

2012-2013

*Report on Advances in
Food Science and Technology*

中国科学技术协会 主编
中国食品科学技术学会 编著

食品科学技术
学科发展报告

中国科学技术出版社



學
科
發
展
報
告

014033750

TS2-12
01
2012-2013

2012 2013

食品科学技术 学科发展报告

REPORT ON ADVANCES
IN FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY

中国科学技术协会 主编
中国食品科学技术学会 编著



中国科学技术出版社

· 北 京 ·



北航

C1722131

TS2-12

01

2012-2013

图书在版编目 (CIP) 数据

2012—2013 食品科学技术学科发展报告 / 中国科学技术协会主编, 中国食品科学技术学会编著. —北京: 中国科学技术出版社, 2014.2

(中国科协学科发展研究系列报告)

ISBN 978-7-5046-6543-0

I. ① 2… II. ① 中… ② 中… III. ① 食品工业—科学发展—研究报告—中国—2012—2013 IV. ① TS2-12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 006343 号

策划编辑	吕建华 赵 晖
责任编辑	赵 晖 左常辰
责任校对	何士如
责任印制	王 沛
装帧设计	中文天地

出 版	中国科学技术出版社
发 行	科学普及出版社发行部
地 址	北京市海淀区中关村南大街 16 号
邮 编	100081
发行电话	010-62103354
传 真	010-62179148
网 址	http://www.cspbooks.com.cn

开 本	787mm × 1092mm 1/16
字 数	393 千字
印 张	16.75
版 次	2014 年 4 月第 1 版
印 次	2014 年 4 月第 1 次印刷
印 刷	北京市凯鑫彩色印刷有限公司
书 号	ISBN 978-7-5046-6543-0/TS · 66
定 价	61.00 元

(凡购买本社图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换)

2012—2013

食品科学技术学科发展报告

REPORT ON ADVANCES
IN FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY

首席科学家 陈 坚

专 家 组

组 长 陈 坚

副组长 孟素荷 孙宝国

成 员 (按姓氏笔画排序)

王 硕 李 铎 李 琳 李树君 杨晓光

何国庆 陈 卫 陈 洁 单 杨 周光宏

金征宇 姜招峰 郭 勇 潘迎捷

学术秘书 张欣然

序

科技自主创新不仅是我国经济社会发展的核心支撑，也是实现中国梦的动力源泉。要在科技自主创新中赢得先机，科学选择科技发展的重点领域和方向、夯实科学发展的学科基础至关重要。

中国科协立足科学共同体自身优势，动员组织所属全国学会持续开展学科发展研究，自2006年至2012年，共有104个全国学会开展了188次学科发展研究，编辑出版系列学科发展报告155卷，力图集成全国科技界的智慧，通过把握我国相关学科在研究规模、发展态势、学术影响、代表性成果、国际合作等方面的最新进展和发展趋势，为有关决策部门正确安排科技创新战略布局、制定科技创新路线图提供参考。同时因涉及学科众多、内容丰富、信息权威，系列学科发展报告不仅得到我国科技界的关注，得到有关政府部门的重视，也逐步被世界科学界和主要研究机构所关注，显现出持久的学术影响力。

2012年，中国科协组织30个全国学会，分别就本学科或研究领域的发展状况进行系统研究，编写了30卷系列学科发展报告（2012—2013）以及1卷学科发展报告综合卷。从本次出版的学科发展报告可以看出，当前的学科发展更加重视基础理论研究进展和高新技术、创新技术在产业中的应用，更加关注科研体制创新、管理方式创新以及学科人才队伍建设、基础条件建设。学科发展对于提升自主创新能力、营造科技创新环境、激发科技创新活力正在发挥出越来越重要的作用。

此次学科发展研究顺利完成，得益于有关全国学会的高度重视和精心组织，得益于首席科学家的潜心谋划、亲力亲为，得益于各学科研究团队的认真研究、群策群力。在此次学科发展报告付梓之际，我谨向所有参与工作的专家学者表示衷心感谢，对他们严谨的科学态度和甘于奉献的敬业精神致以崇高的敬意！

是为序。

A stylized handwritten signature in black ink, likely belonging to Shi Yong, the author of the preface.

2014 年 2 月 5 日

前言

继2006年、2008年、2010年我学会三次圆满完成中国科协学科发展研究项目的分学科项目“食品科学技术学科发展研究”之后，2012年我学会再次承担了这一连续性研究项目。

为保证本项目权威、前瞻的特征，经学术界同行推荐、我学会研究确定，组成以学会副理事长、江南大学校长陈坚教授为首席科学家兼组长，以孟素荷理事长、孙宝国院士为副组长的编写组，承担此项工作，并根据编写组成员各自的学科背景优势，进行工作分工。

根据中国科协的统一要求，我学会于2012年8月14日在北京召开本项目开题会，进一步明确了项目进度安排和工作分工，并于2013年5月29日，组织召开“2012—2013年食品科学技术学科发展研讨会”，为研究成果的最后完成征求业内意见，并为报告的最终完成夯实了基础。

作为该项目的研究成果，本报告的时间跨度以2011—2013年为主。由于本学科发展较快、领域较宽，一次报告难以概全，所以本报告在上一次报告的基础上，仍旧有所侧重，着重选取了本学科近年来发展较快的主要领域、行业热点问题以及涉及交叉学科的边缘领域，进行重点研究。

本报告除综合报告外，还包括食品安全、食品生物技术、功能食品、水产品贮藏与加工、畜产品贮藏与加工、淀粉科学与工程、果蔬贮藏与加工、食品添加剂、食品装备、转基因食品、方便食品、食品营养学等12个分报告。其中，综合报告由江南大学校长陈坚教授组织，陈洁教授等人撰写；天津科技大学校长王硕教授、浙江大学何国庆教授、北京联合大学应用文理学院姜招峰教授、上海海洋大学校长潘迎捷教授、南京农业大学校长周光宏教授、东莞理工学院校长李琳教授、湖南省农业科学院副院长单杨研究员、北京工商大学副校长（中国工程院院士）孙宝国教授、中国农业机械化科学研究院院长李树君研究员、国家疾病预防控制中心营养与食品安全所杨晓光研究员、江南大学副校长金征宇教授、浙江大学李铎教授，分别负责专题报告的撰写。

在此，谨向各位领导和参与编写、修改并提出宝贵意见的各位专家表示诚挚的谢意！并向所引用资料的作者，以及本报告的主办单位中国科协和为本书出版付出辛勤劳动的工作人员表示感谢！

由于时间和经验所限，本报告难免有不足之处，敬请读者指正。

中国食品科学技术学会

2013年12月

目 录

序	韩启德
前言	中国食品科学技术学会

综合报告

食品科学技术学科发展现状与前景	3
一、引言	3
二、近年的最新进展	5
三、国内外研究进展比较	29
四、发展趋势及展望	46
参考文献	54

专题报告

食品安全学科的现状与发展	59
食品生物技术学科的现状与发展	72
功能食品学科的现状与发展	90
水产品贮藏与加工学科的现状与发展	106
畜产品贮藏与加工学科的现状与发展	119
淀粉科学与工程学科的现状与发展	135
果蔬贮藏与加工学科的现状与发展	152
食品添加剂学科的现状与发展	167
食品装备学科的现状与发展	180
转基因食品学科的现状与发展	190

方便食品的最新研究进展211

食品营养学学科的现状与发展225

ABSTRACTS IN ENGLISH

Comprehensive Report

Report on Advances in Food Science and Technology.....235

Reports on Special Topics

Report on Food Safety238

Report on Food Biotechnology239

Report on Functional Food239

Report on Aquatic Products Processing and Storage Engineering240

Report on Land Animal Products Storage and Processing241

Report on Starch Science and Engineering.....243

Report on Fruit and Vegetable Storage and Processing244

Report on Food Additives.....245

Report on Food Equipment246

Report on Genetically Modified Food.....247

Report on Convenience Food247

Report on Food Nutrition248

附录250

索引256

综合报告

食品科学技术学科发展现状与前景

一、引言

食品产业是国民经济的支柱产业和保障民生的基础性产业。2012年,我国食品工业总产值近9万亿元,相比2011年增长约22%,约占GDP(51.9万亿)的17%。食品产业融合带动了农业、流通服务业和相关制造业的发展,在社会经济中充分发挥了“调结构、保增长、惠民生、促发展”的重要作用。

食品科学技术进步是食品工业跨越发展的直接推动力。我国食品科学技术学科发展涵盖了食品产业全过程,包括食品原料、食品营养、食品加工、食品装备、食品流通与服务、食品质量安全控制等环节。食品科技进步为食品产业发展输送创新人才、发现创新知识、开发创新技术、转化创新成果,提供有力地支撑并引导了食品产业的可持续发展。

2012—2013年度,在政府、企业、高等院校、科研院所及行业协会的共同努力下,我国食品科学与技术学科的建设在过去的基础上又取得了长足发展。

学科专业重新梳理评估,科学研究水平进一步提升。2012年新修订的《普通高等学校本科专业目录》中,食品科学与工程类一级学科下设食品科学与工程、食品质量与安全、粮食工程、乳品工程和酿酒工程等5个专业方向,以及葡萄与葡萄酒工程、食品营养与检验教育和烹饪与营养教育等3个特设专业。同年,在采用新评估指标体系的新一轮学科评估中,国内食品科学与工程学科具有“博士一级”、“博士二级”和硕士授权的共51所高等院校参加了评估。评估结果表明高校中有关食品的代表性学术论文、科研获奖、专利转化和科研项目研究等科学研究水平进一步提升。

人才任务建设日益迫切,教育培养加强梯队优化。在人才队伍建设方面,高等院校纷纷通过国家“千人计划”、“万人计划”、教育部“长江学者”特聘计划、国家自然科学基金委员会“杰出青年”计划,引进和培养国内外食品领域的高端人才和团队,致力于食品营养、食品安全等国家需求的基础科学研究,并进一步打造我国食品领域的高端人才基地。全国235所高等院校中具有食品学科一级博士授权资格的有21所,每年能够为食品工业及相关行业输送近10万名毕业生;以不同培养目标实施的校企联合培养、卓越工程师计划、国际联合培养、专业学位培养等人才培养模式在高校的食品学科中全面实行。

基础研究支持不断强化，安全营养研究持续深化。反映国内基础研究支持情况的首先是国家自然科学基金委员会在食品领域基础研究方面的投入。2012年度，基金委食品科学领域共支持研究经费近1.33亿元，包括食品科学基础、食品生物化学、食品营养与健康、食品加工生物学基础、食品贮藏与保鲜、食品安全与质量控制等领域。在此同时，基金委明确2013年将优先支持关系国民营养健康与制约食品产业发展的重要科学问题，重点支持食品组分相互作用、分子营养学、膳食结构与人体健康等领域的研究。在基金委、科技部等支持下，我国食品科学研究工作特点包括：以生物传感器、免疫技术为代表的有害因子检测和安全风险评估等食品安全技术原理研究持续升温；天然多糖、多酚、抗氧化肽等活性物质的分离、构效关系及生理活性研究不断深入；营养基因组学技术手段更加成熟完善，对营养素作用机制研究更关注细胞和基因水平，重点突出食品营养预防和干预疾病发生；多糖、蛋白质等生物大分子材料的开始应用于生物医学和先进材料领域。

论文专利强调量质并重，成果转化凸显规模效益。2012年我国学者在食品领域SCI源期刊上发表论文总数超过2400篇，相比2006年提高了近4倍，平均引用率为0.6，发表论文数量占全部论文数量比例为4.52%，仅次于美国。在*Journal of Agricultural and Food Chemistry*和*Food Chemistry*两大代表性高水平期刊上，2012年中国学者发表论文数量均为320篇，相比2006年分别提高207.69%和461.40%。食品、食物及处理领域的专利申请数、授权数稳定增长，分别达到12198项和3763项。“一种从植物油树脂中分离提纯叶黄素晶体的方法”等6项食品科技发明专利获得2012年度中国专利奖优秀奖。产业技术创新战略联盟成为产学研合作新模式。2012年，肉类加工产业技术等4家A类联盟、大豆加工产业技术等3家B类联盟通过科技部评估，玉米产业技术等5个联盟获批为试点联盟。2012—2013年间，在国家和省部级项目计划支持下，食品科技成果产业化硕果累累。稻米深加工高效转化与副产物综合利用等一批科研项目成果，在我国食品和生物龙头企业中实现了产业化，在全国形成了上百条生产线，创造经济效益上百亿元。

为了总结归纳这段时期内2012—2013年我国食品科学与技术领域取得的新进展，分析现阶段食品科技工作中存在的问题，提出当前和未来食品科学技术领域的发展趋势，并为制定今后我国食品科技和食品工业发展相关政策、规划提供依据，中国食品科学技术学会组织国内14所建有较强食品学科的高等院校和科研院所，共同编写了《食品科学技术学科发展现状与前景》。

报告分为综合报告和专题报告两个部分。综合报告分为最新前沿进展、国内外发展对比、趋势与展望3个部分，全面介绍了2012—2013年度我国食品科学与技术在学科建设、人才培养、科学研究、技术创新、成果转化等方面的状况，对比分析了国内外发展的异同点以及给予我们的启示，探讨了食品学科未来发展的趋势。专题报告部分有12个篇章，包括食品安全、食品生物技术、功能食品、水产品贮藏与加工、畜产品贮藏与加工、淀粉科学与工程、果蔬贮藏与加工、食品添加剂、食品装备、转基因食品、方便食品以及食品营养等。各专题报告分别介绍了各专题领域的最新进展、国内外差异、未来值得关注的重点方向和发展前景。

二、近年的最新进展

(一) 科学技术的研究进展

21 世纪以来,我国食品科学与技术学科发展迅速,在食品科技的多个领域取得了显著成绩,国际影响力显著提升,部分相关研究已经达到国际先进水平。本报告通过对近 5 年中国学者发表的“Food Science Technology”相关的被引用次数超过 30 的论文和影响因子超过 15 的论文进行归纳和分析,得出了食品科学与技术领域的 9 个热点研究主题,包括检测方法、微生物制造、风险评估和营养等(见图 1)。为了进一步考察研究热点在过去 15 年中的迁移和转换,采用同样手法,也对 1995—2012 年国内学者发表的高水平/高引用论文,分三个阶段进行统计,结果也列在图 1 中。显然,从图 1 结果可以看出:① 1995—2012 年食品安全持续受到高度关注,有关检测方法的论文不断增加,而有关风险评估的研究近 15 年虽然数量略有下降,但依然占据了统计论文总量的 10% 左右;② 食品营养和功能因子相关领域的研究长盛不衰,其中酚类、营养、多糖、益生菌以及蛋白与肽等成为该领域中最热的方向,上述 5 个方面的高影响因子和高引用论文总量超过整个热点论文总量的 70%,特别是有关酚类化合物的研究,占据是统计论文总量的 35%;③ 食品微生物制造方面的研究在过去 18 年中也始终占据了比较重要的位置,约占统计论文总量的 7%;④ 食品大分子材料近年来不断受到重视,从 1995—2000 年间不足总论文量的 2% 上升到 2007—2012 年间的 5%。

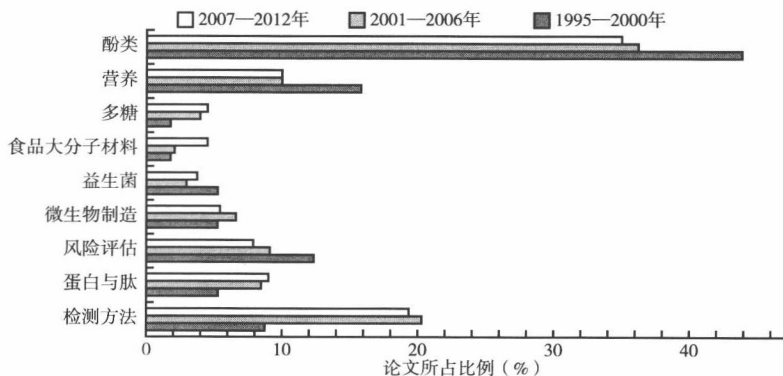


图 1 各个主题的相关论文比例

注：图中统计的论文包括被引用次数超过 30 的论文和影响因子超过 15 的论文。
 论文来源：在 ISI Web of Science-SCIE 数据库检索 FOOD SCIENCE TECHNOLOGY 相关的中国学者论文，1995—2000 年共有 236 篇，引用次数超过 30 的论文有 65 篇；2001—2006 年共有 2913 篇，引用次数超过 30 的论文有 406 篇；2007—2012 年的共有 14002 篇，引用次数超过 30 的论文有 355 篇；1995—2012 年发表的 Food Science Technology 相关的高影响因子论文（IF>15）37 篇。

为了进一步阐明上述研究热点的进展情况,本报告对各热点主题分别进行综述,从研究进展、关键成果以及未来研究趋势等方面进行以下详细讨论。

1. 食品安全检测技术与风险评估研究

近年来,食品安全问题受到人们的广泛关注,快速检测技术越来越受到国家和企业的重视,在国家各类计划的支持下,食品安全快速检测技术得到迅速发展,新技术新方法不断涌现。食品安全风险评估为科学评估食品中污染物危害水平,制定切实有效的食品安全管理措施,降低食源性疾病发生,更好地保护人类健康等方面有着极其重要的作用,是制定标准的科学依据,也是食品质量安全管理的有效手段。

(1) 传感器检测技术

传感器是目前食品安全检测研究的热点。农药残留、兽药残留等快速检测领域运用最多的是纳米生物传感器,如酶传感器、免疫传感器等。

酶传感器。近年来,材料制备技术、光通信技术的发展为生物传感器提供了许多新材料、新方法,特别是在材料的选择上,传感器的制备不断吸收分子印迹、纳米材料、量子点等新技术,呈现出新的发展趋势。研究发现,将酶固定在 CdTe 量子点上,同时在多壁碳纳米管的表面沉积金纳米颗粒,能够极大增强有机磷水解酶传感器的选择性、灵敏度及反应速度。

免疫传感器。免疫传感器的研究主要涉及信号放大、多组分检测、自动化、小型化以及传感器的再生等方面。最近,研究者基于金纳米棒自组装原理,首次研制了藻毒素金纳米棒免疫传感器,对藻毒素检测结果表明,端面识别模式的组装方法具有更高的检测灵敏度和更宽的检测范围(见图2),从而阐述了侧面和端面识别两种自组装模式在检测中应用的选择依据。在自动化和小型化方面,近年的热点免疫传感器如全内反射荧光、光波导模式谱、表面等离子共振免疫传感器、石英晶体微天平技术都具有良好的发展前景。

基于适配体的传感器。与抗体相比,适配体具有制备简单、制备成本低、重复性高等优点。利用适配体的特异性识别作用开发传感器,是替代免疫识别体系的一种新趋势。

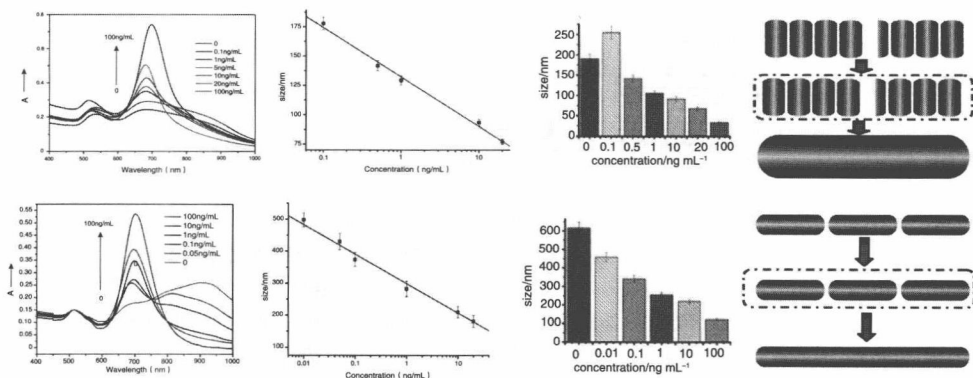


图2 两种自组装方式的模式检测原理分析

基于适配体竞争检测模式已经开发出新型赭曲霉毒素 (OTA) 电化学传感器, 对 OTA 的检测限可达 30pg/mL , 具有检测灵敏度高、制备方法简单、检测速度快 (20min) 等优点。有研究者通过 OTA 适配体标记量子点, 将其替代传统的胶体金免疫层析试纸条金标抗体, 开发出高灵敏的 OTA 快速检测 (15min) 试纸条传感器, 其检测限可达到 3ng/mL 。

其他传感器。组织传感器、细胞传感器、非生物传感器等也被应用于食品安全的检测。研究者基于溶出伏安法的原理, 用纳米金掺杂石墨烯膜修饰电极, 制备了高灵敏度和高选择性的汞离子传感器, 在水样中的检出限为 6ng/L 。基于冠醚的离子配合作用构建新型金纳米自组装材料, 与金纳米粒子的光共振相结合, 该功能化纳米粒子能够实现对牛奶中三聚氰胺的快速 (5min)、灵敏 (6ppb)、特异性的检测 (见图 3)。

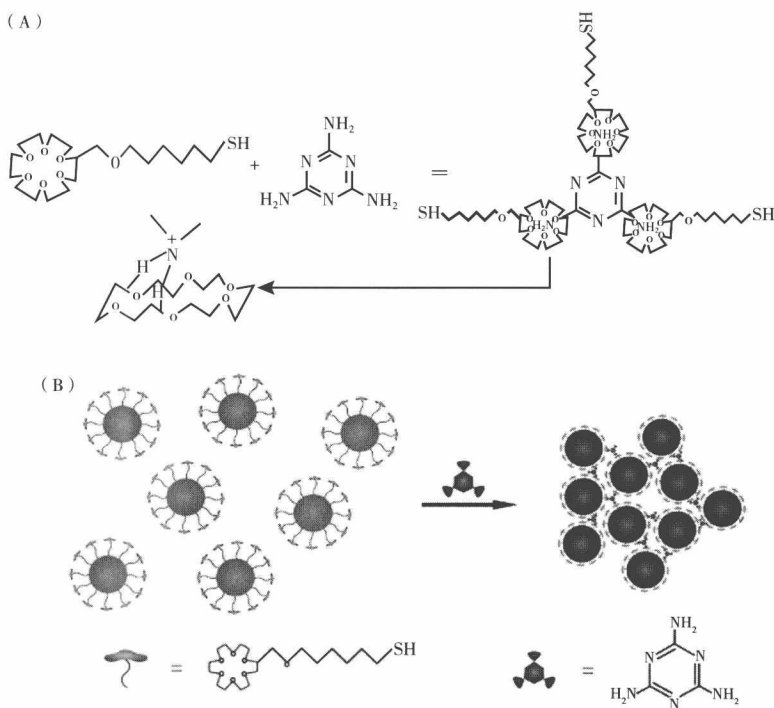


图3 醚和三聚氰胺配合作用 (A) 和三聚氰胺诱导的 18-冠-6-巯基-改性 GNPs 的凝聚 (B)

(2) 免疫速测法

根据检测标记物的不同, 免疫速测法分为放射免疫检测 (RIA)、酶免疫检测 (EIA)、荧光免疫检测 (FIA)、发光免疫检测 (LIA) 等。近几年, 又出现了大量新的免疫分析技术, 如流动注射免疫层析等。

纳米材料、量子点等新技术的出现推动了荧光免疫法的发展。采用双镧系螯合硅纳米材料作为标记物可获得高灵敏度的时间分辨免疫荧光法。采用 DNA 杂交生物荧光纳米粒子探针作为生物元件检测食源性病原体沙门氏菌, 检出限可达 3fmol/L 。基于量子点纳

米晶体颗粒单克隆抗体结合物能够显著提高牛奶中磺胺甲嘧啶的检测灵敏度,检出限可达 $0.4\mu\text{g/L}$ 。研究者基于生物素和亲和素放大效应,结合 Western Blot 技术,建立了目标蛋白的超灵敏免疫检测方法,在亲和素的作用下生物素修饰的荧光量子点聚集组装成荧光量子团,其荧光强度和稳定性都得到了很好提高;检测灵敏度达到了皮克级水平,有力地推动了超灵敏免疫检测技术的发展和應用。

(3) 其他方法及展望

活体生物学方法利用敏感生物对有毒物的耐受程度进行测试。如发光细菌法利用农药残留抑制荧光酶的活性影响发光细菌的荧光强度,以判断残留物的量。此外,生物芯片技术、便携式气质联用技术等快速检测中亦有应用。

目前,快速、准确、经济、简便、多残留同时检测已成为食品有害成分快速检测方法发展的主要方向,部分具体内容可见分报告《食品安全的现状与发展》。快速检测涉及的食品种类和检测对象繁多,现有的快速检测方法仍难以满足多残留同时检测的要求,因此,迫切需要研究开发多残留同时检测的快速检测方法、技术和仪器。

(4) 风险评估

重金属污染问题已对我国的生态环境、食品安全、百姓身体健康和农业可持续发展构成了威胁。数据表明,我国内地遭受镉、砷、铬、铅等重金属污染的耕地面积近 2000万 hm^2 ,约占耕地总面积的 $1/5$ 。谷物和蔬菜中重金属超标明显。中科院生态环境研究中心调查结果表明中国谷物含砷量为 $70\sim 830\mu\text{g/kg}$,湖南砷矿区稻米含砷量可达 $500\sim 7500\mu\text{g/kg}$ 。上海市蔬菜 Cd 和 Pb 超标率分别为 13.29% 和 12.0% 。中国疾病预防控制中心报告表明中国人总膳食中 Pb 摄入量远高于发达国家水平;我国人群 Cd 摄入量低于日本,与英美等国较为接近。

目前,我国学者就国际农药残留联席会议(JMPR)农药残留急性膳食摄入量计算方法进行了描述,并提出了在高毒和中等毒性农药登记前应进行急性膳食风险评估。对中国水稻中毒死蜱与氟虫腈农药残留风险的研究结果表明,毒死蜱对14岁之前的男性及儿童具有高风险,延长安全间隔期可有效降低风险。农药的累积性暴露评估也是非常关键的。如果忽视农药的累积性暴露,将导致低估消费者的农药暴露风险。例如用毒死蜱作为等效因子,100000名儿童的膳食暴露是毒死蜱参照剂量的10多倍,结论认为儿童膳食暴露的主要来源不是高剂量的单个农药,而是中等剂量的混合农药。

我国的风险评估还处于初级发展阶段,很多机制还不完善,缺乏系统的农药残留数据、重金属残留数据和各种食品消费量数据,以及易感人群如妇女、儿童和老人等群体的膳食模式。由于缺乏足够数据,也使得利用现有数据进行膳食暴露评估软件的开发与研究滞后和落后。开展风险评估及相关研究对我国农产品质量安全管理与有害成分残留标准的制定都有积极的理论和现实意义。

2. 多酚的高效分离、生理活性及抗氧化机理

多酚物质是植物的主要次生代谢产物之一,对植物的品质、色泽、风味等有显著影