

基于近红外光谱检测猪肉系水力的研究

胡耀华¹, 郭康权^{1*}, 野口刚², 河野澄夫³, 佐竹隆显⁴

1. 西北农林科技大学机电学院, 陕西 杨凌 712100
2. 日本全农中央畜产研究所, 筑波市 300-4204
3. 日本食品综合研究所, 筑波市 305-8642
4. 日本筑波大学, 筑波市 305-8702

摘要 为了快速无损无污染地测定猪眼肌的系水力, 提出了用近红外漫反射光谱检测真空包装猪肉的系水力的新方法。采用常规的滴水损失法和压力法标定猪肉的系水力。利用光谱专用分析软件 Unscrambler 9.6, 对采集的光谱进行平滑, 二阶微分预处理, 用偏最小二乘法(PLS)建立其定量检测模型。该实验的样本总数为 106, 将样品分为校正集和检验集。用校正集建立定标方程, 用检验集检验定标方程的预测精度。常规方法与近红外光谱漫反射法的预测值的相关系数为 0.73~0.79, 结果明显要好于近红外透射法和反射光谱法。该研究验证了近红外光谱漫反射法对真空包装后鲜猪肉的系水力的无损检测的可行性。

关键词 近红外光谱; 系水力; 偏最小二乘法; 猪肉

中图分类号: S123 **文献标识码**: A **DOI**: 10.3964/j.issn.1000-0593(2009)12-3259-04

引言

猪肉的系水力就是用以描述猪肉保持水分能力的指标, 是影响猪肉品质的重要参数。它不仅直接影响肉的滋味、香气、多汁性、营养成分、嫩度、颜色等食用品质, 同时由于系水力不良, 在猪肉的生产、运输过程中将会造成严重的重量损失, 具有重要的经济意义^[1]。目前, 评价系水力的方法有很多, 但是这些方法都存在破坏样品, 耗时长, 样品准备复杂等诸多问题。

近红外检测技术 NIRS (Near infrared spectroscopy) 是利用分析波长略高于可见光的近红外线(780~2 500 nm)进行无损伤快速的定量或定性分析方法^[2,3], 如测定水果、蔬菜^[4]及肉^[5,6]的化学组成, 物理特性及其定性鉴别等, 在食品质量检测方面得到了广泛应用。

国外有利用近红外反射和透过光谱对猪肉的系水力检测, 对样品的厚度要求严格, 且结果不是很理想^[7-9]。本文尝试用近红外漫反射光谱对用真空包装的厚度任意的鲜猪肉的系水力进行检测, 并通过改变前处理的方法和利用优化最小二乘法建立定标方程, 提高预测精度。

1 材料和方法

1.1 样品采集

屠宰后 24 h 的猪胴体胸段眼肌样品是由日本全农饲料畜产中央研究所提供。两相邻的眼肌样品分别用于近红外线光谱采集和系水力的标定, 共计 106 头猪的眼肌样品。猪肉的系水力的常规测试方法采用滴水损失法^[10], 压力法^[10,11]两种方法。

1.2 样品光谱采集

试验使用的仪器为 NIR System 6500 (Foss NIR System, USA) 近红外光谱分析仪, 采用漫反射模式(interactance mode), 该法不同于透过法和反射法, 受试样厚度的影响较小, 因此样品准备简单, 且可防止污染。仪器的扫描波长范围 700~1 100 nm, 扫描间隔为 2 nm。对每个样品分别在 5 个不同的部位进行扫描, 取平均值作为检测结果。

检测猪肉系水力的试样为相邻的猪眼肌样品, 采集光谱的样品厚度大约 25 mm, 用低密度的聚乙烯塑料袋真空包装, 保持 15 ℃左右, 用车运送到非破坏检测实验室。为减少由于温度造成的水分损失, 在 25 ℃的恒温水槽下放置至 25

收稿日期: 2008-11-11, 修订日期: 2009-02-16

基金项目: 国际合作中日据点大学项目(08080704), 西北农林科技大学博士科研启动项目(01140506)和留学人员科技活动项目择优经费(14110101)资助

作者简介: 胡耀华, 女, 1973 年生, 西北农林科技大学机电学院副教授 e-mail: huyaohua2001@yahoo.com.cn

* 通讯联系人 e-mail: jdqkq@nwsuaf.edu.cn

min 以后开始进行测试。为防止外光的影响,在测试过程中,用一块黑色的布盖住试样。

1.3 系水力测定

滴水损失法,对切取约 25 mm 厚的眼肌样品,修去肌外膜,称重后将其密封好。放置于 4 °C 的冰箱中,7 d 后称其重量的损失,其重量损失和最初重量的比为滴水损失法系水力的值,此测定法与国内的测定方法基本相同^[12]。

压力法,取眼肌样品约 400~600 mg,将样品放于两枚滤纸之间,然后将其放于两片硬塑料垫板之间。用 Imada,SV-201 拉伸压缩机施加 35 kgf 力,保持 1 min 后撤除压力,

系水力的计算方法如下

$$\text{WHC}(\%) = \left\{ 1 - [A_{\text{meat juice}} - A_{\text{meat}}] \times \frac{9.47}{C_{\text{moisture}}} \right\} \times 100 \quad (1)$$

其中 $A_{\text{meat juice}}$ 是肉汁浸润的面积; A_{meat} 是肉片的面积; C_{moisture} 是肉糜湿水分的含量。

该方法与国内的压力法不尽相同^[12],但是它是国际上较为广泛采用的压力法系水力评价方法。样品的统计结果如表 1 所示。可见滴水损失法系水力的变化比压力法要大得多。其中 66 个样品用来建立校正模型,剩下的 40 个样品用来验证模型的准确程度。

Table 1 Statistical data of water holding capacity measured by two methods for fresh pork

| 样品分类 | 测定方法 | 样品数 | 最大值/% | 最小值/% | 平均值/% | 标准偏差/% | 变异系数 CV/% |
|------|-------|-----|-------|-------|-------|--------|-----------|
| 总样品 | 滴水损失法 | 106 | 6.41 | 1.19 | 2.77 | 1.26 | 45.5 |
| | 压力法 | 106 | 91.50 | 71.17 | 84.33 | 3.68 | 4.4 |
| 校正集 | 滴水损失法 | 66 | 6.41 | 1.19 | 2.87 | 1.33 | 46.3 |
| | 压力法 | 66 | 91.50 | 71.17 | 84.42 | 3.79 | 4.5 |
| 检验集 | 滴水损失法 | 40 | 6.07 | 1.22 | 2.61 | 1.13 | 43.3 |
| | 压力法 | 40 | 91.33 | 74.33 | 84.30 | 3.45 | 4.1 |

1.4 光谱处理和数据分析

利用 The Unscrambler (Version 9.6, Camo, Oslo, Norway) 分析软件,采用偏最小二乘法 (PLS) 作为建模算法,对原始光谱进行卷积平滑,二阶微分法预处理。通过比较模型的重相关系数,验证的标准误差,找出较好的校正模型。

2 结果与讨论

2.1 样品近红外线光谱分析

图 1 是 6 个样品的近红外光谱图。由图中可以看出,在 976 nm 处出现强烈的吸收峰,该峰应该是 O—H 基团第二泛音。因为猪肉中含有较多的水分,所以, O—H 基团吸收

峰很明显。在 762 nm 处也可以看到一个较弱的吸收峰,是 C—H 基团的第四泛音。猪肉中的蛋白质和脂肪中有 C—H 基团。

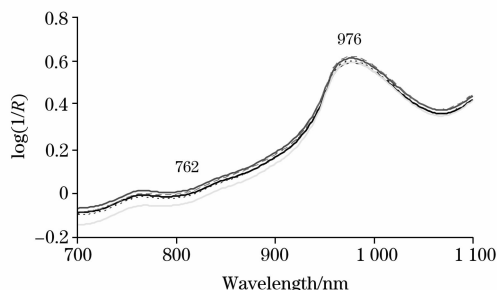


Fig. 1 NIRS spectra of 6 samples

Table 2 Effect of smoothing, 2nd derivative spectra on calibration results

| 光谱的预处理方法 | 系水力的测定方法 | 主因子数 F | 相关系数 r | 校正集标准差/% | 验证集标准差/% | RPD |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------|
| 卷积平滑 | 滴水损失法 | 11 | 0.76 | 0.81 | 0.92 | 1.23 |
| | 压力法 | 8 | 0.74 | 2.50 | 2.75 | 1.25 |
| 二阶微分 | 滴水损失法 | 9 | 0.79 | 0.78 | 0.90 | 1.26 |
| | 压力法 | 9 | 0.75 | 2.42 | 2.76 | 1.25 |

2.2 数据分析的结果

原始光谱经卷积平滑,二阶微分预处理后,采用校正集的样品用最小二乘回归法建立校正模型后,再用验证集验证校正模型。从表 2 可以看出,不同的预处理会影响其预测的结果。二阶微分的光谱具有比卷积平滑更高的相关系数和较小的标准差。

卷积平滑后的光谱对滴水损失法和压力法的相关系数为 0.76 和 0.74。而二阶微分光谱的相关系数和校正的标准差都较卷积平滑好。

Geesink^[9] 给出近红外反射光谱与滴水损失法测得的猪

肉系水力的相关系数 r 为 0.71~0.74。Horiuti^[7] 给出近红外透过光谱与压力法测得的猪肉系水力的相关系数 r 为 0.65。两种系水力测定的不同预处理的 RPD 值(检验集的标准偏差和验证标准差的比值)相差不大。

图 2 是压力法系水力的校正集和检验集的预测值和测量值的关系。从图 2 可以看出,红外光谱法与压力法有一定的相关性,可以反映猪肉的系水力。由于本检测方法对试样的厚度和形状没有要求,用近红外漫反射光谱对其系水力进行检测有一定的实用价值。

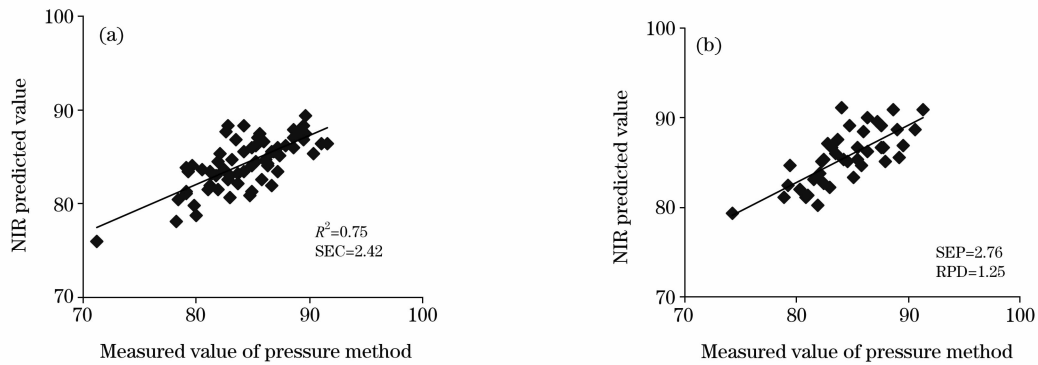


Fig. 2 Water holding capacity with pressure method

(a): Relationship between measured values and NIR predicted value for calibration set;

(b): Relationship between measured values and NIR predicted value for validation set

3 结 论

用近红外漫反射光谱测定猪肉眼肌的系水力, 用 66 个样品建立滴水损失法的定标模型, 其相关系数和标准差分别为 0.79 和 0.78%; 40 个检验集的样品进行预测, 其预测值的标准差为 0.90%。

同样, 对于压力法其相关系数和标准差分别为 0.75 和 2.42%。其预测值的标准差为 2.76%。

近红外漫反射光谱法与两种常规系水力测定方法的相关系数为 0.74%~0.79%, 好于用近红外反射和透过光谱法。用近红外漫反射光谱测定猪肉的系水力是可行的, 从而合理组织运输, 对系水力差的肉就近销售, 系水力好的供应外地或出口, 减少系水力差而带来的经济损失。

参 考 文 献

- [1] <http://news.jgny.net/2005/6-2/114828.htm>.
- [2] Brian G Osborne. Near-Infrared Spectroscopy in Food Analysis, Encyclopedia of Analytical Chemistry. Edited by Robert A Meyers. JohnWiley & Sons Ltd. Chichester. ISBN 0471 976709.
- [3] LU Wan-zhen, YUAN Hong-fu, XU Guang-tong, et al(陆婉珍, 袁洪福, 徐广通, 等). Modern Near-Infrared Spectroscopy Analytical Technology(现代近红外光谱分析技术). Beijing: China Petroleum Press(北京: 中国石化出版社), 2000.
- [4] XIE Li-juan, YING Yi-bin, YU Hai-yan, et al(谢丽娟, 应义斌, 于海燕, 等). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2007, 27(6): 1131.
- [5] HU Y, Guo K, Suzuki T, et al. Transaction of the ASABE, 2008, 51(3): 1029.
- [6] González-Martín I, González-Pérez C, Hernández-Méndez J, et al. Meat Science, 2003, 65: 713.
- [7] Horiuti T, Tiku K, Murohosi A, et al. Sizuoka tyusyou Shiken Hou in Japanese, 1999, (10): 9.
- [8] Chan D E, Walker P N, Mills E W. Transaction of the ASAE, 2002, 45(5): 1519.
- [9] Geesink G H, Schreutelkamp F H, Frankhuizen R, et al. Meat Science, 2003, 65: 661.
- [10] Irie Masakazu. Jpn. J. Swine Science, 2002, 39(4): 221.
- [11] Wierbicki E, Deatherage F E. J. Agr. and Food Chem., 1958, 6: 387.
- [12] ZHANG Wei-li(张伟力). Swine Production(养猪), 2002, (3): 25.

Prediction of Water Holding Capacity of Fresh Pork Using Near Infrared Spectroscopy

HU Yao-hua¹, GUO Kang-quan^{1*}, Noguchi Gou², Kawano Sumio³, Satake Takaaki⁴

1. College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwest A & F University, Yangling 712100, China

2. Central Research Institute for Feed and Livestock, Zennoh, Tsukuba 300-4204, Japan

3. National Food Research Institute, Tsukuba 305-8642, Japan

4. University of Tsukuba, Tsukuba 305-8572, Japan

Abstract Water holding capacity (WHC) is an important quality characteristic of fresh pork. It is necessary to determinate it by a rapid and nondestructive method in order to reduce the loss of meat. Near infrared spectroscopy as a new method was proposed for rapid and nondestructive measurement of WHC of vacuum-packed pork loin. Two reference methods for measuring water holding capacity were used to evaluate the water holding capacity, i. e. drip loss and press method. The acquired raw spectra were pretreated by Savitsky-Golay smoothing and second derivative, respectively. A total of 106 samples were used in the experiment. The samples were divided into calibration set and validation set. The calibration set was used to set up calibration model and then the model was adopted to predict the samples of validation set. The partial least square regression (PLSR) was used to build calibration model. The results show that the correlation coefficient for drip loss and press method is 0.74-0.79. It shows that evaluating the water holding capacity of vacuum-packed fresh pork loin using near infrared spectroscopy in diffuse reflection mode is better than those results with reflectance or transmission.

Keywords Near infrared spectroscopy (NIRS); Water holding capacity (WHC); Partial least square regression (PLSR); Pork

(Received Nov. 11, 2008; accepted Feb. 16, 2009)

* Corresponding author