

高光谱成像技术在水产品品质检测应用研究进展

Research Progress on The Application of Hyperspectral Imaging Technology in The Quality Detection of Aquatic products

李雨^{1,2}, 张寒野¹, 王斐¹, 黎红好^{1,2}, 沈晓盛¹



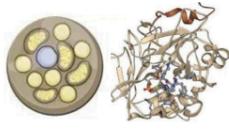
背景介绍 Background



假冒伪劣



微生物污染



蛋白质脂肪氧化

水产品品质监控检测的重要性

国家标准和行业标准设定了一系列指标, 涵盖外观、色泽、气味、口感、挥发性盐基氮以及微生物菌落总数等, 以确保水产品质量和安全。传统检测评估方法, 如通过视觉、嗅觉和触觉等鉴定水产品的外观形态、色泽、气味和硬度, 采用凯氏定氮法测定挥发性盐基氮, 使用平板计数法测定微生物菌落总数等, 费时耗力、破坏样品完整性, 难以满足现代水产品工业快速、无损、实时、客观检测的需求, 高光谱技术具有高分辨率、无损、多组分同时测定、快速、准确、灵活和易操作等优点, 能满足现代水产品检测的需求。

技术原理 Technical principle

高光谱技术结合了光谱和成像技术, 利用高光谱传感器捕获样本的光谱信号, 并将其转换为电信号。经过处理和分析, 这些信号由计算机转化为数字信号, 形成包含二维空间与一维光谱信息的三维光谱图像, 这些图像不仅记录了样本的外部特征, 如形状、颜色和纹理, 还揭示了其内部的分子结构和组成状态, 从而达到对待测样品品质信息的可视化, 实现在线检测的目的。

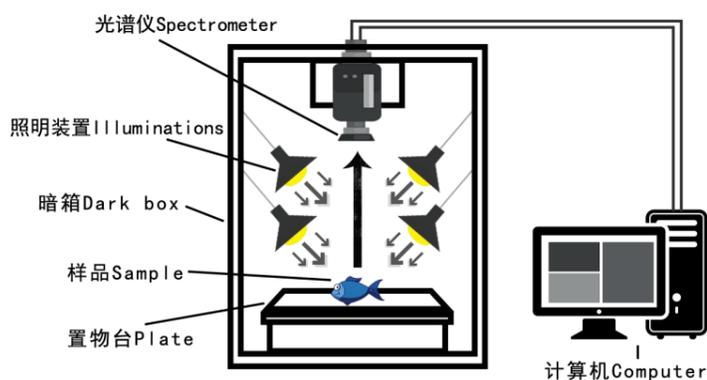
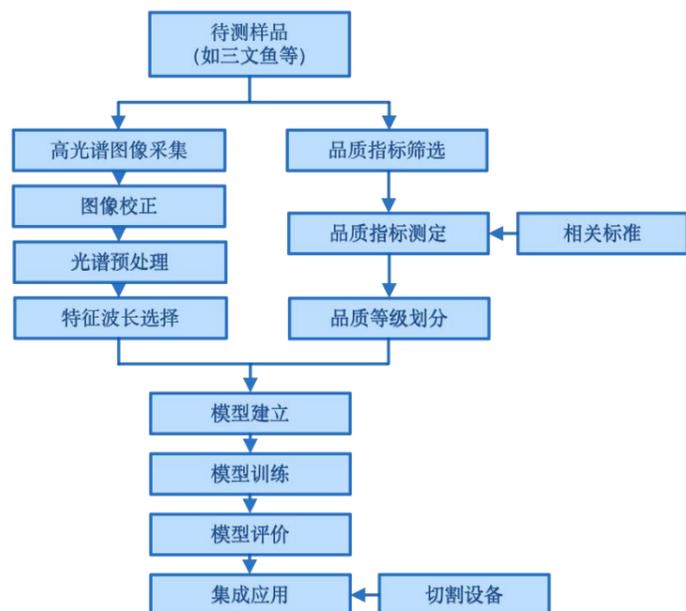


图1 高光谱成像系统

技术路线 Technical route



水产品品质检测应用

Aquatic product quality inspection report

用廉价鱼类冒充高价鱼类是水产业值得关注的欺诈行为。目前, 国内外学者使用高光谱技术来检测水产品掺假主要集中在鱼糜和三文鱼掺假中, 其他种类的水产品掺假研究较少。

水产品中的脂肪在贮藏过程中会发生氧化, 产生氢过氧化物、醛类、酮类等有害氧化产物, 硫代巴比妥酸(TBA)能够反应水产品脂肪氧化程度TBA值越大, 表明水产品新鲜度越低。

水产品中的蛋白质在贮藏过程中由于酶和细菌的作用会发生分解, 产生氨和胺类等碱性含氮物质, 这些物质具有挥发性。挥发性盐基氮(TVB-N)值能够有效地反映水产品中氨基酸被破坏的程度, 可以作为衡量水产品新鲜度的指标之一。

水生动物死亡后, 其体内蛋白质和脂肪的分解为微生物提供了丰富的营养, 促进了微生物的生长与繁殖, 当微生物含量超过安全阈值, 可能对消费者健康造成危害。微生物菌落总数(TVC)是评估水产新鲜度和安全性的关键指标。



表1 高光谱技术在水产品种类鉴别检测应用

种类	指标	最优波长筛选方法	建模方法
红鳍鲂、翼齿鲂、马拉巴笛鲷、大齿牙鲆、金眼狼鲈、莫桑比克罗非鱼	种类鉴别	—	ML
大西洋鲑、大马哈鱼、太平洋鲑、虹鳟	种类鉴别	PCA	KNN

表2 高光谱技术在水产品TBA值检测应用

种类	指标	最优波长筛选方法	建模方法
草鱼	TBA	RC	MLR
大西洋鲑	TBA	MLR	PLSR
三文鱼	TBA	SPA	LS-SVM

表3 高光谱技术在水产品TVB-N值检测应用

种类	指标	最优波长筛选方法	建模方法
三文鱼	TVB-N	SPA	LS-SVM
南美白对虾	TVB-N	SAEs	LS-SVM
虹鳟	TVB-N	SPA	LDNN
日本鲭	TVB-N	SPA	VIP-PLSR

表4 高光谱技术在水产品TVC值检测应用

种类	指标	最优波长筛选方法	建模方法
大西洋鲑	TVC	CARS	PLSR
草鱼	TVC	SPA	LS-SVM
南美白对虾	TVC	SPA	LS-SVM
虹鳟	TVC	RC	PLSR

高光谱技术在水产品品质评估和检测中已证明其有效性。本文综述了近年来高光谱技术在水产品品质快速无损检测方面的研究进展, 涵盖了水产品种类鉴别与掺假鉴定、物理特性、化学指标、安全性和冻融产品检测五个方面。表1-4汇总了国内外研究者在高光谱技术应用于水产品品质检测方面的最优波长选择和建模方法, 展示了模型的高精度, 证实了高光谱技术在水产品品质检测中的广泛应用潜力。

瓶颈和展望 Bottlenecks and outlooks

达到实时监测的瓶颈:

- ① 包含大量冗余的数据, 数据处理难度大。
- ② 创建适用于所有水产品种类及检测需求的通用模型耗时费力。
- ③ 高光谱设备的便携性。

未来行业应用的展望:

- ① 应用于品质分级, 打造出标杆产品。
- ② 结合云计算或边缘计算, 实现生产线上自动化检测。
- ③ 融入大数据、物联网技术, 构造全链条追踪体系, 实现水产品信息的透明化与可追溯性。

1. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090

2. 上海海洋大学食品学院, 上海 201306a