

# 预报微生物学在食品安全风险评估中的作用

胡洁云 欧杰\* 李柏林

(上海海洋大学食品学院 上海 201306)

**摘要:** 随着中国食品工业的发展,食品安全问题日益凸显,建立一种准确及时的食品安全风险评估是产品市场对食品安全体系提出的挑战。预报微生物学是食品安全风险评估的核心预警技术,依据建立的预报微生物学模型,可快速地对食品中的致病菌和腐败菌生长情况进行判断,对食品中病原微生物和腐败微生物的控制有重要的意义。本文概述了预报微生物学模型的建立和研究现状,探讨预报微生物学在食品安全风险评估中的应用现状,概述了预报微生物学模型在食品安全风险评估应用中的发展前景。

**关键词:** 预报微生物学, 预报模型, 食品安全风险评估

## The Role of Predictive Microbiology in Food Safety Risk Assessment

HU Jie-Yun OU Jie\* LI Bai-Lin

(College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** With the development of the food industry in China, it has been found that food safety is becoming the biggest issue in the food manufacture and logistics. Accurate and timely to establish a risk assessment method in produce market is the challenge for food safety system. Predictive microbiology is a core early warning technology in the food safety risk assessment. According to the microorganism predicting model, the pathogen and spoilage microorganism's growth in food can be fast judgment in advance. And it plays an important part in controlling the growth of pathogen and the spoilage microorganism in food. This paper summarized the predictive microbiology model's establishment and the present research situation, and discussed the present situation and application of predictive microbiology in food safety risk assessment. The future trend of predictive microbiology in food safety risk assessment was prospected as well.

**Keywords:** Predictive microbiology, Predicting model, Food safety risk assessment

随着食品工业产出的增长,国内外对食品工业的投资也不断加大。新技术、新设备、新企业在不断地出现,食品产品迅速更新,使得食品工业成为中国实体经济的第三大支柱产业,在国民经济中占有重要地位<sup>[1]</sup>。随着中国食品工业的迅速发展以及

食品贸易的全球化,食品生产加工和流通方式在逐渐地发生变化,食品安全问题也受到人们更多的关注。

据我国卫生部提供的信息,由肠道致病菌(副溶血性弧菌、大肠杆菌 O157: H7、单核细胞增生李斯

特菌、伤寒沙门菌、霍乱弧菌、痢疾杆菌等) 污染食品而引起的食物中毒以及疾病散发是直接造成人体健康损害的主要食源性危害<sup>[2]</sup>。随着加工工艺的复杂化以及从种植、养殖环节到最终消费的整个食物链环节不断增加, 影响食品安全的因素也日益增加。据估计, 在人们生产加工的食品中有 25% 的损失是因微生物的腐败而造成的<sup>[3]</sup>。因此, 在我国, 由致病微生物和腐败微生物引起的食品安全问题是值得关注的。

中国为应对食源性疾病的风险, 以风险评估为核心, 评估、检测、监控、预警、控制为一体的食品安全标准、食品安全控制技术体系成为各国公共安全管理采用的重要模式, 我国目前已经建立了 10 个食品安全控制科技示范区。

《中华人民共和国食品安全法》于 2009 年 6 月 1 日起实施, 食品安全法规定, 国家建立食品安全风险监测和评估制度, 对食源性疾病、食品污染、以及食品中的有害因素进行风险评估。

目前, 对进入国际市场流通中的食品主要实施的是微生物危害分析控制, 在不断改进方法的同时, 提出了风险评估向标准化和数字化方向发展的要求, 预报微生物学有利于食品安全风险评估。

## 1 预报微生物学

### 1.1 预报微生物学概况

预报微生物学(Predictive Microbiology)是一门在微生物学、数学、统计学和应用计算机科学基础上建立起来的新兴学科<sup>[4]</sup>。它是依据各种食品微生物在不同加工、储藏和流通条件下的特征信息库, 通过计算机的配套软件, 快速、真实的判断食品内主要病原菌和腐败菌生长或残存的动态变化, 从而对食品的质量和安全性做出快速评估的预测方法。

自上世纪 80 年代早期到现在, 使用微生物预报技术系统地收集食品有害微生物增殖、残存、死亡与特定环境条件的关系数据及生存临界数据, 进行整理分类, 建立了食品微生物特性数据库, 在此基础上完善符合应用的预报模型。

### 1.2 预报微生物学模型的建立与研究现状

预报微生物学建模的目的在于, 用数学的语言描述食源性微生物在特定的环境条件下的生长与死亡, 有效的预测风险并以其高效性替代传统的确定性检测。为了食品安全, 几个产品或加工因素改变

时, 数学建模的方法就有了特殊的价值。微生物建模始于 19 世纪, 科学家对罐头食品中微生物热致死时间(TDT)中 Z、F、D 值的计算, 这项研究解决了罐头食品中肉毒梭状芽孢杆菌引起的毒素型食品中毒安全问题。

随着计算机科学的发展, 预报微生物学建模得到了长足的发展, 美国农业部的 Buchanan 和 Whiting<sup>[5]</sup>首次将预报微生物学模型系统的分为一级、二级和三级。

**1.2.1 初级模型(Primary model):** 初级模型即基本生长模型是描述了微生物数量与时间变化之间的关系。1825 年, Gompertz 把同一年出生的人口每年死亡数的累积模型作为经验式提出, 图形为 S 型曲线, Gibson<sup>[6]</sup>将 Gompertz 模式引入, 并使其成为建立预报微生物学数学模型的基础, 也就是基本生长模型中的 S 型曲线连续函数模型, 其典型代表是对数模型, 数学表达式为:

$$\text{Log}N=A+C/\{1+\exp[-B(t-M)]\}$$

此式子中的  $N$  为与培养时间相对应的菌数;  $A$  为初菌数对数值;  $C$  表示当时间趋向于无穷时内菌数的增加值(对数值);  $M$  表示与最大绝对生长率对应的时间;  $B$  表示在时间内的比生长率。

近年来, 主要常用的一级模型主要包括线型模型(Linear model)、逻辑斯蒂克方程(Logistic function)、Gompertz 模型和 Baranyi & Roberts 模型等。前期研究表明, 线形模型较适合描述低温条件下微生物的生长; Logistic 模型和 Gompertz 模型则比较适合描述适温条件下微生物的生长, 这是因为较早的预报微生物学模型主要侧重于研究食品中病原菌的生长。Gompertz 模型未考虑延滞期的影响, 预测准确性存在问题, 后来 Gibson 和 Zwietering 等人<sup>[7]</sup>经过研究得出结论: 用来表述生长数据, 修正 Gompertz 模型被认为是最好的 S 曲线模型。大量的研究表明, 修正的 Gomeprtz 函数可以广泛地应用于描述食品微生物的生长, 从而得出微生物生长过程中的迟滞时间、比生长速率和总生长量 3 个主要参数, 有效的预报微生物的生长。后来 Buchanan RL 等人<sup>[8]</sup>分别用三线模型(Three phase linear model)、Branyi 模型、修正 Gompertz 模型拟合大肠杆菌 *Escherichia coli* O157:H7 的生长曲线情况, 也得出修正 Gompertz 模型拟合情况最好的结论。

**1.2.2 二级模型(Secondary model):** 二级模型即环

境因素模型是在基本生长模型的基础上, 用数学模型表达复杂的环境因子如何影响微生物生长特征参数。即涉及到的最大生长特征速度、延迟期、细菌最大浓度等微生物生长特征参数与各环境因素的关系, 表述微生物生长特征参数如何随各环境因素(温度、水分活度、pH值和防腐剂的浓度)的变化而变化。

一般预报微生物学中所用的二级模型有3种: 响应面方程(Response surface equation)、平方根方程(Square root model)和 Arrhenius 关系式。李柏林<sup>[9]</sup>以反应响应面方程分析 *Escherichia coli* O157:H7 动态生长数据, 并建立数学模型描述培养温度、初始 pH 值以及 NaCl 浓度对大肠杆菌的需氧、厌氧生长的影响。Raktowksy<sup>[10]</sup>等用平方根方程描述不同温度下微生物的生长取得成功, 平方根方程的研究和使用都很广泛, 许多研究报告表明, 平方根模型使用简单, 参数单一, 能够很好的预测单因素下微生物的生长情况; 当多种因素共同影响生长时, 响应面模型比平方根模型复杂但却更有效; 国内文献在二级模型的使用上, 更多地使用平方根模型, 而较少使用响应面模型, 这主要是由于前者使用更简单, 后者数据量大, 处理分析复杂。但从预测的准确性上看, 后者具有更好的准确性, 为得到更好的预测结果, 可更多的采用响应面来进行模型构建<sup>[11]</sup>。

例如: 在预测致病微生物产毒概率方面的研究, Smith<sup>[12]</sup>等运用响应面方程, 预测 pH、水分活度、储藏温度以及山梨酸钾等因素对面包饼干等半干制品中霉菌生长的影响。Lindroth<sup>[13]</sup>将一系列稀释浓度的肉毒梭菌孢子接种到液体培养基中, 对液体培养基的混浊度进行观察, 建立肉毒梭菌产毒概率模型。

**1.2.3 三级模型(Tertiary model):** 三级模型是一种功能强大, 操作简便的微生物预测工具, 可应用于食品工业和研究领域。三级模型也称专家系统, 它要求使用者具备一定专业知识, 清楚系统的使用范围和条件, 能对预测结果进行正确的解读。三级模型的主要功能有: 根据环境因子的改变预报微生物生长的变化; 比较不同环境因子对微生物生长的影响程度; 相同环境因子下, 比较不同微生物之间生长的差别等<sup>[14]</sup>。

预报微生物学的巨大发展潜力吸引了包括美国、英国、澳大利亚等国家投入研究资金, 使得预

报微生物学迅猛发展。1988年英国农业渔业和食品部门在一个协调计划中收集特定致病菌生长数据, 从而建立起一个商业化预报模型, 被称为 Food MicroModel。同时, 美国也开发出类似 Food MicroModel 的模型, 称为 PMP(Pathogen modelling program) (<http://www.arserrc.gov/mfs>)。2003年5月, 两国将这2种预报微生物模型最终整合成了一个数据库模型, 称为 ComBase(Combined database)数据库<sup>[15]</sup>。2003年7月, 在法国举行的第四届国际食品预报模型会议上, 两国就网络提供ComBase 免费使用达成一致并发布。2006年, 第2届国际微生物风险评估会议上, 澳大利亚食品安全中心也正式加入 ComBase, 新版本的ComBase Predictor也同时发布。该数据库拥有约25000个有关微生物生长和存活的数据档案, 可以在因特网上免费下载 ([www.combase.cc](http://www.combase.cc)), 这个数据库的建立标志着全世界的研究人员、食品安全风险评估人员、法律机构职员、食品生产者和食品研发人员都可以免费通过该系统对数据进行有效快捷的评估, 避免研究者之间不必要的竞争, 保证某种新开发食品的安全性, 提高食品质量和国际食品贸易的安全性。此次之外, 加拿大开发的微生物动态专家系统MKES (Microbial kinetics expert system)和英国农粮渔部开发的食品微模型FMM (Food MicroModel) 系统软件也得到了广泛的应用。

在水产品领域应用最广的是由丹麦水产研究院水产品研究所和信息技术工程所联合开发的海产食品腐败和安全预测器(Seafood spoilage and safety predictor, SSSP), 该软件是在1999年海产食品腐败预测器(Seafood spoilage predictor, SSP, <http://www.dfu.min.dk>)基础上改进的扩展版本。它是由相对腐败速率(Relative rate of spoilage, RRS)模型和微生物腐败(Microbial spoilage, MS)模型构成, 增强了对海产品安全性的监控。

## 2 预报微生物学与食品安全风险评估的关系

随着预报微生物学的发展, 使微生物预报模型成为一种研究工具, 在食品安全管理和产品流通领域中起着重要的辅助作用。然而, 仅依靠模型来决定食品安全和产品质量问题是不可行的。因此, 不

少研究学者试着将预报微生物学与风险评估结合起来,通过时间与微生物生长、残存、死亡的关系模型,适当地设定流通条件,估计特定食品经过一定的温度—时间贮藏后是否存在风险。即使不对最终产品进行麻烦、费时的检验,也能保证食品的安全和较高的品质。

风险评估(Risk assessment)是指利用现有的科学资料对食品中某种生物、化学或物理因素的暴露对人体健康产生的不良后果进行识别、确认和定量,对食品的危害导致的已知的或潜在的不利健康的结果的科学评估<sup>[16]</sup>。20世纪80年代末,国际食品贸易的发展尤其是转基因食品贸易的大量增长,风险评估开始出现在食品安全领域。

目前,在水产品安全控制领域,风险评估已被认为是制定水产品安全标准的基础,但是对由微生物而引起的危害进行定量风险评估是非常困难的,因为水产品中病原微生物在整个暴露评估中是动态变化的。随着水产品安全的重要性日渐受到关注,寻求一种更科学、更直观、更可靠且优越的水产品安全性评估和控制方法已成为当务之急,而将预报微生物学与风险评估相结合的方法则很大程度上符合了这一要求。

首次将定量风险评估与定量分析和预报微生物学结合在一起的研究是在1998年,加拿大的研究人员对牛肉汉堡生产各个步骤的卫生状况和其中存在的大肠杆菌 O157: H7 进行了客观全面的考察和评估。随后,Haas CN 和 Rose JB 等人<sup>[17]</sup>发展了大肠杆菌 O157: H7 的剂量-反应关系,该反应关系的正确性通过两次该病原菌的暴发已经得到证实。

根据存在于食品中的各种微生物的基本特征及其受各种环境因子影响程度的研究,建立微生物数据库可以保证某种新开发食品的安全性,不仅可以用作教学和研究使用,还可以用于食品中微生物的风险评估或者用于食品产业建立新标准的评估<sup>[18]</sup>。另外,多年来,因进食不安全的食品而引起的疾病发病率屡见不鲜,其根本原因是病原菌和腐败菌的存在对食品品质有很大的影响。在一定温度下,若腐败菌比病原菌生长得快,食品可能在病原菌未产生毒素之前已腐败变质,这时病原菌造成危害的可能性就会大大减小。但若病原菌比腐败菌生长得快,说明食品在腐败以前病原菌已经产生了毒素,使食品变得不安全,所以评估食品安全期限时要综合考

虑腐败菌和致病菌的生长情况。

目前,国内并没有专门研究出针对病原菌微生物产毒的预报模型,实际应用中是运用生长动力学模型,通过使用计算机建模程序导出微生物生长、残存、死亡的数学模型,对食品进行4阶段的暴露量评估,即1)确认与食品安全有关的微生物体和微生物毒素(病原菌)的出现概率和数量;2)评估某种食品被病原菌或其毒素污染的程度,这需要掌握在特定条件下病原菌生长动态和产生毒素情况即暴露量评估;3)食用带有病原菌或毒素的食品可能发生的副作用以及副作用的严重性和持续时间;4)评估某一食品经过一定的温度、时间贮存后是否存在风险<sup>[19]</sup>。以上过程都是在预报模型存在的条件下才能实现对水产品加工及贮藏过程中产品质量和安全进行客观和定量的评估及安全预警。

总之,预报微生物模型的发展,在科学的定量分析基础上可以更好的进行食品安全风险评估的操作,使之更加准确,更加有说服力。

### 3 微生物风险评估在预测水产品安全中的应用

水产食品营养丰富、味道鲜美、并且具有低脂肪、高蛋白、营养平衡好的特点,深受人们的喜爱。同时,水产品也是极易腐败的食物。据报道,威胁水产品的腐败主要是水产品存在的部分腐败菌而造成的,为了降低水产品腐败的速度,国外对水产品腐败微生物进行了长期研究。20世纪60年代,为了控制鱼类的腐败,Spencer<sup>[20]</sup>等人建立了温度对鱼类腐败速度影响的模型。Olley<sup>[21]</sup>认为,许多腐败过程受温度影响的变化是基本相似的,并提出了一个通用腐败模型。Daud<sup>[22]</sup>等人后来将Olley的腐败模型应用到鸡肉腐败的研究中。上世纪90年代中期,Dalgaard<sup>[23]</sup>明确提出了特定腐败菌的概念,大大有助于人们对水产品微生物腐败的认识,为水产品建立风险评估预报体系奠定了基础。

早期微生物动态预报模型的开发、验证和应用大都以预测冷链产品的货架期为目的,带动了冷链产品货架期预测方面相关技术的研究。对任何微生物预报模型的应用而言,其始点和终点都基于积累在加工或贮藏过程中的微生物学知识,在考虑了早期微生物动态模型建立的不足之后,Dalgaard<sup>[23,24]</sup>提

出了鱼类品质评价和预测的策略,将预报微生物学作为研究的基本方法,把数学模型货架期模型纳入计算机软件;将风险评估的概念引入到货架期预测系统中,大大增加了模型的实际应用能力。目前,假单胞菌(*Pseudomonas* spp.)、腐败希瓦氏菌(*Shewanella putrefaciens*)、磷发光杆菌(*Photobacterium phosphoreum*)的动态模型和预报相应水产品剩余货架期的模型已经开发,分别纳入成为 FSP(Food spoilage predictor)和 SSP(Seafood spoilage predictor)的应用软件内<sup>[25,26]</sup>,可用来预测和阐明恒温 and 波动温度对特定腐败微生物的生长动态和水产品剩余货架期的影响。

此外,关于微生物对水产品品质所产生的影响的研究也有很多,主要是腐败微生物对产品货架期的研究和预测。澳大利亚 Tasmania 大学在假单胞菌生长模型基础上开发出食品腐败预测器(FSP, Foods spoilage predictor),它是能对食品品质进行多环境因子分析的预测的软件<sup>[27]</sup>,主要是以恶臭假单胞菌(*Pseudomonas putida*)1442 株菌株为研究对象,测得不同温度、Aw、pH 条件下 800 多个生长数据,建立了 500 余条生长曲线。同时,用实际流通中大量数据对模型进行了验证和改良,建立了假单胞菌生长模型数据库,应用准确度(Accuracy factor, Af)的概念客观地评估预测值和实际值之间的比率,建立了微生物生长的数据库,形成专家系统和应用软件包,从而对特定腐败菌是假单胞菌的食品剩余货架期进行快速估测。该预测系统在人工接种及自然腐败状态下,假单胞菌的预测值和实际值之间的偏差(Bias)在 20%以内。除了 FSP 外,国内学者在较短时间内尝试开发出适合我国国情的淡水鱼冷藏生鲜鱼品流通微生物质量预报专家系统软件。同时,许多同类的货架期预测系统也正在开发验证之中,许钟<sup>[28]</sup>等人以有氧冷藏养殖罗非鱼为研究对象,建立和验证了用于预测冷藏罗非鱼微生物学质量和剩余货架期的假单胞菌的生长动力学模型,并在对冷藏罗非鱼、大黄鱼特定腐败菌的生长研究的基础上,建立了预测系统软件 FSLP(Fish shelf life predictor); Lalitha KV 和 Surendran PK 等人<sup>[29]</sup>报道了罗氏沼虾在冷藏条件下的微生物种类,范瑜敏等人<sup>[30]</sup>在前人研究的基础上开发了罗氏沼虾细菌总数的系统预测软件,以上研究为国内学者进一步更好的研究预报微生物技术搭建了良好的平台。

## 4 研究前景与展望

预报微生物学的不断发展将为从土地到餐桌提供品质和安全的保障,通过建立数学模型来掌握食品中菌群的动态变化,从而可以通过调节加工、储藏参数来控制其生长繁殖,并可预测产品的货架期。另一方面,通过所建立的模型掌握在整个暴露评估中的动态变化,进一步进行定量风险评估,从而保障食品的安全性。

预报微生物学研究是有一定发展潜力的,然而预报微生物学的理论与实践的研究还有待进一步研究和完善:

1) 国外关于微生物预测方面的资料,多数模型是以某一类微生物或全部的微生物数量为研究对象,或以肉汤为生长介质建立的,有时预测背离了实际,不能完全说明真实的情况,不能代表微生物污染的多样性。

2) 目前已有模型和软件还不具有普遍性,建立一种通用型预报模型则可以提高预测准确性和微生物风险评估的有效性,对食品安全控制有着重要的现实意义。

3) 当前研究更多的是针对嗜冷菌和中温菌,获取实验数据的过程过于繁琐,已有的微生物快速检测技术并没有在此过程中得到实际应用。另外大多数数学模型都是根据微生物在恒温下生长的试验数据建立的,很难准确的预测在实际生产和配送系统中的食品微生物生长情况。因此,要将重心转移到建立动力学模型的研究中,使其在实际生产中得到广泛的应用。

4) 近年来,有研究表明:食品腐败变质与腐败微生物群体感应效应有一定的相关性。群体感应效应(Quorum sensing)是指微生物细胞内通过相应的感应系统感应细胞外分子的小分子自诱导剂的浓度从而感知菌群密度的大小,但菌群密度达到一定阈值时激活一系列的目的基因并表达相应的特性的方式。食源性细菌群体感应效应中自诱导剂的量的变化与腐败菌数量的变化以及特性的表达息息相关,因而它对风险评估有一定的指导意义,自诱导剂的监测对定量微生物风险评估亦具有辅助作用。因此,如何将群体感应效应的研究与预报微生物学相结合,构建一种新的食品安全风险评估体系,对于在实际生产过程中控制食品质量和安全性具有指导意义。

5) 预报微生物模型中的动力学模型可以定量食品中的主要腐败菌和病原菌的生长或残存情况,是预测食品货架期的有效工具,但是现在的研究中缺少关于微生物产生毒素概率和数量的预测模型,如果开发出产毒模型,就可以更好的预测并评估食品被病原菌或其毒素污染的程度、出现的概率和持续的时间,保障食品品质安全。

6) 预报微生物学与 PCR-DGGE 技术、微生物生态学等相关课题研究相结合,揭示那些未培养微生物和微生物群落间的演替规律及微生物和微生物之间的拮抗、互利、共生等相互作用关系,找出特定的腐败微生物,建立科学的预报模型,确保食品安全。

风险评估在水产品加工、流通和储藏中的广泛应用已经成为必然,为了随时满足不同用户的需求,预报模型系统需要不断的更新数据库资料<sup>[26]</sup>。为了有效的控制食品品质和安全性,借鉴国外经验,整合已有数据和模型,从而建立一套适合国情的微生物预报体系是在食品安全风险评估中迫切需要解决的问题。

## 参 考 文 献

- [1] 成 黎. 中国食品安全现状与发展综述及改善措施初探. *食品工业科技*, 2008, **29**(10): 122-132.
- [2] 张美玲. 我国食品安全现状及对策. *产业与科技论坛*, 2008, **7**(7): 84-94.
- [3] Baird-Parker TC. The production of microbiologically safe and stable foods. *The Microbiological Safety and Quality of Food*, Gaithersburg Maryland USA: Aspen Publishers Inc, 2000, **3**(9): 11-28.
- [4] McMeekin TA, Olley J, Ratkowsky DA, *et al.* Predictive Microbiology: towards the interface and beyond. *International Journal of Food Microbiology*, 2002, **73**(2): 395-407.
- [5] Whiting RC, Buchanan RL. A classification of models for predictive microbiology. *Food Microbiology*, 1993, **10**(12): 175-177.
- [6] Gibson AM, Bratchell N, Roberts TA. The effect of sodium chloride and storage temperature on the rate and extent of growth of *Clostridium botulinum* type A in pasteurized pork slurry. *J Appl Bacteriol*, 1987, **62**(6): 479-489.
- [7] Zwietering MH, Jongenburger I, Rombouts FM. Modeling of the bacterial growth curve. *Applied and Environmental Microbiology*, 1990, **56**(6): 1875-1881.
- [8] Buchanan, Whiting, Damert. When is simple good enough: a comparison of the Gompertz, Baranyi, and three-phase linear models for fitting bacterial growth curves. *Food Microbiology*, 1997, **14**(44): 313-326.
- [9] 李柏林, 郭剑飞, 欧 杰, 等. *Escherichia coli* O157:H7 动态生长反应响应面方程的扩展. *食品科技*, 2006, **10**(10): 131-137.
- [10] Ratkowsky DA, Olley J, McMeekin TA, *et al.* Relationship between temperature and growth rate of bacterial cultures. *Journal of Bacteriology*, 1982, **149**(1): 1-5.
- [11] 李柏林, 郭剑飞, 欧 杰, 等. 预测微生物学数学建模的方法构建. *食品科学*, 2005, **25**(11): 52-57.
- [12] Smith MG. Use of response surface methodology in shelf life extension studies of a bakery product. *Food Microbiol*, 1988, **5**(3): 163-174.
- [13] Lindroth SE, Genigeorgis CA. Probability of growth and toxin production by nonproteolytic *Clostridium botulinum* in rockfish stored under modified atmosphere. *International Journal of Food Microbiology*, 1987, **4**(2): 167-181.
- [14] 郭剑飞, 李柏林, 欧 杰. 基于食品安全性的预测微生物学研究模式. *食品科技*, 2004, **2**(1): 5-8.
- [15] New microbiology database and predictive models. (2003-05-05). <http://www.ifr.ac.uk>.
- [16] FAO Fisheries Technical Paper. International Regulatory Framework for Fish Safety and Quality. No.442 Rome, FAO. 2004.
- [17] Haas, Rose, Gerba. Development of a dose-response relationship for *Escherichia coli* O157:H7. *International Journal of Food Microbiology*, 2000, **56**(4): 2000-2010.
- [18] McMeekin. Predictive microbiology: Quantitative science delivering quantifiable benefits to the meat industry and other food industries. *Meat Science*, 2007, **77**(11): 17-27.
- [19] 杨宪时, 许 钟, 郭全友, 等. 食源性病原菌预报模型库及其在食品安全领域的应用. *中国食品学报*, 2006, **1**(6): 372-376.
- [20] Spencer R, Bains CR. The effect of temperature on the spoilage of wet fish. I. Storage at constant temperature between 21°C and 25°C. *Food Microbiol*, 1964, **18**(4): 769-772.
- [21] Olley J, Ratkowsky DA. The role of temperature function integration in monitoring fish spoilage. *Food Techno*, 1973, **8**(10): 1-13.
- [22] Daud HB, McMeekin TA, Olley J. Temperature function

- integration and the development and metabolism of poultry spoilage bacteria. *Appl Environ Microbiol*, 1978, **36**(14): 650-654.
- [23] Dalgaard P. Qualitative and quantitative characterization of spoilage bacteria from packed fish. *International Journal of Food Microbiology*, 1995, **26**(6): 319-332.
- [24] Dalgaard P. Modelling of microbial activity and prediction of shelf of packed fish. *International Journal of Food Microbiology*, 1995, **19**(2): 305-418.
- [25] Dalgaard, Buch, Silberg. Seafood spoilage predictor-development and distribution of a product specific application software. *International Journal of Food Microbiology*, 2002, **73**(11): 343-349.
- [26] 周 康, 刘寿春, 李平兰, 等. 食品微生物生长预测模型研究新进展. *微生物学通报*, 2008, **35**(4): 589-594.
- [27] Thomas, Meekin. Shelf life prediction: status and future possibilities. *International Journal of Food Microbiology*, 1996, **33**(7): 65-83.
- [28] 许 钟, 肖琳琳, 杨宪时, 等. 罗非鱼特定腐败菌生长动力学模型和货架期预测. *水产学报*, 2005, **29**(4): 540-546.
- [29] Lalitha KV, Surendran PK. Microbiological changes in farm reared fresh water prawn in ice. *Food Control*, 2006, **17**(1): 802-807.
- [30] 范瑜敏, 李柏林, 欧 杰, 等. 不同贮藏条件下罗氏沼虾细菌总数生长数学模型的研究. *食品科学*, 2007, **28**(9): 418-421.

## 征订启事

### 《腐植酸》杂志 2010 年征订启事

《腐植酸》杂志于 1979 年创刊, 由中国腐植酸工业协会主办, 是全国唯一的腐植酸类专业科技期刊, 面向国内外公开发刊。《腐植酸》杂志是《中国学术期刊综合评价数据库》来源期刊、《中国学术期刊(光盘版)》入编期刊、《中国核心期刊(遴选)数据库》入编期刊。本刊为国际标准大 16 开, 内设 60 页, 主要栏目有: “卷首语” “专题评述” “研究论文” “译文” “腐植酸质量检测” “协会(专业)标准讨论” “腐植酸文摘” “腐植酸专利简介” “腐植酸环保应用” “‘两会’动态” “信息传真” “‘乌金杯’采风” “腐植酸文献检索” 等。

《腐植酸》杂志集学术性、专业性和实用性于一身, 内容广泛、指导性强、信息量大, 自 1979 年创刊以来, 受到广大读者的关注与好评。2010 年, 本刊将继续以“高扬绿色 关注民生”为指导, 设置丰富的内容, 为推动我国腐植酸产业的发展做好服务工作!

《腐植酸》杂志为双月刊, 国际刊号: ISSN1671-9212; 国内刊号: CN11-4736/TQ。每期定价 20.00 元, 全年 6 期, 年定价 120.00 元(含邮费)。

热忱欢迎各位新、老读者及时订阅! 如需过刊, 请直接与编辑部联系。

订购方式: 从邮局汇款至编辑部。

地 址: 北京市西城区六铺炕街 1 号 邮编: 100120

收件人: 《腐植酸》编辑部

电 话: 010-82784950, 010-82035180

传 真: 010-82784970

E-mail: chaia@126.com

网 址: www.chinaha.org