

# 海洋水产品新鲜度的现代检测技术研究进展

赵培城, 赵娜娜, 吕飞\*, 丁玉庭

(浙江工业大学 海洋学院, 浙江 杭州 310014)

**摘要:** 综述了海洋水产品新鲜度变化规律,指出新鲜度是海产品品质的重要标志;海洋水产品新鲜度传统检测技术包括感官检验、物理检验、化学检验和微生物检验等。着重介绍了海洋水产品新鲜度的现代检测技术,即智能检测技术、新鲜度指示卡及其他一些快速检测技术。对现有海洋水产品新鲜度检测技术存在的问题和发展趋势作了概述。

**关键词:** 海洋水产品;新鲜度;现代检测技术

**中图分类号:** TS 254.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673—1689(2015)09—0897—09

## A Review of Novel Detection Technologies for the Freshness of Marine Aquatic Products

ZHAO Peicheng, ZHAO Nana, LYU Fei\*, DING Yuting

(Ocean College, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China)

**Abstract:** This review summarized the regularity of the fresh degree of marine aquatic products and pointed out that the freshness was an important index for the quality of marine aquatic products. Currently, the traditional detection technologies for the freshness of marine aquatic products including sensory, physical, chemical, and microbiological test. The novel detection technologies for the freshness of marine aquatic products were highlighted in this study, mainly including intelligent detection, freshness indicator cards and some fast detection technologies. Finally, the existing problems and development tendency of detection technologies for marine aquatic products are summarized.

**Keywords:** marine aquatic products, freshness, detection

食品的新鲜度实质上是指食品的原有成分和特征的变化程度。海洋水产品的新鲜度是评价其品质的一个重要指标,鲜度影响最终产品的品质<sup>[1]</sup>。一般认为,鱼贝类在死后品质的变化大体可分为僵

硬、自溶和腐败 3 个阶段<sup>[2]</sup>。初期生化变化和死后僵直:鱼贝类死后初期的生化变化主要包括糖原的无氧酵解(糖原无氧分解成乳酸或者是章鱼碱和乳酸)和 ATP 及相关化合物的分解(ATP 分解成 ADP、

收稿日期: 2014-09-15

基金项目: 国家 863 计划重点项目(2012AA092301);国家自然科学基金项目(31301579)。

作者简介: 赵培城(1963—),男,安徽芜湖人,工学博士,副教授,主要从事食品生物技术研究。E-mail: zhpc@zjut.edu.cn

\* 通信作者: 吕飞(1980—),女,河南南阳人,工学博士,副教授,主要从事水产品贮藏与加工研究。E-mail: lvfei\_zju@163.com

AMP 和 IMP), 鱼贝类放置一段时间后, 肌肉收缩变硬, 失去伸展性或弹性, 进入僵直状态, 但鱼体的新鲜度良好。自溶阶段: 僵硬期后, 由于来自肌肉中内源性蛋白酶或来自腐败菌的外源性蛋白酶的作用, 糖原、ATP 进一步减少而代谢产物乳酸、次黄嘌呤、氨不断积累, 硬度也逐渐降低, 鱼贝体进入自溶阶段, 肌肉组织逐渐变软, 失去固有弹性, 鱼类原有风味易变化和消失, 鲜度降低。腐败阶段: 鱼贝体在微生物及其酶的作用下, 肌肉成分进一步被分解, 蛋白质、氨基酸及其他含氮物质被分解生成氨、三甲胺、硫化氢、吲哚、组胺等低级产物, 脂肪被微生物所分泌的脂肪酶分解生成游离的脂肪酸和甘油, 使鱼贝体产生具有腐败特征的臭味, 鱼贝体即进入腐败阶段。

海洋水产品营养丰富, 海产动物死后极易导致腐败、变质。因此, 在收购、运销、加工过程中对海洋水产品的鲜度进行快速检验已成为重要的课题。目前, 海洋水产品新鲜度常用的检验方法一般分为感官检验、物理检验、化学检验和微生物检验及上述方法之组合评价等。但是, 这些传统测定方法存在着主观性大、耗时长、操作程序复杂、需要专业的人员、对产品有破坏性和精确度不高等缺点。因此, 开发基于理化指标的一些快速无损检测技术, 以使海洋水产品新鲜度的检测更加方便便成为了研究的热点。本文主要对海洋水产品新鲜度传统检测方法、智能检测方法、新鲜度指示卡, 以及其他一些快速检测方法及发展趋势进行概述。

## 1 海洋水产品新鲜度的传统评价方法

海洋水产品新鲜度的传统评价方法包括感官评定法、微生物评定法、物理评定法和化学评定法。

### 1.1 食品感官评定

在相对稳定的环境条件下, 以感官评价员的器官感觉(视觉、嗅觉、味觉、听觉和触觉)为基础, 采用适当的数理统计方法评判食物优劣的一种试验方法。感官评定法是一种快速的评定方法, 与海洋水产品的外观、气味、风味、质地等密切相关<sup>[3]</sup>, 但具有一定的主观性。目前海洋水产品感官评价的方法包括欧盟法(EU scheme)和质量指数法(QIM)<sup>[4-6]</sup>。

### 1.2 微生物评定法

检测鱼贝类肌肉或鱼体表皮的细菌数, 以判断鱼贝类的腐败程度。国标规定应检测的微生物指标

有菌落总数(TVC), 及大肠杆菌、沙门氏菌、志贺氏菌、副溶血性弧菌、金黄色葡萄球菌、霉菌和酵母计数。海洋水产品中常检测的指标是 TVC 和特定腐败菌(SSO)数<sup>[7]</sup>。但微生物检测法存在耗时、需要专门的设备和专业人员来操作等限制。

### 1.3 物理评定法

根据鱼贝体的物理性质如几何尺寸、微观结构、电学特性、力学特性(质构)、光学特性等的变化进行新鲜度判断<sup>[8]</sup>。物理评定法研究得较多, 实际应用较少, 仅作为新鲜度评定的一种辅助方法。

### 1.4 化学评定法

检测鱼贝类死后在细菌作用或以生化反应生成的物质为指标进行新鲜度评定。这些指标包括 pH 值、挥发性化合物(主要为挥发性盐基氮和三甲胺)、ATP 降解物(主要测定 K 值)、吲哚(主要判定虾产品新鲜度)、胍丁胺(用于乌贼肉新鲜度评定)、丙二醛(脂肪氧化产物, 可判定海洋水产品贮藏早期的新鲜度), 以及酸价、过氧化值和蛋白质的一些生化特性指标(如肌原纤维蛋白质盐溶性、Ca<sup>2+</sup>-ATPase 活性、巯基含量)等<sup>[9-10]</sup>。

### 1.5 其他

鲜度指示蛋白也可以作为海洋水产品新鲜度的评价指标, 目前已用于鳕鱼、大黄鱼、海鲈和中国对虾等的新鲜度评价<sup>[11-13]</sup>。

## 2 海洋水产品新鲜度的现代检测技术

### 2.1 智能检测

智能检测就是利用计算机及相关仪器, 实现检测过程智能化和自动化。智能检测包括测量、处理、性能测试、故障诊断和决策输出等内容。由于智能检测能充分开发和利用计算机资源, 在人工最少参与的前提下, 能获得最佳和最满意的结果, 并具有测量速度快、处理能力强、工作可靠、使用方便灵活和能实现监测、诊断、管理一体化等优点, 所以得到了人们的普遍关注。海洋水产品新鲜度的智能检测技术主要是指生物传感器。生物传感器是由固定化的生物材料作为识别元件(包括酶、抗体、微生物等生物活性物质)并与适当的换能器件(如氧电极和场效应管等)密切接触而构成的分析工具或系统。这些换能器件可将生化信号转换成可定量的电或光信号, 从而实现对特定底物的快速检测。由于生物活性物质具有专一识别功能, 使得生物传感器具

有较高的选择性,能直接应用于复杂样品的测定<sup>[14]</sup>。目前广泛用来测定海洋水产品新鲜度的传感器包括:微生物传感器、酶传感器、电化学生物传感器、电子鼻、电子舌等。

**2.1.1 微生物传感器** 微生物传感器是由固定化微生物细胞与电化学装置结合而成的新型生物传感器,一些主要的微生物传感器依据电流、电压、电导的变化达到测定的目的<sup>[15]</sup>。测定海产品新鲜度的微生物传感器由溶氧传感器和微生物膜组成。原理是利用酵母或腐败菌吸收肉类腐败过程中产生的有机物(氨基酸和胺等),消耗氧气,引起传感器输出电流下降。利用微生物传感器测定鱼肉新鲜度和常规  $K$  值测定的数值间有较好的相关性<sup>[16]</sup>,特别在海产品腐败早期,利用微生物传感器测定灵敏度高,时间短(约需 15 min)。

**2.1.2 酶传感器** 一般认为,海产动物死后,ATP 按以下顺序分解:ATP(三磷酸腺苷)→ADP(二磷酸腺苷)→AMP(一磷酸腺苷)→IMP(肌苷酸)→HxR 或 Ino(肌苷)→Hx(次黄嘌呤)→UA(尿酸)。K 值为肌苷和次黄嘌呤浓度的总和与 ATP 关联量浓度总和的比值<sup>[17]</sup>,即

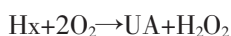
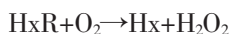
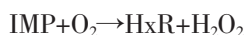
$$K = (c_{\text{Hx}} + c_{\text{HxR}}) / (c_{\text{ATP}} + c_{\text{ADP}} + c_{\text{AMP}} + c_{\text{IMP}} + c_{\text{Hx}} + c_{\text{HxR}}) \quad (1)$$

$K$  值越小表明产品越新鲜。 $K$  值作为评价鱼类新鲜度的化学指标应用较准确,尤其适合对鱼类的早期评定。由于鱼死 24 h 后,体内的 ATP、ADP、AMP 就已经完全消失,因此可用  $K_1$  来评价鱼肉的新鲜度。

$$K_1 = [(c_{\text{Hx}} + c_{\text{HxR}}) / (c_{\text{IMP}} + c_{\text{Hx}} + c_{\text{HxR}})] \times 100\% \quad (2)$$

但在一些易形成 HxR 的鱼品种(如鳕鱼、金枪鱼等)中,其  $K_1$  值迅速增加至 100%,因此不能指示这些鱼的新鲜度。 $K$  值不仅反映鱼体初期新鲜度变化,而且与产品的品质风味密切相关。一般采用  $K$  值  $\leq 20\%$  作为优良鲜度指标(日本用于生食鱼肉的品质指标), $K$  值  $\leq 60\%$  作为加工原料的新鲜度标准。

一些利用传感器测定新鲜度的方法是用催化 IMP→HxR 的 5'-核苷酸酶(NT),催化 HxR→Hx 的核苷磷酸化酶(NP)和催化 Hx→UA 的黄嘌呤氧化酶(XO),反应如下式:



将这 3 种酶分别固定在聚合物膜上,再分别将酶膜固定在氧电极上或  $\text{H}_2\text{O}_2$  电极上。电极表面消耗的

$\text{O}_2$  或产生的  $\text{H}_2\text{O}_2$  而引起的电流变化与这些代谢物的浓度有关,因此 NT、NP、XO 酶电极的输出信号和 IMP、HxR、Hx 的浓度有关,可以分别测定它们的浓度。其测定结果和传统方法测定结果间有较好的相关性。

Ghosh 等<sup>[18]</sup>提出用一种测量电流的酶电极生物传感器检测鱼的新鲜度。原理是利用固定化黄嘌呤氧化酶、核苷磷酸化酶和核苷酸酶的导电聚吡咯酶电极,分别定量测量 Hx、HxR 和 IMP 的含量,进而得出  $K_1$  值和  $H$  值。

$$H = [c_{\text{Hx}} / (c_{\text{IMP}} + c_{\text{Hx}} + c_{\text{Ino}})] \times 100\% \quad (3)$$

结果显示,这种生物传感器是一种简单、快速测定鱼新鲜度的有效方法。

奚春蕊等<sup>[19]</sup>基于金枪鱼在低温贮藏过程中  $K$  值变化,以 MTT 噻唑蓝、Hx 黄嘌呤、XOD 黄嘌呤氧化酶建立化学传感器。通过传感器的吸光度变化与  $K$  值变化建立相关性,实现快速检测金枪鱼的鲜度品质。实验分析 MTT 传感器在冷藏条件下吸光度的变化,与相同条件下金枪鱼  $K$  值的变化具有很大的相关性,相关系数均在 0.9 以上,因此该传感器可以运用于对金枪鱼品质鲜度的快速检测。

此外,胺传感器固定化腐胺氧化酶和一胺氧化酶,可以分别实现对腐胺、精胺、尸胺、亚精胺、酪胺及组胺、酪精胺、脂肪胺的测定。此方法重复性好,与液相色谱检测结果相一致。为了克服酶电极传感器随着时间延长敏感性降低的问题,通常采用含有大量的固定化酶的酶反应器系统。Youko 等<sup>[20]</sup>把酶反应器系统和流式注射系统结合起来使用,使转移过程尽量减少,提高重复性,而且酶也可以重复使用。

**2.1.3 电化学生物传感器** 用于海产品鲜度检测的电特性参数主要有电导率、电容、电阻等。电化学生物传感器就是基于这些电特性参数而设计的。海产品肌体中的蛋白质在细菌和酶的作用下分解,使浸出液中离子浓度增加,电导率也随之增加。冰岛的 RYmeter、德国的 Intenectron Fischtestr VI 和英国的 Torrymeter 是已有的几种用来测量鱼肉电导性质变化的电导仪,它们评价的鱼肉鲜度与感官评分有很好的线性关系。此外,根据鲤鱼的导电率建立的动力学模型,可以准确地预测鲤鱼早期的新鲜度<sup>[21]</sup>。

Barat 等<sup>[22]</sup>使用电势传感器测定海鲤的新鲜度,采用金电极和银电极测定电势,与海鲤的物理化



学、微生物、生物化学指标相比较。结果显示,电势的变化与所测的指标有很好的相关性,特别是与  $K_1$  值有很强的相关性,可以很好地检测海鲤的新鲜度。Metcalf 等<sup>[23]</sup>使用电容方法测定虾中的微生物数量,结果显示,此方法与传统平板计数法的结果具有很好的一致性,并且具有时间短、操作简便的优点。Rodriguez-Mendez 等<sup>[24]</sup>使用伏安电极传感器系统检测鱼的新鲜度,传统的碳糊电极和改进的丝网印刷电极传感器均对生物胺(氨、二甲胺、三甲胺、尸胺和腐胺)有很高的灵敏度,随着冷藏时间的增加,生物胺的电流峰值增加,与 HPLC 结果相一致。采用 PCA 和 PLS-DA 技术可以成功地监测鱼的新鲜度,还有可能建立模型预测鱼的货架期。

张军<sup>[25]</sup>采用生物阻抗技术在 100 Hz~100 kHz 内测量了储藏过程中鲫鱼和鲢鱼的复阻抗谱,提出和建立了淡水鱼鱼体复阻抗特性的测量方法和测量系统,以 TVB-N(挥发性盐基氮)作为新鲜度评价对照指标,在 1 kHz 激励频率下确定了鲫鱼和鲢鱼新鲜度的复阻抗特性判定指标,并采用人工神经网络建立了最优预测模型。当鲫鱼鱼体阻抗幅值达到 129.79  $\Omega$  或相位达到 5.43°, 鲢鱼鱼体阻抗幅值达到 91.26  $\Omega$  或相位达到 1.48°, 均可判定鲫鱼或鲢鱼腐败。此种方法也可以借鉴应用到海产品的新鲜度检测中。

Horemans 等<sup>[26]</sup>研制出了基于分子印迹聚合物(MIPs)的电化学传感器。利用甲基丙烯酸(功能单体)、乙二醇二甲基丙烯酸酯(交联剂)、偶氮二异丁腈(引发剂)、二甲亚砜(溶剂)和组胺(模板分子)构建了 MIPs。然后按照甲醇、乙酸/乙腈、甲醇的顺序进行洗脱,除去模板分子,制成粉末。结果表明,依据 MIPs 设计的两种不同传感器(分别基于阻抗和微重力进行表征)可用于组胺的检测。其中,采用阻抗法表征的传感器,已用于金枪鱼罐头中组胺的检测。Bourigua 等<sup>[27]</sup>研究了以聚吡咯黄素和二茂铁作为氧化还原探针测定三甲胺(TMA)的电化学生物传感器,用于监测鱼的新鲜度,敏感度较高。

**2.1.4 电子鼻** 电子鼻(Electronic Nose)是一种由具有部分选择性的化学传感器阵列和适当的模式识别系统组成,能识别简单或复杂气味的仪器。电子鼻技术能够迅速、方便、非破坏性地如实反映海产品品质变化的情况。电子鼻技术就是气敏传感器阵列和计算机技术相结合的产物,它的原理是:将

样品放在密闭的容器中,探针吸入待测样品顶空空气中的挥发性化合物,并将它们转移到气敏传感器,气敏传感器通过电导率或电流等参数来响应,传感器的响应模式进入计算机数据处理系统分析处理,进行特征参数的提取,最终获得海产品整体品质状况的信息<sup>[28]</sup>。电子鼻已在鳕鱼、鲭鱼、鲱鱼、金枪鱼、带鱼等鱼类,以及脊尾白虾、对虾等虾类的新鲜度检测中得到应用,并得到了预测货架期的模型<sup>[29-30]</sup>。

Schweizer-Berberich 等<sup>[31]</sup>用 8 个电流传感器检测了冷藏鳕鱼的气味变化,发现传感器的响应随贮藏时间而变化,并且与气体成分中的胺类和硫化物之间存在很好的相关性。

胡惠平等<sup>[32]</sup>采用具有 18 个金属氧化物传感器的电子鼻,对从南美对虾中分离的副溶血性弧菌经纯培养所得的挥发性代谢产物进行检测,同时用含 3.5 g/dL 氯化钠的 TSB 空白培养液作为对照。电子鼻所得的数据用主成分分析(PCA)、判别因子分析(DFA)、单类成分判别分析(SMICA)等多元统计方法进行分析。结果显示,副溶血性弧菌经纯培养后产生了明显不同于空白培养液气味的挥发性代谢产物。

Barbri 等<sup>[33]</sup>利用基于微机电气体传感器的电子鼻评价沙丁鱼的新鲜度,这种电子鼻可将新鲜度分为 3 个阶段,与微生物分析有很好的一致性。此外,这种电子鼻还可以通过构建定量的 PLS(偏最小二乘法)模型预测 TVC 值,预测值与实际值的相关系数达到 0.91。ul Hasan 等<sup>[34]</sup>使用一种用于商业上的快速电子鼻,可以实现现场快速检测。采用 3 个模式分类算法(人工神经网络、支持向量机和  $K$  最邻近结点算法)对电子鼻进行测试,其中  $K$  最邻近结点算法具有最佳准确性。

黄星奕等<sup>[35]</sup>采用嗅觉可视化技术对虾储藏期内的新鲜度变化进行了研究,以南美白对虾为试验对象,利用金属卟啉和 pH 指示剂组成的可视化气体传感器阵列,提取 4 °C 恒温储藏 1~7 d 的南美白对虾的挥发性气味信息,将气味的特征信息以图像的形式表现出来,得到了较好的结果。

此外,气味指纹技术也应用于海洋水产品的新鲜度检验。气味指纹技术是运用现代分析技术(包括固相微萃取技术、气相色谱技术、质谱技术,以及气-质联用技术、气相色谱-嗅闻技术及电子鼻技术<sup>[36]</sup>),并结合多元统计分析方法对挥发性化合物进行分析

以表征样品信息的技术<sup>[37]</sup>。钟赛意等<sup>[38]</sup>应用气味指纹技术评价真空包装罗非鱼的新鲜度,传感器响应信号随着鱼肉气味的改变而改变,部分传感器对不同新鲜度有良好响应。主成分分析能够有效区分鱼肉不同新鲜度等级。

**2.1.5 电子舌** 电子舌(Electronic Tongue)技术是20世纪80年代中期发展起来的一种分析、识别液体“味道”的新型检测手段。它主要由传感器阵列(Sensor Arrays)和模式识别系统组成,传感器阵列对液体试样作出响应并输出信号,信号经计算机系统进行处理和模式识别后,得到反映样品味觉特征的结果<sup>[39]</sup>。

韩剑众等<sup>[40]</sup>利用课题组开发的多频脉冲电子舌,对鲈鱼、鳊鱼、鲫鱼3种淡水鱼和马鲛鱼、小黄鱼、鲳鱼3种海水鱼进行了品质和鲜度的评价试验。结果表明:鱼在不同时间点的品质特性可以用电子舌加以有效区分,能较准确地表征鱼类新鲜度的变化;电子舌不仅可以有效区分淡水鱼和海水鱼,而且还可以辨识不同品种淡水鱼或海水鱼之间的差异。

Gil<sup>[41]</sup>等开发了一个由16个电势传感器组成的电子舌,对海鲤的新鲜度进行评价和预测,结果表明,采用电子舌信号建立的PLS定量分析模型与生物胺、pH、挥发性盐基总氮和菌落总数之间相关系数均在0.98以上,可以成功预测海鲤的新鲜度。

Ruiz-Rico等<sup>[42]</sup>还将电子舌用于冷藏条件下的鳕鱼的新鲜度评价,结果表明,它不仅可以区分新鲜鱼和腐败鱼,而且还可以成功预测某些理化指标和微生物指标,尤其是TVB-N和嗜常温菌数,预测鳕鱼的货架期。这是一种快速的检测鳕鱼新鲜度的方法。

**2.1.6 比色传感器** 比色传感器是根据化学染料与分析物(一般为挥发性物质)反应,产生有色化合物,再经过计算机分析颜色的变化,进而判断海洋水产品的新鲜度。

Huang等<sup>[43]</sup>开发出了一种比色传感器(使用9种传感材料)快速检测鱼新鲜度的方法,颜色变化使用PCA、人工神经网络进行分析,取得了较好的效果。Patricia等<sup>[44]</sup>使用8种传感材料制成的比色传感器,可以快速、无破坏地测定冷藏条件下海鲤的新鲜度。

此外,机器视觉成像技术也作为一种快速、简

便的方法应用于海洋水产品新鲜度的检验<sup>[45]</sup>。Majid Dowlati等<sup>[46]</sup>采用成像技术测定海鲤腮部和眼睛的颜色(亮度 $L^*$ 、红度 $a^*$ 、黄度 $b^*$ )变化,以评估海鲤的新鲜度。结果显示,采用简单回归和人工神经网络构建的模型,可以很好地预测海鲤的新鲜度。

## 2.2 新鲜度指示卡

食品新鲜度指示卡的检测原理,是利用食品在贮藏过程中产生的某些特征气体与特定试剂产生特征颜色反应、温度激活生物学反应以及酶作用等引起指示卡变化,从而做出判定<sup>[47]</sup>。新鲜度指示卡有pH值变化敏感性指示卡、对挥发性含氮化合物敏感的指示卡、硫化氢敏感型指示卡、对各种微生物代谢产物敏感型指示卡等。

应用于检测海洋水产品的新鲜度指示卡基本是依据挥发性气体与特定试剂的反应产生颜色的变化,即对挥发性含氮化合物敏感的指示卡。Miller等设计出一种指示卡,通过它与挥发性胺反应后的颜色变化,指示海洋水产品的新鲜度。COX Recorders公司将其开发为产品上市,商品名为Fresh Tag,它就是一个塑料片,内部嵌装着一个装有试剂的毛细管。当指示卡附着在海洋水产品包装上后,该指示卡上背面的倒钩便刺破包装袋,包装顶部的气体便会与试剂接触。当挥发性胺通过毛细管时就会呈现出亮粉色<sup>[48]</sup>。

Patange等<sup>[49]</sup>提出一种简单快速测定鱼肉中组胺的比色法。原理是利用组胺的咪唑环与对苯重氮磺酸盐发生反应,测定其在496 nm处的吸光度。结果表明,组胺浓度与吸光度值呈线性关系。随着组胺浓度的增加,生成物的颜色由黄色变为粉红色,有希望研制出测定组胺的比色试纸。王丽等<sup>[50]</sup>利用比色法的原理制备了组胺检测试纸,随着组胺浓度的增加,试纸的颜色由微黄色到橙红色变化。试纸的检出限为4  $\mu\text{g/mL}$ ,试纸检测结果与国标法检测结果相吻合,数据的重现性较好。

Kuswandi等<sup>[51]</sup>研制了鱼类新鲜度指示薄膜。通过合成的聚苯胺薄膜与鱼类腐败过程中释放的挥发性含氮物质发生反应,使得薄膜由绿色变为蓝色,可清晰地指示鱼类的腐败程度。另外Kuswandi等<sup>[52]</sup>利用挥发性胺和姜黄素可发生显色反应、随pH的变化呈现由黄到橙红的颜色变化,研制了虾的新鲜度指示卡。将姜黄素固定在细菌纤维素膜上做成纸片,在密闭容器中与样品一同放置,一段时间后

将纸片颜色变化与标准比色卡对照,就可实时监测虾的品质状况。

### 2.3 其他快速检测技术

聚合酶链式反应技术(PCR)、环介导等温扩增法(LAMP)、酶联免疫吸附技术(ELISA)、免疫磁珠分离法(IMS)、基因芯片技术、Petrifilm 纸片法(检测细菌总数和大肠菌群数)、Bioplorer 微生物快速检测设备等技术方法可以对微生物进行快速检测<sup>[53-56]</sup>。

此外,近红外光谱测量作为一种无损快速的检测技术,在海洋水产品新鲜度评价中也有应用。Armenta 等<sup>[57]</sup>采用傅立叶变换红外光谱仪测定凤尾鱼、鳕鱼、沙丁鱼、鲑鱼和墨鱼鱼肉中的 TMA(三甲胺)含量,测量结果精度很高,与采用气相色谱技术测定的结果吻合度较高;Sivertsen 等<sup>[58]</sup>采用可见/近红外光谱对鳕鱼的新鲜度进行检测,可以在可见光的一部分小区域内完全区分新鲜鱼和解冻鱼,效果可比或优于感官评定质量指数法;Cheng Junhu 等<sup>[59]</sup>采用高光谱成像技术研制出一种快速无破坏的检测草鱼新鲜度的方法,原理是基于可见光/近红外光谱成像技术确定 TVB-N(挥发性盐基氮)的含量,

进而评估草鱼的新鲜度。

根据鱼肉可以表现出内部荧光特性,可以采用荧光法测定鱼的新鲜度。正面荧光光谱法可以快速测定鳕鱼、鲑鱼、鲑鱼的新鲜度<sup>[60]</sup>,还可以区分解冻鱼与新鲜鱼<sup>[61]</sup>;WU Chiu 等<sup>[62]</sup>采用光导纤维荧光光谱评估了军曹鱼的新鲜度。

## 3 展望

目前,海洋水产品新鲜度检测的方法依然以传统检测为主,包括感官评价、微生物检测和生化指标测定,通常是将这 3 种检测全部应用到待测体系中进行综合评价,结果较准确,但是存在费时、费力的缺点。相对于传统检测方法,一些现代化的检测手段如生物传感器、电子鼻、电子舌、新鲜度指示卡等,有检测方便快速的优点,对此研究也越来越多,但是实际应用却并不多。这说明要将研究成果转化为实际应用,有一定的难度,需要一定的时间。随着科技的进步,现代化的检测手段将会克服其造价高、重现性差等缺点,走出实验室,真正应用于市场。

## 参考文献:

- [1] Bonilla A C, Sveinsdottir K, Martinsdottir E. Development of Quality Index Method(QIM) scheme for fresh cod(*Gadus morhua*) fillets and application in shelf life study[J]. **Food Control**, 2007, 18(4): 352-358.
- [2] 励建荣,李婷婷,李学鹏. 水产品鲜度品质评价方法研究进展[J]. 北京工商大学学报:自然科学版, 2010, 28(6): 1-8.  
LI Jianrong, LI Tingting, LI Xuepeng. Advances in methods for evaluation freshness of aquatic products [J]. **Journal of Beijing Technology and Business University: Natural Science Edition**, 2010, 28(6): 1-8. (in Chinese)
- [3] Alfaro B, Hernandez I, Balino-Zuazo L, et al. Quality changes of atlantic horse mackerel fillets (*Trachurus trachurus*) packed in a modified atmosphere at different storage temperatures [J]. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 2013, 93(9): 2179-2187.
- [4] Baixas-Nogueras S, Bover-Cid S, Veciana-Nogues T, et al. Development of a quality index method to evaluate freshness in mediterranean hake (*Merluccius merluccius*) [J]. **Journal of Food Science**, 2003, 68(3): 1067-1071.
- [5] Bernardi D C, Marsico E T, de Freitas M Q. Quality Index Method (QIM) to assess the freshness and shelf life of fish [J]. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 2013, 56(4): 587-598.
- [6] dos Santos A P B, Kushida M M, Viegas E M M, et al. Development of Quality Index Method(QIM) scheme for acoupa weakfish (*Cynoscion acoupa*) [J]. **LWT-Food Science and Technology**, 2014, 57(1): 267-275.
- [7] Gram L, Huss H H. Fresh and processed fish and shell-fish [C]//Lund B M, Baird-Parker T C, Gould G W. The Microbiological Safety and Quality of Food. [S.I.]: Aspen Publishers Inc, 2000: 472-506.
- [8] Cheng J H, Sun D W, Han Z. Texture and structure measurements and analyses for evaluation of fish and fillet freshness quality [J]. **A Review**, 2014, 13(1): 52-61.
- [9] Ramirez J A, Martin-Polo M O, Bandman E. Fish myosin aggregation as affected by freezing and initial physical state [J]. **Journal of Food Science**, 2000, 65(4): 556-560.
- [10] Zhao J, Lv W J, Wang J L. Effects of tea polyphenols on the post-mortem integrity of large yellow croaker (*Pseudosciaena*



- crocea) fillet proteins[J]. **Food Chemistry**, 2013, 141(3):2666-2674.
- [11] ZHAO Jin, LI Jianrong, WANG Jinlin, et al. Applying different methods to evaluate the freshness of Large Yellow Croaker (*Pseudosciaena crocea*) fillets during chilled storage [J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2012, 60:11387-11394.
- [12] Terova G, Addi M F, Preziosa E. Effects of postmortem storage temperature on sea bass (*dicentrarchus labrax*) muscle protein degradation: Analysis by 2- D DIGE and MS[J]. **Proteomics**, 2011, 11(14):2901-2910.
- [13] 李学鹏. 中国对虾冷藏过程中品质评价及新鲜度指示蛋白研究[D]. 杭州:浙江工商大学, 2011.
- [14] 董彩文. 生物传感器在鱼肉鲜度测定中的应用[J]. 包装与食品机械, 2004, 22(4):35-38.  
DONG Caiwen. The application of biosensor in fish freshness determination[J]. **Packaging and Food Machinery**, 2004, 22(4):35-38. (in Chinese)
- [15] Thakur M S, Ragavan K V. Biosensors in food processing[J]. **Packaging and Food Machinery**, 2013, 50(4):625-641.
- [16] Watanabe E, Nagumo A, Hoshi M, et al. Microbial sensors for the detection of fish freshness [J]. **Journal of Food Science**, 1987, 52(3):592-595.
- [17] Kuda T, Fujita M, Goto H, et al. Effects of retort conditions on ATP-related compounds in pouched fish muscle [J]. **LWT-Food Science and Technology**, 2008, 41(3):469-473.
- [18] Ghosh S, Sarker D, Misra T N. Development of an amperometric enzyme electrode biosensor for fish freshness detection[J]. **Sensors and Actuators B: Chemical**, 1998, 53(1):58-62.
- [19] 奚春蕊, 包海蓉, 刘琴, 等. 基于金枪鱼 *K* 值变化的 MTT 快速传感器的研究及响应面设计[J]. 食品工业科技, 2013, 34(12):131-135.  
XI Chunrui, BAO Hairong, LIU Qin, et al. Study on MTT rapid sensor and response surface design based on changes of *K* value of Tuna[J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2013, 34(12):131-135. (in Chinese)
- [20] Nanjyo Y, Yao T. Rapid measurement of fish freshness indices by an amperometric flow-injection system with a 16-way switching valve and immobilized enzyme reactors[J]. **Analytica Chimica Acta**, 2002, 470:175-183.
- [21] Yao L, Luo Y, Sun Y, et al. Establishment of kinetic models based on electrical conductivity and freshness indicators for the forecasting of crucian carp (*Carassius carassius*) freshness[J]. **Journal of Food Engineering**, 2011, 107(2):147-151.
- [22] Barat J M, Gil L, Garcí a-Breijo E, et al. Freshness monitoring of sea bream (*Sparus aurata*) with a potentiometric sensor[J]. **Food Chemistry**, 2008, 108(2):681-688.
- [23] Metcalfe A M, Marshall D L. Capacitance method to determine the microbiological quality of raw shrimp (*Penaeus setiferus*)[J]. **Food Microbiology**, 2004, 21(3):361-364.
- [24] Rodriguez-Mendez M L, Gay M, Apetrei C, et al. Biogenic amines and fish freshness assessment using a multisensor system based on voltammetric electrodes: Comparison between CPE and screen-printed electrodes [J]. **Electrochimica Acta**, 2009, 54(27):7033-7041.
- [25] 张军. 基于复阻抗特性和电子鼻的淡水鱼新鲜度快速检测方法的研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2008.
- [26] Horemans F, Alenus J, Bongaers E, et al. MIP-based sensor platforms for the detection of histamine in the nano- and micromolar range in aqueous media[J]. **Sensors and Actuators B: Chemical**, 2010, 148(2):392-398.
- [27] Bourigua S, El Ichi S, Korri-Yousoufi H, et al. Electrochemical sensing of trimethylamine based on polypyrrole-flavin-containing monooxygenase (FMO3) and ferrocene as redox probe for evaluation of fish freshness [J]. **Biosensors and Bioelectronics**, 2011, 28(1):105-111.
- [28] Saeed S H, Abbas Z, Gopal B. Experimental use of electronic nose for analysis of Volatile Organic Compound (VOC)[C]//2009 International Conference on Multimedia, Signal Processing and Communication Technologies. Aligarh: IEEE, 2009:113-115.
- [29] Di Natale C, Olafsdottir G, Einarsson S, et al. Comparison and integration of different electronic noses for freshness evaluation of cod-fish fillets[J]. **Sensors and Actuators B-Chemical, Basel, Elsevier Science**, 2001, 77(1-2):572-578.
- [30] Tian X Y, Cai Q, Zhang Y M, et al. Rapid classification of hairtail fish and pork freshness using an electronic nose based on the PCA method[J]. **Sensors**, 2012, 12(1):260-227.
- [31] Schweizer-Berberich P-M, Vaihinger S, Gopel W. Characterisation of food freshness with sensor arrays [J]. **Sensors and Actuators B: Chemical**, 1994, 18(1):282-290.

- [32] 胡惠平,刘源,孙晓红,等. 应用电子鼻技术检测南美白对虾副溶血性弧菌试验[J]. 渔业现代化,2009,36(3):41-44,48.  
HU Huiping, LIU Yuan, SUN Xiaohong, et al. Using electronic nose to detect one strain of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from *Litopenaeus vannamei*[J]. **Fishery Modernization**, 2009, 36(3):41-44, 48. (in Chinese)
- [33] EI Barbri N, Mirhisse J, Ionescu R, et al. An electronic nose system based on a micro-machined gas sensor array to assess the freshness of sardines[J]. **Sensors and Actuators B: Chemical**, 2009, 141(2):538-543.
- [34] ul Hasan N, Ejaz N, Ejaz W, et al. Meat and fish freshness inspection system based on odor sensing [J]. **Sensors**, 2012, 12(11):15542-15557.
- [35] 黄星奕,蒋飞燕,周芳. 嗅觉可视化技术对虾储藏期内新鲜度变化的研究[J]. 食品工业,2013(1):10-12.  
HUANG Xingyi, JIANG Feiyan, ZHOU Fang. Evaluation of *litopenaeus vannamei* freshness based on olfaction visualization detection technique[J]. **The Food Industry**, 2013(1):10-12. (in Chinese)
- [36] 谢晶,佟懿. 气味指纹图谱技术在食品挥发性气味分析中的应用[J]. 食品工业科技,2011,32(1):309-312.  
XIE Jing, TONG Yi. Application of olfactometric fingerprint in the analysis of volatile compounds in food [J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2011, 32(1):309-312. (in Chinese)
- [37] 侯巧娟,王锡昌,刘源,等. 气味指纹技术在肉品品质及安全检测中的应用[J]. 食品科学,2011,32(7):327-331.  
HOU Qiaojuan, WANG Xichang, LIU Yuan, et al. A review on application of odor fingerprint technology in detection of meat quality and safety[J]. **Food Science**, 2011, 32(7):327-331. (in Chinese)
- [38] 钟赛意,刘寿春,秦小明,等. 气味指纹技术评价真空包装罗非鱼的新鲜度研究[J]. 农产品加工,2013(8):75-78.  
ZHONG Saiyi, LIU Shouchun, QIN Xiaoming, et al. Freshness evaluation of vacuum-packed tilapia using odor fingerprint technology[J]. **Academic Periodical of Farm Products Processing**, 2013(8):75-78. (in Chinese)
- [39] 高瑞萍,刘辉. 电子鼻和电子舌在食品分析中的应用[J]. 肉类研究,2010(12):61-67.  
GAO Ruiping, LIU Hui. The application of electronic nose and electronic tongue in food detection [J]. **Meat Research**, 2010(12):61-67. (in Chinese)
- [40] 韩剑众,黄丽娟,顾振宇,等. 基于电子舌的鱼肉品质及新鲜度评价[J]. 农业工程学报,2008,24(12):141-144.  
HAN Jianzhong, HUANG Lijuan, GU Zhenyu, et al. Evaluation of fish quality and freshness based on the electronic tongue[J]. **Transactions of the CSAE**, 2008, 24(12):141-144. (in Chinese)
- [41] Gil L, Barat J M, Escriche I, et al. An electronic tongue for fish freshness analysis using a thick-film array of electrodes[J]. **Microchimica Acta**, 2008, 163(1-2):121-129. (in Chinese)
- [42] Ruiz-Rico M, Fuentes A, Masot R, et al. Use of the voltammetric tongue in fresh cod (*Gadus morhua*) quality assessment[J]. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, 2013, 18:256-263.
- [43] Huang X Y, Xin J W, Zhao J W. A novel technique for rapid evaluation of fish freshness using colorimetric sensor array[J]. **Journal of Food Engineering**, 2011, 105(4):632-637.
- [44] Zaragoza P, Ribes S, Fuentes A, et al. Fish freshness decay measurement with a colorimetric array [J]. **Procedia Engineering**, 2012, 47:1362-1365.
- [45] Dowlati M, Guardia Mdl, Mohtasebi S S. Application of machine-vision techniques to fish-quality assessment [J]. **Trends in Analytical Chemistry**, 2012, 40:168-179.
- [46] Dowlati M, Mohtasebi S S, Omid M, et al. Freshness assessment of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) by machine vision based on gill and eye color changes[J]. **Journal of Food Engineering**, 2013, 119:277-287.
- [47] 智玲玲,张钦发,冯卉,等. 食品新鲜度指示卡基材玉米淀粉膜的成膜工艺研究[J]. 包装学报,2012,4(1):48-52.  
ZHI Lingling, ZHANG Qinfa, FENG Hui, et al. Studies on processing conditions of corn starch film carrier of food freshness indicators[J]. **Packaging Journal**, 2012, 4(1):48-52. (in Chinese)
- [48] Rajja Ahvenainen. Novel food packaging techniques[M]. [S.I.]: Woodhead Publishing Ltd, 2003.
- [49] Patange S, Mukundan M, Ashok Kumar K. A simple and rapid method for colorimetric determination of histamine in fish flesh[J]. **Food Control**, 2005, 16(5):465-472.
- [50] 王丽,吴强,桑宏庆,等. 组胺检测试纸的研制[J]. 食品工业科技,2011,32(6):410-413.  
WANG Li, WU Qiang, SANG Hongqing, et al. Preparation for the detected paper of histamine [J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2011, 32(6):410-413. (in Chinese)



- [51] Kuswandi B, Jayus, Restyana A, et al. A novel colorimetric food package label for fish spoilage based on polyaniline film[J]. **Food Control**, 2012, 25(1): 184-189.
- [52] Kuswandi B, Jayus, Larasati T S, et al. Real-time monitoring of shrimp spoilage using on-package sticker sensor based on natural dye of curcumin[J]. **Food Analytical Methods**, 2012, 5(4): 881-889.
- [53] Seo S M, Cho I H, Jeon J W. An ELISA-on-a-Chip biosensor system coupled with immunomagnetic separation for the detection of *Vibrio parahaemolyticus* within a single working day[J]. **Journal of Food Protection**, 2010, 73(8): 1466-1473.
- [54] 张耀祺. 环介导等温扩增法快速检测食物中的单增李斯特菌[D]. 广州: 华南理工大学, 2012.
- [55] 卢京光, 裴琳, 李欣荣, 等. 快速 LAMP 法检测海产品中副溶血弧菌的方法研究 [J]. 中国卫生检验杂志, 2010, 20(12): 3283-3285.
- LU Jingguang, PEI Ling, LI Xinrong, et al. Study on rapid LAMP method for rapid detection of *Vibrio parahaemolyticus* in aquatic products[J]. **Chinese Journal of Health Laboratory Technology**, 2010, 20(12): 3283-3285. (in Chinese)
- [56] Nishimura M, Shimakita T, Matsuzaki T, et al. Automatic counting of FISH-labeled microbes by an LED illuminated detecting apparatus[J]. **Fisheries Science**, 2008, 74(2): 405-410.
- [57] Armenta S, Coelho N M M, Roda R, et al. Seafood freshness determination through vapour phase Fourier transform infrared spectroscopy[J]. **Analytica Chimica Acta**, 2006, 580(2): 216-222.
- [58] Sivertsen A H, Kimiya T, Heia K. Automatic freshness assessment of cod (*Gadus morhua*) fillets by Vis/Nir spectroscopy[J]. **Journal of Food Engineering**, 2011, 103(3): 317-323.
- [59] Cheng J H, Sun D W, Zeng X A, et al. Non-destructive and rapid determination of TVB-N content for freshness evaluation of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) by hyperspectral imaging [J]. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, 2014, 21: 179-187.
- [60] Dufour E, Frencia J P, Kane E. Development of a rapid method based on front-face fluorescence spectroscopy for the monitoring of fish freshness[J]. **Food Research International**, 2003, 36(5): 415-423.
- [61] Karoui R, Thomas E, Dufour E. Utilisation of a rapid technique based on front-face fluorescence spectroscopy for differentiating between fresh and frozen-thawed fish fillets[J]. **Food Research International**, 2006, 39(3): 349-355.
- [62] Wu C W, Hsiao T C, Chu S C, et al. Fibreoptic fluorescence spectroscopy for monitoring fish freshness [C]//Proceedings of SPIE. San Francisco: Spie-int Soc Optical Engineering, 2012: 8820.

## 会 议 信 息

会议名称(中文): 中国生物工程学会第九届学术年会

所属学科: 生物技术与生物工程

开始日期: 2015-11-07

结束日期: 2015-11-08

所在城市: 上海市 黄浦区

主办单位: 中国生物工程学会

承办单位: 上海市生物工程学会、华东理工大学

联系人: 何杨

联系电话: 021-54922894

E-MAIL: ssbt@sibs.ac.cn

会议网站: <http://www.biotechchina.org/Transgenosis/show/id/164>

会议背景介绍: 中国生物工程学会第五届理事会任期将于 2015 年 12 月届满, 根据中国科协全国学会组织通则和中国生物工程学会章程, 第五届理事会将进行换届工作。经中国生物工程学会第五届理事会第十次常务理事会议决定并经中国科协批准, 定于 2015 年 11 月 7-8 日在上海召开中国生物工程学会第六次全国会员代表大会, 审议第五届理事会工作报告和财务报告, 选举产生第六届理事会。大会同期举办中国生物工程学会第九届学术年会, 年会主题: 生物医药与健康产业。年会将邀请生物技术领域具有重要影响的院士和知名专家进行大会报告, 并安排分会场专题报告、学术墙报及青年优秀论文颁奖等活动, 同期举办生命科学领域技术与产品展览、观摩及技术交流。

征文范围: 生物技术及相关领域科学研究、生物技术与生物产业发展战略与对策、行业分析等。研究论文应是较完整和全面的原创性研究工作; 综述性文章要求分析和评述本领域相关的现状和发展、国内外最新的研究进展和动态、科技成果转化应用等方面内容, 应有独到见解和指导性意见。