

控制猪肉品质的新型感应器：用于屠宰和加工阶段测定猪胴体组分和评估猪肉品质

Gilles NASSY

(法国养猪业研究院, 巴黎 94704, 法国)

摘要: 猪肉产业现在拥有了新的测定胴体组分和加工阶段猪肉品质的工具, 其技术的成熟性已经通过实验和推广应用测试。屠宰企业正在影响这一工具建立市场和养殖企业间的经济和技术联系。肉类加工业这一新技术有效性已经在多个方面得到验证。X射线断层扫描技术可以实现对胴体3个主要组分的检测: 瘦肉、肥肉和骨。这一技术被用来虚拟分割胴体以进行分级。在剔骨分割车间, 这一技术被用来设定机器人的分割程序, 以根据每块胴体的构造进行适宜的分割。在屠宰场安装的可见光摄像机, 可以按照肥肉和瘦肉的厚度进行评级, 这样也能提高养殖者的收益。近红外光谱技术被用来测定肥瘦混合肉的组分。这个技术将替代pH值, 在屠宰阶段预测火腿的工艺品质。计算机技术、高光谱分析技术(包括可见光谱和红外光谱)的应用, 大大提高了近红外光谱技术分析的准确性, 并进一步改善了猪肉品质评估的精度。

关键词: 感应器; 组分; 品质; 屠宰; 加工

New Captors for Use in Controlling Pork Quality: Evaluation of Porcine Carcass Composition and Quality Traits during Slaughter and Processing

Gilles NASSY

(French Pig Research Institute, Pairs 94704, France)

Abstract: New captors for use in slaughterhouses and for transformation in order to measure carcass composition and characterize technological quality of meat. Slaughterhouses hold a strategic position in the center of the pork industry as they are the technological and economic link between market expectations and livestock production. New technologies, proven in other industries, appear in the meat industry and are experienced in several directions. The X-ray tomography determines accurately and nondestructively in pig carcass, the proportion of three main tissues, fat, lean and bones. X-ray is already used to perform virtual dissections to calibrate grading devices. This RX technology is experienced on deboning lines to program deboning robots according to the individual conformation of pieces. Visible light cameras are now installed in slaughterhouses to classify carcasses according to thickness of lean and fat to allow the distribution of gains payments to farmers. The near infrared spectra (NIRS) of reflection or refraction are quite widely used to measure the composition of mixed fat and lean. Their use is being validated for substitution to pH to predict, at the slaughterhouse stage, the technological quality of hams. Hyperspectral analysis (including visible and infrared rays) becomes possible thanks to the speed of computers available today. It should enhance the accuracy of the NIRS analysis and improve the characterization of pig meat.

Key words: captors; composition; quality; slaughter; processing

中图分类号: TS251.3

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2015) 02-0021-04

doi: 10.7506/rlyj1001-8123-201502005

1 猪肉产业的背景

猪肉产品有两个主要销路: 鲜肉和加工肉。为了提高生产性能, 猪肉产业要鼓励养殖企业按照下游产业的不同需求, 来饲养具备相应品质的生猪。屠宰企业在整

个产业链中占据重要的战略位置, 因为它的存在, 才使市场和养殖企业之间建立起一定的经济和技术联系。

经济联系主要为根据胴体质量和瘦肉含量对优质胴体给予奖励; 技术联系主要对猪肉的加工潜质进行预测。无论哪种情况, 屠宰企业对猪肉的品质测定都至关

收稿日期: 2014-11-20

基金项目: 农业部中法肉牛合作与交流项目 (201104810410031)

作者简介: Gilles Nassy, 男, 博士, 研究方向为肉类营养。E-mail: gilles.nassy@ifip.asso.fr

重要，它可以将下游产业的要求传递给上游养殖业，使其根据下游产业的要求组织生产。在其他领域出现的众多新技术已经开始在肉类工业应用，并在多个方面得到检验。

2 胴体组分测量技术

目前，猪胴体成分主要在称质量和评级阶段测量。在屠宰生产链中，这一操作一般在进入冷却室前进行。当前常用共有3种测量技术：反射光扫描、超声波扫描或成像技术。反射光扫描的原理是分析由一个穿透性探头发射，被样本（猪肉）反射回来的可见光束，穿过脂肪或肌肉组织反射出的光束各不相同。光束还被穿透传感器切断以测定猪肉各部分的厚度。这一原理从80年代便开始应用（如 SFK 集团的 Fat'O'meter和Sydel的CGM）。

从90年代开始，超声波断层扫描技术被用来测量胴体瘦肉的比例。丹麦SFK集团设计了自动超声波扫描，被命名为Carometec。它被用来扫描猪的背部，以测定背膘的厚度以及里脊的大小。另一种名为AutoFom的设备被安装在脱毛机和燎毛机之间。它安装在活猪接收台的斜槽中，是插入了16个超声波探头的拱门状测量设备。通过挂钩将未开膛的猪运到斜槽中，再进入拱门，通过其自重自动感应器。测量频率可与胴体的流动速度同步，以保证每隔0.5 cm发射一个信号。最后，分析出众多变量的纵向轮廓，以估测背膘的厚度以及里脊的大小。

早期应用于牛胴体评级的自动成像技术最近也被应用到猪肉产业。该技术的优点是自动化、操作成本低。在法国，Uniporc Ouest公司推出了CSB-Image-Meater®仪器。自从2013年6月以来，3/4的法国生猪（约每年1 800万头）的支付价格是以这个设备所估测的切块瘦肉比例来计算的。

所有猪胴体分级方法都必须通过欧洲委员会依据欧盟法规和专家意见进行审批。CSB-Image-Meater®完成的瘦肉率评价误差为2.4%^[1]，低于欧盟标准规定的上限2.5%。预测公式采用从胴体腰部和后腿间的两个皮下脂肪厚度（ G_3 和 G_4 ）和两个瘦肉厚度（ M_3 和 M_4 ）来计算：

$$\text{瘦肉率} = 60.12 - 0.487G_3 - 0.133G_4 + 0.111M_3 + 0.036M_4$$

式中： G_3 为臀中部最薄皮下脂肪厚度（包括皮厚）/mm； G_4 为腰部4块脊椎间皮下脂肪平均厚度（包括皮厚）/mm； M_3 为臀中部最前端和脊背端最薄瘦肉厚度/mm； M_4 为腰部，4块脊椎间瘦肉平均厚度/mm。

这个评级仪器通过了X射线扫描校准（图2），目的是避免长时间、高成本且难以保障重复性的人工分割。用法国养猪业研究院开发的一套计算法分析欧洲标准四分块扫描，得出的瘦肉率误差为0.5%^[2]，在欧盟国家中最低。

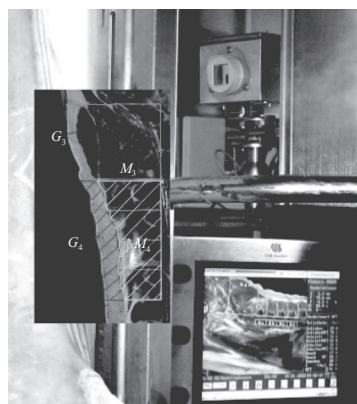


图1 CSB-Image-Meater®方法采用的4个厚度测量点
Fig.1 Four thickness measuring points of CSB-Image-Meater

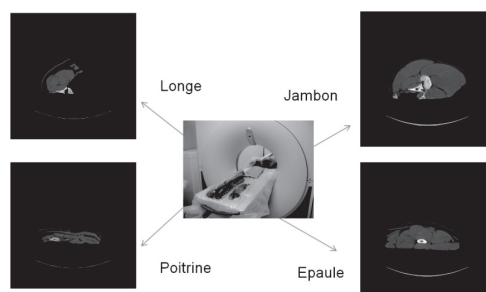


图2 X射线扫描仪可以分别测量瘦肉、肥肉和骨头的比率
Fig.2 X ray scanner can distinguish three tissues of carcasses and pork parts: the muscle, fat tissue and bone

3 X射线扫描技术

尽管业界正致力于将X射线扫描技术应用到肉类工业，但到目前为止，该技术主要被用于实验研究^[3]。一个研究家畜成像技术的欧洲科学家网络（COST FAIM行动）正致力于这项研究。

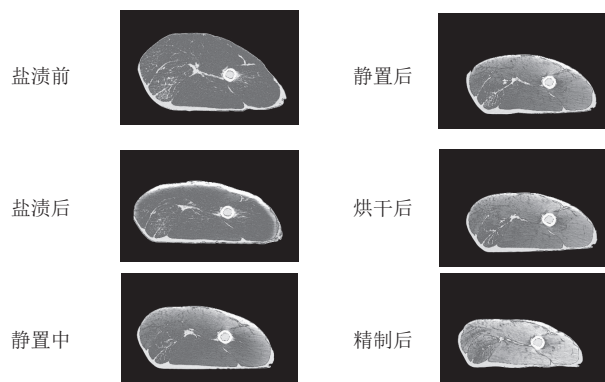


图3 利用X射线断层扫描技术对腌制火腿食盐的渗透程度的测定成像
Fig.3 Imaging of salt penetration degree of cured ham with X ray tomography technique

科研交流的目标是建立一个欧洲的瘦肉率扫描参考技术以应用于猪肉分级^[4]。在对腌制火腿不同切面成像的研究中, X 射线扫描技术的应用获得了成功^[5]。X射线扫描技术可以根据肌肉的紧密程度将食盐的渗透程度和干燥程度呈现出来^[5]。这个无创性测量对火腿腌制过程的跟踪非常有用, 并且在加工结束前就可以评估腌渍情况参数(图3)。

X射线扫描技术的应用也开始出现: Mayaekawa Mycom 仪器已经在生产线上利用该技术来对后腿去骨拍照以得出其形态、腿骨形状和位置的二维图。这个照片通过数学计算分析将数字信息提供给去骨机器人。丹麦肉类研究院正在改进这项技术, 希望在猪肉剔骨车间的前端提供原材料的总体信息。

在分割前对每个切块瘦肉和肥肉形态的精确掌握, 是所有猪肉加工业面临的关键挑战。这样可以根据其形态和瘦肉率选择最适宜的加工方式。对每个切块组分的客观测量, 可以作为生猪商业价值评估的依据, 用以替代根据胴体全部组分测量定价的方式。因此, 此技术将来可以建立一个机制, 用以鼓励生产出最适合市场需求的切块。

4 根据加工需求来评价猪肉品质(加工潜质)

屠宰场的第2个任务是根据加工企业的需求来评估猪肉品质。

猪肉的加工潜质包括火腿的保水能力(代表烹饪转化率)和形成蛋白质凝胶, 以保持切片形状(切片效率)的能力。目前, 这项品质是通过对新鲜后腿肉半膜肌外部的pH值和肉眼观测腿肉内部结构的破坏情况来评估。法国养猪业研究院通过测量可见光和红外光谱来评估腿肉和背部肉的烹饪转化率和切片效率。

Vautier等^[6]尝试了利用可见光谱预测后腿肉烹饪转化率的可行性。对后腿($R^2=0.70$, 校正集均方根误差=2.1)和里脊($R^2=0.45$, 校正集均方根误差=2.0)交叉验证后的校准结果非常乐观。而利用pH值在理想条件下也可以得到相似的结果(pH值和加工转化率相关性 r 为0.58~0.84)。

在一项预测后腿肉烹饪转化率的研究中, Vautier等^[7]验证了光谱技术的预测能力。通过接触型探头对屠宰后24 h的臀中肌可见光和红外光谱(350~1 800 nm), 成功地预测了加工转化率($R^2=0.75$, 校正集均方根误差=2.8)。在对36个后腿肉样本的外部验证后, 得出这个方程式预测烹饪转化率具有高相关性($r=0.82$), 且均方根误差为样本标准差3.6的一半左右。

在另一项对里脊肉制作烤肉的烹饪转化率研究中, 采用了嵌入式可见光和红外光探头, 预测结果显示受测

点的影响很大, 但对9个探测点中某一个进行外部验证时, 也发现具有较高的相关性 $r=0.65$ 和较低的均方根误差2.9^[8]。

Vautier等^[7-8]发表的文章和表1的预测误差均以预测均方根误差表示, 作为预测值相对真实测定值的均方根误差。当其低于样本标准差的一半时, 被认为预测方程可靠。

表1 红外光谱技术预测里脊的腌制加工潜质与pH值预测结果
(左图为pH值和红外光谱测定点)

Table 1 Prediction of pickling potential and pH of cured pork with NIRS

测定点	校正集 (<i>n</i> =56)			交叉验证 (<i>n</i> =56/3)		外部验证 (<i>n</i> =24)	
	<i>R</i> ²	偏最小二乘 因子数	最小校正集均 方根误差	<i>r</i>	预测均方 根误差		
C	<i>C</i>	0.26	3	3.8	0.28	3.7	
D	<i>D</i>	0.09	1	3.8			
E	<i>E</i>	0.66	6	3.5			
F	<i>F</i>	0.05	1	3.8			
G	<i>G</i>	0.08	1	3.8			
H	<i>H</i>	0.02	1	3.9	0.31	3.6	
I	<i>I</i>	0.29	3	3.9			
J	<i>J</i>	0.78	9	3.8			
K	<i>K</i>	0.15	4	3.9			
					0.65	2.9	
					0.49	3.3	



由于对屠宰18 h的后腿肉只进行一次红外光谱测量, 就可以预测到烹饪转化率和结构的破坏程度, 后腿肉的预测结果较为理想。这项技术的测量和分析迅速(每个样品只需1 s), 且与目前已经应用于生产的pH值测量法相比, 受测量人员和环境的影响均较小。这项技术在线上系统化应用的前景广阔, 通过预测后腿肉和背部切块的加工潜质, 便可决定继续深加工还是转为其他要求不高的加工项目。

高光谱分析技术的应用, 可作为肉类加工业对光学探测器应用的下一步任务。红外光谱测定技术可提供更丰富的光谱信息。未来目标是可以通过对肉块进行连续无接触式探测, 简化自动分拣工序, 而无需人工参与。自动测量技术有潜力成为在猪肉产业中推广的加工潜质预测技术。

光学测定技术将来的发展应考虑改进探头对肉类测量的适应性(包括可达性和测定面)、对相应环境的适应性(湿度、温度和易清洁程度等)、降低成本、探头测定面积、光束强度、计算处理(以加快测定速度)和小型化等。同时, 也要找到最佳的测定点, 既要能得出最佳加工潜质的预测值, 又要能在屠宰场测定简便易行。

5 结 语

肉品质和组分测定的客观性对于肉类加工业来说至关重要。光学和成像技术在肉类加工业已经广泛应用于

生产。光学技术和X射线扫描技术具有测定快速、受操作人员影响小以及易应用到自动化生产的特点，因此很有优势。它们既能改善生产性能，又能降低生产成本，完全符合肉类加工业的未来发展需求。

参考文献：

- [1] BLUM Y, MONZIOLS M, CAUSEUR D, et al. Recalibrage de la principale méthode de classement des porcs en France[J]. Journées de la Recherche Porcine, 2014, 46: 39-43.
- [4] DAUMAS G, DONKO T, MONZIOLS M. Identification of possible and relevant post mortem reference methods for carcass composition[M]. Kaposvár, 2013: 14-17.
- [2] DAUMAS G, MONZIOLS M. An accurate and simple computed tomography approach for measuring the lean meat percentage of pig cuts[C]//Proceedings of the 57th ICoMST, Ghent, Belgium, August 7-12, 2011: 61.
- [3] PEMAR C, MARCOUX M, GISPERT M, et al. Determining the lean content of pork carcasses[M]//KERRY J D, LEDWARD D P, LEDWARD D. Improving the sensory and nutritional quality of fresh meat. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK, 2009: 493-518.
- [5] FULLADOSA E, SANTOS-GARCES E, PICOUE T, et al. Prediction of salt and water content in dry cured hams by computer tomography[J]. Journal of Food Engineering, 2010, 96: 80-85.
- [6] VAUTIER A, BOZEC A, GAULT E, et al. Visible spectroscopy and redox potential as alternatives of ultimate pH for cooking yield prediction[C]//57th International Congress of Meat Science and Technology, Ghent, 2011: 1-4.
- [7] VAUTIER A. A feasibility study for the prediction of the technological quality of ham with NIR spectroscopy[C]//EAAP, Nantes annual meeting, 2013.
- [8] VAUTIER A, GAULT E, LHOMMEAU T, et al. Meat quality mapping of the loin: pH vs NIR spectroscopy to predict the cooking yield[C]//60th International Congress of Meat Science and Technology, Punta del Este, 2014.

（翻译：黄亚宇，审校：孟庆翔）