

基于高光谱多参数的冷鲜牛肉品质快速检测技术

方 瑶¹, 谢天铎², 郭 渭¹, 白雪冰¹, 李鑫星^{1*}

1. 中国农业大学信息与电气工程学院食品质量与安全北京实验室, 北京 100083

2. 中国农业大学工学院, 北京 100083

摘 要 为了解决传统冷鲜牛肉品质检测技术的操作繁琐、有不可逆破坏等问题, 提出采用高光谱与多参数融合的冷鲜肉品质检测方法。以冷鲜牛肉品质作为研究对象, 提取冷鲜牛肉感兴趣区域(ROI)光谱并测量冷鲜牛肉的质构参数: 硬度、弹性、粘聚性、胶着度、咀嚼度、回复性。经参数精度比较, 筛选出粘聚性、回复性作为建模参数。分别采用 Kennard-Stone 和 SPXY 算法对原始光谱数据进行划分, 通过样本划分后所建模型的相关系数和相对标准偏差确定最优样本划分方法, 最终采用 SPXY(sample set partitioning based on joint X-Y distance)算法对样本进行划分得到 35 个训练集和 7 个测试集。在经过 SPXY 算法样本划分的基础上, 分别采用一阶微分(D1st)、多元散射校正(MSC)、标准正态变换(SNV)、二阶微分(D2st)对高光谱数据进行预处理, 有效消除了光谱中的噪声, 提高信噪比。使用连续投影法(SPA)提取光谱特征波长, 有效减小了全波段建模包含的大量噪声信息的缺点, 使模型精确度得到保障的同时提高了模型的运行速度。最后, 分别采用偏最小二乘法(PLSR)和主成分回归法(PCR)构建冷鲜牛肉品质预测模型。以粘聚性为参数时, SNV-SPA-PLSR 模型性能最优, 模型预测相关系数为 0.879 8; 以回复性为参数时, D2st-SPA-PLSR 模型精度最高, 模型预测相关系数为 0.880 6。实验结果表明, 基于高光谱与多参数融合的冷鲜肉品质检测方法能够实现冷鲜牛肉品质快速检测。

关键词 高光谱; 牛肉品质检测; 质构参数; 偏最小二乘法

中图分类号: TS251.7

文献标识码: A

DOI: 10.3964/j.issn.1000-0593(2021)08-2572-06

引 言

随着生活物质水平逐步提高, 人们对于牛肉消费要求趋向于新鲜、卫生。但消费者在选择好品质的肉时只能根据肉类品种、商家广告等判断肉类好坏^[1]。目前, 我国的肉类销售仍以冷冻储藏为主, 长期的冷冻储藏会导致冷鲜肉的质量逐渐发生变化。使用传统的理化分析法检测肉质时存在耗费试剂量大、检测周期长和人力要求高等问题^[2]。通过基于高光谱多参数融合的冷鲜肉品质无损检测既可以避免传统破坏性检测对产品的破坏, 又可以实现对产品准确、快速的实时检测^[3]。

高光谱成像作为一项新兴的检测成像技术, 具有无损、快速、精度高等优势, 被广泛应用于食品安全检测中^[4]。国内外许多学者将高光谱技术应用于猪、羊、鱼等^[5-8]的肉质

检测, He^[9]等采用 HSI 技术成功在全波段内预测了三文鱼的硬度、内聚性、黏性。有研究使用高光谱成像方法实现了冷藏腐败过程鱼肉蛋白质和脂肪变化检测。但很少有学者对冷鲜牛肉的品质检测进行研究。

牛肉质地特性^[10-12], 例如硬度、回复性、弹性、粘着性、胶着度、咀嚼度等是决定肉类产品整体质量的关键参数。因而冷鲜肉质的测定对肉质品质检测具有重要的意义。

以不同储藏时间和温度的冰鲜牛肉作为研究对象, 重点分析研究在冰鲜牛肉冷冻储藏处理过程中其蛋白质构成的特性: 粘着性、回复性等复杂变化。采集其对应的高光谱图像, 分别采用一阶微分、多元散射校正、二元一阶微分、标准正态变换对高光谱数据进行预处理; 采用连续投影法(SPA)筛选出最优波长; 分别使用偏最小二乘法(PLSR)和主成分回归法(PCR)建立预测模型。最终建立基于特征波长的高光谱与多参数的冷鲜肉品质检测模型。

收稿日期: 2020-07-26, 修订日期: 2020-11-30

基金项目: 国家“十三五”重点研发计划项目(2018YFD0701003)资助

作者简介: 方 瑶, 女, 1999 年生, 中国农业大学信息与电气工程学院本科生

e-mail: cau_fangyao@foxmail.com

* 通讯作者 e-mail: lxxcau@cau.edu.cn

1 实验部分

1.1 材料

实验所用样本为北京市美廉美超市所购买的新鲜的牛肉背部肌。购买后立即将牛肉分成 126 份，平均分配到 0, 4 和 8 °C 三个恒温箱中，每个温度下的每块样品使用无菌袋单独包装，进行编号，在每个温度的恒温箱中放入温度记录仪。实验共进行十四天，每天从每个恒温箱中取出三个样本进行实验。

1.2 仪器

高光谱图像采集设备采用中国农业大学信息与电气工程学院的 GaiaSorter 高光谱分选仪，采集软件为 SpecView，选用波段为 1 000~2 500 nm 的近红外光谱相机获取冷鲜肉的光谱反射率，手动调节焦距至图像最清晰，每次采集图像后按式(1)进行黑白校正

$$Ra = \frac{Ia - Ba}{Wa - Ba} \tag{1}$$

式(1)中，Ra 为随机矫正后的高精度光谱波形图像，Ba 为标准校正黑板反射光谱图像；Wa 为标准白板反射光谱图像；Ia 为随机利用高精度光谱图像采集处理系统进行采集后得到的高精度光谱波形图像。TPA(质构分析)参数采集使用 Stable Micro Systems 质构仪，采用圆柱型探头，直径为 6mm，默认返回速度为 4.5 mm · s⁻¹，两次压缩等待时间间隔为 2 s，每个样本采样三次。

1.3 光谱数据和质构特性参数采集

冷鲜肉的货架期一般为 14 d，是理想的试验周期。本研究以牛肉背部肌为试验样本，每天对 0, 4 和 8 °C 三个温度下储存的冷鲜肉采集 3 个样本的高光谱图像及质构特性参数，取平均值。获取高光谱数据的软件为 ENVI5.3。ENVI (the environment for visualizing images)是一个完整的专业遥感软件图像处理分析平台，汇集于其中的遥感软件图像处理分析技术覆盖遥感图像处理数据的精确定标、数据流的融合、信息提取等各种信息变换。对每一幅高光谱图像设置 50 × 50 的感兴趣区域(region of interest, ROI)，计算所有感兴趣区域的高光谱图像平均值，得到表示所选感兴趣区域的高光谱图像反射率与光谱波长之间关系值的曲线，将得到的光谱数据导出。实验所研究的对象为牛肉背部肌，每一块样品中不均匀地分布着牛肉脂肪沉淀，手动选择 ROI 区域可以一定程度排除脂肪沉淀干扰。

2 结果与讨论

2.1 质构特性参数分析

利用新型质构仪器测定冷鲜牛肉质构得到具有粘聚性、回复性等六个主要质构测量指标，指标在不同牛肉贮藏时间温度下随保存时间的变化趋势显示如图 1 所示。硬度、弹性、咀嚼度、胶着度随时间变化未呈现明显的递增或递减趋势，说明大多数质构参数指标波动大，测量时干扰较多，数据存在一定的误差，建模时需要筛选指标以保障模型的精确度。其中，测量精度较高的指标有：粘聚性、回复性。随时间下降，粘聚性和回复性下降趋势明显说明牛肉品质随着储藏时

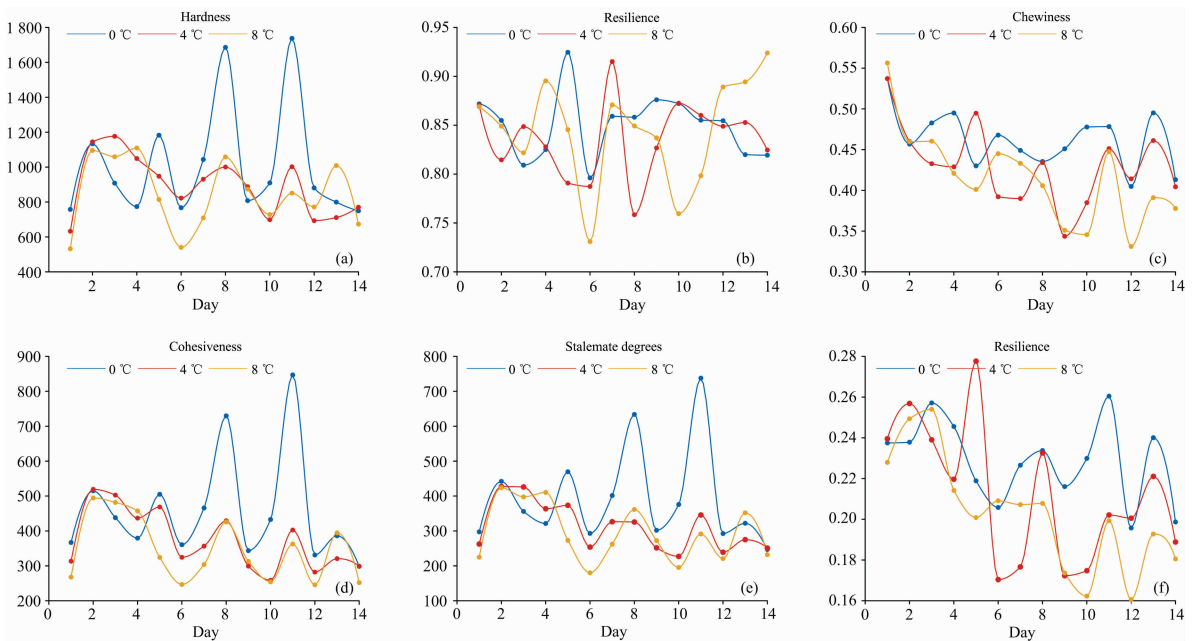


图 1 不同质构参数随时间变化曲线

- (a): 硬度随时间变化；(b): 弹性随时间变化；(c): 咀嚼度随时间变化；
- (d): 粘聚性随时间变化；(e): 胶着度随时间变化；(f): 回复性随时间变化

Fig. 1 Curve of different texture parameters changing with time

- (a): Hardness over time; (b): Resilience of hardness over time; (c): Chewiness of hardness over time;
- (d): Cohesiveness of hardness time; (e): Stalemate of hardness over time; (f): Resilience of hardness over time

间的增加而下降,新鲜度降低。0~5 d 下降趋势较缓,第 6 天以后下降速度加快,第 11 天左右出现上升趋势。这可能是由于储存后期肉质腐败程度大,导致大量水分丢失、组织结构受到很大破坏、底部效应增强所导致^[13]。为了筛选精确度较高的质构特性指标,建立质构特性预测模型,结果如表 1 所示,粘聚性和回复性预测集准确度较高,其余指标预测集准确度均远低于 0.5,模型误差超出容错范围,舍去。最终,选择粘聚性和回复性作为参数建模。

表 1 质构特性参数结果

质构特性	训练集		预测集	
	R^2	RSD	R^2	RSD
粘聚性	0.597 6	0.095 2	0.554 7	0.087 3
回复性	0.562 3	0.117 6	0.507 4	0.214 8
胶着度	0.303 6	0.303 0	0.242 1	0.254 2
咀嚼度	0.272 0	0.310 4	0.255 5	0.320 6
弹性	0.440 6	0.043 0	0.201 0	0.050 3
硬度	0.464 6	0.187 2	0.309 5	0.260 5

2.2 样本集的划分

分别采用 Kennard-Stone 和 SPXY 算法将实验样本划分为训练集和预测集,其中筛选出 35 个训练集样本,7 个预测集样本。KS 算法通过欧氏距离选择样本进入训练集,以充分保证样本集的选取具有代表性和均匀性。SPXY 在计算样品间距离时将自变量和因变量同时考虑在内。为了保证样本模型分析精度能够达到最佳,训练样本模型应该在结构组成上和性质上与预测到的样本模型基本相同。对每种方法得到的样本划分结果以粘聚性作为参数分别采用全波段建模以确定最终的数据划分方式。

为了比较不同样本划分方式效果的优劣,采用相对标准偏差 RSD 及相关系数 R^2 作为指标选择最佳预处理方法,结果如表 2 所示。由表 2 可知,经过 SPXY 和 KS 划分后的样本数据建立的偏最小二乘模型训练集和预测集相关系数分别为 0.769 3 和 0.596 6,均优于无划分方式的相关系数 0.554 7,说明样本划分的必要性。使用 KS 算法样品划分后的建模预测集相关系数为 0.596 6。使用 SPXY 算法样品划分后建模预测集相关系数为 0.769 3。两者相对标准偏差接近,SPXY 划分结果相关系数相较于 KS 算法更接近 1。综上所述,SPXY 建模效果优于 KS 算法,采用 SPXY 作为样本划分方式。

表 2 不同样本划分方式结果

预处理方法	主成分数	训练集结果		预测集结果	
		R^2	RSD	R^2	RSD
无	3	0.597	0.095 2	0.554 7	0.087 3
KS	3	0.592 8	0.097 1	0.596 6	0.081 8
SPXY	3	0.595 4	0.094 5	0.769 3	0.093 4

2.3 光谱曲线分析与数据预处理

图 2 为冰鲜牛肉原始光谱曲线。不同时间测量的光谱曲

线整体趋势相近。随着储藏时间延长,曲线在 1 100 nm 处峰值增加,1 200 nm 处的峰谷降低,这可能是由于肌红蛋白的转化和降解。由于原始光谱包含许多噪声干扰,例如光谱基线漂移,随机噪声等等,影响光谱建模的准确性,可导致模型的精确度降低,因此对原始光谱进行预处理十分必要。研究中使用一阶微分、二阶微分、多元散射校正、标准正态变换对高光谱数据进行预处理,处理后采用全波段建模以确定最终预处理方式,结果如表 3 所示。

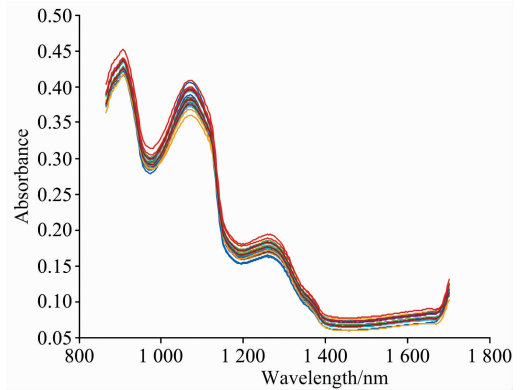


图 2 冰鲜牛肉原始光谱曲线

Fig. 2 Raw spectral curve of chilled beef

表 3 不同预处理方式结果

质构参数	预处理方法	预测集结果	
		R^2	RSD
粘聚性	D1st	0.720 6	0.097 3
	D2st	0.750 6	0.089 0
	SNV	0.814 3	0.122 9
	MSC	0.739 7	0.112 9
回复性	D1st	0.724 4	0.171 0
	D2st	0.867 4	0.099 4
	SNV	0.819 9	0.175 1
	MSC	0.731 5	0.123 4

从表 3 数据可得,使用预处理后的光谱数据建立的冷鲜牛肉品质模型的准确度总体上升。以粘聚性为参数时,经 SNV 处理后光谱的模型准确度高于其他预处理方法, R^2 约为 0.81,模型具有较高精度。在以回复性为参数建模时,D2st 预处理效果最好,相关系数达到 0.867 4,RSD 为 0.099 4。在选用不同质构参数建立偏最小二乘模型时,相同预处理方法对模型的精确度的提升效果不同。由表 3 确定以粘聚性、回复性为参数建模时分别采用 SNV、D2st 作为原始光谱预处理方法。预处理后总体建模准确度在 0.7~0.8 左右,这可能是参数测量时存在较大误差,数据波动性较大,稳定性差的缘故。

2.4 特征波长的选择

经预处理后的全波段牛肉品质预测模型的效果得到改善。全波段光谱信息量过大且包含大量冗余数据,因此预测模型需要优化。主要使用连续投影法(SPA)对不同光谱的

最优波段进行筛选。SPA 选择含有最少多余信息的波长变量组合以最小化信息重复叠加。图 3 展现了 SPA 应用算法分析得到的每个特征波长在 SNV 预处理后的全波段反射光谱上的几个具体位置。SPA 提取特征波长结果详见表 4。由表 4 可知, 相比于无特征波长提取, SPA 从原始光谱中提取了 4 个特征波长, 有效减小了全波段建模包含的大量噪声信息的缺点, 使模型的精确度得到保障的同时提高了模型的运行速度。

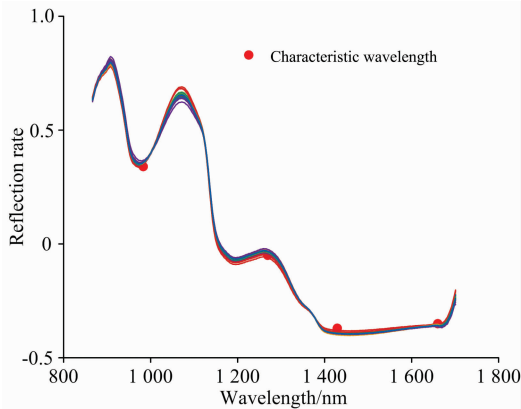


图 3 SPA 选取最优特征波长

Fig. 3 Optimal wavelength selected by SPA

表 4 提取特征波长后建模结果

Table 4 Modeling results after feature wavelength extraction

质构参数	波长/nm	预测集结果	
		R ²	RSD
粘聚度	983 1 269 1 429 1 660	0.792 4	0.109 2
回复性	1 061 1 355 1 452 1 697	0.739 9	0.175 9

2.5 模型建立

现阶段常用的预测变量建模和计算方法主要有 PLSR, PCR 和 ANN 等。PLSR 通过投影分别将要预测的变量和其他观测变量映射到一个新的空间, 来帮助寻找一个基于线性回归的模型。分别采用 SNV 和 D2st 对数据进行预处理。对提取特征波长后的光谱进行粘聚性、回复性预测模型的建立和分析。结果如表 5 和表 6 所示。

表 5 基于 PLSR 的建模结果

Table 5 Modeling results based on PLSR

TPA	预测集结果	
	R ²	RMSEP
粘聚性	0.879 8	0.396 6
回复性	0.880 6	0.220 3

表 6 基于 PCR 的建模结果

Table 6 Modeling results based on PCR

TPA	预测集结果	
	R ²	RMSEP
粘聚性	0.728 8	0.383 2
回复性	0.766 0	0.284 3

由表 5 对比可知, 使用 PLSR 建模时, 以粘聚性和回复性为参数的模型精确度分别为 0.879 8 和 0.880 6。使用 PCR 建模时, 以粘聚性和回复性为参数的模型精确度分别为 0.728 8 和 0.766 04。基于 PLSR 的牛肉品质参数预测模型的相关系数总体高于基于 PCR 模型的相关系数, 说明 PLSR 的建模效果优于 PCR, 这可能由于 PCR 模型中与组分值无关的一些变量可能也具有很大的权重, 导致使用 PCR 建模存在一定的误差。

2.6 模型可靠性验证

对原始冷鲜肉高光谱数据进行预处理, 采用 SPA 算法筛选出最优波段, 提取特征波段输入 PLSR 算法中, 构成基于高光谱的冷鲜肉粘聚性、回复性的预测模型, 得到不同质构特性参数的预测值。最小二乘回归结果如图 4(a,b) 所示。

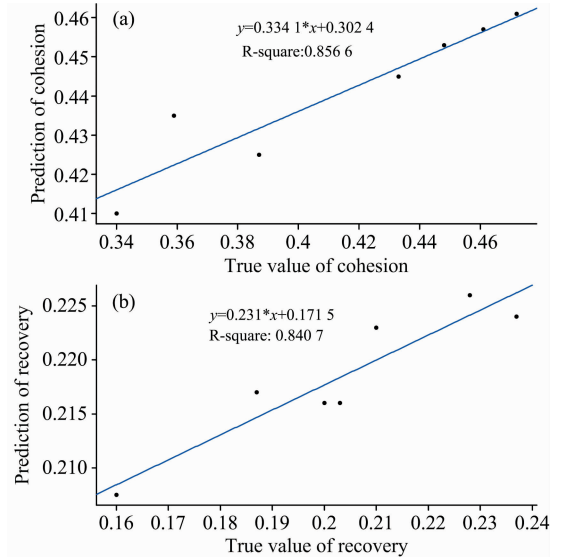


图 4 质构参数回归模型

(a): 粘聚性真实值与预测值散点图;

(b): 回复性真实值与预测值散点图

Fig. 4 Regression model of TPA

(a): Scatter plots of true and predicted values of cohesiveness;

(b): Scatter plots of true and predicted values of resilience

结果表明: 基于 SPA-PLSR 的牛肉品质预测模型具有较高的精度, 当预测参数分别为粘聚性、回复性的识别指数分别为 0.856 6 和 0.840 7。

3 结论

采用粘聚性、回复性作为综合评价冷鲜肉品质的参数, 建立了基于高光谱的牛肉品质预测模型。采用 SPXY 对光谱进行样本划分, 生成 35 个训练集样本和 7 个预测集样本, 分别使用 SNV 和 D2st 对原始光谱数据进行预处理。采用 SPA 提取特征波长, 将特征波段和质构特性参数作为 PLSR 输入, 建立了基于高光谱与牛肉品质(粘聚性、回复性)预测模型, 模型相关系数分别为 0.879 8 和 0.880 6。经过模型数据可靠性检验, 该质构预测模型精确度较高, 适用于对牛肉品质的在线快速检测。

References

- [1] CHENG Shu-zhen, WANG Xiao-tuo, WANG Zhi-dong(程述震, 王晓拓, 王志东). Food Research and Development(食品研究与开发), 2017, 38(16): 194.
- [2] GUO Li-li, HUA Jin, ZHANG Li-hua, et al(郭丽丽, 花 锦, 张梨花, 等). Journal of Food Safety and Quality Inspection(食品安全质量检测学报), 2018, 9(11): 2740.
- [3] ZHANG Hui(张 会). Food Safety Guide(食品安全导刊), 2019, (6): 93.
- [4] WANG Hui, HE Hong-ju, LIU Lu, et al(王 慧, 何鸿举, 刘 璐, 等). Food Science(食品科学). 2019, 40(5): 337.
- [5] WANG Wan-jiao, WANG Song-lei, HE Xiao-guang, et al(王婉娇, 王松磊, 贺晓光, 等). Food Industry Science and Technology(食品工业科技), 2015, 36(20): 77.
- [6] ZHANG Jing-jing, LIU Gui-shan, REN Ying-chun, et al(张晶晶, 刘贵珊, 任迎春, 等). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2019, 39(6): 1909.
- [7] LÜ Ri-qin, HUANG Xing-yi, XIN Jun-wei, et al(吕日琴, 黄星奕, 辛君伟, 等). China Agricultural Science and Technology Bulletin(中国农业科技导报), 2015, 17(5): 18.
- [8] YU Hai-ming, XU Jia-qi, LIU Hao-lu, et al(於海明, 徐佳琪, 刘浩鲁, 等). Transactions of The Chinese Society of Agricultural Machinery(农业机械学报), 2019, (11): 367.
- [9] He H J, WU D, Sun D W. Food Chemistry, 2014, 156(1): 394.
- [10] JIN Man, DONG Qing-li, LIU Bao-lin(金 曼, 董庆利, 刘宝林). Food Science(食品科学), 2017, (3): 26.
- [11] LI Zhi-gang, JIA Ce, WANG Xiao-wen, et al(李志刚, 贾 策, 王晓闻, 等). Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering(农业工程学报), 2016, 32(16): 286.
- [12] WANG Xiao-dan, LIU Ai-yang, SUN Yong-hai, et al(王笑丹, 刘爱阳, 孙永海, 等). Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering(农业工程学报), 2015, 31(18): 262.
- [13] LIU Chun-you, FU Chun-ting, YIN Chao-min, et al(刘纯友, 付春婷, 殷朝敏, 等). Food and Machinery(食品与机械), 2019, (10): 88.

On-Line Fast Detection Technology of Chilled Fresh Meat Quality Based on Hyperspectral and Multi-Parameter

FANG yao¹, XIE Tian-hua², GUO Wei¹, BAI Xue-bing¹, LI Xin-xing^{1*}

1. Beijing Laboratory of Food Quality and Safety, College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China
2. College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China

Abstract In order to solve the problems of complicated operation and irreversible damage of traditional chilled beef quality detection technology, this paper proposed a method of chilled beef quality detection based on hyperspectral fusion and multi-parameter fusion. The Region of Interest (ROI) spectra of chilled beef were extracted, and the texture parameters of chilled beef were measured: hardness, elasticity, adhesion, adhesion, chewing degree and resilience. After the parameter precision comparison, the cohesiveness and resilience are selected as the modeling parameters. Kennard-stone and the SPXY algorithms were used to divide the original spectral data respectively, and the optimal sample division method was determined by the prediction effect of the model built after sample division. Finally, 35 training sets and 7 test sets were obtained by dividing the samples by the SPXY algorithm. Based on the sample division of the SPXY algorithm, preprocessing of hyperspectral data was conducted by using first derivative (D1st), multiple scattering correction (MSC), second derivative (D2st) and standard normal transformation (SNV), which effectively eliminated the noise in the spectrum and improved the signal-to-noise ratio. The continuous projection method (SPA) is used to extract the spectral characteristic wavelength, which effectively reduces the shortcoming of the large amount of noise information contained in the full-band modeling, ensures the accuracy of the model and improves the running speed of the model. Finally, the partial least square method (PLSR) and principal component regression method (PCR) were used to construct the quality prediction model of chilled beef. When the cohesion was taken as the parameter, the SNV-SPA-PLSR model had the best performance, and the predicted correlation coefficient was 0.879 8. The D2st-SPA-PLSR model has the highest accuracy when regression is taken as the parameter, and the predicted correlation coefficient is 0.880 6. The experimental results show that the chilled meat quality detection method based on hyperspectral fusion and multi-parameter fusion can realize the fast quality detection of chilled beef.

Keywords Hyperspectral; Beef quality detection; Texture parameters; Partial least square method

* Corresponding author

(Received Jul. 26, 2020; accepted Nov. 30, 2020)

《光谱学与光谱分析》投稿简则

《光谱学与光谱分析》是由中国科协主管,中国光学学会主办,钢铁研究总院、中国科学院物理研究所、北京大学、清华大学共同承办的专业学术期刊。国内外公开发行人,从 2004 年起为月刊,大 16 开本,2020 年仍为月刊,每期 332 页。《光谱学与光谱分析》主要报道我国光谱学与光谱分析领域内具有创新性科研成果,及时反映国内外光谱学与光谱分析的进展和动态;发现并培育人才;推动和促进光谱学与光谱分析的发展。为科教兴国服务。读者对象为从事光谱学与光谱分析的科研人员、教学人员、分析测试人员和科研管理干部。

栏目设置和要求

1. 研究报告 要求具有创新性的研究成果,一般文章以 8000 字(包括图表、参考文献、作者姓名、单位和中文、英文摘要,下同)为宜。
2. 研究简报 要求在前人研究的基础上有重大改进或阶段性研究成果,一般不超过 5000 字。
3. 评述与进展 要求评述国内外本专业的发展前沿和进展动态,一般不超过 10000 字。
4. 新仪器装置 要求介绍新型光谱仪器的研制、开发、使用性能和应用,一般不超过 5000 字。
5. 来稿摘登 要求测试手段及方法有改进并有应用交流价值,一般以 3000~4000 字为宜。

稿件要求

1. 投稿者请经本刊编委(或历届编委)一人或本专业知名专家推荐,并附单位保密审查意见及作者署名顺序,主要作者介绍。文章有重大经济效益或有创新者,请说明,同时注明受国家级基金或国家自然科学基金资助情况。
2. 来稿要观点明确、数据真实可靠、层次分明、言简意明、重点突出。来稿必须是网上在线投稿(含各种符号和外文字母大写、小写、正体、斜体;希腊字母、拉丁字母;上角、下角标位置应标清楚)。中文摘要以 800 字为宜,英文摘要(建议经专业英语翻译机构润色)与中文摘要要对照;另附关键词。要求来稿应达到“齐、清、定”,中文、英文文字通顺,方可接受送审。
3. 为了进一步统一和完善投稿方式、缩短论文发表周期,本刊只接收网上在线投稿,不接收以邮寄方式或 e-mail 方式的投稿,严禁“一稿多投”,对侵权、抄袭、剽窃等学术不端行为,一经发现,取消三年投稿资格。
4. 文中插图要求完整,图中坐标、线条、单位、符号、图注等应标注准确、完整。如作者特殊要求需出彩色插图者,必须在投稿时事先加以说明,并承担另加的彩印费用。图幅大小:单栏图 7.5cm(宽)×6cm(高);双栏图:14cm(宽)×6cm(高);图中数字、图题、表题全部用中文、英文对照,图中数字、中文、英文全用 6 号字。电子文档中除实物图外,曲线图要用 Matlab, Excel, Visio 或 Origin 等软件制作,稿件中图片的原图并转成相应(可编辑)的文件格式(.fig, .xls, .vsd, .opj),非“.jpg”格式的文档,随电子版修改稿一同发送到本刊的修改稿专用邮箱。
5. 文中出现的单位必须按“中华人民共和国计量标准”及有关 GB 标准规定缮写。物理量符号一律用斜体,单位符号和词头用正体字母。
6. 名词术语,请参照全国科学技术名词规定缮写。
7. 参考文献,采用顺序编码制,只列主要文献;以 15~20 条为宜。内部资料、私人通讯、未经公开发表的一律不能引用。日文、俄文等非英文文献,请用英文表述;中文文献和中文图书采用中、英文对照表述,文献缮写格式请参照本刊。
8. 请在投稿第一页左下角写明投稿联系人的电话和两个 e-mail,以便及时联系。

稿件处理

1. 自收到稿件之日起,一个月内作者会收到编辑部的稿件处理意见。请根据录用通知中所提出的要求认真修改,希望修改稿在 30 天内寄回编辑部,并作为作者最终定稿(当作者接到校样时,以此修改稿为准进行校对,请勿再做大的改动),若二个月内编辑部没收到修改稿,将视为自行撤稿处理。
2. 有重大创新并有基金资助者可优先发表;不录用的稿件,编辑部将尽快通知作者,底稿一律不退,请自留底稿。
3. 来稿一经发表将酌致稿酬并送样刊 2 册。
4. 遵照《中华人民共和国著作权法》,投稿作者须明确表示,该文版权(含各种媒体的版权)授权给《光谱学与光谱分析》期刊社。国内外各大文献检索系统摘录本刊刊出的论文;凡不同意被检索刊物无稿酬摘引者,请在投稿时事先声明,否则,本刊一律认为已获作者授权认可。
5. 修改稿请寄:100081 北京市海淀区学院南路 76 号(南院西北门),《光谱学与光谱分析》期刊社(收)

电话:010-62182998 或 62181070

传真:010-62181070

e-mail: chngpxygpfx@vip.sina.com; 修改稿专用邮箱: gp2008@vip.sina.com 网址: http://www.gpxygpfx.com