emerging process analytical tool for food quality and safety control [J]. Trends in Food Science & Technology, 2007, 18(12): 590-598.

[8]Kim M S, Lefcourt A M, Chao K, et al. Multispectral detection of fecal contamination on apples based on hyperspectral imagery: Part I. Application of visible and near-infrared reflectance imaging [J]. Trans of the ASAE 2002, 45(6): 2027-2037.

胡传明, 陆勤勤, 张美如, 等. 不同品系条斑紫菜采收期游离氨基酸组成与含量变化特征[J]. 江苏农业科学 2015, 43(7): 334-337.
doi: 10. 15889/j. issn. 1002-1302. 2015. 07. 114

不同品系条斑紫菜采收期游离氨基酸组成与含量变化特征

胡传明^{1,2}, 陆勤勤¹, 张美如¹, 朱建一³, 马飞⁴, 周伟¹, 沈辉¹

(1. 江苏省海洋水产研究所, 江苏南通 220067; 2. 江苏省农业种质资源保护与利用平台, 江苏南京 210014;
3. 常熟理工学院, 江苏常熟 215500; 4. 江苏省宿迁市宿城区食品药品监督管理局, 江苏宿迁 223800)

摘要:以 7 个条斑紫菜栽培品系为材料, 利用柱前衍生高效液相色谱法, 对其在采收期前期、中期与后期的 16 种游离氨基酸含量进行测定。结果显示, 试样游离氨基酸总含量在 48.71 ~ 62.05 mg/g 之间, 其中, Ala、Arg、Glu 与 Asp 4 种呈味氨基酸含量最高, 总含量在 36.05 ~ 53.96 mg/g 之间, 占总游离氨基酸的 69.11% ~ 86.47%。除对照品系外, 其他 6 个品系的呈味氨基酸与游离氨基酸总量均在采收中期达到最高; 所有品系的必需氨基酸含量均随采收时间延迟呈增长趋势, 在采收后期达到最高; 苏通条斑紫菜品系在呈味氨基酸与总游离氨基酸含量组成水平上最高, 其次为 Y-H002、苏研与苏连, 对照品系最低。

关键词:条斑紫菜; 游离氨基酸; 采收期; 栽培品系

中图分类号: S917.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)07-0334-04

紫菜属(*Pyropi*) 是一类原始大型红藻, 生长分布范围广泛, 其经济种类条斑紫菜和坛紫菜是我国重要的栽培海藻。条斑紫菜是属于原红藻纲、红毛菜科的一类海洋大型藻类, 其生活史由宏观的叶状体(配子体)阶段和微观的丝状体(孢子体)阶段循环完成^[1-2]。1953 年, Kurogi 开始在实验室内培养丝状体获得壳孢子, 并由壳孢子得到幼叶状体^[3-4]。20 世纪 50 年代末, 国外学者陆续提出紫菜的“种”与栽培性状的概念, 由此建立了紫菜人工栽培技术, 条斑紫菜选育研究也得到广泛发展。1969 年, Miura 经过多年选育, 获得具有稳定遗传性状的栽培品种——奈良轮条斑紫菜(*P. yezoensis* f. *narawaensis*)。其后, 通过单倍体育种方法成功培育出色泽优、产量高的条斑紫菜新种质晓光, 成为 20 世纪 90 年代日本盛行的条斑紫菜栽培品种^[5]。我国藻类学者在 20 世纪 80 年代初, 基本延袭这一方法选育成 1 个长型条斑紫菜品种^[2]。目前, 单倍体育种技术有了长足发展, 并通过种内、种间杂交、定向培育、诱变育种等技术手段, 开展了大量的条斑紫菜种质改良、新品系研发等。

条斑紫菜属于一类风味食品, 除对产量与形态等基本特征进行必要描述^[6]、对其叶绿素荧光特征、脂肪酸与挥发物的组成含量等开展研究外^[7-11], 评价一个栽培品系的风味特征是工作重点之一, 可以反映其食用品质与商业价值。风味物包括游离氨基酸、5'-核苷酸、还原糖与有机酸等一系列物质^[12]。条斑紫菜游离氨基酸以 Glu、Ala、Asp、Arg、Tau 等呈味氨基酸含量最高, 以体现其醇厚的风味^[13]。游离氨基酸成分与含量不仅与条斑紫菜的种质有关^[13], 而且与其栽培环境及采收时间也有一定的联系^[13-16]。本研究以包括杂交品系、高光强胁迫筛选品系、诱变选育品系、自然选育品系与栽培品系在内的 7 个条斑紫菜品系为材料, 测定其在采收期前期、中期与后期的游离氨基酸含量, 分析各品系游离氨基酸组成与含量变化特征, 为条斑紫菜各栽培品系的评价研究提供参考。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

在江苏南通紫菜栽培区, 分别于 2013 年 1 月 1 日(前期)、2 月 28 日(中期)、3 月 28 日(后期)采集各条斑紫菜品系(表 1); 使用海水清洗藻体, 并剔除杂藻和藻体基部, 快速过纯水去除盐分; 藻体低温快速风干, -20 ℃ 保存。

1.2 游离氨基酸含量的测定

样品研磨, 过 100 目筛; 精确称取藻粉 0.30 g, 加入体积分数 75% 的乙醇 50 mL, 100 ℃ 水浴 15 min, 40 ℃ 真空旋转蒸干, 重复上述步骤 1 次; 用适量 pH 值为 2.2 的柠檬酸缓冲液

收稿日期: 2014-07-31

基金项目: 海洋公益性行业科研项目(编号: 201105023); 江苏省科技支撑计划(编号: BE2011375); 江苏省南通市农村科技创新及产业化计划(编号: HL2012011)。

作者简介: 胡传明(1980—), 男, 江苏新沂人, 硕士, 助研, 主要从事海洋水产与生物化学研究。Tel: (0513) 85232689; E-mail: hucharming@163.com。

[9] Kleyneyn O, Leemans V, Destain M F. Development of a multi-spectral vision system for the detection of defects on apples[J]. Journal of Food Engineering 2005, 69(1): 41-49.

[10] Lee D J, Schoenberger R, Archibald J, et al. Development of a machine vision system for automatic date grading using digital reflective near-infrared imaging[J]. Journal of Food Engineering, 2008, 86(3): 388-398.

[11] 展慧, 李小昱, 周竹, 等. 基于近红外光谱和机器视觉融合技术的板栗缺陷检测[J]. 农业工程学报, 2011, 27(2): 345-349.

[12] 李江波, 饶秀勤, 应义斌, 等. 基于掩模及边缘灰度补偿算法的脐橙背景及表面缺陷分割[J]. 农业工程学报, 2009, 25(12): 133-137.

[13] 李江波, 饶秀勤, 应义斌. 水果表面亮度不均校正及单阈值缺陷提取研究[J]. 农业机械学报, 2011, 42(8): 159-163.