

预测微生物学在鲜切果蔬产品质量安全控制中的应用

冯可^{1,2}, 胡文忠^{2,*}, 姜爱丽², 徐永平¹, 萨仁高娃²

(1.大连理工大学生命科学与技术学院, 辽宁大连 116024;

2.大连民族学院生命科学学院, 辽宁大连 116600)

摘要:预测微生物学(Predictive Microbiology)是运用数学、统计学和应用计算机科学对动态环境中主要致病菌或腐败菌的延迟、生长、残存和消亡情况进行快速评估。本文阐述了预测微生物学的发展和预测模型的分类,介绍了微生物预测模型在鲜切果蔬产品货架期、风险评估以及质量安全控制中的应用,提出了目前研究中存在的问题。

关键词:鲜切果蔬,预测微生物学,生长模型,质量安全,病原菌

Application of predictive microbiology in control of quality and safety for fresh-cut fruits and vegetables

FENG Ke^{1,2}, HU Wen-zhong^{2,*}, JIANG Ai-li², XU Yong-ping¹, SA-REN Gao-wa²

(1.College of Life Science and Biotechnology, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China;

2.College of Life Science, Dalian Nationalities University, Dalian 116600, China)

Abstract: Predictive Microbiology is an interdisciplinary subject of mathematics, statistics and applied computer science, to make rapid risk assessment and establish predictive model for growth of pathogen and spoilage organisms under dynamics conditions. In this paper, the development and classification of predictive microbiology were summarized. The application of microbial predictive model in shelf life, risk assessment, quality and safety control of fresh-cut fruits and vegetables were introduced. Finally, current deficiencies in this field were stated.

Key words: fresh-cut fruits and vegetables; predictive microbiology; growth model; quality safety; pathogen

中图分类号: TS201.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2014)10-0049-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2014.10.001

鲜切果蔬(Fresh-cut fruits and vegetables)是以新鲜水果或者蔬菜为原料,经清洗、去皮、切割、修整、包装等加工过程而制成的即食产品^[1]。在美国、英国、法国等发达国家,鲜切果蔬产业已经得到了蓬勃发展。20世纪90年代,鲜切产品在农产品总销售额的占有率为25.8%,在零售和食品服务业的销售额已达到100多亿美元。目前,鲜切产品的年产量和销售额正在以每年10%的速度递增。工业化生产的鲜切果蔬品种主要有生菜、苹果、胡萝卜等多种产品^[2]。

在果蔬切割过程中会对果蔬组织结构造成损伤,破坏原有的自然保护系统,较大的切割表面和多汁液的特性为微生物生长和繁殖提供了的营养条件^[3]。近年来,有关鲜切果蔬产品受到食源性致病菌污染并引发食物中毒的事件时有发生^[4]。如,2011年

美国暴发由于食用受单增李斯特菌污染的甜瓜产品,而引起的食物中毒事件,该事件涉及并危害了美国的24个州,感染病例为109例,死亡21例,是10多年来美国最严重的食源性疾病暴发事件,该类疾病将严重危害人们的身体健康及生命安全^[5]。因此,了解和控制鲜切果蔬中的微生物的生长情况是保障食品安全和提高品质的关键。传统的微生物学检测分析方法因其耗时长,工作量大等缺点无法对鲜切果蔬产品贮藏、配送、销售等环节进行实时监控。而预测微生物学(Predictive Microbiology)可在不对鲜切果蔬产品取样检测的前提下运用数学、统计学和应用计算机科学等知识对该产品流通过程中的主要致病菌或腐败菌的延迟、生长、残存和消亡情况做出快速评估并建立生长预测模型^[6]。实现从原料、加工到产品的贮存、销售整个体系的计算机智能化管理和监控,保证食品的安全。本文主要对预测微生物学在鲜切果蔬产品的货架期,风险评估以及质量安全控制中的应用进行了阐述,为预测微生物学在鲜切果蔬产品中的应用提供了参考依据。

1 预测微生物学发展概况

数学模型很早就开始在微生物学中应用,预测

收稿日期:2013-09-02 * 通讯联系人

作者简介:冯可(1985-),男,博士研究生,研究方向:食源性致病菌检测。

基金项目:国家科技支撑计划项目(2012BAD38B05);国家自然科学基金项目(31172009);大连市科技计划项目(2012E13SF106);大连市金州新区科技计划项目(2012-A1-049);中央高校基本科研业务费项目(DC2013010107)。

微生物学的历史最早可以追溯到20世纪20年代初,学者们观察到孢子的热灭活现象具有动力学趋势,由此开发了微生物的热致死模型,如,Arrhenius方程和Bigelow模型^[7]。60年代,Olley等提出了一个通用腐败模型,可描述多种受温度影响的腐败过程,这些都为预测微生物学的发展奠定了基础。80年代初期,由食源性病原菌感染食品引起的中毒事件不断暴发,公众要求能够吃到安全、健康的食品,这引起了政府的广泛关注。在Ross等^[8]首次提出“微生物预测技术”之后,由30多名微生物学家组成的科研小组,用计算机预测了食品的货架期、保质期,并对腐败菌的生长建立了数据库,从此正式开启了预测微生物学的大门^[9]。随着计算机技术的不断成熟,预测微生物学在食品领域的应用也得到了迅猛发展^[10]。对食品贮藏过程中单增李斯特菌、沙门氏菌、大肠杆菌O157:H7等食源性致病菌以及一些腐败菌的研究也逐渐发展起来,并建立了这些细菌生长的数据库。目前,每年在Food Microbiology、International Journal of Food Microbiology、Journal of Food Protection等期刊均有大量预测微生物的相关论文发表。美国、英国、澳大利亚、丹麦等发达国家更是致力于微生物预测软件的开发^[11]。预测微生物学已成为食品微生物、食品安全等领域的研究热点之一。

2 微生物预测模型分类

预测微生物学的核心目标是根据微生物生长情况建立完善的数学模型,通过分类方法可将所建立的数学模型分为动力学模型、概率模型、经验模型、理论模型等^[12]。目前,认可度较高的是Buchanan和Whiting^[13]提出的初级、次级和三级模型。初级模型是描述微生物数量变化与时间的函数关系,可以得出起始菌数量、生长延迟期、比生长速率、最大菌数量等参数;次级模型是描述初级模型中的各参数与环境因子(如pH、温度、氧气浓度、二氧化碳浓度、水分活度、营养物质浓度和防腐剂浓度等)之间的函数关系;三级模型也称为专家系统,是在初级模型和次级模型的基础上,通过计算机编程制作的微生物预测软件,它可以预测相同或不同环境条件下同一种微生物的生长或失活情况^[14]。每一类级别的模型中都

含有多种不同的数学模型,这些预测模型可以描述特定情况下微生物生长和失活情况,表1为主要模型种类的统计结果。

3 预测微生物学在鲜切果蔬中的应用

3.1 货架期预测

微生物生长是导致鲜切果蔬产品腐败变质,影响货架期的主要因素。确定产品的货架期是一个复杂的过程,需要全面了解贮藏环境变化对果蔬产品中微生物数量和生理生化指标的影响程度。微生物预测模型可以通过统计学原理结合计算机语言描述动态环境食品中致腐、致病微生物潜在的存活状态,可作为一种有效的监控鲜切果蔬产品储存的评价手段,能够快速、准确的评估产品的货架期。

运用微生物预测模型对鲜切果蔬产品货架期进行评估需要考虑三个方面:a.了解微生物生长数量和繁殖情况;b.结合温度、水分活度、pH、包装中气体成分等因素建立微生物生长的动态模型;c.再参考已经建立的数据库和实验数据开发方便快捷的货架期预测软件。

LU等^[21]利用响应面模型分析方法描述了不同氯浓度、清洗时间和水三个因素对鲜切莴苣上需氧嗜常温菌的影响,建立了该菌在不同条件下的生长模型,随后利用改良的Gompertz模型描述了0、4、25℃条件下该菌的生长情况,通过模型曲线可以看出,经氯处理的鲜切莴苣贮藏于0℃条件下可有效延长产品的货架期。樊振江等^[22]利用Gompertz模型拟合了4、8、20℃贮藏条件下,鲜切莲藕中细菌的生长趋势,并结合感官分析评分得出,可在4℃下贮藏12d,8℃下贮藏8d,20℃下贮藏4d,感官分析评分均为5分。同样,韩巍巍等^[23]利用Gompertz模型描述了4、10、20℃环境下鲜切苹果中细菌的生长情况,从而确定在细菌总数小于 10^4 cfu/mL时,20℃可贮存1d,10℃可贮藏3d,4℃可贮藏7d。Corbo等^[24]利用修正的Gompertz模型拟合了鲜切刺梨在不同温度下嗜冷菌和嗜常温菌的生长情况,通过拟合曲线可以看出,当鲜切刺梨储存于低温环境时货架期可以达到8d。综上所述,鲜切果蔬产品的货架期与贮藏温度具有一定的相关性,并且选择Gompertz模型及修正的Gompertz模型可以客观的

表1 预测模型分类^[15]

Table 1 Classification of predictive models

初级模型 ^[16]	次级模型	三级模型
Gompertz模型	Belehradek模型	ComBase软件
Logistic模型	Ratkowsky模型	PMP软件 ^[17]
Baranyi and Roberts模型	Arrhenius模型	Food Micro model软件 ^[18]
Monod模型	响应曲面/多项式模型	SSSP软件
Richards模型	修正的Belehradek模型	FSP软件
修正的Gompertz模型	Williams-Landel ferry模型	FSLP软件 ^[19]
Stannard模型	概率模型	SymPrevis软件 ^[20]
Schnute模型	Gamma concept模型	MKES软件
Buchanan模型	Cardinal Parameter模型	Microbial Responses Viewer
Logistic with delay模型	Artificial Neural Networks	MicroHibro
D values of thermal inactivation	Probability模型	Pseudomonas Predictor

描述及确定果蔬产品的货架期, 这为模拟货架期贮藏时微生物预测模型的选择提供了参考。

3.2 风险评估

对鲜切果蔬产品安全风险评估主要分为危害识别、危害描述、暴露评估和风险描述。其中, 暴露评估需要考虑致病性微生物在样品中出现的概率、污染程度, 及在特定温度和贮藏时间条件下病原菌的生长情况^[25]。预测微生物学是暴露评估的常用工具, 可以用计算机手段结合数学模型相关知识对以上情况进行有效的定量评估^[26], 可在不进行检验的情况下, 最大限度保证食品的安全和品质, 也可为易感染人群提供风险预警。如Walter等^[27]研究了不同温度下, 单增李斯特菌在即食椰汁中的生长情况, 并利用Baranyi模型对该菌的生长动力学参数进行了评估。通过模型曲线可以看出, 即便是在低温(4℃)环境下, 单增李斯特菌也会出现一定的增长趋势。可见, 市场上低温贮存的即食椰汁也会给消费者带来一定的安全危害。Danyluk等^[28]利用Baranyi and Roberts模型拟合了鲜切哈密瓜、香瓜和西瓜中单增李斯特菌的生长情况, Ratkowsky模型描述了该菌随温度变化的线性关系。通过模型可以看出, 在低温环境下单增李斯特菌的生长速率高于沙门氏菌和大肠杆菌, 在5℃时单增李斯特菌的生长量可在15d里增长104倍。在4℃时, 生长量仍可提高10倍, 可见, 即使是低温贮藏鲜切瓜类食品仍可给产品带来一定的微生物感染风险。

有研究表明, 单一的微生物预测模型往往无法提供准确的风险评估结果, 将多种预测模型相结合可更真实的模拟实际情况, 有效并准确的评估鲜切果蔬产品的危害风险。如, Koseki等^[29]利用Baranyi模型和Ratkowsky平方根模型描述了0~15℃条件下, 鲜切卷心莴苣中单增李斯特菌的生长情况。通过该组合模型可对鲜切卷心莴苣产品受污染情况进行初步评估, 从而为实际物流配送中的贮藏环境提供了一定的参考价值。同样, Ting Fang等^[30]利用3-参数logistic模型和三个次级模型(Ratkowsky模型、Cardinal模型、Arrhenius模型)准确描述了4~43℃动态温度条件下, 三种血清型(1/2a、1/2b和4b)的单增李斯特菌和致腐菌在鲜切哈密瓜上的生长情况。通过生长曲线可以看出, 单增李斯特菌并没有出现生长延迟期, 而是直接进入了指数生长期, 并且小于4℃的贮存条件, Arrhenius模型仍可准确拟合出致病和致腐菌的生长情况。可见, 在选择预测模型时不可局限于用单一模型拟合鲜切果蔬产品中微生物的生长曲线, 应比较多种预测模型拟合的曲线后进行择优选择, 以便提供更准确的风险评估预测结果。

3.3 质量安全管理

食源性致病菌能够在胡萝卜、西瓜、木瓜^[31]、橘子片^[32]、火龙果^[33]等低酸性鲜切果蔬产品中生长, 所以, 在果蔬贮藏、流通等环节需要考虑并防控致病菌的污染, 这对食品质量安全管理提出了新的挑战^[34]。在HACCP管理体系中, 可利用微生物预测模型描述特定条件下鲜切果蔬产品中致病菌或腐败菌的生长

情况, 从而确定贮藏、运输、配送等环节中质量安全的关键控制点, 这也为加工生产和零售行业提供了参考依据。如, Rodriguez等^[35]研究了不同温度(2、4、8、12、20℃), 气调(CO₂、O₂)浓度和pH条件下, 单增李斯特菌在包装的鲜切芦笋中的生长情况, 利用Baranyi模型、Arrhenius模型和Ratkowsky模型描述了该菌的生长曲线, 结果发现4℃贮藏和运输环境为该菌生长的临界点, 在低于4℃条件下LM的生长速率为负值。同样, Anderson等^[36]利用Baranyi模型与Square root模型描述了鲜切莴苣中沙门氏菌和单增李斯特菌的生长速率与滞后期之间的关系, 从生长曲线上可以看出, 贮藏温度小于5℃时, 两种食源性致病菌均无生长和繁殖能力, 所以, 可将鲜切莴苣贮藏于5℃以下的环境中。Guiomar等^[37]模拟了企业加工生产过程中, 经氯水杀菌处理后鲜切莴苣中病原菌的生长情况, 利用Baranyi模型拟合了杀菌后不同温度(4、8、13、16℃)下大肠杆菌O157:H7的生长曲线, 结果表明, 高温环境(13、16℃)下大肠杆菌O157:H7可在2d后呈指数增长; 8℃时, 会在15d后呈指数增长; 而4℃时, 菌落数会在15d内降低10倍。可见, 鲜切果蔬产品即使经过杀菌处理后仍需要贮藏于4℃的低温环境下, 这样才会为消费者的安全提供保障。此外, 一些预测微生物学软件仍可为鲜切果蔬产品的控制及管理提供参考依据。如, PMP、Combase等软件, 均可通过调节温度、酸度、以及盐浓度等相关数据定量分析不同环境对产品中微生物的生长和残存的影响。

4 展望

预测微生物学是用计算机语言描述微生物行为的新兴预测工具, 可对鲜切果蔬产品物流, 贮藏过程中的品质和安全做出合理的推测, 为鲜切果蔬产品货架期提供一定的判断和预警信号, 有利于质量控制和市场开拓, 在鲜切果蔬产品质量安全方面也具有独特优越性, 可直观的了解产品包装中微生物消长的数量化信息, 从而对其进行合理气调, 确定贮藏、物流配送过程中可能导致产品品质下降的控制点, 为开展HACCP管理体系提供了重要手段, 并可确定鲜切果蔬产品贮藏的临界温度。

目前, 预测微生物学所研究的范围主要是环境因素与微生物消长之间的关系, 已开发的预测软件数据库中多数是实验室培养基水平上建立起来的数据信息, 与真实环境食品组织中的营养成分对微生物生长的影响有一定的差距, 往往会高估产品中的微生物的生长速率。近几年, 有关鲜切果蔬中食源性致病菌以及腐败菌的生长模型的建立已得到广泛研究, 但仍需建立完整的建模数据库, 加强并完善该类产品中微生物预测软件的开发。预测是预测微生物学永恒的魅力, 而预测准确度的提高取决于所建立的数学模型。鲜切果蔬产品的多汁成分能够为微生物生长提供充足的营养条件, 使得微生物在其生长情况呈现S形增长趋势, 经研究发现, 在多种初级模型中, 选择Gompertz模型、Logistic模型和Baranyi模型来拟合鲜切果蔬产品中微生物生长曲线的情况较为常见。该类模型的主要特点是在曲线拐点之前的增

长速度越来越快,在拐点之后的增长速度越来越慢,而且最终趋于一个有限值,总的曲线呈S形。因此,可合理并且准确的拟合鲜切果蔬产品中微生物的生长曲线。但是,考虑到多种环境因素(如pH、温度、氧气浓度、NaCl浓度等)对微生物生长的影响,还应在现有模型基础上开发更多合适的预测模型以及具有自我思维判断功能的模型,如Baranyi-Ratkowsky模型^[38]、人工智能的综合判断的预警系统,建立这样的模型可以更准确的预测微生物的实际生长情况,同时也为鲜切果蔬产品中的食源性疾病暴发提供了一定的预判性。

参考文献

- [1] Rico D, Mart A B, Barat J M, *et al.* Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review[J]. Trends in Food Science and Technology, 2007, 18(7): 373-386.
- [2] 韩俊华, 李全宏, 牛天贵, 等. 切割果蔬的微生物及其生物控制[J]. 食品科学, 2005, 26(10): 262-267.
- [3] Ongeng D, Devlieghere F, Debevere J, *et al.* The efficacy of electrolysed oxidizing water for inactivating spoilage microorganism in process water and on minimally processed vegetables[J]. International Journal of Food Microbiology, 2006, 109(3): 187-197.
- [4] Abadias M, Usall J, Anguera M, *et al.* Microbiological quality of fresh minimally-processed fruit and vegetables, and sprouts from retail establishments[J]. International Journal of Food Microbiology, 2008, 123(1-2): 121-129.
- [5] Martin-Belloso O, Soliva-Fortuny R. Advances in fresh-cut fruit and vegetables processing[M]. Printed in the United States of America: CRC press, 2011: 63.
- [6] Yu C, Davidson V J, Yang S X. A neural network approach to predict survival/death and growth/no-growth interfaces for *Escherichia coli* O157:H7[J]. Food Microbiology, 2006, 23(6): 552-560.
- [7] 李文茹, 谢小保, 施庆珊, 等. 预测微生物学及其在食品科学中的应用[J]. 食品与发酵工业, 2009, 35(4): 136-140.
- [8] ROSS T, MCMEEKIN T A. Predictive microbiology[J]. International Journal of Food Microbiology, 1994, 23(3-4): 241-264.
- [9] 张秋勤, 徐幸莲. 预测微生物学在禽肉质量安全控制中的应用[J]. 食品科学, 2010, 31(13): 292-296.
- [10] Mafart P. Food engineering and predictive microbiology: on the necessity to combine biological and physical kinetics[J]. International Journal of Food Microbiology, 2005, 100(1-3): 239-251.
- [11] Membré J M, Lambert R J W. Application of predictive modeling techniques in industry: From food design up to risk assessment[J]. International Journal of Food Microbiology, 2008, 128(1): 10-15.
- [12] 唐佳妮, 张爱萍, 刘东红. 预测微生物学的研究进展及其在食品中的应用[J]. 中国食品学报, 2012, 10(6): 162-166.
- [13] Buchanan R L, Whiting R C. A classification of models for predictive microbiology[J]. Food Microbiology, 1993, 10: 175-177.
- [14] 李苗云, 朱应举, 赵改名. 微生物预测模型研究及其在肉品工业中的应用[J]. 食品科技, 2008(2): 57-60.
- [15] Ding T, Shim Y H, Choi N J, *et al.* Mathematical modeling on the growth of *Staphylococcus aureus* in sandwich[J]. Food Science Biotechnology, 2010, 19(3): 763-768.
- [16] Buchanan R L. Predictive food microbiology[J]. Trends Food Science Technology, 1993, 4(1): 6-11.
- [17] Nyati H. Survival characteristics and the applicability of predictive mathematical modeling to *Listeria monocytogenes* growth in sous vide products[J]. International Journal of Food Microbiology, 2000, 56(2-3): 123-132.
- [18] Ferrer J, Prats C, Lopez D, *et al.* Mathematical modeling methodologies in predictive food microbiology: a SWOT analysis[J]. International Journal of Food Microbiology, 2009, 134(1/2): 2-8.
- [19] 杨究时, 钟许, 郭全友. 养殖鱼类货架期预测系统的设计与评估[J]. 农业工程学报, 2006, 22(8): 129-134.
- [20] Leporq B, Membré J M, Derwin C, *et al.* The "SymPrevius" software, a tool to support decisions to the foodstuff safety[J]. International Journal of Food Microbiology, 2005, 100(1-3): 231-237.
- [21] Lu Z X, Lu F X, Zhang K L, *et al.* Predictive modeling and growth models of aerobic mesophilic bacteria on fresh-cut lettuce by hypochlorite-washing[J]. Journal of Food Safety, 2007, 27(2): 157-168.
- [22] 樊振江, 郝亚勤, 张素君, 等. 鲜切莲藕微生物模型的建立及货架寿命预测[J]. 中国农学通报, 2007, 23(1): 326-329.
- [23] 韩巍巍, 刘程惠, 胡文忠, 等. 鲜切苹果微生物生长模型研究及货架期预测[J]. 食品工业科技, 2010, 31(12): 104-108.
- [24] Corbo M R, Altieri C, D'Amato D, *et al.* Effect of temperature on shelf life and microbial population of lightly processed cactus pear fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2004(31): 93-104.
- [25] 胡洁云, 欧杰, 李柏林. 预报微生物学在食品安全风险评估中的作用[J]. 微生物学通报, 2009, 36(9): 1397-1403.
- [26] Vose D J. The application of quantitative risk assessment to microbial food safety[J]. J Food Protection, 1998, 61(5): 640-648.
- [27] Walter E H, Kabuki D Y, Esper L M, *et al.* Modelling the growth of *Listeria monocytogenes* in fresh green coconut (*Cocos nucifera* L.) water[J]. Food Microbiology, 2009(26): 653-657.
- [28] Danyluk M D, Friedrich L M, Schaffner D W. Modeling the growth of *Listeria monocytogenes* on cut cantaloupe, honeydew and watermelon[J]. Food Microbiology, 2014(38): 52-55.
- [29] Shigenobu K, Seiichiro I. Growth of *Listeria monocytogenes* on iceberg lettuce and solid media[J]. International Journal of Food Microbiology, 2005, 101(2): 217-225.
- [30] Fang T, Liu Y H, Huang L H. Growth kinetics of *Listeria monocytogenes* and spoilage microorganisms in fresh-cut cantaloupe[J]. Food Microbiology, 2013(34): 174-181.
- [31] Penteado AL, Mauro MF. Growth of *Listeria monocytogenes*

(下转第56页)

表1 6种菊酯类农药的检出限、定量限及其在黄瓜、番茄基质中的平均回收率与相对标准偏差(RSDs)

Table 1 Limits of detection (LOD), the limit of quantification (LOQ), and the average recoveries, standard deviations (RSDs) of the instrument ($n=6$) of 6 pyrethroids in cucumber or tomato spiked

农药	LOD ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	LOQ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	在黄瓜中的平均回收率 (RSD, %)			在番茄中的平均回收率 (RSD, %)		
			5 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	10 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	50 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	5 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	10 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	50 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
氯氟氰菊酯	0.07	0.22	94.59	96.10	92.53	89.43	84.84	95.88
			1.08	1.36	6.36	2.86	2.49	3.52
氯菊酯	0.55	1.84	96.91	96.74	97.76	105.94	102.31	101.12
			0.81	2.13	0.52	0.80	7.09	5.87
氟氰戊菊酯	0.29	0.96	97.23	106.04	98.52	92.48	94.63	103.21
			0.61	6.46	0.48	5.24	1.68	3.97
氰戊菊酯	0.32	1.07	103.34	98.46	104.17	111.59	96.63	94.67
			3.51	1.31	6.48	4.32	2.03	1.86
氟胺氰菊酯	0.31	1.03	104.25	96.95	103.33	90.43	97.31	97.72
			3.8	1.34	5.84	4.72	1.77	1.09
溴氰菊酯	0.58	1.94	97.80	98.45	107.22	87.04	104.55	91.44
			1.03	0.86	4.31	9.61	6.20	2.4

测定蔬菜中6种拟除虫菊酯类农药的检测方法。样品用QuEChERS方法提取、净化,提取液再经DLLME-SFO浓缩,样品前处理方法简单,快速,浓缩倍数高,提高了六种拟除虫菊酯类农药的灵敏度,可以作为蔬菜基质中拟除虫菊酯类农药的检测方法。

参考文献

- [1] 孙成玲,汪付星,颜冬云,等. 拟除虫菊酯类农药残留检测前处理技术研究进展[J]. 农药,2010,49(1):11-15.
- [2] H M Mohnssen. Chronic sequelae and irreversible injuries following acute pyrethroid intoxication[J]. Toxicology Letters,107(1-3):161-176.
- [3] M Anastassiades.Fast and easy multiresidue method employing acetonitrile extraction/partitioning and “dispersive solid-phase extraction” for the determination of pesticide residues in produce [J]. AOAC Int,2003,86(2):412-432.
- [4] S J Lehotay. Determination of pesticide residues in foods by acetonitrile Extraction and partitioning with magnesium sulfate:

collaborative study[J]. AOAC Int,2007,90(2):485.

- [5] S J Lehotay,KA Son,H Kwon,*et al.* Comparison of QuEChERS sample preparation methods for the analysis of pesticide residues in fruits and vegetables[J]. Chromatography A,2010,1217(4):2548-2560.
- [6] Gao ZB, Ma XG. Speciation analysis of mercury in water samples using dispersive liquid-liquid microextraction combined with high-performance liquid chromatography[J]. Analytica Chimica Acta,2011,702(1):50-55.
- [7] S C Cunha. Fast analysis of multiple pesticide residues in apple juice using dispersive liquid-liquid microextraction and multidimensional gas chromatography-mass spectrometry[J]. Chromatography A,2009,1216(51):8835-8844.
- [8] I M Leong,Huang SD. Dispersive liquid-liquid microextraction method based on solidification of floating organic drop combined with gas chromatography with electron-capture or mass spectrometry detection[J]. Chromatography A,2008,1211(2):8-12.

(上接第52页)

in melon, watermelon and papaya pulps[J]. International Journal of Food Microbiology,2004,92(1):89-94.

- [32] Caggia C, Scifo G O, Restuccia C, *et al.* Growth of acid-adapted *Listeria monocytogenes* in orange juice and in minimally processed orange slices[J]. Food Control,2009,20(1):59-66.
- [33] Sim H L, Hong Y K, Yoon W B, *et al.* Behavior of *Salmonella* spp. and natural microbiota on fresh-cut dragon fruits at different storage temperatures[J]. International Journal of Food Microbiology,2013,160(3):239-244.
- [34] Abadias M,Alegre I,Oliveira M,*et al.* Growth potential of *Escherichia coli* O157:H7 on fresh-cut fruits (melon and pineapple) and vegetables (carrot and escarole) stored under different conditions[J]. Food Control,2012,27(1):37-44.
- [35] Rodriguez A M, Alcalá E B, García Gimeno R. M, *et al.*

Growth modeling of *Listeria monocytogenes* in packaged fresh green asparagus[J]. Food Microbiology,2000,17(4):421-427.

- [36] Sant'Ana A S,Franco B D,Schaffner D W. Modeling the growth rate and lag time of different strains of *Salmonella* enteric and *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat lettuce [J]. Food Microbiology,2012,30(1):267-273.
- [37] Guiomar D,Fernando P,Francisco L,*et al.* Modelling growth of *Escherichia coli* O157:H7 in fresh-cut lettuce submitted to commercial process conditions:Chlorine washing and modified atmosphere packaging[J]. Food Microbiology,2013,33:131-138.
- [38] Shorten P R,Membre J M,Pleasant A B,*et al.* Partitioning of the variance in the growth parameters of *Erwinia carotovora* on vegetable products[J]. International Journal of Food Microbiology,2004,93(2):195-208.