

Ocean Optics Asia
Suite 601, Kirin Tower
666 Gubei Road
Shanghai, PRC 200336
Tel: +86(21)6295-6600
Fax: +86(21)6295-6708
www.oceanoptics.com



海洋光学亚洲分公司
上海市长宁区古北路 666 弄
嘉麒大厦 601 室
邮编: 200336
电话: +86(21)6295-6600
传真: +86(21)6295-6708
www.oceanopticschina.cn

Change the World for the Better through Optical Sensing

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026087741100639X>

VIS/NIR 在线检测新鲜猪肉的 pH 值

引言

新鲜猪肉的 pH 值是评价其等级的重要项目，足以影响到肉的色泽，含水量及贮藏时间，屠宰后 24h 内测得的最终 pH 值在 5.6~5.9 之间表明肉质最好，如果高于 6.1~6.2 或者低于 5.4，或者 pH 值的降低过快或过慢则表明肉在迅速变质。因此能够迅速准确的检测肉类的 pH 值对于监控肉质产品的质量是至关重要的。

通常采用 pH 玻璃电极或固态电极酸度计进行检测，但是因为电极必须插入样品中才能获取结果，所以这种电化学的方法并不适用于快速的过程及批量生产中的检测。可见近红外光谱法被认为是可以替代电化学法检测的快速，无损，在线检测方法之一，尤其光纤光谱仪的应用极大地改善了该方法的可行性。

对于光谱的分析，主要目的之一在于建立多变量模型以预测待测样品的性质，从数学角度模型将一组校准样品与其各自已知的性质参数相联系。多标量定标方法比如多重线性回归 MLR 和最小二乘回归法 PLSR 一般适用于建立定标模型。本文将可见/近红外反射光谱与化学计量法相结合实现了新鲜猪肉 pH 值迅速预测。

实验过程

样品采用当地市场屠宰 5h 后的 211 块背长肌，切成厚度 25mm，表面平坦的小块（220c，湿度 60%），在线光谱采集系统使用海洋光学 USB4000-VIS-NIR（350-1000nm），卤钨灯光源 HL-2000-LVF-HP，20W，样品通过传送带（0.25m/s）进入光谱采集区域，样品采集面积为直径 15mm，每个样品采样三次做平均光谱数存储为 $\log(1/R)$ 格式，R 为反射率。同时作为验证，pH 计 206-pH2 对每个样品的表面进行测定。数据处理采用 MATLAB7.6，离散小波变换



Change the World for the Better through Optical Sensing

DWT 用于去噪，样品任意划分为校正集和预测集，通过 PLSR 建立定标模型，最终变量通过最小交叉验证均方差法（SPA-MLR）进行选取。

表 1 校正集（RMSECV<0.14）的表现.

Denoising parameters	Number of latent variables	Calibration		Validation RMSECV	Prediction		RPD
		r_{cal}	RMSEC		r_{pre}	RMSEP	
Bior3.5-minimaxi-soft-levle5	5	0.970	0.058	0.134	0.900	0.116	1.799
Coif5-minimaxi-soft-levle5	6	0.977	0.051	0.134	0.901	0.116	1.799
Coif5-minimaxi-soft-levle6	5	0.962	0.065	0.139	0.884	0.125	1.734
Db6-minimaxi-soft-levle5	3	0.913	0.098	0.136	0.901	0.124	1.772
Db6-minimaxi-soft-levle6	3	0.908	0.100	0.139	0.906	0.125	1.734
Db7-minimaxi-soft-levle5	3	0.914	0.097	0.136	0.891	0.122	1.772
Db7-minimaxi-soft-levle6	5	0.965	0.063	0.135	0.859	0.136	1.785
Db7-sqtwolog-hard-levle5	5	0.974	0.054	0.137	0.861	0.135	1.759
Dmey-minimaxi-soft-levle5	6	0.975	0.053	0.137	0.863	0.134	1.759
Sym6-minimaxi-soft-levle5	3	0.913	0.098	0.137	0.901	0.118	1.759

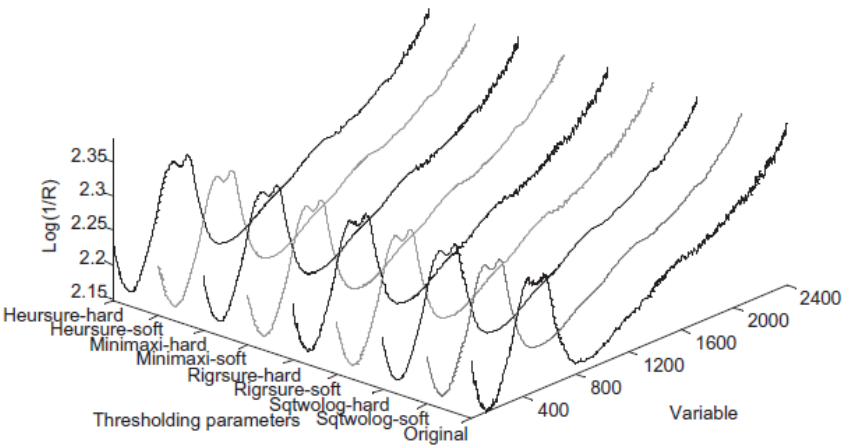


图 1 优化参数后的小波变换结果.

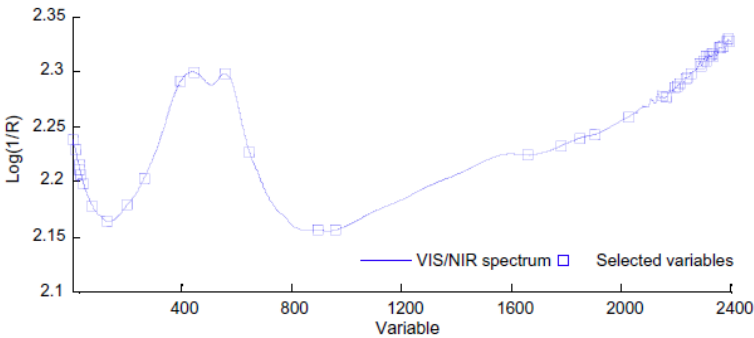


图 2 SPA 选取的变量（44 个变量由方块表示）.

Ocean Optics Asia
Suite 601, Kirin Tower
666 Gubei Road
Shanghai, PRC 200336
Tel: +86(21)6295-6600
Fax: +86(21)6295-6708
www.oceanoptics.com



海洋光学亚洲分公司
上海市长宁区古北路 666 弄
嘉麒大厦 601 室
邮编: 200336
电话: +86(21)6295-6600
传真: +86(21)6295-6708
www.oceanopticschina.cn

Change the World for the Better through Optical Sensing

结果与讨论

在 211 个样品中, 测得的 pH 值为 5.03~6.14, 与之前研究中的结果相似。校正集涵盖了预测集的范围保证了模型的合理性。数据表明小波变换剥离 6 次并采用软阈值去噪, 效果更有利于得到平滑的谱线, ($r > 0.900$, 校正标准差 (RMSEC) = 0.100, 交互验证均方差 (RMSECV) = 0.139, 预测均方差 (RMSEP) = 0.125)。在经过无信息变量删除后, 85% 的变量从模型中扣除, 使模型大大简化, 实验表明可见/近红外光谱法可以用于在线预测新鲜猪肉的 pH 值。