

文章编号:1671-1513(2012)01-0069-05

肉品品质检测技术综述

付 妍¹, 郭培源¹, 孙 梅¹, 徐冉冉²

(1. 北京工商大学 计算机与信息工程学院, 北京 100048; 2. 北京卓立汉光仪器有限公司, 北京 101149)

摘要:介绍了人工嗅觉与人工味觉检测技术、计算机视觉技术、近红外光谱技术、高光谱图像检测技术等无损检测技术的发展概况。应用高光谱图像技术对肉品品质进行无损检测是当前的研究热点之一。介绍了该技术的基本原理和国内外肉品品质高光谱图像检测技术的研究现状,并展望了高光谱图像检测技术在肉品品质检测中的研究前景,以期对我国相关研究人员的研究工作提供参考。

关键词:肉品品质; 无损检测技术; 高光谱图像检测技术

中图分类号: TS207.3 **文献标志码:** A

对于肉品,消费者最为关心的是肉品质量以及价格,这就对肉品加工产业化、肉品的安全和食用品质评定以及肉品真伪、掺假鉴别等方面提出了要求^[1]。肉品的感官品质一般从颜色、嫩度、风味、保水性等方面来衡量,传统的检测方法较多的是使用感官检测、理化检测以及微生物学检测等有损性检测评价手段。目前,世界范围内对于肉品品质检测技术的研究已经有了一定的成果,如肉品化学成分分析、肉品新鲜度检测技术、利用图像处理等技术来进行畜体分级和肉品品质检测,并且已开发成仪器设备应用于实际生产中。尤其是丹麦和德国等已开发出近红外光谱在线检测肉品品质的生产线^[2]。本文介绍了现代检测领域肉品品质无损检测的各种方法,并重点介绍高光谱图像检测技术在肉品品质无损检测中的应用。

1 肉品品质无损检测技术

1.1 人工嗅觉与人工味觉检测技术

人工嗅觉与人工味觉检测技术是近年来发展起来的一种新颖的模拟人类及动物的嗅觉和味觉功能的检测技术。人工嗅觉和人工味觉又称电子鼻和电

子舌,可用于识别食品的气味、鉴别真伪、控制整个生产过程的工艺,从而保证产品质量。

肉品由于各种微生物的污染和作用或者由于自身酶的分解作用会引起腐败现象及酸臭性发酵,从而产生硫化物和氨气等挥发性物质,因此,可以利用人工嗅觉系统测试硫化物和氨气浓度随时间的变化,来判断肉品的新鲜度。目前,国外把人工嗅觉系统应用于肉品新鲜度检测的研究颇为广泛。国内专家也开始将人工嗅觉系统应用于肉类新鲜度检测,如郭培源,曲世海^[3]构建了一套基于电子信息技术、光电检测技术、图像处理技术以及神经网络模式识别技术的智能检测辨识系统。其利用人工嗅觉系统采集肉品腐败产生的氨气、硫化氢,并将采集到的数据作为神经网络的一组输入,为猪肉新鲜度判断提供可靠依据^[4]。其中嗅觉可视化技术是目前国际上人工嗅觉技术研究的一个新的分支,能够解决一些常见气体传感器存在的问题,弥补现有电子鼻系统的某些不足,其突出的特点是将嗅觉信息转化为视觉信息,使气味“看得见”。嗅觉可视化技术是美国伊利诺伊大学厄本那-香槟分校的 Kenneth S. Suslick 教授首先提出,利用化学显色剂与待检测气体反应前后,其颜色会发生变化的这一性质来对待

收稿日期: 2011-10-04

基金项目: 北京市自然科学基金资助项目(4092012).

作者简介: 付 妍,女,硕士研究生,研究方向为控制理论与控制工程;

郭培源,男,教授,博士,主要从事食品安全控制与检测技术、嵌入式技术方面的研究。通讯作者。

测气体进行定性及定量分析的可视化方法^[5].

人工味觉系统(*artificial taste system, ATS*)技术起步还不长,还有待进一步发展.而人工嗅觉和人工味觉的结合虽然可以进一步提高食品的检测和识别能力,但是相关方面的研究更是处于初级阶段.

1.2 计算机视觉技术

计算机视觉检测技术是利用图像传感器(高分辨率CCD)获取物体图像,然后将图像转换成数字图像,通过计算机模拟人的判别准则去理解和识别图像,用图像分析做出相应结论的实用技术.其中图像处理和图像分析是计算机视觉技术的核心^[6-7].

由于计算机视觉系统具有无损、可靠、快速的优点,因此在肉类品质检测中应用广泛,不仅在可见光领域,而且扩展到了近红外、红外等领域.张哲等人利用计算机视觉技术测定了猪眼肌肌内脂肪含量^[8].它也用于研究猪腰肉的品质波动和分级,如用400~700 nm的光纤反射测量系统可以检测出明显的PSE猪腰肉.

1.3 近红外光谱技术

近红外光谱(*near infrared spectroscopy, NIRS*)技术是近年来在食品行业中得到广泛应用的新型光学检测技术.该技术综合光谱学、化学计量学和计算机等多学科知识的现代分析技术,具有快速在线分析,简单无污染,非破坏性分析可实现无损检测,可实现远程分析检测等优点.它不仅能实现肉品传统的化学成分检测,同时在感官品质评价、品种鉴别、肉质品质等其他方面也有涉及,已经发展成为一个十分活跃的研究领域.由于肉类中的大多数有机化合物如蛋白质、脂肪、有机酸、碳水化合物等都含有不同的含氢基团,所以通过对对其进行近红外光谱分析就可测定这些成分的含量,并通过进一步分析得到更多与肉品品质相关的信息^[2].国内外有很多专家利用近红外技术进行肉类检测,如国外已有人成功利用近红外光纤探针实现了在加热过程中检测肉品的水分变化,为肉类工业有效合理控制加工过程提供了一条新途径^[9].Warnecke—H W利用近红外技术研究了肉制品加工过程中添加剂对脂肪、水分、蛋白质含量测定的影响.结果发现大多数添加剂对近红外的吸收有影响^[10].国内侯瑞峰等通过近红外技术建立了挥发性盐基氮(TVB-N)的预测模型,并通过聚类分析方法对光谱数据进行了分类处理,可实现肉品的无损快速检测^[11].

但近红外光谱技术也有着它的致命缺点:需要大量有代表性且化学值已知的样品建立模型,定量分析的精度不高,计算模式的建立繁琐等.

2 肉品品质高光谱图像检测技术

目前的大多数无损检测方法仅采用了单一的检测手段、较传统的信号预处理技术和模式识别方法.它们往往仅对某一两项指标有较好的信息响应,无法利用多种信息进行综合全面的评价.而肉品的整体品质是复杂的,应由多项指标进行综合评定.因此将几种检测技术有机融合,充分利用多元信息,使肉品品质得到简单、快速、准确、全面的评价是今后研究和发展的重点.

集光谱检测和计算机视觉于一身的高光谱图像检测技术越来越受到国内外研究者的青睐,由于光谱技术能检测到肉类的物质结构、成分组成等内部品质信息,计算机视觉技术又能全面反映肉的外在特征,所以高光谱图像能反映肉类的综合品质.

2.1 高光谱图像检测技术

高光谱图像技术(*hyper-spectral image*)作为一项新兴的检测技术,集中了光学、光电子学、电子学、信息处理、计算机科学等领域的先进技术,把传统的二维成像技术和光谱技术有机地结合在一起.该技术具有超多波段、高的光谱分辨率和图谱合一的特点.因此高光谱技术应用于农畜产品、食品的品质与安全性检测中具有较大的检测优势和检测精度^[12].高光谱成像技术已经应用于水果内部品质、表面污染和瘀伤检测^[13]、蔬菜的成熟度和内部品质检测,以及应用于肉的内部品质的检测^[14].

高光谱图像检测技术的硬件组成主要包括光源、CCD摄像头、装备有图像采集卡的计算机和单色仪.光谱范围可以在200~400 nm,400~1 000 nm,900~1 700 nm,1 000~2 500 nm.基于图像光谱仪的高光谱图像检测系统如图1.它主要由面阵CCD摄像头和图像光谱仪组成.工作时,图像光谱仪将检测对象反射或透射过来的光分成单色光源后进入CCD摄像头.该系统采用“推扫型”成像方法得到高光谱图像:面阵CCD探测器在光学焦面上的垂直方向上做横向排列完成横向扫描(X方向),获取的是检测对象在条状空间中每个像素在各波长下的图像信息.同时,在检测系统输送带前进的过程中,排列的探测器扫出一条带状轨迹从而完成纵向扫描

(Y方向). 综合横纵扫描信息就可以得到样品的三维高光谱图像数据, 如图2.

成分分析后, 在第6主成分波段图像中, 可清晰地看到生有寄生虫的部分, 如图3. 从图中, 我们可以清晰地辨别出经过主成分分析的高光谱图像的菌斑位置. 图4为无菌斑和有菌斑位置的波长曲线拟合图, 此图中红线为无细菌的位置波形, 蓝线为有细菌的位置波形, 从图中可以容易地看出两部分鱼肉的反射率不同. 由此, 可以充分地说明用高光谱图像检测技术检测鱼肉菌斑的研究具有可行性和实际意义.

图1 基于图像光谱仪的高光谱图像系统

Fig. 1 Hyperspectral imaging system configuration

图2 基于光谱仪的三维高光谱图像数据示意

Fig. 2 3D hyperspectral imaging data

在肉品品质高光谱图像检测技术方面, 国内外已经有了一些相关的研究报道, 如 Jinjun X 等^[15]研究了不同的牛肉在近红外光谱范围的散射特性, 发现牛肉的嫩度值与光谱的散射有较高的相关性, 表明利用光谱散射特性可以预测牛肉的嫩度. Cluff^[16]等使用高光谱散射特性预测牛肉的嫩度, 预测相关系数最高为0.76. 但是基于高光谱图像检测技术的肉品品质参数的检测, 目前还未见相关的研究报告.

郭培源、付妍等人正在研究利用高光谱图像检测技术检测鱼类品质的相关问题, 高光谱图像在400~1 000 nm 波长的512个波段范围内获得, 利用主成分分析法可得到有效的特征波长. 例如, 用由高光谱图像系统采集到鱼肉的高光谱图像, 通过主

图3 高光谱主成分分析

Fig. 3 Plaque of Hyperspectral principal component analysis

图4 无菌斑和有菌斑位置的波长曲线拟合图

Fig. 4 Position of plaque and no wavelength curve fitting

同时, 也研究了利用高光谱图像检测技术检测猪肉品质的相关问题, 高光谱图像是在近红外光范围内获得. 新鲜猪肉样本高光谱图像近红外范围内某一波段的灰度图和3D伪彩色立体图如图5. 从图中可以看出近红外成像效果一般, 但是反射率信息量较大, 有助于后续分析.

2.2 肉品品质高光谱图像检测技术的前景

高光谱图像检测技术结合了光谱学和成像学的

参考文献:

- [1] Monin G. Recent methods for predicting quality of whole meat [J]. Meat Science, 1998, 49(2):231.
- [2] 徐霞,成芳,应义斌. 近红外光谱技术在肉品检测中的应用和研究进展[J]. 光谱学与光谱分析, 2009, 29(7):1876–1880.
- [3] 曲世海,郭培源. 基于多信息处理的肉类新鲜度检测方法研究[J]. 北京工商大学学报:自然科学版, 2006, 24(5):26–31.
- [4] 许冠男,郭培源,袁芳. 猪肉新鲜度无损检测技术现状及发展方向[J]. 北京工商大学学报:自然科学版, 2010, 28(1):14–17.
- [5] 邹小波,赵杰文. 农产品无损检测技术与数据分析方法[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2008:1–8.
- [6] 陈纯. 计算机图像处理技术与算法[M]. 北京:清华大学出版社, 2003:3–15.
- [7] 李明静,刘贯勇,张志伟. 计算机视觉在牛肉自动分级技术中的应用[J]. 肉类研究, 2007(6):18–20.
- [8] 张哲. 计算机视觉技术在猪眼肌肌内脂肪含量测定中的应用[J]. 猪业科学, 2006(2):24–25.
- [9] 史苏佳. 近红外对食品的无损伤分析[J]. 食品研究与开发, 2007(3):177–179.
- [10] Warnecke H W, Lehmann F, Chwager K, et al. Effects of additives on results of near infrared analyses [J]. Fleischwirtschaft, 1997, 52(4):196–200.
- [11] 侯瑞峰,黄岚,王中义,等. 用近红外漫反射光谱检测肉品新鲜度的初步研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2006, 26(12):2193–2196.
- [12] Gowen A A, 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, 18:590.
- [13] 马本学,应义斌,饶秀勤,等. 高光谱成像在水果内部品质无损检测中的研究进展[J]. 光谱学与光谱分析, 2009, 29(6):1611.
- [14] Qiao J, Wang N, Ngadi M O, et al. Non-destructive inspection of Chinese pear quality based on hyperspectral imaging technique [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2007(2):1.
- [15] Jinjun X, Amanda W, David E, et al. Distribution of optical scattering properties in four beef muscles [J]. Sensing and Instrumentation for Food Quality and Safety, 2008(2):75.
- [16] Cluff K, Naganathan G K, Subbiah J, et al. Optical scattering in beef steak to predict tenderness using hyperspectral imaging in the VIS-NIR region [J]. Sensing and Instrumentation for Food Quality and Safety, 2008(2):189.

图5 猪肉样本高光谱图像检测灰度图和3D伪彩色立体图

Fig. 5 Pork sample hyperspectral image detection gray image and 3 D stereo false color

优势,应用高光谱图像检测技术研究肉类品质的检测问题是近年来才兴起的。本文经过鱼肉菌斑的检测试验,初步研究表明高光谱图像技术能对肉品品质进行可视化分析,高光谱图像用于肉品品质检测具有较好的效果,具有可研究性和可行性。

高光谱成像系统在确定产品品质参数的特征波长方面具有明显的优势,研究确定与检测肉品品质的最有效特征波长,然后通过设计具有若干个波长的光谱图像系统,从而应用到实际生产检测中。这样就可以大大地提高检测效率,真正达到在线、快速、无损检测肉类品质的目的。

3 结束语

随着科学技术的发展,肉品品质无损检测技术将向融合多种检测技术的方向发展。由于高光谱图像检测技术能同时获取待测肉品丰富的图像和光谱信息,能对肉品品质进行无损检测和综合评价,因此该技术在肉品品质检测方面有很大的发展潜力。

不同肉品光吸收特性有很大不同,高光谱的优势在于能根据检测目标选择最佳有效特征波长,这就增加了高光谱图像检测技术的潜在应用。我们可应用高光谱图像检测技术对其他重要的肉品品质进行可行性研究,如新鲜度、药物残留、重金属含量、加工助剂及添加剂等,扩展高光谱图像检测技术在肉品品质检测的研究领域。肉品品质的无损检测技术尤其是高光谱图像检测技术在我国还处于实验研究阶段,并没有真正投入到实际生产当中。所以,加速肉品品质无损检测设备的市场应用,实现肉品的在线、快速、无损检测对我国内肉类产业的现代化发展具有非常重要的实际意义。

Study on Meat Quality Detection Techniques

FU Yan¹, GUO Pei-yuan¹, SUN Mei¹, XU Ran-ran²

(1. School of Computer Science and Information Engineering, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China; 2. Zolix Instruments Co. Ltd., Beijing 101149, China)

Abstract: The artificial olfactory system (AOS) and artificial taste system (ATS) detection techniques, computer vision detection technology, near infrared spectroscopy (NIR) detection technology, and hyperspectral image detection technology were described in this paper. Hyperspectral image detection technology has become a research hotspot for meat quality detection. The basic principle of hyperspectral image detection technology and the research status in meat quality detection using hyperspectral image at home and abroad were introduced in the paper. The prospect of future research in meat quality detection using hyperspectral image detection technology was proposed to researchers on the related study as a reference.

Key words: meat quality; nondestructive detection technique; hyperspectral image detection technology

(责任编辑:王 宽)

(上接第 68 页)

Research on NIR Model of Edible Oil Impacted by Spectral Resolution Determination

WU Jing-zhu, LIU Cui-ling, XING Su-xia, SUN Mei

(School of Computer Science and Information Engineering, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China)

Abstract: There are some effects on near infrared analysis result caused by the type of near infrared spectrometer and working parameters settings. How the different spectral resolution on Fourier transform spectrometer impact quantitative NIR model of edible oil was discussed in this paper. The experiment collected near infrared spectrum of 60 edible oil samples using Vertex 70 spectrometer, in three kinds of spectral resolution ($4, 8, 16 \text{ cm}^{-1}$) conditions, by the transmission type liquid optical fiber probe. Monte Carlo sampling method was used to analysis three groups of near infrared spectral sample set and eliminate the abnormal samples. The calibration set and validation set were divided according to Kennard-Stone method. The quantitative models of palm acid were established, optimized and validated. Experiments shown that the model built based on 16 cm^{-1} had better performance than 4 cm^{-1} and 8 cm^{-1} . The results can provided a reference spectral resolution while detecting uniform liquid by near infrared technology.

Key words: spectral resolution; near infrared spectroscopy; Monte Carlo sampling; edible oil

(责任编辑:王 宽)