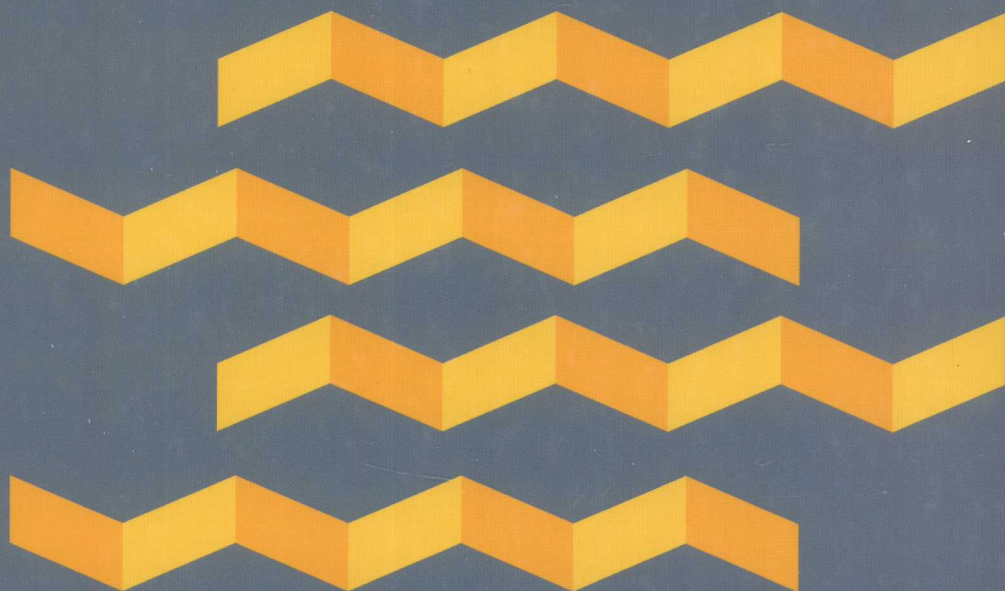


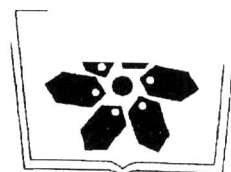
辐照食品

鉴定检测原理与方法

哈益明 著



科学出版社



中国科学院科学出版基金资助出版

辐照食品鉴定检测 原理与方法

哈益明 著

科学出版社
北京

内 容 简 介

辐照食品鉴定技术是利用电离辐射与食品相互作用产生的物理、化学和生物反应的可检测性而建立的鉴定辐照食品的方法。辐照食品鉴定方法从分析技术上可分为化学分析法、生物学分析法及物理分析法,从检测判定的可靠程度上又可分为确认方法和筛选方法。本书针对辐照食品鉴定检测方法进行了深入的研究和技术总结。对检测方法的鉴定原理、辐照食品鉴定的应用流程、影响食品辐照与否判定的因素分析、食品辐照与否鉴定标准及几种定量追溯辐照食品吸收剂量的方法等进行了系统的理论完善和方法研究。

本书适用于长期从事食品辐照、海关质检、进出口贸易及检验检疫的实验技术人员参考。对食品卫生监管技术人员、食品安全实验室及检测技术人员具有较高的应用价值。同时可作为食品安全与监管人员、食品辐照加工的科技人员、研究生及实验室专业技术人员学习和培训的教材。

图书在版编目(CIP)数据

辐照食品鉴定检测原理/方法/张益明著. —北京: 科学出版社, 2013.6

ISBN 978-7-03-037365-6

I. ①辐… II. ①张… III. ①食品辐照—食品检验 IV. ①TS205.9

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第084304号

责任编辑: 张益明 张韶茹 / 责任校对: 郑金红
责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013年6月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2013年6月第一次印刷 印张: 32 插页: 1

字数: 738 000

定价: 150.00 元

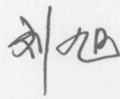
(如有印装质量问题, 我社负责调换)

序

食品安全是关系到人民健康和国计民生的重大问题。食品辐照技术在控制食源性疾病的发生、降低食品储藏中的损耗、延长食品的货架期、改进食品质量以及确保食用安全方面发挥着重要的作用。随着全球经济的发展、食品贸易的增长、消费需求的扩大,辐照食品产量每年都在持续增长。由于各国对辐照食品所持态度不同,以及我国在辐照食品鉴定检测技术上的落后,辐照食品引发的社会、经济和贸易问题日益凸显。河南杞县“钴 60 事件”、方便面“辐照门事件”等,都引起了政府的高度重视和社会各界的广泛关注。

自 1989 年国际原子能机构(IAEA)组织辐照食品鉴定检测方法国际协调研究项目开始,辐照食品的鉴定检测已成为非常活跃的学术研究领域。2001 年国际食品法典委员会(CAC)批准《辐照食品鉴定方法》国际标准,该标准是由欧洲联盟(以下简称欧盟)提出并在欧盟标准基础上建立的。截至 2004 年,CAC 先后颁布 10 项辐照食品的鉴定方法标准,成为各国借鉴的主要参考标准。我国在辐照食品鉴定检测研究方面,目前仅颁布 2 项国家标准——《辐照含脂食品中 2-十二烷基环丁酮测定 气相色谱/质谱法》(GB/T 21926—2008)、《辐照食品鉴定 DNA 彗星试验法 筛选法》(GB/T 23748—2009)和 3 项农业行业标准——《辐照香辛料及脱水蔬菜热释光鉴定方法》(NY/T 1207—2006)、《辐照新鲜水果、蔬菜热释光鉴定方法》(NY/T 1390—2007)、《辐照含骨类动物源性食品的鉴定》(NY/T 1573—2007)。由于辐照食品检测技术方法研究的滞后,再加上缺乏相应的检测标准和管理规定,使得消费者对辐照食品安全性产生疑虑,辐照食品被退货、销毁等贸易纷争时有发生。伴随着全球贸易的增加,辐照食品的鉴定技术已逐步成为贸易性技术保护措施。为进一步推动辐照食品的产业发 展,突破贸易技术壁垒,提升消费者信心,开展辐照食品鉴定检测技术的研究有着极其重要的理论价值和实际意义。

该书针对辐照食品鉴定检测的原理和方法进行了较为系统的研究和总结。系统阐明食品辐照与否的鉴定检测原理,研究影响食品辐照与否鉴定检测的因素,建立辐照食品鉴定检测技术的应用流程,首次构建形成定量追溯辐照食品吸收剂量的方法,并进行实际样品鉴定检测的应用。相信该书的出版将对保障辐照食品产业的规范发展、促进农产品国际贸易起到积极的推动作用,也为我国辐照食品检测鉴定技术标准体系的建立与应用提供了理论基础和技术支撑。



中国工程院院士
2012 年 8 月

前 言

辐照食品鉴定技术是利用电离辐射与食品相互作用产生的物理、化学和生物反应的可检测性而建立的鉴定辐照食品的方法。

辐照食品鉴定技术的价值和意义主要表现在以下方面。一是食品、农产品进出口贸易的需要。鉴于各国的历史、文化、生活习惯及贸易法规的差异,目前世界各国允许辐照的食品种类仍差别较大,辐照食品的鉴定技术已逐步成为贸易性技术保护措施。二是国家对辐照食品标识管理的需要。尽管我国对此已有强制性的标准规定,但在目前销售的辐照食品上很少会发现标识标注的,这无疑损害了消费者的知情权和选择权,辐照食品鉴定技术的应用将为国内市场产品的标识监管提供有力的技术支撑。三是对违规辐照监控的需要。目前各国较为普遍认可的是10kGy食品辐照安全剂量,对高于这一剂量是否产生一些不安全因素尚存争议。辐照食品剂量估算的定量鉴定检测技术,可实现对食品辐照的超剂量辐照和违规重复辐照的有效监控。

辐照食品鉴定方法从分析技术上可分为化学分析法、生物学分析法及物理分析法。化学分析法有气相色谱法、气相色谱/质谱法、液相色谱法等;生物学分析法如直接荧光过滤技术/平板计数法、DNA裂解产物法、内毒素/革兰氏阴性菌法等;物理分析法则包括电子自旋共振波谱法、热释光法、光释光法等。

辐照食品鉴定方法从检测判定的可靠程度上又可分为确认方法和筛选方法。辐照食品鉴定检测的确认方法主要有热释光法、电子自旋共振波谱法、气相色谱法、气相色谱/质谱法等;鉴定检测的筛选方法则包括光释光法、直接荧光过滤技术/平板计数法、DNA裂解产物法等。

上述每种方法都有其适用范围,互相作为补充,加起来基本覆盖了全部辐照食品种类。目前颁布辐照食品鉴定标准的国家和组织主要有中国、日本、欧盟和食品法典委员会。欧盟先后颁布了含筛选方法在内的10个鉴定方法标准;CAC在2001年第24届会议上批准了“辐照食品鉴定方法”的国际标准(CODEX STAN 231—2001),主要引用欧盟的EN 1784:1788标准;我国辐照食品的鉴定方法已颁布2个国家标准及3个行业标准;日本鉴定方法标准则采用热释光法标准,在欧盟和CAC标准中也能找到相应标准的内容。

本书针对辐照食品分析鉴定技术进行了深入的研究和技术总结。对每种检测方法的鉴定原理、辐照食品鉴定的应用流程、影响食品辐照与否判定的因素分析、食品辐照与否鉴定标准体系框架的初步形成及几种定量追溯辐照食品吸收剂量方法的建立等,进行了系统的理论完善和方法研究。重点介绍了热释光检测可分离硅酸盐食品、利用辐照形成的挥发性碳氢化合物通过气相色谱法和气质联用法检测含脂食品、利用辐照形成的2-十二烷基环丁酮通过气质联用法检测含脂食品、利用辐照形成的长寿命自由基通过电子自旋共振法检测含骨类和含纤维素食品等食品辐照分析鉴定的确认技术的研究。系统阐述了光释光法、直

接荧光过滤技术/平板计数法、DNA 裂解产物法等辐照食品鉴定检测的筛选方法,并进行了实际检测与应用示范。本书介绍的鉴定检测技术与方法,作为“辐照食品检测鉴定技术与应用”项目研究内容获得 2004~2010 年农业部农业行业标准制修订项目的资助,2011 年 6 月在北京通过农业部组织的科技成果鉴定,整体研究达到国际领先水平。2011 年,本书的出版又获中国科学院科学出版基金的资助。

本书共分 10 章,系统地总结和完善了化学、生物及物理的辐照食品鉴定检测原理与技术方法,深入研究每种鉴定检测方法的适用范围、判定依据及影响鉴定检测的因素,并对每种鉴定技术方法的检测应用做了重点阐述。每章汇编了现行有效的国际、国内辐照食品鉴定检测的技术标准。该书成为第一部系统研究和理论阐述辐照食品鉴定检测原理和方法的学术专著。研究成果对保障辐照食品产业的规范发展、促进农产品国际贸易必将起到重要的推动作用,也为我国辐照食品的检测鉴定技术标准体系的建立与应用提供了理论基础和技术支撑。

参与本书的撰写、整理和相关研究工作的有周洪杰、李伟明、王锋、张海伟、李安、舒昆峰、李庆鹏、赵永富、靳婧、冯敏和居华,他们为本书的研究内容、技术方法的形成做出了努力和贡献。在本书的撰写过程中,还得到许多前辈和从事辐照食品检测技术研究的同行的支持和帮助。特别是本人的研究课题组和农业部辐照产品质检中心的同事们,对辐照食品鉴定检测方面的研究成果使本书的内容得以系统和完善。共事研究多年、大家互敬互勉,在此向他们表示诚挚的谢意。

本书的研究结果受方法、技术手段及作者水平的限制,难免有不妥之处,衷心地希望读者在阅读和使用中给予批评指正。本书适合于长期从事食品辐照、海关质检、进出口贸易及检验检疫的实验技术人员参考。对食品卫生监管技术人员、食品安全实验室及检测技术人员具有较高的应用价值,同时可作为食品安全与工程技术人员、食品辐照加工的科技人员、研究生及实验室专业技术人员学习和培训的教材。

哈益明

2012 年 8 月 18 日于北京

图 版

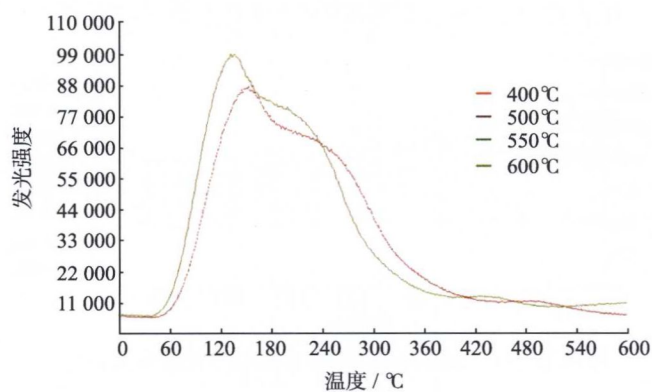


图 2-7 最高温度为 400℃、450℃、500℃、550℃、600℃ 的热释光发光曲线

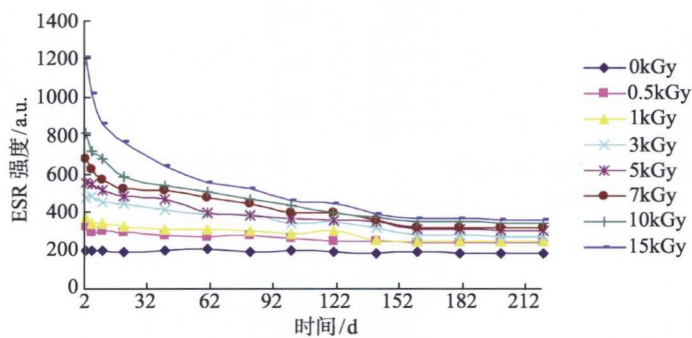


图 3-44 0 ~ 15kGy 辐照花椒粉 ESR 信号衰减曲线

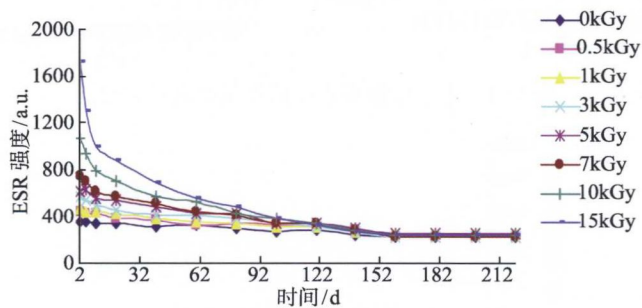


图 3-45 0 ~ 15kGy 辐照芥末粉 ESR 信号强度衰减曲线

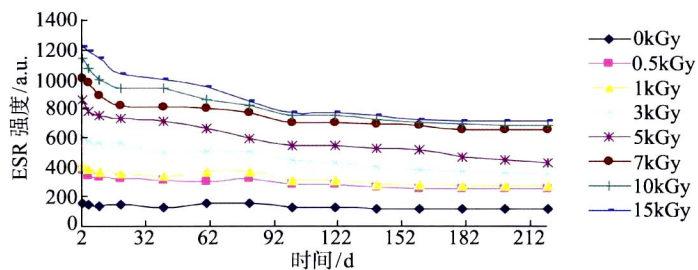


图 3-46 0 ~ 15kGy 辐照咖喱粉 ESR 信号强度衰减曲线

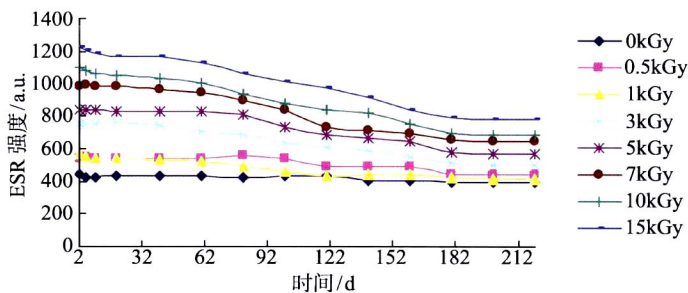


图 3-47 0 ~ 15kGy 辐照姜粉 ESR 信号强度衰减曲线

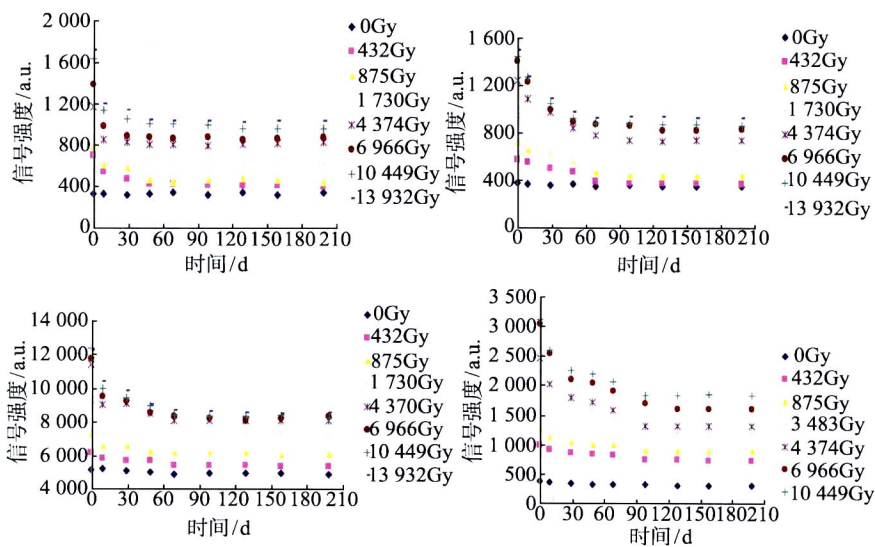


图 3-51 电子束辐照样品信号强度衰减曲线

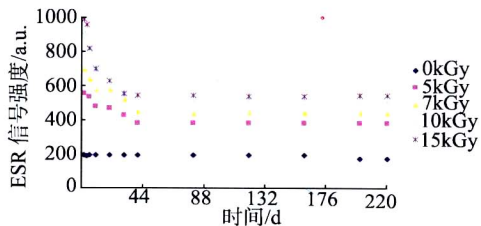


图 3-59 0 ~ 15kGy 辐照孜然粉信号强度衰减曲线

目 录

序

前言

第一章 总论	1
第一节 辐照食品的基本概念	1
一、辐照食品的发展历程	1
二、全球辐照食品的种类	3
第二节 食品辐照加工技术原理	4
一、食品辐照的技术优势	4
二、食品辐照装置的特点	5
三、食品辐照加工技术要求	8
第三节 辐照食品的商业化与安全性评价	12
一、辐照食品的商业化应用	12
二、辐照食品的标签标识	14
三、辐照食品的安全性评价	15
第四节 辐照食品鉴定检测技术的发展与方法研究	17
一、辐照食品鉴定检测技术的发展现状	17
二、辐照食品鉴定检测技术的方法研究	19
第五节 辐照食品产业发展对鉴定检测技术的需求	26
一、辐照食品国际贸易中的技术性保护措施	26
二、辐照食品消费市场的监管	27
三、辐照食品的标签标识规定	28
四、辐照食品法规与鉴定检测标准	29
主要参考文献	31
第二章 辐照食品热释光鉴定检测方法	34
第一节 热释光鉴定检测基本原理	34
一、热释光现象	34
二、热释光测量系统	35
第二节 辐照食品热释光鉴定检测方法	40
一、热释光鉴定检测样品制备	40
二、热释光分析检测参数确定	44
三、参比剂量与判定阈值确定	48
四、热释光鉴定检测方法对比研究	52

第三节 影响热释光鉴定检测的因素分析	54
一、待测样品矿物粒径对检测判定的影响	54
二、矿物质量对检测及判定准确性的影响	56
三、辐照剂量对检测及判定准确性的影响	57
四、储藏时间对热释光发光强度的影响	58
五、样品产地因素对热释光强度的影响	59
六、不同射线辐照对鉴定检测结果的影响	60
第四节 辐照食品热释光检测鉴定的应用	61
一、热释光检测方法发展历程与研究现状	62
二、样品被照剂量定量估算的热释光检测	64
第五节 辐照食品热释光检测鉴定技术标准	66
一、可与硅酸盐矿物隔绝的辐照食品的热释发光检测 (BS EN 1788—2001)	66
二、辐照香辛料及脱水蔬菜热释光鉴定方法 (NY/T 1207—2006)	86
三、辐照新鲜水果、蔬菜热释光鉴定方法 (NY/T 1390—2007)	88
四、辐照食用菌鉴定 热释光法	90
主要参考文献	91
第三章 辐照食品电子自旋共振鉴定检测方法	94
第一节 电子自旋共振鉴定检测的基本原理	94
一、电子自旋共振波谱	94
二、电子自旋共振波谱仪	99
三、电子自旋共振波谱法检测辐照食品原理	102
第二节 电子自旋共振波谱检测方法	105
一、电子自旋共振鉴定检测样品制备与测量	105
二、电子自旋共振波谱与吸收剂量的量效关系	107
第三节 辐照食品的电子自旋共振鉴定检测判定	120
一、电子自旋共振鉴定检测方法的适用范围	120
二、食品辐照与否鉴定检测的判定依据	120
三、辐照食品的电子自旋共振鉴定检测应用	123
第四节 影响电子自旋共振鉴定检测的因素分析	131
一、储藏时间对电子自旋共振波谱强度的影响	131
二、电子束辐照植物源性食品的电子自旋共振波谱分析	134
三、植物源性食品 γ 射线、电子束辐照电子自旋共振波谱比较	136
四、辐照原初剂量的电子自旋共振波谱定量估算方法	139
第五节 辐照食品电子自旋共振波谱检测鉴定方法技术标准	145
一、含纤维素辐照食品的检测——电子自旋共振波谱法 (BS EN 1787:1997)	145
二、含骨类辐照食品的检测——电子自旋共振波谱法 (BS EN 1786:1997)	153
三、含结晶糖辐照食品的检测——电子自旋共振波谱法 (BS EN 13708:2001)	162
四、辐照含骨类动物源性食品的鉴定——电子自旋共振法 (NY/T 1573—2007)	171

五、含纤维素辐照食品的鉴定——电子自旋共振法(NY/T 2211—2012)	174
主要参考文献	176
第四章 辐照食品光释光鉴定检测方法	179
第一节 光释光鉴定检测基本原理	179
一、光释光的原理	179
二、光释光检测仪光源类型的选定	179
三、红外释光原理、结构与技术指标	180
四、光释光辐照食品筛查仪	181
第二节 辐照食品光释光鉴定检测方法	183
一、光释光检测样品的制备	183
二、光释光筛查测量与结果评价	184
第三节 辐照食品光释光筛查鉴定技术研究	186
一、影响光释光强度的因素分析	186
二、辐照茶叶、香菇样品的光释光筛查应用	190
第四节 辐照食品光释光鉴定检测技术标准	202
一、用光释发光法探测辐照过的食品(BS EN 13751:2009)	202
二、辐照食品鉴定 光释光法	217
主要参考文献	220
第五章 基于碳氢化合物检测的辐照食品气相色谱鉴定方法	222
第一节 辐照食品中碳氢化合物的气相色谱鉴定检测原理	222
一、碳氢化合物的辐解产生机制	222
二、气相色谱分析的检测原理	224
第二节 气相色谱碳氢化合物检测方法	227
一、碳氢化合物检测样品的制备	227
二、标识性碳氢化合物的检测与分析	230
第三节 辐照食品的气相色谱鉴定检测——碳氢化合物法	233
一、标识性碳氢化合物的确定	233
二、碳氢化合物气相色谱检测鉴定方法的建立	235
三、含脂辐照食品的 HS-SPME-GC-MS 鉴定方法	241
第四节 影响碳氢化合物气相色谱鉴定检测的因素分析	244
一、辐照剂量对碳氢化合物种类和浓度的影响	245
二、包装形式对碳氢化合物浓度的影响	246
三、碳氢化合物在储藏过程中的损失	247
四、含脂食品辐照剂量定量追溯方法初探	248
第五节 基于气相色谱—碳氢化合物法检测鉴定的技术标准	251
一、经过辐射含脂肪的食品的检测——碳氢化合物的气相色谱分析(EN 1784:2003)	251
二、含脂辐照食品的鉴定 气相色谱分析碳氢化合物法	272
主要参考文献	277

第六章 基于 2-烷基环丁酮检测的辐照食品气相色谱/质谱鉴定方法	279
第一节 含脂辐照食品中 2-烷基环丁酮的检测原理	279
一、2-烷基环丁酮的形成	279
二、2-烷基环丁酮的检测	280
三、气相色谱与质谱分析技术	282
第二节 2-烷基环丁酮的分析检测方法	284
一、欧盟 EN 1785 方法的优势和局限性	284
二、2-烷基环丁酮分析检测的技术与方法	285
三、2-十二烷基环丁酮检测方法的技术参数比较	289
第三节 2-十二烷基环丁酮定量分析方法的建立	290
一、硅胶柱-GC-MS 定量分析 2-十二烷基环丁酮方法	290
二、超临界 CO ₂ 萃取-GC-MS 定量分析 2-十二烷基环丁酮方法	293
三、建立的 2 种方法与欧盟标准委员会 EN 1785 方法的比较	299
第四节 辐照食品的 2-烷基环丁酮鉴定方法	303
一、辐照标识物 2-烷基环丁酮的分析与辐照与否的判定	303
二、影响 2-烷基环丁酮鉴定检测的因素分析	308
三、辐照产生 2-烷基环丁酮的分子机制与变化规律研究	315
第五节 基于 GC-MS 检测 2-烷基环丁酮辐照食品鉴定的技术标准	320
一、含脂类辐照食品的鉴别 2-烷基环丁酮-GC-MS 分析法(BS EN 1785:2003)	320
二、含脂辐照食品的鉴定 GC-MS 分析 2-烷基环丁酮法	338
主要参考文献	343
第七章 辐照食品 DNA 彗星试验鉴定检测方法	350
第一节 辐照食品 DNA 彗星试验鉴定检测的原理与方法	350
一、DNA 凝胶电泳技术原理	350
二、辐照食品 DNA 彗星试验的方法步骤	351
第二节 辐照食品 DNA 彗星试验检测的研究与筛选判定	353
一、彗星试验检测辐照肝与肌肉细胞的 DNA 损伤效应	353
二、DNA 彗星试验对辐照冷冻鸡肉的筛选判定	358
三、辐照食品 DNA 彗星鉴定检测技术的应用	361
第三节 辐照食品 DNA 彗星试验筛选鉴定检测的技术标准	363
一、辐照食品的筛查检测 DNA 彗星试验法(BS EN 13784:2002)	363
二、辐照食品鉴定 DNA 彗星试验法 筛选法(GB/T 23748—2009)	381
主要参考文献	388
第八章 辐照食品微生物鉴定检测筛选方法	390
第一节 内毒素/革兰氏阴性菌计数筛选法	390
一、辐照食品内毒素/革兰氏阴性菌计数的筛选原理	390
二、内毒素/革兰氏阴性菌计数筛选的方法步骤	392
第二节 内毒素/革兰氏阴性菌计数筛选判定辐照食品	393

一、内毒素/革兰氏阴性菌计数筛选检测的方法适用性	393
二、辐照冷冻鸡肉内毒素/革兰氏阴性菌检测筛选判定	394
三、辐照革兰氏阴性菌典型菌落的初步鉴定	395
第三节 直接荧光过滤技术/平板计数筛选法	397
一、直接荧光过滤技术/平板计数筛选法技术原理	397
二、直接过滤技术/平板计数筛选的方法步骤	398
第四节 直接荧光过滤技术/平板计数筛选判定辐照食品	402
一、影响直接荧光过滤技术/平板计数筛选检测灵敏度的因素分析	402
二、辐照香辛料直接荧光过滤技术/平板计数法检测筛选判定	403
三、辐照鲜切蔬菜直接荧光过滤技术/平板计数法检测筛选判定	405
第五节 辐照食品微生物筛选检测判定的技术标准	408
一、内毒素/革兰氏阴性菌微生物法检测辐照食品——筛选方法 (BS EN 14569:2004)	408
二、直接荧光过滤技术/平板计数法检测辐照食品——筛选方法 (BS EN 13783:2002)	428
三、进出口辐照食品检测方法——微生物学筛选法 (SN/T 2511.1—2010)	445
主要参考文献	452
第九章 高效液相色谱鉴定检测含蛋白质辐照食品	453
第一节 含蛋白质辐照食品的邻酪氨酸检测方法	453
一、高效液相色谱分析技术	453
二、柱前衍生-高效液相色谱法检测含蛋白质辐照食品中的邻酪氨酸	459
三、高效液相色谱-串联质谱检测含蛋白质辐照食品中的邻酪氨酸	462
第二节 辐照食品高效液相色谱检测邻酪氨酸的鉴定方法	465
一、辐照标识物邻酪氨酸的分析与辐照与否的判定	465
二、高效液相色谱检测含蛋白质辐照食品邻酪氨酸的技术方法	466
第三节 高效液相色谱检测含蛋白质辐照食品的应用	467
一、游离酪氨酸法鉴定高蛋白质含量的辐照食品	468
二、样品前处理对辐照鸡肉邻酪氨酸检出率的影响	470
三、高效液相色谱-荧光检测法鉴定检测辐照鱼片干	474
主要参考文献	477
第十章 辐照食品生物超微弱发光(ATP)检测技术	480
第一节 生物超微弱发光技术	480
一、生物超微弱发光原理	481
二、生物超微弱发光测量仪	481
三、生物超微弱发光技术用于辐照前含菌量检测	482
第二节 辐照食品超微弱发光分析法	487
一、样品制备与检测	487
二、超微弱发光谱线分析与辐照与否判定	487
第三节 辐照对超微弱发光检测的影响因素分析	488
一、辐照剂量对细菌超微弱发光强度的影响	489

二、辐照对细菌超微弱发光的干扰途径	493
三、辐照对细菌 ATP 干扰的特征光谱分析	495
四、其他影响因素分析	496
主要参考文献	497

图版

图版一	1
图版二	2
图版三	3
图版四	4
图版五	5
图版六	6
图版七	7
图版八	8
图版九	9
图版十	10
图版十一	11
图版十二	12
图版十三	13
图版十四	14
图版十五	15
图版十六	16
图版十七	17
图版十八	18
图版十九	19
图版二十	20
图版二十一	21
图版二十二	22
图版二十三	23
图版二十四	24
图版二十五	25
图版二十六	26
图版二十七	27
图版二十八	28
图版二十九	29
图版三十	30
图版三十一	31
图版三十二	32
图版三十三	33
图版三十四	34
图版三十五	35
图版三十六	36
图版三十七	37
图版三十八	38
图版三十九	39
图版四十	40
图版四十一	41
图版四十二	42
图版四十三	43
图版四十四	44
图版四十五	45
图版四十六	46
图版四十七	47
图版四十八	48
图版四十九	49
图版五十	50
图版五十一	51
图版五十二	52
图版五十三	53
图版五十四	54
图版五十五	55
图版五十六	56
图版五十七	57
图版五十八	58
图版五十九	59
图版六十	60
图版六十一	61
图版六十二	62
图版六十三	63
图版六十四	64
图版六十五	65
图版六十六	66
图版六十七	67
图版六十八	68
图版六十九	69
图版七十	70
图版七十一	71
图版七十二	72
图版七十三	73
图版七十四	74
图版七十五	75
图版七十六	76
图版七十七	77
图版七十八	78
图版七十九	79
图版八十	80
图版八十一	81
图版八十二	82
图版八十三	83
图版八十四	84
图版八十五	85
图版八十六	86
图版八十七	87
图版八十八	88
图版八十九	89
图版九十	90
图版九十一	91
图版九十二	92
图版九十三	93
图版九十四	94
图版九十五	95
图版九十六	96
图版九十七	97
图版九十八	98
图版九十九	99
图版一百	100

第一章 总 论

第一节 辐照食品的基本概念

食品辐照 (food irradiation) 技术是利用 γ 射线、X 射线及加速器产生的高能电子束 (electron beam) 辐照农产品和食品,达到抑制发芽、推迟成熟、杀虫灭菌和改进品质等目的的新型储藏保鲜加工技术。食品辐照所用的射线源包括⁶⁰Co 和¹³⁷Cs 产生的 γ 射线,能量为 5MeV 以下的 X 射线,以及电子加速器产生的 10MeV 以下的电子束。辐照食品 (irradiation food) 是指为了达到某种实用目的 (保鲜、杀虫、抑芽、灭菌及延长货架期) 按照规定的辐照标准和工艺规范的要求,经过一定剂量辐照过的食品。

民以食为天,食物是人类赖以生存的基本生活资源,是提供营养和维持生命的物质基础。维护食物安全,促进人类社会的可持续发展是国际社会面临的挑战。为解决人类面临的食物安全问题,一方面要充分利用现代科学技术提高粮食和食品的产量,另一方面要尽可能减少农产品和食品的损失。由于病虫害及保鲜储藏技术的不足,每年全球食物资源大量损耗。据联合国粮食及农业组织 (FAO) 分析,全世界农产品产后损失约占总产量的 25%,其中发展中国家的损失更为严重。农产品产后损失主要是由于农产品产后的病虫害、生理生化变化和不良的储藏环境造成的。据来自农业部的统计数据,我国每年约有 4 亿 t 生鲜农产品进入流通领域,果蔬、肉类和水产品流通损失率分别达 20% ~ 30%、12% 和 15%,仅水果蔬菜每年损失就达 1000 亿元人民币以上,产后损失严重。这不仅造成农业的巨大经济损失,还影响了市场供应和国民经济的发展。

食品中食源性微生物危害相当严重,全世界近 80% 的人口还不得不食用这样的食品,导致近年来严重的食源性疾病时有发生。据世界卫生组织的统计,由各种致病菌造成的食物中毒仍然占第一位,微生物病原菌、生物毒素和有害寄生虫已严重威胁人类的健康。因此,如何保藏食品不受病原微生物及有害寄生虫的污染,减少因腐烂变质造成的食物资源的大量损耗,提供安全、健康和富有营养的食品,一直是人类共同追求的目标。在人类社会的发展过程中,食品保藏方法随着科学技术的发展不断进步,形成了干燥、冷藏、加热、腌制、熏蒸、罐装、气调储藏、辐照等食品储藏和加工方法。食品辐照技术不仅可以减少农产品的损失,而且可以保证食物的营养品质和卫生安全,对提高人们的生活质量,增加农产品的附加值,促进农产品、食品的国际贸易和提高食品安全水平有着重要的作用和意义。

一、辐照食品的发展历程

食品辐照加工的起源可以追溯到 20 世纪初。1905 年,英国提出了第一个关于食品辐照的专利。1921 年,美国出现了利用 X 射线杀死肉类中螺旋线虫的专利。1953 ~ 1980 年,

美国军方和原子能委员会开展了大量关于食品辐照的研究工作。1958 年美国在食品、药物和化妆品法案中就确认辐照可以作为一种食品加工手段。1963 年小麦和面粉首批被美国食品药品监督管理局(FDA)批准为可进行辐照处理的食品。在此后的 30 多年中,多种辐照食品陆续得到立法支持,使美国的食品辐照加工业得以迅速地发展。20 世纪 60 年代美国国家航空航天局就把辐照食品作为宇航员的太空食物。美国在夏威夷建造了一座专门用于水果和蔬菜辐照加工的大型装置。美国佛罗里达州和中部几个州的市场上都出现了大量辐照加工后的食品。美国每年大概有 4.40 万 t 的食品经过辐照加工处理,其中调味品和干菜占绝大多数,大约为 4.31 万 t,水果蔬菜约 700t,家禽肉类约 200t。目前美国市场上辐照食品所占的比例仍较低,辐照的调味品和干菜仅占其总销售量的 9.5%,其他种类的辐照食品只占各自总销售量的 0.002% 左右,但辐照食品的总产量在美国正呈逐年上升的趋势。

食品辐照加工在欧洲的发展较美国显得缓慢。虽然食品辐照的第一个专利出现在欧洲,但是这一技术直到 20 世纪 80 年代中期才在法国、荷兰、比利时等国家得到应用。欧洲各国每年辐照食品的产量为 $0.5 \times 10^4 \sim 2.0 \times 10^4$ t,种类主要是调味料和家禽肉。由于立法方面的原因欧洲辐照食品的总产量逐年有所下降。1987 年和 1989 年,欧盟委员会曾两次发表声明反对开展食品的辐照加工处理。直至 2000 年欧盟委员会才签署了两份关于允许食品辐照加工的文件,但仍要在欧洲各国议会讨论并通过后才能生效。文件中提及的允许辐照的食品种类也较少,只有干香料、蔬菜和调味品。虽然食品辐照加工在欧洲遇到立法上的阻力,但是辐照食品在欧洲的贸易却没出现问题,现在大约有 40 种辐照食品在欧洲销售。1983 年 CAC 的食品辐照加工国际标准(the Codex General Standard for Irradiated Foods)得以确立,并获世界贸易组织(WTO)认可。这个标准的形成大大促进并规范了辐照食品的国际贸易。作为 WTO 成员国包括欧洲各国很难阻止符合该标准的辐照食品进入本国市场,所以每年都有大量的辐照食品进入欧洲市场。

1988 年 12 月,IAEA/FAO/WHO 及联合国贸易发展会议和关税总协定下属国际贸易中心(UNCTAD/GATT/ITC)在日内瓦联合召开了辐照食品的接受、控制及贸易会议。制定了有关辐照食品的接受、控制及在成员国之间进行贸易的文件,评价了辐照加工技术对于减少农产品收获后的损失、降低由食品引起的疾病发生率的作用及对于食品国际贸易的影响。WHO 将食品辐照技术称为“保持和改进食品安全性的技术”,并鼓励食品辐照技术的全球应用。20 世纪 90 年代以来,大规模食源性病原菌导致的食物中毒事件的发生与蔓延引起了国际社会对食品安全的密切关注。食品辐照技术在保障食品安全中的应用日益受到重视,香辛料、脱水蔬菜和调味品的辐照技术在许多国家得到应用,辐照食品的数量快速增加。美国的食品加工工业在经历了对辐照食品技术的观望后,加快了食品辐照技术的商业化应用,发展中国家也在 IAEA 的支持下,纷纷建立商业化的食品辐照加工处理设施,制定各国相应的食品辐照法规和标准,使食品辐照加工技术进入了全面发展时期。

1994 年乌拉圭回合多边谈判(URMTN)中卫生与植物卫生协议(ASPM)规定,从 1995 年起 WHO 成员国如对一些符合国际标准、规格及推荐指标的辐照食品实施进口限制,必须提出充分的理由,从而在法律上消除了辐照食品国际贸易的障碍。1997 年 IAEA/FAO/WHO 高剂量食品辐照研究小组(ICGFI),评估了 10kGy 以上的高剂量辐照对食品安全的影响。根据国际最新研究结果,ICGFI 认为食品辐照同其他食品加工的物理方法一样,食品的卫

生、营养和感官品质取决于加工的综合条件,在实际辐照操作中用于保证食物安全的剂量一般低于影响食品感官品质的剂量。1999年 ICGFI 研究小组明确指出超过 10kGy 剂量处理的辐照食品也是卫生安全的。2003年7月,CAC 在意大利罗马召开了第26届大会,会议通过了修订后的《辐照食品国际通用准则》和《食品辐照加工工艺国际推荐准则》两项 CAC 国际标准,从而在标准法规上突破了食品辐照加工中 10kGy 的最大吸收剂量限制。允许在不对食品结构的完整性、功能性和感官品质发生负面作用和不影响消费者健康安全的情况下,食品辐照的最大剂量可以高于 10kGy,以实现合理的辐照工艺目标。

二、全球辐照食品的种类

目前世界上有 52 个国家至少批准了一种辐照食品,其中 33 个国家进行了食品辐照商业化应用,主要辐照食品包括新鲜水果和蔬菜、香辛料和脱水蔬菜、肉类和禽类产品、水产品、谷物、豆类产品及一些保健品。目前美国大宗的辐照食品包括香辛料、牛肉、鸡肉、新鲜水果。加拿大批准了马铃薯、洋葱、调味品等 6 种辐照食品,卫生主管部门已开始评估新鲜和冷冻的虾、牛肉和禽肉,以及芒果的辐照,并准备修订本国的食品辐照工艺规范。巴西在拉丁美洲国家中食品辐照商业化程度最高,已批准 24 种辐照食品。在比利时、法国和荷兰进行了冷冻海产品、青蛙腿和脱水食品、调味品的辐照。法国进行了去骨禽肉的电子束的辐照。2003 年澳大利亚和新西兰无条件的批准 9 种热带水果的辐照检疫处理。香辛料是食品辐照中的大宗食品,阿根廷、比利时、巴西、加拿大、中国、克罗地亚、捷克、丹麦、法国、德国、匈牙利、印度、印度尼西亚、伊朗、以色列、意大利、墨西哥、挪威、韩国、南非、荷兰、泰国、越南、英国、美国、前南斯拉夫等国都进行了商业化规模的食物辐照。2010 年全球食品的总辐照量已达 45 万 t 以上。

1984 年和 1988 年,我国正式批准了 8 种辐照食品的卫生标准。截止到 1997 年,我国先后批准了 18 种和 6 大类辐照食品的卫生标准。食品种类为大蒜、花生、蘑菇、马铃薯、大米、洋葱、香肠、苹果、扒鸡、花粉、果脯、生杏仁、番茄、猪肉、荔枝、蜜橘、薯干、熟肉制品、干果果脯类、香辛料类、新鲜水果蔬菜类、冷冻包装畜禽肉类、豆类、谷类及其制品。截止到 2010 年,我国批准颁布了 20 多个食品辐照加工的工艺标准。目前接受过辐照处理的食物类型大体包括:谷物类(各类谷物、粮食及制品)、豆类(各种豆类及制品)、干果类(板栗、枣、核桃、榛子、松子)、果蔬类(脱水蔬菜、部分新鲜果蔬)、香辛料类(辣椒、葱、洋葱、大蒜粉片、黑白胡椒、孜然)、畜禽类(冷冻肉、进口奶粉、熟畜禽肉、泡椒凤爪等)、水产品(冷冻鱼、虾、鱼子酱)、蜂产品(蜂胶、蜂花粉、蜂王浆、蜂蜜)、保健品(各种保健胶囊、固体片剂、保健口服液等)、干制食用菌类(灵芝、猴头、香菇、木耳、双孢菇等)、化妆品类(各类营养化妆品)、中草药类(中草药粉、成品、半成品和制剂)、加工类(各种含有植物提取物和香辛料类的调味品)、宠物食品(出口宠物食品、用品及部分内销宠物食品)等。

我国政府非常重视食品辐照的研究和应用。从 20 世纪 50 年代开始,一直对食品辐照给予长期稳定的资金和政策支持。坚持独立自主研究应用和开展国际合作相结合的技术发展道路,积极参与 IAEA 和区域合作组织在辐照领域的合作,同时不断开拓双边合作渠道。充分利用电视、报纸、广播等媒体宣传辐照食品,提高公众对辐照食品的接受性。由于国内不存在对辐照食品持保守和反对态度组织,媒体也对辐照食品进行科学的宣传,国内市场的