

R adiation Processing
and Detection of Agroproducts

农产品辐照 加工及检测

傅俊杰 编著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

农产品辐照加工及检测

傅俊杰 编著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

内容简介

农产品辐照加工技术是核技术应用的一个重要组成部分,目前包括我国在内的许多国家已进入商业化应用。本书是作者在浙江大学原子核农业科学研究所为核技术应用和生物物理专业研究生讲授辐射剂量与放射性测量、辐射加工与工艺、农产品辐照加工课程讲义的基础上结合编者部分研究成果,同时参考国内外有关文献资料编写而成。

全书共分三篇,上篇为基础篇,主要介绍农产品辐照加工的发展、卫生安全性及生物学效应和农产品主要营养成分的辐射化学。中篇为应用篇,主要介绍农产品辐照加工装置和不同农产品的辐照加工工艺与应用。下篇为检测篇,主要介绍辐照农产品检测技术的发展与主要的检测方法。

本书内容阐述简明,重点突出,可作为高等院校相关专业和各种农产品及农产品辐照加工培训班的教学参考书,也可供从事辐照加工技术的科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

农产品辐照加工及检测 / 傅俊杰编著. —杭州:

浙江大学出版社, 2013. 8

ISBN 978-7-308-12109-5

I. ①农… II. ①傅… III. ①农产品加工—食品辐照
②农产品—质量检验 IV. ①S37

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 195374 号

农产品辐照加工及检测

傅俊杰 编著

刘亚建 审定

责任编辑 徐霞

封面设计 续设计

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排版 杭州中大图文设计有限公司

印刷 杭州杭新印务有限公司

开本 787mm×1092mm 1/16

印张 19.75

字数 481 千

版印次 2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月第 1 次印刷

书号 ISBN 978-7-308-12109-5

定价 48.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部联系方式: 0571-88925591; <http://zjdxcbbs.tmall.com>

序

农产品辐照加工与同位素示踪和诱变育种一起构成了核农学学科的主要研究领域。以辐射加工技术为基础,运用高能射线(X射线、 γ 射线或高能电子束)对农产品进行辐照处理,通过与其组成物质的分子、原子中的电子或原子核之间产生相互作用,产生强大的物理、化学和生物学效应,达到抑制生长、杀菌、杀虫的效果,从而达到提高农产品卫生质量、保持营养品质及风味、延长货架期的目的。农产品辐照是一种物理加工技术,不用化学药剂,因此具有无毒物残留、无环境污染、灭菌彻底、不破坏营养成分等独特优势,越来越受到世界各国的重视。

本书编著者长期从事农产品辐照加工研究和教学工作,有着丰富的实践经验和理论修养,在辐照农产品的检测领域开展了许多研究工作,建立了几种检测方法并获得了几项国家发明专利,取得了在农产品加工与检测方面的许多科研成果。本书在参考国内外有关文献资料的基础上结合作者在农产品辐照检测研究中的最新成果编辑而成,涵盖了农产品辐照加工基础、辐照加工技术、辐照农产品检测三方面内容。相信这本书的出版,对推动辐照农产品的发展,消除广大消费者对辐照农产品安全性的顾虑和误解,促进辐照农产品加工和商业化应用起到积极的促进作用。

陈子元

2013年7月

前言

农产品辐照加工是建立在核科学技术和现代农产品加工技术基础上的一类专门的农产品加工技术,对电离辐射与物质相互作用产生的物理学、化学和生物学效应的规律进行研究,涉及辐射物理学与化学、农产品科学与工程技术、农产品化学、农产品微生物学、农产品毒理学等学科。农产品辐照加工技术与其他传统的杀虫杀菌方法相比,因其不利用任何化学物质,加工后的农产品中不会有任何残留化学物质,也不会对环境造成危害,故而对减少农产品和农产品的损失,保证农产品的卫生质量和食物安全,增加农产品的附加值,促进农产品和农产品的贸易有重要意义。

为了促进农产品辐照加工技术应用事业的健康发展,作者在过去为浙江大学生物物理学学科和核技术应用学科的研究生授课基础上,并参考了许多文献资料进行了完善。希望通过本书的出版能引起辐照加工领域的工程技术人员和同行的关注,起到抛砖引玉的作用,为推动农产品辐照产业化应用贡献绵薄之力。该书不仅可以作为教学用书,而且可供农产品辐照加工业内管理、工程技术人员参考。

在本书编写过程中,作者主要参考了 FAO/IAEA 联合处和 ICGFI 的大量技术报告和出版物,施培新研究员主编的《农产品辐照加工原理与技术》,吴季兰教授编写的《辐射化学》,李承华研究员编著的《辐射技术基础》,张曼维教授编著的《辐射化学入门》,哈益明教授编著的《辐照农产品及其安全性》,汪勋清教授编著的《农产品辐照加工技术》和 *Radiation Chemistry of Major Food Components* 一书,同时还大量参考了国内外专家学者撰写的研究论文,在此不一一列出,敬请谅解,在本书完稿之际,谨在此表示衷心感谢。

本书包括了作者与研究生共同完成的农产品辐照检测、辐照加工工艺等方面的部分最新研究成果,因此与其他同类著作相比具有明显的先进性。本书承蒙浙江大学陈子元院士作序。在本书编写过程中得到本所舒庆尧教授、崔海瑞教授和黄建中副教授等对本书的内容编写提出了宝贵意见,才使得本书得以完善,在此向他们表示深深的谢意。

本书的出版得到了无锡—浙大生物农业研究中心、无锡求是生物农业有限

公司的大力支持与帮助,一并表示感谢。

本书写作时虽力求文字简洁、通俗易懂,但由于编者学识与专业术语所限,可能有些地方未能做到望文会意、看图识字那样明快,还望读者细细琢磨,以求更进一步理解。另外,书中若有用词不妥、内容错漏之处,还望读者不吝赐教,敬请同行专家和广大读者批评指正,本人将不胜感激。

傅俊杰 2012 年冬
于浙大华家池

目 录

上 篇 基础篇

第一章 农产品辐照的发展与现状	3
第一节 农产品辐照的由来和概念	4
第二节 农产品辐照加工的发展与现状	5
第三节 国内外农产品辐照的发展概况	9
第四节 农产品辐照加工的发展前景	19
第二章 农产品辐照卫生安全性	21
第一节 放射性基本知识	21
第二节 农产品辐照处理后引起的几种变化	22
第三节 农产品辐照毒理学安全性	25
第四节 农产品辐照的公众接受性	30
第五节 农产品辐照工艺技术标准与法规	40
第三章 农产品辐照的生物学效应	55
第一节 电离辐射生物学作用的发展过程及其特点	55
第二节 辐照对生物活体的致死效应	57
第三节 各种致病菌的辐照效应	64
第四节 辐照杀灭腐败性微生物的效果	70
第五节 辐照杀虫与昆虫辐照不育	72
第四章 农产品主要营养成分的辐射化学	78
第一节 辐射化学基本反应过程	79
第二节 水和水溶液的辐射化学	81
第三节 维生素的辐射化学	92
第四节 脂类的辐射化学	107
第五节 蛋白质的辐射化学	119

第六节 糖的辐射化学·····	136
-----------------	-----

中 篇 应用篇

第五章 农产品辐照加工装置·····	147
第一节 钴-60 辐照加工装置·····	148
第二节 电子束辐照加工装置·····	152
第三节 X 射线辐照装置·····	154
第四节 农产品辐照加工工艺·····	155
第五节 农产品辐照工艺剂量的确定·····	157
第六节 农产品辐照加工质量管理·····	160
第六章 肉类制品的辐照加工应用·····	166
第一节 肉类辐照处理批准及应用概况·····	166
第二节 国内肉类制品辐照研究概况·····	171
第三节 肉类辐照对气味与颜色的影响·····	177
第四节 辐照对肉制品品质的影响·····	179
第五节 肉制品的辐照加工工艺·····	185
第七章 香辛料、调味品、脱水蔬菜的辐照加工·····	188
第一节 香辛料、调味品、脱水蔬菜的微生物污染状况·····	189
第二节 香辛料、调味品、脱水蔬菜辐照杀菌方法·····	190
第三节 香辛料、调味品、脱水蔬菜辐照对品质的影响·····	192
第四节 香辛料、调味品、脱水蔬菜辐照加工工艺·····	196
第五节 国内外商业化应用概况·····	201
第八章 粮食谷物类辐照加工工艺·····	205
第一节 粮食谷物类辐照杀虫技术应用概况·····	205
第二节 粮食谷物类的主要害虫及化学防治·····	207
第三节 粮食谷物类的辐照杀虫与杀菌·····	208
第四节 粮食谷物类辐照对品质的影响·····	210
第五节 粮食谷物类的辐照加工工艺·····	214
第九章 新鲜水果、蔬菜的辐照保鲜·····	219
第一节 水果、蔬菜常用的保鲜技术·····	219
第二节 水果、蔬菜辐照保鲜的目的·····	223
第三节 水果、蔬菜辐照保鲜的基本原理·····	224
第四节 水果、蔬菜辐照对品质的影响·····	225
第五节 水果、蔬菜辐照保鲜的关键技术及工艺·····	227
第六节 水果、蔬菜辐照后贮藏条件的选择·····	230

第七节 辐照技术在水果、蔬菜中的应用	231
第十章 其他农产品辐照	237
第一节 饲料辐照加工	237
第二节 酒辐照陈化	242
第三节 水产品辐照加工	243
下 篇 检测篇	
第十一章 农产品辐照分析检测方法的研究进展	247
第一节 农产品辐照检测的目的与原理	248
第二节 辐照农产品检测技术的要求	250
第三节 辐照农产品的主要检测方法 with 标准	251
第四节 农产品辐照检测方法的意义	253
第十二章 化学分析检测法	255
第一节 利用挥发性碳氢化合物检测含脂辐照农产品	256
第二节 利用辐照形成的 2-烷基-环丁酮检测含脂辐照农产品	257
第三节 含蛋白质辐照农产品的检测	262
第十三章 物理分析检测法	263
第一节 电子自旋共振法检测辐照农产品	263
第二节 利用热释光分析技术检测辐照农产品	281
第三节 光释光检测辐照农产品	287
第四节 超微弱发光技术检测辐照农产品	290
第五节 利用黏度特性变化鉴别粮食辐照的方法	293
第十四章 生物学分析检测法	296
第一节 直接荧光过滤技术和平板计数筛选	296
第二节 ATP 快速发光分析检测法	299
第三节 内毒素/革兰氏阴性细菌计数筛选法	301
第四节 DNA 辐射损伤检测法	302
主要参考文献	304

上篇



基础篇

第一章

农产品辐照的发展与现状

众所周知,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。人类的食物主要来源于农副产品、畜产品和水产品,即植物性农产品和动物性农产品两大类。人们自然愿意食用新鲜的农产品,但受自然界各种各样的条件限制,所以必须解决农产品的贮藏保鲜问题。当前随着社会的进步、经济的发展和人们生活水平的提高,人们的饮食结构发生变化,经历着由粮食为主到以鱼、肉、蛋、奶、果、蔬等新鲜农产品为主的过程,同时人口城镇化趋势也在加剧社会对新鲜农产品的需求。所以我国农产品工业、商业和外贸等部门为了搞好农副产品的加工和保藏,一方面要充分利用现代科学技术提高粮食和农产品质量及营养价值,另一方面还要尽可能减少霉烂虫蛀损失、降低成本,避免农产品污染和引发疾病。

目前,由于霉烂和虫害,加之气候及农产品加工贮藏技术上存在的不足,每年都会造成食物资源大量的损耗。根据联合国粮农组织(FAO)有关机构的资料统计:尽管农产品有很多保藏加工技术,但发展中国家农产品收获后,损失仍然很大。鱼、水果、蔬菜、肉类等腐烂变质情况非常严重,造成各种损失最高达 50%;亚洲国家谷物损失为 30%,水果蔬菜为 20%~40%,鱼类为 50%;非洲国家损失超过 50%。以粮食为例,年损失量至少超过 1000 万吨,价值超过 100 亿美元。我国的农产品包括粮食、果蔬、鱼肉等,每年粮食损失约占总产量的 10%左右,油料产品为 20%左右,水果年损失量达 15%~20%,肉类及制品的损失接近 30%。不仅造成了巨大的经济损失,还影响了市场供应和经济的发展。

由此可见,搞好农产品、农产品安全问题已成为世界各国关注的焦点,是重大的民生问题,做好农产品、农产品安全工作,是上至政府、下至每个国人的职责。农产品辐照加工技术作为一种冷加工灭菌技术,具有最大限度地保持农产品品质和减少风味的损失、有效地防止微生物污染、延长货架期、节约能源、降低成本等优越性,在确保农产品、农产品安全方面发挥着极其重要的作用。

农产品辐照加工技术是指利用 γ 射线、X 射线和电子束等电离辐射与物质的相互作用,产生物理效应、化学效应和生物效应。由于射线具有穿透力强的特点,可以在不破坏农产品原包装的情况下直接进行辐照加工处理,从而达到杀虫灭菌、防止霉变、延缓成熟和抑制发芽的目的。辐照农产品与其他杀虫灭菌的农产品加工方法相比,农产品辐照技术因不使用

任何化学物质,加工后的农产品中不会有任何残留化学物质,也不会对环境造成危害,进而使农产品的卫生质量得到显著提高、营养品质及风味得以保持、农产品的货架期得以延长。半个多世纪以来的研究及应用实践足以证明,农产品辐照技术在提高农产品卫生质量和保障农产品安全方面,是一种绿色安全、科学有效的方法。农产品辐照技术在国内外已被广泛应用,现已进入了商业化阶段,经过辐照处理的农产品,已经逐步走向人们的餐桌。

早在 20 世纪 40 年代,欧美就开始了辐照杀菌方面的研究,随后的研究和推广得到国际原子能机构(IAEA)、世界卫生组织(WHO)和联合国粮农组织(FAO)的推动,促进了国际标准和各国标准的制定。国际食品法典委员会(CAC)1984 年制定的《辐照食品国际通用标准》和《食品辐照加工工艺国际推荐准则》,引导和推动了农产品辐照技术在世界各国的研究和应用。这两个标准在 2003 年修订,修订后的标准放松了对农产品辐照剂量 10kGy 上限的限制要求,细化了对辐照加工工艺的要求。

到目前为止,已经有 54 个国家按类别批准了辐照农产品,按产品批准的国家有 41 个,巴西则批准农产品辐照为一种农产品加工技术。自 20 世纪 80 年代以来农产品辐照技术已被成功地用于杀灭香辛料、冷冻水产品 and 肉制品中的细菌,以及辐照大蒜、土豆抑制发芽。鉴于农产品辐照的技术优势和安全性,全球辐照农产品量逐年上升,据可靠资料统计,在 2006 年就已达约 40 万吨。此外,近年来国际辐照检疫标准的通过促使了这项技术在水果国际贸易中的应用。经过多年的研究和商业化应用的推动,我国辐照设施和辐照农产品的数量均位于世界前列。

第一节 农产品辐照的由来和概念

农产品保藏是一种古老的技术,在公元前 3000 年到公元 1200 年间,犹太人经常从死海里取出盐腌各种食物。中国人和希腊人也在同时代学会了盐腌鱼的方法,这些事实可以看成是腌制保藏技术的发端。大约在公元前 1000 年前,古罗马人学会了用天然冰雪来保藏龙虾等食物,同时还出现了烟熏保藏肉类的技术,这说明低温保藏和烟熏技术已具雏形。1809 年,法国人尼古拉·阿培尔(Nicolas Appert)将农产品放入玻璃瓶中加木塞密封并加热后,制造出了罐藏农产品,成为现代农产品保藏技术的开端。从此,各种现代农产品保藏技术不断问世。

农产品辐照的发展经历了漫长的岁月。早在伦琴发现 X 射线的第二年(即 1896 年),米因克(Minck)就提出了 X 射线对细菌的作用与实际应用问题,1898 年第一次证明了 X 射线对病原菌有致死作用,1899 年证实了它对寄生虫也有致死作用。这些早期发现有力地推动了电离辐射后来用于粮食和其他农产品的辐照贮藏。20 世纪初朗纳(Runnen,1916 年)证实,经 X 射线处理后的昆虫烟草甲不能繁殖,称为害虫辐射不育。辐照杀菌保藏技术最早出现在 1930 年,当时的德国工程师的研究表明,保存在容器中的各类农产品均可用 X 射线杀菌,该技术已收集于美国专利集中。辐照农产品加工的研究最早始于 1940 年,第二次世界大战结束后,随着放射性同位素的大量应用和电子加速器等机器源设备的逐渐问世,促进了辐照处理农产品的发展,各国科学家开始对农产品和微生物进行了不同程度的研究,从

认识到表面现象的观察,从细胞学到物质结构的变化,直到今天农产品辐照加工有了显著的发展,已成为商业化应用,是农产品加工业的重要组成部分。

第二节 农产品辐照加工的发展与现状

一、农产品辐照加工的发展阶段

农产品辐照加工贮藏保鲜经过几十年的发展,从最初的发展时期至今大体归纳起来可以分成四个主要发展阶段,即初期阶段、技术研究和开发阶段、卫生安全研究阶段和商业化应用阶段。

(一)初期阶段

1895年,德国物理学家伦琴(W. K. Roentgen)发现X射线,1896年,法国科学家贝可勒尔(H. Becquerel)发现铀的天然放射性,揭开了人类和平利用原子能时代的序幕。1896年,人类第一次发现X射线对病原细菌有致死作用;1899年,证实了X射线对寄生虫有致死作用;1916年,Runner发现X射线能使昆虫产生不育效应。这些早期的研究结果增加了人们对射线的生物效应和遗传效应的认识,促进了利用射线进行辐照保藏农产品的研究探索,并提出了辐照处理在农产品中应用的设想。1905年,英国人J. Appleby和A. J. Banks提出应用 α 射线、 β 射线和 γ 射线处理农产品。1918年,D. C. Gillett获得美国专利“应用X射线保存有机材料”。1921年,美国农业部B. Schwartz提出应用X射线灭活猪肉中旋毛虫。1930年,德国工程师O. Wust提出保存在容器中的各类农产品均可以应用能量较高的硬X射线杀菌。1943年,美国麻省理工学院B. E. Proctor博士首先进行了应用射线处理汉堡包的研究探索。1947年,A. Brasch和W. Huber开始应用脉冲电子束辐照农产品,首先报道了利用高能电子脉冲对肉类和其他一些农产品的消毒作用,并发现在低温和无氧条件下可以避免辐照异味的产生。与此同时,美国麻省理工学院J. G. Trump和R. J. Van de Graaff,研究辐射对农产品和生物材料的效应。1950年,苏联、英国等国也开始了辐照农产品的研究。

(二)技术研究和开发阶段

随着世界各国科学技术的进步和经济发展,加之第二次世界大战结束后,面对原子弹给人类带来的战争创伤,原子能和平利用已成为各国关注的焦点。1953年,美国总统艾森豪威尔向联合国提出了“和平利用原子能计划(Atom for Peace Program)”。1955年,在日内瓦召开了第一届世界和平利用核能大会。1957年,成立了国际原子能机构(IAEA),负责组织协调核能的和平利用和核安全的监督工作。在国际和平利用原子能的大背景下,农产品辐照在这一阶段主要是开展对辐照杀虫、辐照杀菌、抑制发芽、延长农产品货架期的适宜条件(辐照剂量、产品成熟度、包装材料、温度和气体的影响等)等领域的研究。20世纪50年代中后期,法国、比利时、丹麦、联邦德国、荷兰、意大利、英国、加拿大、美国、印度、日本、孟加拉、中国、阿根廷、秘鲁、乌拉圭、智利、苏联、波兰、匈牙利等国均进行了辐照农产品杀菌保藏和农产品辐照后的基础研究,包括禽肉、水产类50多种,果蔬40多种,香料调味品50多种。

1957 年德国尝试开始了一种香辛料的商业化辐照,但 1959 年又因新的国家农产品法禁止农产品辐照而停止应用。

1958 年,苏联卫生部首次批准了利用 ^{60}Co - γ 辐射源进行 0.1kGy 辐照的马铃薯供人们消费,成为世界上第一个批准辐照农产品供人们消费的国家。美国国会 1958 年通过法案,将农产品辐照列为农产品添加剂进行管理,对农产品辐照产生了长期的负面影响。1963 年,美国首次批准高剂量辐照的罐头熏肉上市。在国际原子能机构和联合国开发计划署(UNDP)的支持下,1965 年在土耳其建立了世界上第一个工业化规模的辐照谷物示范工厂,该辐照装置在 1967 年正式运行,对国际原子能机构全球示范项目的开展起到了积极的推动作用。加拿大 1960 年批准了抑制马铃薯发芽的辐照商业化应用,并开始 ^{60}Co - γ 射线辐照马铃薯的产业化示范,达到年辐照量 1.5 万吨的规模。1966 年,在德国召开了第一届国际食品辐照研讨会,交流了世界各国在农产品辐照方面的研究进展。1969 年,在日内瓦召开了 FAO/IAEA/WHO 联合专家委员会,会议暂定批准辐照小麦及其制品和马铃薯可供人食用。这是辐照农产品的卫生安全性第一次得到国际组织的认可,对农产品辐照在国际范围的研究起到了积极的推动作用。

总的看来,20 世纪 50 年代和 60 年代公众对农产品辐照持积极的态度。尽管农产品辐照在这一阶段的发展也遇到了一些问题,但农产品辐照技术还是得到了广泛关注,并进行了一定规模的研究和示范。在这一阶段由于各国卫生部门对农产品辐照的商业化态度不甚积极,仅有苏联、加拿大和美国批准 5 种辐照农产品供人食用。

(三) 卫生安全研究阶段

随着农产品辐照技术研究不断深入,使辐照农产品在技术上逐步发展成熟,并基本具备了工业化生产的条件。但 20 世纪 70 年代国际上掀起的反核运动,对核能和平利用带来负面的影响,并在一定程度上也影响了辐照农产品的发展,使辐照农产品不得不面对公众的偏见、媒体的误导和食品卫生部门的严格控制。鉴于辐照农产品的安全性问题已成为制约农产品辐照技术商业化发展的主要障碍,也引起有关国际组织和各国政府更加重视,这一时期,在全球范围内加强了辐照农产品卫生安全性的研究。

在 1970 年,由 24 国签订协议,制定了国际食品辐照计划(IFIP)。此计划由 FAO(联合国粮农组织)、IAEA(国际原子能机构)主持,WHO(世界卫生组织)参加制订。该计划的目的是进行辐照农产品卫生安全性的研究,制订和审查卫生安全性试验方案。1976 年,FAO/IAEA/WHO 辐照食品卫生安全性联合专家委员会(JECFI),根据 IFIP 的研究结果并审阅了大量国际研究资料后,明确提出农产品辐照过程实质上是一种物理过程,正如热加工和冷藏一样。因此,辐照农产品卫生安全性评价所提出的问题,应该与农产品添加剂和污染所遇到的问题区别开来,并作不同处理,不存在“每日允许摄入量”和“安全系数”等问题。这个观点的提出使辐照农产品的工作取得重大进展,在国际上具有较大影响。

1980 年,FAO/IAEA/WHO 辐照食品联合专家委员会(JECFI)在日内瓦再次召开会议,讨论辐照食品卫生安全性问题。与会专家根据长期的毒理学、营养学和微生物学资料以及辐射化学分析结果,提出“任何食品辐照其总体平均吸收剂量最高达 10kGy 时,不会有毒性危害产生,用此剂量处理的食品可不再要求做毒理学试验”。这是辐照食品卫生安全性研究领域的重大突破,对推动辐照食品的发展具有划时代的意义。尽管辐照食品的卫生安全性得到了国际性承认,但关于辐照食品卫生安全性的疑问依然存在。为此,WHO 应其成员

国的请求,成立了一个独立的专家组评估 1980 年以来辐照农产品研究的结果,并对 JECFI 的评估材料进行分析。该工作小组经过大量工作,认为“食品辐照技术是一项被充分研究的技术,有关辐照食品安全性的研究表明至今没有发现任何有害作用。通过延长货架期和杀灭病原菌和有害寄生虫,食品辐照将有助于食物的卫生安全和增加食物供应。只要执行辐照食品的生产工艺规范,食品辐照是安全和有效的,辐照食品是卫生安全的”。依据这一结论,国际食品法典委员会(CAC)目前正在审议,修订 1983 年颁布的辐照食品通用标准。这一修改标准的颁布和实施将极大推动辐照农产品的应用进程。

(四)商业化应用阶段

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引起了国际社会对农产品安全的严重关注。农产品辐照技术的应用日益受到重视,香辛料和脱水调味品的辐照在许多国家得到广泛的商业化应用,辐照农产品的数量和品种得到快速增加。美国的农产品企业在经历了对辐照农产品的观望后,于 20 世纪 90 年代加快了农产品辐照技术的商业化步伐。与此同时,发展中国家在国际原子能机构的支持下纷纷建立起一大批农产品辐照设施,同时也建立了相应的农产品辐照技术法规和卫生标准,使农产品辐照技术进入了全面发展时期。

2003 年 5 月,在美国芝加哥召开了第一届世界农产品辐照大会,共有来自 22 个国家的农产品辐照研究机构、政府部门、农产品加工企业、农产品贸易组织、餐饮企业、消费者组织等部门的代表出席了会议,在会上进行的 7 项问卷调查中,辐照农产品名列最具发展前景、公众关注、市场潜力、产业规模和贸易需求 5 项第一。与会代表同时还交流了农产品辐照在法规协调、辐照设施建设、辐照检疫、辐照农产品商业化和国际贸易等方面的进展,讨论了辐照农产品面临的机遇和今后发展的方向,对农产品辐照和辐照农产品贸易在全球的发展起到了积极的推动作用。2003 年 7 月,国际食品法典委员会(CAC)通过了《辐照食品国际通用标准(CODEX STAN 106—1983, Rev. 1—2003)》和《食品辐照加工工艺国际推荐准则》(CAC/RCP 19—1979, Rev. 1—2003),从而在法规上突破了农产品辐照加工中 10kGy 的最大吸收剂量的限制,允许在不对农产品结构的完整性、功能特性和感官品质发生负面作用和不影响消费者的健康安全性的情况下,农产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。

我国农产品辐照研究始于 1958 年,在中国科学院同位素应用委员会的组织下,开展了辐射保藏粮食的研究,取得了初步结果。1977 年 11 月,国家科委五局在成都召开了“第一次全国辐照保藏食品专业座谈会”,对我国辐照农产品的研究起了巨大推动作用。多年来,我国已有数百个科研单位和高等院校,先后开展了辐照蔬菜、水果、鲜猪肉、牛羊肉、鸡鸭肉及其制品、水产、鲜蛋、酒和中成药、中药材等的试验研究,取得了一批成果。辐照农产品的研究已具有一定规模,拥有一批专业科技人员和先进的仪器设备。在国家科委的支持下,连续十多年组织开展了辐照农产品卫生安全性的研究。到 1994 年止,我国卫生部已经先后批准了 18 种辐照农产品的卫生标准(马铃薯、洋葱、大蒜、香肠、稻谷、苹果、花生、蘑菇、扒鸡、花粉、果脯、生杏仁、番茄、猪肉、荔枝、蜜橘、薯干酒、熟肉);在 1996 年颁布了《辐照食品管理办法》;1997 年又公布了 6 大类辐照食品的卫生标准。在“九五”计划期间,“食品辐照商业化加工工艺研究”列入国家攻关项目,并在上述研究工作的基础上又制定了 17 个农副产品的辐照加工工艺标准。这一标准已经国家质检总局批准,成为国家标准并于 2002 年 3 月开

始执行。2003 年国家农业部又批准了 5 个包括水产品在内的饲料、茶叶等辐照工艺的行业标准。我国辐照农产品正逐步纳入法制管理的轨道,并为我国辐照农产品与国际接轨,确保辐照农产品质量,为农产品辐照行业健康发展创造了良好的条件。我国辐照农产品研究、国际合作与交流也取得了重大进展,1984 年我国正式加入国际原子能机构(IAEA),1994 年加入国际食品辐照咨询组(ICGFI),先后承担 IAEA 农产品辐照研究合同(协议)和技术援助项目 10 多项,扩大了我国在国际上的影响。农产品辐照产生的社会效益和经济效益日益显著,我国农产品辐照的成果赢得了国际同行的广泛赞誉,在辐照农产品品种、数量、法规和宣传教育等方面进入世界前列。据不完全统计,累计全国辐照农产品数量已近 80 万吨。辐照农产品应用广泛,发展迅速,已进入了工业规模生产和商业化应用的阶段。

二、农产品辐照加工的地位和作用

农产品辐照加工是一项安全、卫生、方便、经济有效的农产品加工新技术。长期以来,人们采取脱水、加热、冷藏以及化学防腐等传统的方法来保存农产品,这些目前仍然是农产品加工储藏的主要方法。由于大量使用农药和化学熏蒸剂,出现了一系列新问题,粮食和其他农产品中农药残留已严重影响了农产品的质量。采用加热、冷藏及冷冻手段来保藏农产品,虽然解决了农产品带菌污染或暂时抑制了细菌的繁殖,但又会造成农产品营养成分被破坏,使农产品品质下降,能源消耗严重,而且随着大量使用能源,又会产生诸如环境污染及生态平衡受到破坏等问题。农产品安全是人类生存的永恒主题,是人民生活质量提高的标志。改革开放以来,随着我国农业生产的迅速发展,主要农产品数量快速增长,我国农产品的供需关系发生转变,逐步由数量型转为质量型。人们的消费观念及农产品结构都发生了根本性变化,对农产品的品质,特别是安全性要求更高。提高农产品安全,已经成为包括我国在内的世界各国政府共同关心的主题,微生物污染、生物毒素和化学污染构成了目前世界上影响农产品安全的主要因素。为了确保农产品的安全,必须保证食物链各环节供应的农产品是安全的、有营养的,无掺假、无污染、无任何欺诈的农产品安全对所有国家也是最基本的公共卫生要求。微生物致病菌、生物毒素和化学污染,严重影响人类的健康,导致近年来不断出现严重的食源性疾病暴发,如大肠杆菌 O157:H7、疯牛病的暴发、畜牧业中抗生素的应用及人致病菌抗药性的传播、基因工程菌的应用等,已在社会上引起广泛关注。

综上所述,这些问题已严重地威胁到人类生存和发展,引起世界各国政府和科学界的重视,迫使人们不得不研究和寻找新的农产品保藏方法。通过近半个世纪的研究与实践,农产品辐照加工技术在解决农产品不受损失或减少损失,并保持农产品质量与延长贮存和供应期方面,可发挥独特的作用。即利用放射性同位素或中、高能加速器产生的射线,对农产品进行辐照处理。在一定剂量的辐照条件下,由于射线具有较强的穿透特性,辐照可杀死寄生在农产品表面的病原微生物和寄生虫,也能杀死内部的病原微生物和害虫,并抑制农产品的生理活性。这就从根本上消除了农产品霉烂变质的根源,达到保证产品质量和农产品安全的目的。

农产品辐照技术现已步入商业化应用阶段,农产品辐照技术成为减少产后损失、减少食源性疾病、解决检疫中有关问题的一种有效方法。农产品辐照加工的安全性已为国际社会认同,尤其是近年来在美国及其他一些地区试用辐照处理解决致病菌污染农产品的问题,通过辐照处理,不仅杀灭了病菌,解决了由这些致病菌引起的食源性疾病,而且加深了人们对