

肉类品质无损检测技术的研究进展^{*}

屠 康

(南京农业大学 农业部农畜产品加工与质量控制重点开放实验室, 江苏 南京 210095)

〔摘 要〕 介绍了国内外肉品质无损检测技术的研究情况。通过研究肉品的电磁特性、声学特性、光学特性等,提出了近红外技术、超声波技术、机器视觉技术等无损检测技术和方法,使肉类质量检测达到在线、快速、准确的目的。并对肉品检测技术的进一步研究和应用方向进行了探讨。

〔关键词〕 肉品质; 无损检测; 肉品检测

〔中图分类号〕 TS251.7

〔文献标识码〕 A

〔文章编号〕 1671-9387(2005)01-0025-04

肉品的品质评定以及胴体(猪、牛、羊等)分级是肉品质研究的主要内容。对肉的品质评定的内容一般从肉色、嫩度、风味、系水力、多汁性等方面来衡量,检测方法多用化学、物理以及口感等破坏性检测手段。胴体分级根据具体对象的不同有所区别,但通常有质量级和产量级的区分。目前,国外肉品生产发达国家正在研究与应用无损检测手段进行肉品的品质评定以及胴体分级,其原理是利用肉品的物理特性,如电磁特性、声学特性、光学特性等进行快速无损检测。在我国,目前肉品基本采用破坏性检测、人工分级,对肉品质无损检测的研究与应用几乎是空白,只有少量利用电特性进行品质检测的报道^[1]。无损检测技术可以避免破坏性测量造成的样品损失,具有对待测物进行跟踪、重复检测的优点。同时,无损检测技术往往检测速度快,适于大规模产业化生产的在线检测和分级,易于实现自动化。本文介绍利用无损检测技术检测肉品质研究进展,以便借鉴和利用国外已取得的经验,促进我国科研人员更快、更好地开展这方面的研究。

1 利用近红外技术进行肉品质评价

近红外技术NIR (near infrared)是利用分析波长略高于可见光的近红外线(800~2 500 nm)的反射或透射情况,检测肉品的化学组成、物理特性等。因为肌肉组织是肉的主体,在研究中主要是研究肌肉组织。Ben-Gera等^[2]根据红外透射情况,研究了肉制品乳液中脂肪和水分的含量。Lanza^[3]利用近

红外光谱分析研究了生猪肉和牛肉的水分、蛋白质、脂肪和卡路里含量,发现在波长为1 100~2 500 nm时,反射光谱与水分、脂肪和卡路里有较高的相关性($R \geq 0.987$),与蛋白质的相关系数(R)为0.885。另有学者^[4,5]报道了利用近红外光谱分析牛肉分割肉的物理和化学特性,以及应用近红外反射模式分析牛肉肌内脂肪含量的研究,结果表明,近红外光通过光纤的反射、透射特性与牛肉剪切力相关($R = 0.798 \sim 0.826$),与其他成分如水分、蛋白质、脂肪也有较好的相关性。Park等^[6]报道了利用分析近红外反射光谱确定牛肉嫩度的结果,采用主成分分析法(PCR, principal component regression)分析波长在1 100~2 498 nm处生肉的吸收光谱,发现其与剪切力测得的熟肉嫩度存在复相关系数 $R^2 = 0.692$,这样可以建立预测牛肉嫩度(口感)的模型。应用可见光和近红外反射光还可以测定切割羊肉的化学组成。对51只羊身上不同部位的306块肌肉的检测发现,近红外测定的结果与化学分析测得的结果具有相关性,其中对水、蛋白质、肌内脂肪的复相关系数(R^2)分别为0.76、0.83和0.73^[7]。

利用近红外技术不仅可以检测生肉,对熟肉也可以进行成分检测。此外,有研究对禽肉小馅饼进行了近红外检测,以确定烘烤时间^[8]。近红外技术还可以对胴体的质量情况作出评定。

用近红外检测分析技术可以实现肉品质快速无损检测,但是这种方法存在成本较高、分析较复杂等不足。目前国外已开发出相应生产线的在线检

* 〔收稿日期〕 2003-12-19

〔基金项目〕 国家“863”高技术研究发展计划项目(2002AA 248051)

〔作者简介〕 屠 康(1968-),男,浙江黄岩人,教授,博士生导师,主要从事农产品检测、加工及贮藏方面的研究。

测设备(如丹麦、德国),而我国还没有相应的肉品质质量检测仪器。

2 利用超声波技术进行肉品品质评价

超声波检测是利用肉品在超声波作用下的反射、散射、透射、吸收特性和衰减系数、传播速度以及其本身的声阻抗和固有频率,根据一些主要参数的变化测定肉品的组成成分、肌肉厚度、脂肪厚度等,以实现快速无损在线检测与分级的方法。

超声波的主要参数如衰减系数、传播速度常被用来测定食品的理化特性。在肉品方面,利用超声波衰减系数和传播速度的变化可以测定肉品(活体或尸体)的成分,如牛、羊、猪等的背膘厚以及脂肪含量^[9,10]。Benedito等^[11]应用超声波传播速度的变化检测发酵肉肠的化学成分,发现在脂肪中温度每升高1℃,超声波速减慢5.6 m/s;在瘦肉中,超声波速随温度上升而上升。在这种现象的基础上,可以在4~25℃根据半经验公式测定脂肪、水分、蛋白质和其他物质的含量,其对以上3种物质含量检测的准确性分别高达99.6%,98.7%和85.4%。利用超声波还可以对猪的腰肉以及脂肪和肌肉厚度进行检测,另外,超声波图像分析还能检测眼肌面积^[12]。

Brondum等^[13]报道了用超声波在线检测猪胴体的系统,这套系统包括16个超声波传感器。其原理是将超声波反射、散射的信号收集后进行分析,从分析结果可以确定膘厚、肥瘦及产肉率(与胴体重量有关)、主要切割点等情况,其在线检测速度可达1150头/h,并且能达到较满意的准确率。据此原理,丹麦SFK Technology A/S公司研制了相应的在线检测产品。

超声波检测技术具有快速和非破坏性的优点,但是由于被测物体的不规则性以及肥、瘦组织分布的不均匀,可能会给检测带来误差。用超声波图像检测脂肪厚度和腰部肌肉范围,易受到操作人员、测量部位、超声波频率等因素的影响,而且实时超声波图像一般只能检测某部位的化学成分而不是全身成分。超声波检测技术可以用于人工检测,但更多地应用于在线自动快速无损检测,它具有适应性强、对人体无害、检测灵敏、使用灵活等特点。该技术虽然在国外已逐渐进入肉品实际检测中,但在我国,这方面的研究与应用尚未见报道。

3 利用电、磁特性进行肉品品质评价

肉品从新鲜到腐败的过程中,其阻抗值具有一

定的变化规律。此外,还可以利用肉品本身在电、磁场中电、磁特征参数的变化来测定其综合品质。

Higbie等^[14]采用测量胴体全身电导率的方法来估计无脂瘦肉和全脂肪含量,因为瘦肉比肥肉导电率高,通过对不同部位和条件下的猪胴体检测,发现可以用三或四变量公式预测无脂瘦肉重量,复相关系数为 $R^2 = 0.93$ 或 $R^2 = 0.95$ 。全身电导率法是方便、经济、准确测定胴体无脂瘦肉重量的方法。

还有研究^[15]发现,可以应用电磁扫描检测羊的化学组成。电磁扫描的原理是估算一个生物体的导电率,当它通过一个磁场时,骨头和肌肉这些含水的物质比脂肪有更高的导电率,电磁扫描测定的导电率和猪、羊的无脂肪瘦肉有较好的相关性。根据公式可以推算干物质、灰分、天然蛋白质、无脂肪物质的含量,复相关系数 $R^2 > 0.66$ 。

另外,测量猪体的电特性是确定猪尸体早期衰变的有效方法,因为系水力、pH值、三磷酸腺苷(ATP)的降低均与生物电阻抗以及相位变化有关。对于猪肉的不正常系水力以及PSE(pale, soft, and exudative),能够根据其电阻抗以及相位的变化得到确定。生物电阻抗还可以用于测定不同体尺的猪和牛碎肉的脂肪含量,并可以准确测定猪、牛、羊(活体、胴体、分割肉)的瘦肉含量(一般国外以75%,80%,85%瘦肉含量分别定级为一般、瘦、特瘦等级别)。有研究^[16,17]发现,以生物阻抗、温度、重量作为变量参数可以得出推算瘦肉含量的公式,此公式对尺寸较小的碎肉推算得更准确一些。在此基础上可以开发廉价的在线检测系统。

对新鲜胴体进行电刺激(低压<100 V或高压>300 V)来提高肉的嫩度和品质(肉色、大理石纹、风味、货架期等)已经在火鸡、牛、羊等畜禽身上得到成功的应用^[18]。Aalhus等^[19]研究了低压电刺激及其他方法对牛肉嫩度的影响,确认电刺激可以提高牛肉的嫩度。

Swatland^[20]报道了猪、牛尸僵发展过程中流变特性、电特性、光特性的变化情况。PSE肉可以由其低电抗和低电容检测出来,并发现3种物理检测的特性有相似的变化曲线。国内在利用电特性检测肉品新鲜度方面也有所研究。王光华^[21]通过对90例肉样的试验发现,从鲜肉到腐败肉,随着腐败程度的增加阻抗值逐渐下降,并且有规律性,可以据此检测肉品的新鲜度。同理,随着肉品保存时间的延长和腐败程度的增加,电导率值相应增加与挥发性盐基氮(TVB-N)变化值相一致,同样可以据此检测肉品的

新鲜度。

利用肉品电特性检测其新鲜度, 具有快速准确、操作设备简单、不受场合地点限制等优点, 有一定的实用和推广价值。

4 利用机器视觉技术进行肉品品质评价

随着图像处理技术的发展及计算机硬件成本的下降和运算速度的提高, 利用机器视觉系统对肉类品质进行自动检测和分级在国外已有研究和应用。

Cannell 等^[22]用商用计算机成像系统来推测牛胴体的红肉产量, 并与美国农业部的标准进行了比较。他们用2个摄像头系统对296头公、母牛进行了检测, 发现计算机成像系统对牛的尺寸、外形、脂肪分布、背膘厚度、眼肌面积等能够准确测量, 从而推算其质量与产量级。由于机器视觉适合在线速度, 其准确性比人工判定高, 而且客观稳定, 如果与人工相结合, 可以提高分级的准确性。

另外, 通过对第12/13肋骨截面的图像分析可以判断胴体的嫩度、产量级、出肉率、再切割重量。在分析数据的基础上提出了推算公式, 与人工实际测量的结果相关性较好(R^2 为0.77~0.95)。通过编程每小时可以分析400个胴体^[23]。

采用机器视觉系统也被用于研究猪腰肉的品质波动及分级。研究^[24]发现, 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, 并有一定的分级能力。

需要指出的是, 最近有研究^[25]利用牛胴体的综合测量指标(如屠宰前年龄、公母、重量、pH、瘦肉颜色、肉等级等), 并结合神经网络模型来预测牛肉的嫩度。模型可以把牛肉嫩度分级(3级或4级), 准确率达到57%~61%。这种模型建立在大量数据的基础上, 可以帮助实现联网管理。

目前的大多数研究仅仅是采用了单一的检测手段及较传统的信号预处理技术和模式识别方法。畜产品的整体品质是复杂的, 应由多项指标综合评定。某种检测手段往往对某一两项指标有较好的信息响应, 对充分利用多种信息进行综合全面评价就显得力不从心。因此将几种检测技术有机融合, 充分利用多元信息, 使肉品的质量得到简单、快速、准确、全面的评价是今后研究的重点。另外, 要应用现代信号处理技术、模式识别技术来提高识别精度, 方便操作。由于肉品附加值高, 所以加强肉品检测技术的研究力度, 采用先进的无损检测方法保证和提高产品质量, 必将能够提高我国肉品在国内外市场的竞争力, 提高社会 and 经济效益。

[参考文献]

- [1] 庄玉亭, 赵月兰. 肉品新鲜度检测方法[J]. 河北科技大学学报, 1999, 49: 63- 65
- [2] Ben-Gera I, Norris K H. Direct spectrophotometric determination of fat and moisture in meat products[J]. J Food Sci, 1968, 33(1): 64
- [3] Lanza E. Determination of moisture, protein, fat and calories in raw pork and beef by near infrared spectroscopy[J]. J Food Sci, 1983, 48(2): 471- 474
- [4] Mitsumoto M, Maeda S, Mitsunashi T. Near-infrared spectroscopy determination of physical and chemical characteristics in beef cuts[J]. J Food Sci, 1991, 56(6): 1493- 1496
- [5] Smith D R, Klueter H H, Muir P D. Near infrared reflectance analysis of intramuscular fat in beef[J]. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production, 1995, 55: 124- 126
- [6] Park B, Chen W R, Hruschka S D, et al. Principle component regression of near-infrared reflectance spectra for beef tenderness prediction[J]. Transactions of the ASAE, 2001, 44(3): 609- 615
- [7] Cozzolino D, Murray I, Scaife J R, et al. Study of dissected lamb muscles by visible and near infrared reflectance spectroscopy for composition assessment[J]. Animal Science, 2000, 70: 417- 423
- [8] Marks B P, Chen H. Endpoint evaluation of the previous thermal treatment of cooked meat via near-infrared spectroscopy[Z]. ASAE Paper No. 96-6094. 1996. 1- 5
- [9] Cross H R, Belk K E. Objective measurements of carcass and meat quality[J]. Meat Science, 1994, 36: 191- 202
- [10] Miles C A, Fursey G A J, Fisher A V, et al. Estimation of lamb carcass composition from measurement of the speed of ultrasound in the soft tissues and live animals and carcasses[J]. Meat Science, 1991, 30: 254- 256
- [11] Bedito J, Carcel J A, Rossello C, et al. Composition assessment of raw meat mixtures using ultrasonics[J]. Meat Science, 2001, 57: 365- 370
- [12] Pomar C, Rivest J, Jean dit Bailleul P, et al. Predicting loin-eye area from ultrasound and grading probe measurements of fat and muscle depths in pork carcasses [J]. Can J Anim Sci, 2001, 81: 429- 434

- [13] Brondum J, Egebo M, Agerskov C, et al On-line pork carcass grading with the autofom ultrasound system [J]. J Anim Sci, 1998, 76: 1859- 1868
- [14] Higbie A D, Bidner T D, Matthews J O, et al Prediction of swine carcass composition by total body electrical conductivity (TOBEC) [J]. J Anim Sci, 2002, 80: 113- 122
- [15] Wishmeyer D L, Snowden G D, Clark D H, et al Prediction of live lamb chemical composition utilizing electromagnetic scanning (ToBEC™) [J]. J Anim Sci, 1996, 74: 1864- 1872
- [16] Whimian T A, Forrest J C, Morgan M T, et al Electrical measurement for detecting early postmortem changes in porcine muscle [J]. J Anim Sci, 1996, 74: 80- 90
- [17] Marchello M J, Slinger W D, Carlson J K Bioelectrical impedance: fat content of beef and pork from different size grinds [J]. J Anim Sci, 1999, 77: 2464- 2468
- [18] Aalhus J L, Jones S D M, Lutz S, et al The efficacy of high and low voltage electrical stimulation under different chilling regimes [J]. Can J Anim Sci, 1994, 74: 433- 442
- [19] Aalhus J L, Larsen I L, Dubeski P L, et al Improved beef tenderness using a modified on-line carcass suspension method with, or without low voltage electrical stimulation [J]. Can J Anim Sci, 2000, 80: 51- 58
- [20] Swatland H J. Observations on rheological, electrical, and optical changes during rigor development in pork and beef [J]. J Anim Sci, 1997, 75: 975- 985
- [21] 王光华 用阻抗法快速检测猪肉鲜度 [J]. 食品科学, 1992, (4): 52
- [22] Cannell R C, Belk K E, Tatum J D, et al Online evaluation of a commercial video image analysis system (computer vision system) to predict beef carcass red meat yield and for augmenting the assignment of USDA yield grades [J]. J Anim Sci, 2002, 80: 1195- 1201
- [23] Shackelford S D, Wheeler T L, Koohmaraie M. Coupling of image analysis and tenderness classification to simultaneously evaluate carcass cutability, longissimus area, subprimal cut weights, and tenderness of beef [J]. J Anim Sci, 1998, 76: 2631- 2640
- [24] Swatland H J, Uttaro B, Goldenberg A A, et al Meat quality variation in the robotic sorting of pork loins [J]. J Anim Sci, 1998, 76: 2614- 2618
- [25] Hill B D, Jones S D M, Robertson W M, et al Neural network modeling of carcass measurements to predict beef tenderness [J]. Can J Anim Sci, 2000, 80: 311- 318

Advances in non-destructive measurement techniques for quality detection of meat

TU Kang

(Key Laboratory of Food Processing and Quality Control, Ministry of Agriculture, College of Food Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095, China)

Abstract: The research advances in non-destructive inspection of meat products are reported in this paper. Non-destructive measurement techniques such as close-infrared, supersonic wave, machine sight techniques can be developed based on physical properties of meat such as electrical magnetic properties, sonic properties, and optical properties. These techniques can meet the requirements of high speed and high accuracy on line detection of meat products. Besides, further research and possible applications are also discussed.

Key words: meat quality; non-destructive measurement; detection