

doi:10.3969/j.issn.2095-6002.2014.06.013

文章编号:2095-6002(2014)06-0066-06

引用格式:向灵孜,郭培源.近红外光谱分析技术在鸡肉分类检测中的应用.食品科学技术学报,2014,32(6):66-71.



XIANG Lingzi, GUO Peiyuan. Research on classifying chicken based on near-infrared spectroscopy. Journal of Food Science and Technology, 2014,32(6):66-71.

# 近红外光谱分析技术在鸡肉分类检测中的应用

向灵孜, 郭培源\*

(北京工商大学 计算机与信息工程学院, 北京 100048)

**摘要:**针对近年来市场上不同品种不同级别的鸡肉混杂、以次充好现象,提出一种可以快速、准确判别土鸡和肉鸡的新方法.采用近红外光谱技术和聚类分析技术建立鸡肉分类判别模型,并讨论了不同预处理方法对模型预测结果的影响.结果显示:近红外光谱技术结合聚类分析技术能够对鸡肉建立一种快速的分类判别模型,该预测判别模型能够快速准确地对土鸡和肉鸡进行判别,其中数据经过二阶导数+矢量归一化后的模型预测判别率达100%.

**关键词:**鸡肉鉴别;近红外光谱;聚类分析

**中图分类号:**TS207.3

**文献标志码:**A

近年来,随着人们饮食消费的多元化和肯德基、麦当劳等快餐在中国市场的强势扩张,鸡肉消费正在慢慢超过猪肉成为国人第一大肉类消费<sup>[1]</sup>.同时,由于人民生活品质的不断提高,健康意识逐步增强,大众膳食的肉类消费结构也由猪肉、羊肉等红肉逐渐转变为以鸡肉为代表的白肉<sup>[2]</sup>.中国是世界鸡肉生产、消费和贸易的大国,根据FAO(联合国粮食及农业组织)统计,2013年生产鸡肉10640万t,占世界鸡肉产量的88%,是世界第二大鸡肉生产国<sup>[3]</sup>.

然而,近年来市场上不同品种不同级别的鸡肉混杂,且由于土鸡价格的持续走高,以次充好的现象时有发生<sup>[4]</sup>.目前,在鸡肉检测方面,传统的化学分析方法较为常用.然而,化学分析方法通常需要取样化验,过程中涉及较多的专业化学设备和化学试剂,且过程复杂、检测时间长、成本高,种种因素导致测试效率极低.而近红外(near infrared, NIR)光谱特性稳定,含有丰富的信息,能够反映样品的综合信息,是一种高效、绿色的分析测试技术<sup>[5]</sup>.红外光谱

分析方法与化学分析方法相比,检测速度快,可在短时间内实现大量样品的快速测定;同时,由于该方法不需要化学试剂,对样品或者环境不会造成污染,属于绿色环保型.

刘炜等<sup>[4]</sup>应用近红外光谱对148个鲜鸡肉样本扫描,建立了脂肪、蛋白质和水分的定量分析模型,其模型的平均内部交叉验证均方差(RMSECV)为0.111,0.149,0.1779等,说明利用近红外光谱法能够同时对鲜鸡肉中的脂肪、蛋白质和水分含量进行检测.沈杰<sup>[5]</sup>采集了禽肉的近红外图像信息,对鸡肉中的脂肪含量和系水力指标建模分析,其相关系数分别是0.8181,0.8733,相关系数均达到了0.8以上.燕昌江等<sup>[6]</sup>对200份高脂系肉种鸡样本进行实验,研究鸡肉胸肌肉质指标,利用偏最小二乘法(PLS)对样本的光谱数据进行分析建模.结果表明,近红外光谱技术对于鸡肉胸肌肉质中水分、蛋白、脂肪等指标有较高的预测能力.

本文运用近红外光谱技术对鸡肉分类进行研究,限于测量环境和实验条件,在通用检测标准允许

收稿日期:2014-10-10

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61473009);北京市自然科学基金资助项目(4122020);北京工商大学研究生科研学术创新基金资助项目.

作者简介:向灵孜,女,硕士研究生,研究方向为食品安全检测;

\*郭培源,男,教授,博士,主要从事农产品智能检测技术和多数据融合、嵌入式技术等方面的研究.通讯作者.

的范围内,实验样品采用在市场中购买的新鲜鸡肉,对其进行光谱扫描,采集不同种类的鸡肉样品光谱图,并对其进行了聚类分析和建模研究,研究了聚类分析技术应用于检测鸡肉分类的可行性<sup>[7-14]</sup>。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

采样肉鸡品种为白羽肉鸡,土鸡品种为北京本地散养柴鸡。样品取自新鲜胴体的一侧胸肉,剔除可见脂肪和结缔组织,新鲜鸡肉样品来自北京市农贸市场和超市。本实验分别采集了20份新鲜肉鸡鸡胸样品和20份新鲜土鸡鸡胸样品,其中每15份样品作为校正样本集用来建立聚类模型,5份样品作为验证样本集用来检测。

### 1.2 仪器与设备

采用瑞士 FoodScanFoss 公司的 FoodScan 近红外全光栅透射光谱分析仪;光谱范围为 850 ~ 1 050 nm,分辨率为  $2\text{ cm}^{-1}$ ,每个扫描采集数据点数为 100,该仪器采用硅(Si)检测器和固体测量容器,透反射测量有效光程为 2 mm,采用光栅投射和相关固体测量柱形杯具,杯具直径为 6 cm。采用 Win ISI 软件对光谱数据进行预处理分析,使用 MatLab 2012b 工具对其进行聚类分析。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 样品制备

在扫描前,仪器需预热 0.5 h,样品粉碎成肉糜状。18 ℃ 恒温箱保存,扫描过程中严格控制室内湿度,保持环境的一致性。按标号依次将样品杯中的鸡肉样品倒入样品盘,鸡肉样品均匀铺满整个样品盘并保证厚度一致。每个样品扫描 3 次,采样间隔为 2 nm,分辨率为 5 nm,剔除异常样本后,取平均值。采集到的光谱图像如图 1 和图 2。

#### 1.3.2 特征波段选取

本实验分别在不预处理和采用不同预处理方法的情况下对肉鸡和土鸡的光谱图使用标准方法进行聚类分析。在聚类过程中,首先导入校正集肉鸡鸡胸光谱 1 ~ 15 和土鸡鸡胸光谱 1 ~ 15。通过交互式选择光谱的频率范围,如图 3。由图 3 看出,在 900 ~ 1 022 nm 光谱内存在较明显的吸收峰,而其余光谱范围内几乎没有吸收信号。因此本实验选择 900 ~ 1 022 nm 为光谱分析区间。在比较不同预处理方法产生的聚类结果后,选择合适的预处理方法建立聚

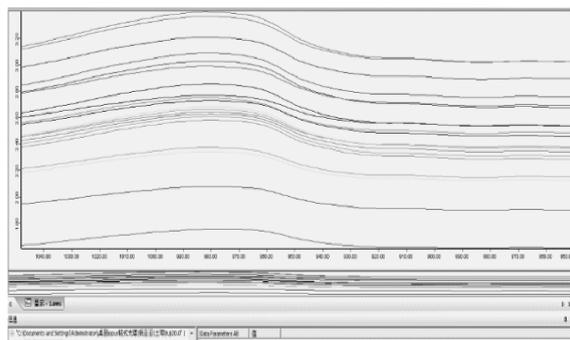


图 1 土鸡样品近红外光谱图

Fig. 1 Near infrared spectra of domestic chickens samples

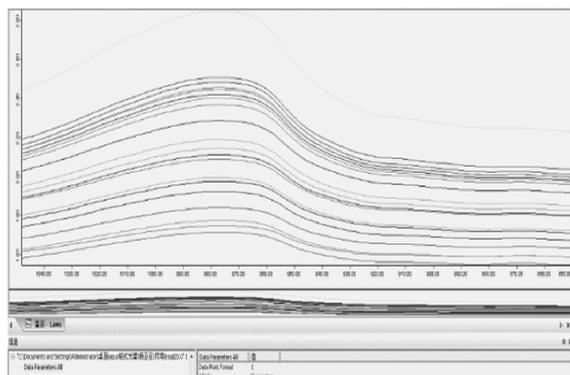


图 2 肉鸡样品近红外光谱图

Fig. 2 Near infrared spectra of broiler chicken samples

类预测模型,从而准确鉴别验证集肉鸡光谱 16 ~ 20 样品和土鸡光谱 16 ~ 20 样品。本实验采用较为直观的树形图来呈现所得聚类结果。

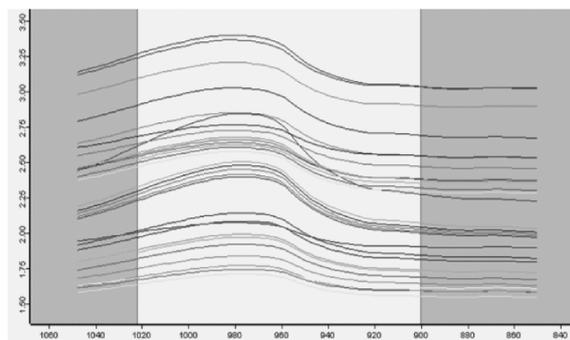


图 3 交互式频率范围选择

Fig. 3 Range selection of interactive frequency

#### 1.3.3 光谱预处理

因为肉鸡肉与土鸡肉的物质组成和化学结构几乎相同,且其内部的化学基团在近红外中的吸光度相近,在同一谱图上谱相似,吸收峰值一致。因此,直接通过谱图很难区分肉鸡肉和土鸡肉<sup>[15]</sup>。因此,

为了保证校正模型的稳定性和可靠性,需要对原始光谱进行合理的预处理后再进行聚类分析,以便降噪、减少各种外界干扰的影响并消除光谱中包含的无用信息,提高分析准确度. 本研究主要采用的光谱预处理方法包括矢量归一化、一阶导数处理、二阶导数处理和归一化与求导相结合.

矢量归一化,是计算的平均吸光度值能够消除光程或样品稀释等变化对光谱造成的影响<sup>[11]</sup>. 其具体计算步骤:1)对一条原始光谱,计算其平均吸光度值;2)用原始光谱值减去平均吸光度值,得到处理后的光谱值;3)计算处理后的光谱值的平方和,再开平方根,设这个值为  $m$ ;4)将处理后的光谱值除以  $m$ ,此时光谱的矢量归一化是 1,一条光谱的矢量归一化完成<sup>[16]</sup>.

一阶导数可用于消除光谱中基线的漂移,并使较小的特征吸收峰变得明显,二阶导数可消除光谱的散射现象. 在有效消除其他背景干扰的同时,分辨重叠峰,提高分辨率和灵敏度.

一阶微分:

$$x_{i,1st} = (x_i - x_{i+k})/k, \quad (1)$$

二阶微分:

$$x_{i,2nd} = (x_{i+k} - 2x_i + x_{i-k})/k^2, \quad (2)$$

式(1)和式(2)中,  $k$  为光谱间隔,大小可视具体情况设定,  $x$  为吸光度. 采用矢量归一化方法预处理后的鸡肉样品光谱曲线如图 4,一阶导数预处理后的鸡肉样品光谱曲线如图 5,二阶导数预处理后的鸡肉样品光谱曲线如图 6.

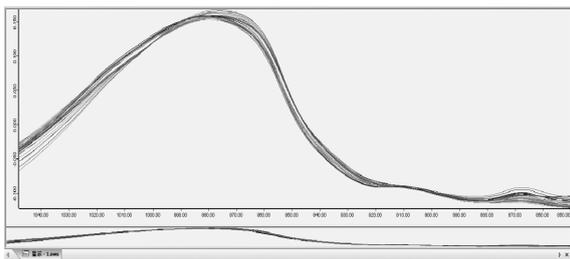


图 4 鸡肉样品矢量归一化近红外光谱图

Fig. 4 Near infrared spectra of chicken samples after vector normalization

### 1.3.4 聚类分析方法

聚类分析过程包括两种距离的计算,一种是光谱图与光谱图之间距离的计算,另一种是新建类与其他谱图或类之间距离的计算<sup>[17-18]</sup>. 本研究中,光谱距离采用标准法计算,即用欧式距离表示光谱距离. 欧氏距离的计算如式(3):

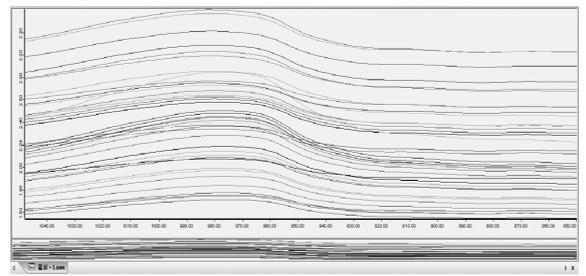


图 5 鸡肉样品一阶导数近红外光谱图

Fig. 5 Near infrared spectra of chicken samples after first derivative

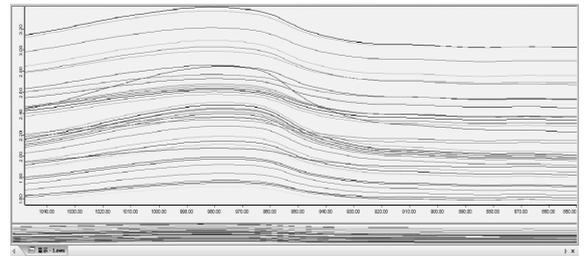


图 6 鸡肉样品二阶导数近红外光谱图

Fig. 6 Near infrared spectra of chicken samples after second derivative

$$D = \sqrt{\sum_k (a(k) - b(k))^2}, \quad (3)$$

式(3)中,  $D$  表示光谱和光谱之间的距离;  $a(k)$  和  $b(k)$  是光谱图  $a$  和  $b$  的纵坐标的值,即光谱  $a$  和光谱  $b$  在  $k$  波长点处的吸光度值. 欧式距离的主要优点是当坐标轴进行正交旋转时,欧式距离保持不变. 因此,如果对原坐标系进行平移和旋转变换,则变换后样本点之间的距离和变换前完全相同.

本研究采用较为常用的平均距离法:

$$D(r, i) = \frac{D(p, i) + D(q, i)}{2}, \quad (4)$$

式(4)中,目标  $p$  和  $q$  聚为一个新目标  $r$ .  $D(p, i)$  是目标  $p$  和目标  $i$  的光谱距离,  $D(q, i)$  是目标  $q$  和目标  $i$  的光谱距离. 新目标  $r$  和目标  $i$  的距离  $D(r, i)$  小于两个原来距离值. 聚类分析分类预测模型构建流程如图 7.

## 2 结果与分析

由扫描所得肉鸡和土鸡鸡胸样品的近红外光谱图(如图 5 和图 6)可见,尽管肉鸡和土鸡属于 2 个不同的鸡肉品种,且产地不同,但是所有样品的光谱趋势及吸收峰的位置均大体一致. 然后选取肉鸡和

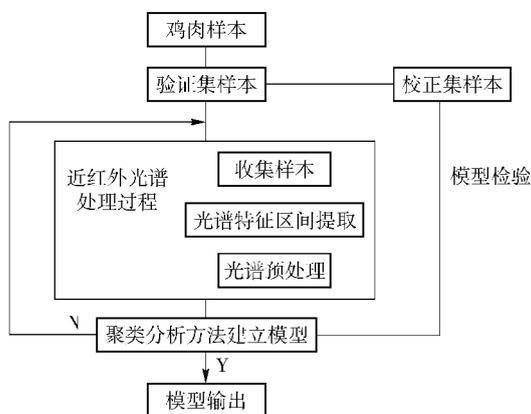


图7 聚类分析分类预测模型构建

Fig. 7 Structure of clustering analysis prediction model

土鸡的16~20样品光谱作为实验的验证集,余下的30个样品作为校正集。

无任何预处理900~1022 nm原始谱图的聚类分析树形图见图8。由图8可以看出,对未经优化的光谱数据进行聚类分析时,肉鸡和土鸡的分类较混乱,几乎找不到显著的区别和规律。

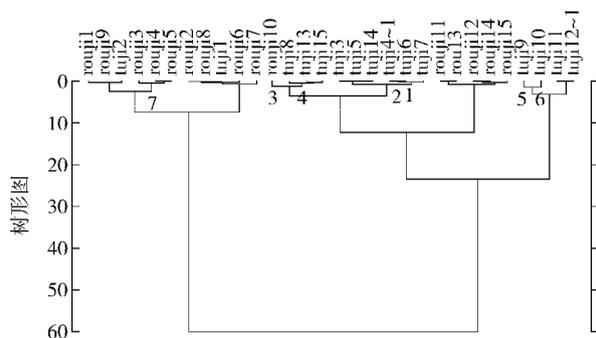


图8 无预处理聚类分析结果树形图

Fig. 8 Result tree diagram of clustering analysis without pretreatment

经过一阶导数后,谱图在900~1022 nm范围的聚类分析树形图如图9。由图9可以看出,单纯对原始光谱进行一阶求导,产生的聚类分析结果也不能将肉鸡和土鸡准确分类。

经过二阶导数后,谱图范围在900~1022 nm的聚类分析树形图如图10。由图10可以看出,单纯对原始光谱进行二阶求导,产生的聚类分析结果依旧不能将肉鸡和土鸡准确分类。

将近红外原始光谱图经过一阶求导+矢量归一化、二阶求导+矢量归一化分别预处理后,所得谱图在900~1022 nm,聚类分析树形图如图11、图12。

由图8~图12可以得出聚类结果如表1。

由表1可以看出,校正集近红外光谱在分别采

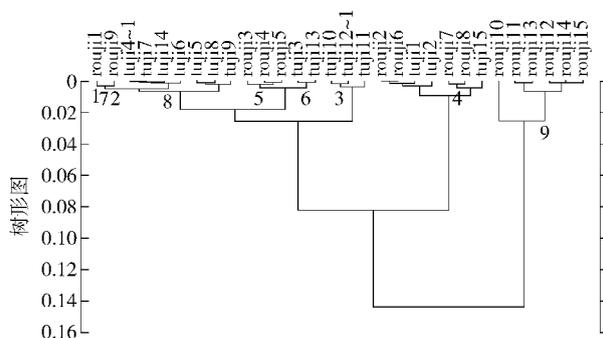


图9 一阶导数后聚类分析结果树形图

Fig. 9 Result tree diagram of clustering analysis with first derivative

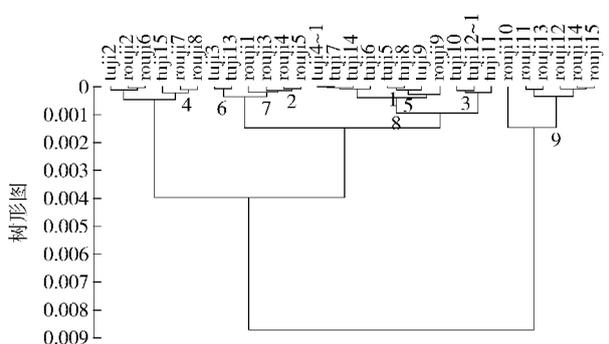


图10 二阶导数后聚类分析结果树形图

Fig. 10 Result tree diagram of clustering analysis with second derivative

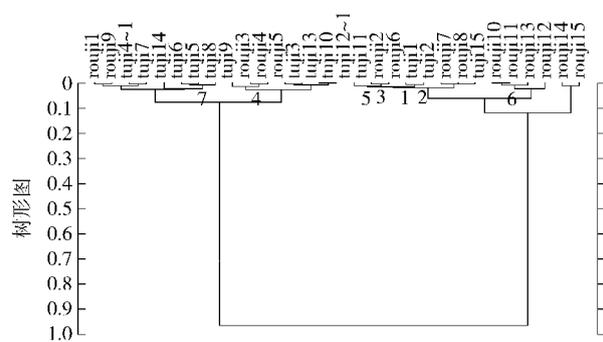


图11 一阶求导+矢量归一化后聚类分析结果树形图

Fig. 11 Result tree diagram of clustering analysis with first derivative and vector normalization

用矢量归一化、一阶导数+矢量归一化、二阶导数+矢量归一化方法预处理后,通过聚类分析都可以将肉鸡和土鸡准确的区分,且各自归为一类,准确率为100%。

以上实验结果说明谱图的预处理对于计量学分析结果的好坏会起到十分重要的作用,同时也说明不同种类的鸡肉可以通过近红外光谱技术很好分类。

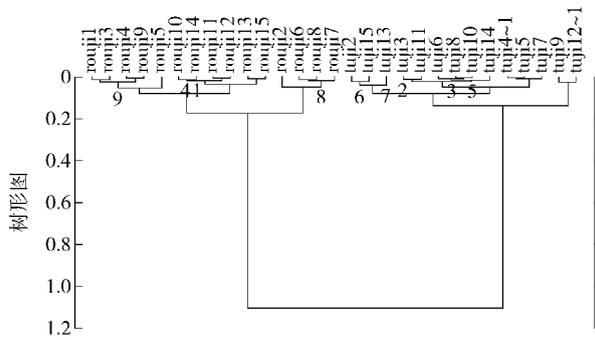


图 12 二阶求导 + 矢量归一化后聚类分析结果树形图

Fig. 12 Result tree diagram of clustering analysis with second derivative and vector normalization

表 1 肉鸡和土鸡样品聚类分析结果

Tab. 1 Cluster analysis results of broiler chicken and native chicken samples

预处理方法	肉鸡	土鸡	预测率/%
无预处理	7	3,4,2,1,5,6	64
一阶导数	1,7,2,8,5,6,3	4,9	72
二阶导数	4,6,7,2	8,1,5,3,9	76
一阶导数 + 矢量归一化	4,7	1,2,3,5,6	100
二阶导数 + 矢量归一化	1,4,8,9	2,3,5,6,7	100

在得到准确的聚类分析结果之后,实验选取聚类效果较好的二阶导数加矢量归一方法对光谱进行预处理并建立聚类模型,以便验证集肉鸡和土鸡能准确地归类。

验证集肉鸡和土鸡样品采用已建立好的聚类模型进行聚类测试的结果如图 13、图 14。

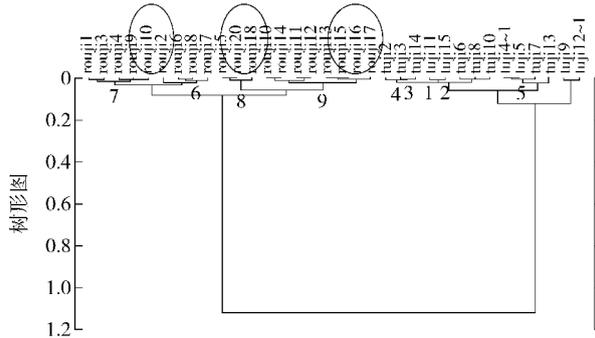


图 13 验证集肉鸡的聚类结果树形图

Fig. 13 Verification result tree diagram of clustering analysis of broiler chicken

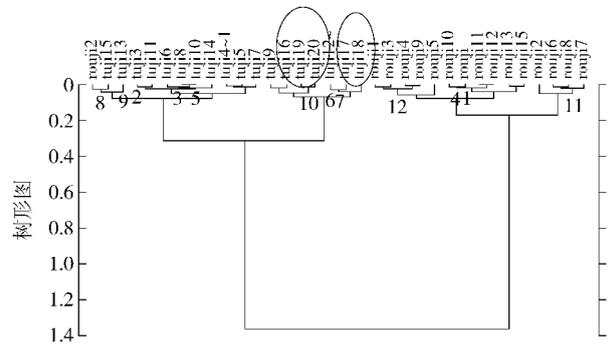


图 14 验证集土鸡的聚类结果树形图

Fig. 14 Verification result tree diagram of clustering analysis of native chicken

利用感官分析法来区分。然而,由于肉鸡和土鸡同属鸡肉品种,肉品性状和色泽较为相似。因此,一旦经过宰杀并将其肉分类售卖,很难通过感官来准确区分肉鸡肉和土鸡肉。本实验研究了近红外光谱分析技术用于鸡肉分类检测的可行性。为了提高分类模型预测的准确度,选用不同的预处理算法。通过聚类分析建立了鸡肉分类的预测模型。实验证明,近红外技术用于判定鸡肉分类采用的聚类分析方案是有效的。研究表明,当预处理方法为一阶导数 + 矢量归一化、二阶导数 + 矢量归一化均能使模型的预测准确率达到 100%,经过预处理的聚类分析方法能够很好地提高模型的预测能力。这为近红外技术在农业、工业生产中用于分析检测鸡肉类别的可行性及其预测能力的提高与改进提供了一种有效的方法和思路。

#### 参考文献:

- [1] 郭蕾. 亚洲鸡肉产量将占全球产量三分之一[N]. 中国畜牧兽医报, 2013-09-22(001).
- [2] 陶琳丽,杨秀娟,邓君明,等. 畜禽肉化学成分近红外光谱检测技术研究进展[J]. 光谱学与光谱分析, 2013,33(11):3002-3009.
- [3] 汪敏,赵晔. 电子鼻和电子舌在鱼肉鲜度评价中的应用研究[J]. 肉类研究, 2009(6):63-65.
- [4] 刘炜,吴昊旻,孙东东,等. 近红外光谱分析技术在鲜鸡肉快速检测分析中的应用研究[J]. 中国家禽, 2009,31(2):8-11.
- [5] 沈杰. 基于 X 射线及近红外光谱技术的禽肉品质检测[D]. 南昌:江西农业大学,2011.
- [6] 燕昌江,李锋,王亮,等. 近红外光谱测定鸡肉品质指标的研究[C]//中国畜牧兽医学会动物营养学分会第

## 3 结论

肉鸡和土鸡在未经宰杀前可以通过其外部特征

- 十一次全国动物营养学术研讨会论文集. 长沙:中国畜牧兽医学学会动物营养分会,2012:88-90.
- [7] 姜琳琳,刘华贵,等. 鸡肉中脂肪酸的研究进展[J]. 肉类研究,2006(1):45-49.
- [8] Douglas B, Gamal E, Dawen Sun, et al. Near-infrared hyperspectral imaging for grading and classification of pork[J]. Meat Science, 2011(1):103-105.
- [9] De Marchi M, Riovanto R, Penasa M, et al. The relevance of different near infrared technologies and sample treatments for predicting meat quality traits in commercial beef cuts[J]. Meat Science,2012,93(2):329-335.
- [10] Kapper C, Klont R E, Verdonk J M A J, et al. Prediction of pork quality with near infrared spectroscopy (NIRS)[J]. Meat Science, 2012(3):76-79.
- [11] Barbin D F, ElMasry G, Sun D W, et al. Non-destructive determination of chemical composition in intact and minced pork using near-infrared hyperspectral imaging [J]. Food Chemistry, 2013,138(2-3):1162-1171.
- [12] De Marchi M. On-line prediction of beef quality traits using near infrared spectroscopy [J]. Meat Science, 2013(4):22-25.
- [13] Agelet L E, Charles R. Hurburgh, Limitations and current applications of Near Infrared Spectroscopy for single seed analysis[J]. Talanta, 2014, 121:276-280.
- [14] Zangerlé A, Hissler C, Blouin M, et al. Near infrared spectroscopy (NIRS) to estimate earthworm cast age [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2014, 70:87-90.
- [15] 林岩,郭培源,王昕琨. 基于近红外光谱的猪肉蛋白质及脂肪含量检测[J]. 食品科技, 2014, 39(2):262-266.
- [16] 郭培源,林岩,付妍,等. 基于近红外光谱技术的猪肉新鲜度等级研究[J]. 激光与光电子学进展, 2013(3):183-189.
- [17] 郭培源,王昕琨,林岩,等. 基于多信息融合的注水肉检测方法研究[J]. 激光与光电子学进展, 2013(7):151-157.
- [18] 王昕琨,郭培源,林岩. 基于多数据融合技术的腊肉品质等级研究[J]. 食品科学, 2014, 35(2):217-221.

## Research on Classifying Chicken Based on Near-infrared Spectroscopy

XIANG Lingzi, GUO Peiyuan\*

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

**Abstract:** One quick and accurate method of distinguishing broiler chicken and native chicken was studied due to the disorder of chicken market. The discriminated model of chicken classification was built based on near infrared (NIR) spectroscopy technology and cluster analysis. The effects of different pre-treatment methods on the prediction results were also discussed. The results showed that the discriminated model of chicken classification could be built based on NIR Spectroscopy technology and cluster analysis. The model could be used to distinguishing the broiler chicken and native chicken. Meanwhile, the rate of the data after the second derivative and vector normalization model prediction was 100%.

**Key words:** chicken classification; near infrared spectroscopy; cluster analysis

(责任编辑:檀彩莲)