

辐 射 保 藏 食 品

陈科文主编

科 学 出 版 社

辐射保藏食品

陈礼又 王编

科学出版社

1982

内 容 简 介

辐射保藏食品是近年来发展起来的一种保藏食品的新技术。用射线处理食品可以起到杀虫、杀菌、消毒、防霉和防腐的作用，达到延长食品保藏时间、提高食品质量的目的。

本书概要论述了辐射保藏食品的各有关问题。全书共六章，包括辐射保藏食品的历史、现状与发展前景；食品辐射源、辐射装置和剂量测量；辐射保藏技术；辐射保藏食品的包装材料；辐射食品的卫生安全性等。

本书供研究食品保藏的科技工作者参考，也可供农业和商业部门从事食品加工与食品保藏工作的同志参考。

辐 射 保 藏 食 品

陈科文 主编

责任编辑：王爱琳

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1982年12月第一版 开本：787×1092 1/32

1982年12月第一次印刷 印张：77 $\frac{1}{2}$

印数：0001—2,400 字数：178,000

统一书号：13031·2081

本社书号：2838·13—10

定价：1.25元

编 者 的 话

加强食品保藏的研究,对于减少食品在贮藏和运输中的损耗,具有重要的意义。利用电离辐射保藏食品,是继热处理、脱水、冷冻等传统保藏食品方法之后,又一新的独特保藏食品方法,也是和平利用原子能的一个方面。目前,世界各国越来越重视辐射保藏和改进食品质量的研究。我国许多省市也在积极开展食品辐射技术的研究和应用。为了适应这一新技术发展的需要,我们编写了《辐射保藏食品》一书。

本书第一、二、六章由四川省工业卫生研究所陈科文编写;第三章由中国科学院上海原子核研究所董莲卿编写;第四章由四川省原子核应用技术研究所杨人立编写;第五章由成都科技大学刘永厚编写。全书经陈科文审改后定稿。本书有关章节由四川省工业卫生研究所孙昭瑞所长、成都科技大学徐儋教授审阅。

本书编写过程中,得到了沈成金、张道撒、吴智力、李金令、杨人锋等同志的协助。特此致谢。由于编者水平有限,缺点和错误在所难免。恳请读者批评指正。

编 者

一九八一年四月于成都

目 录

第一章	前言	1
第二章	辐射保藏食品的历史、现状和展望	6
一、	简史	6
	(一)国内食品辐射研究发展概况	6
	(二)国外食品辐射研究发展概况	7
二、	国际专业会议	11
三、	取得的成果和批准应用情况	14
	(一)取得的成果	14
	(二)辐射食品的批准情况	24
四、	当前动态和展望	32
	(一)以苏联、欧洲其他国家、加拿大等为中心的低 剂量辐射计划	32
	(二)美国进行高剂量辐射肉及肉类制品的卫生安 全性研究	32
	(三)加强辐射食品卫生安全性研究	34
	(四)对辐射食品安全性研究的一些新看法	35
	(五)发展中国家重视发展食品辐射技术	38
	(六)各国政府和公众对辐射食品的态度	42
	(七)食品的综合处理	44
第三章	辐射源、辐射装置和剂量测量	48
一、	辐射和辐射量单位	49
二、	辐射危害与辐射防护	53
三、	放射性同位素辐射源	57

四、 ^{60}Co 辐射源辐射装置及其在设计使用中应 注意的事项	59
五、电子加速器的工作原理和特点	78
六、 ^{60}Co 源剂量测量	89
(一) 硫酸亚铁化学剂量计的反应机制和实验方法	89
(二) 硫酸铈化学剂量计的反应机制和实验方法	99
第四章 食品的辐射保藏技术	107
一、食品辐射保藏技术的原理	107
(一) 射线对微生物、昆虫、食品的作用	107
(二) 微生物、昆虫、食品的主要分子接受辐射后的 反应	112
(三) 食品及食品上微生物、昆虫的辐射生物学 效应	118
二、辐射保藏食品的效果	120
(一) 辐射保藏粮食	121
(二) 辐射保藏水产品	122
(三) 辐射保藏水果	123
(四) 辐射保藏蔬菜	125
(五) 辐射保藏禽、畜肉	126
(六) 辐射保藏调味品	128
五、影响辐射保藏食品的因素	129
(一) 照射剂量	129
(二) 照射剂量率	130
(三) 食品接受照射时的状态	130
(四) 添加的化学药品	131
(五) 加用其他的物理方法	132
(六) 辐射食品的保藏温度	133
四、辐射保藏食品技术存在的问题及发展趋势	134

第五章	辐射保藏食品的包装材料	140
一、	高分子材料受辐射时的化学变化	141
(一)	交联	141
(二)	降解	142
(三)	形成双键	143
(四)	析出气体	143
(五)	氧化作用	144
二、	高分子材料受辐射时物理机械性质的变化	145
三、	某些柔性高分子包装材料的性能及使用效果	148
(一)	某些柔性高分子包装材料简介	148
(二)	各种保藏食品方法中所用的高分子材料	155
(三)	高分子包装材料在接触食品时的作用	162
第六章	辐射食品的卫生安全性	164
一、	有关残留放射性和感生放射性问题	164
二、	辐射食品的营养卫生	168
(一)	辐射对氨基酸的影响	169
(二)	辐射对蛋白质的影响	171
(三)	辐射对酶的影响	175
(四)	辐射对酯类的影响	176
(五)	辐射对碳水化合物的影响	179
(六)	辐射对维生素的影响	181
三、	辐射对食品中生物体的影响	191
(一)	病毒	193
(二)	细菌	194
(三)	昆虫	200
(四)	酵母和霉菌.....	202

(五) 动物寄生虫.....	203
四、辐射食品的毒理学研究.....	204
五、辐射食品的致癌、致突变和致畸变试验.....	214
(一) 辐射食品的致癌试验	214
(二) 辐射食品的致突变试验	218
(三) 辐射食品的致畸变试验	231
六、辐射食品的卫生法规和标准.....	232
(一) 辐射食品立法的一般指导原则	234
(二) 批准辐射食品应具备的依据.....	235
(三) 辐射食品标准的制订情况	237

第一章 前 言

食品保藏是正在发展中的一门科学和技术。传统的食品保藏方法,如冷冻、热处理、脱水、熏蒸杀虫和化学处理等亦在发展。它们各有其优缺点,但远不能满足提高质量和降低费用的要求。

辐射保藏食品是继这些传统保藏方法之后,又一种发展较快的新技术和新方法,也是和平利用原子能的一个重要方面。利用射线照射食品,可以延迟食品某些生理过程(发芽和成熟)的发展,起到杀虫、杀菌、消毒、防霉和防腐的作用,达到延长保藏时间,提高食品质量的目的。

一、辐射保藏食品的优点

与传统方法比较,辐射保藏食品具有许多优点:

(1) 射线处理无需提高食品温度,照射过程中食品温度的升高微乎其微。因此,处理适当的食品在感官性状、质地和色香味方面的变化甚微。使消费者不易辨别与其新鲜食品之间的差别;

(2) γ 射线的穿透力强,在不拆包装和不解冻的情况下,射线可透过,杀灭其深藏于谷物、果实或冻肉中的害虫、寄生虫和微生物。起到化学药品和其它处理方法所不能及的作用;

(3) 应用范围广泛。能处理各种不同类型的食物品种。从装箱的马铃薯到袋装的面粉,从大块的烤肉(牛肉、羊

肉、猪肉)、火鸡和火腿到用肉、鱼和鸡肉作成的三明治都适用。即肉、鱼、蛋、禽、蔬菜和果品等均可适用。食品可在照射前进行包装和烹调,照射后的制作更加简化和方便,为消费者降低了成本,节省了时间;

(4) 射线处理食品不会留下任何残留物。这同农药熏蒸(如谷物杀虫)和化学处理相比是一突出的优点。因此,采用辐射技术可减少环境中化学药剂残留浓度日益增长而造成的严重公害,改善食品卫生质量;

(5) 射线处理可改进某些食品的工艺质量。例如,处理适当的淀粉具有新的工艺性质,面粉有更好的烘烤质量,照射过的洋葱易加工成片。射线可促进大豆的消化,能增加水果和浆果的果汁,缩短脱水蔬菜的复水和烹调时间,加速酒精饮料的陈酿过程,提高其质量和产量;

(6) 能节约能源。据1976年国际原子能机构通报的估计,食品采用冷藏需要消耗能量为90千瓦小时/吨,巴斯德(加热)消毒为230千瓦小时/吨,热消毒为300千瓦小时/吨,脱水处理为700千瓦小时/吨,而辐射消毒只需要6.3千瓦小时/吨,辐射巴斯德消毒仅仅需要0.76千瓦小时/吨。因此,辐射处理可节约70—97%的能量消耗;

(7) 辐射装置加工效率高。整个工序可连续作业,易于自动化。

二、食品照射的经济效益

研究表明,就辐射处理马铃薯、洋葱、蘑菇、谷物、肉和鱼类而言,影响利润的主要因素是生产规模的大小,特别是工厂一年内的加工处理能力。对每一种产品都有一个阈值,超过它辐射保藏技术就能与传统的保藏技术相竞争。例如,

谷物的照射成本随着照射工厂的年加工处理能力的增加而降低, 每年照射量为 200,000 吨或更多时, 辐射杀虫肯定比农药熏蒸法更具有竞争能力, 成本更低。美国商业部对于向苏联出口的小麦进行研究结果表明, 每吨小麦用农药马拉硫磷处理的费用在 10 美元左右, 而用辐射处理只花 5—8 美元。

许多国家做了新的经济计算。加拿大对某些产品照射的成本-利益分析表明, 对某些项目的辐射在经济上是可行的。处理成本常常仅为商品价值的百分之几。而处理所节约的商品价值则超过处理过程成本的很多倍。

巴西关于辐射保藏食品的一般经济估价指出, 从防止马铃薯和洋葱发芽, 稻米、玉米、玉米粉、豆类、小麦、面粉和咖啡的杀虫灭菌的商业化能获得巨大的利益。

乌拉圭的计算指出, 建造一个食品辐射装置, 每年处理 25,000 吨马铃薯, 5,000 吨洋葱和 500 吨大蒜能够获利。西班牙对马铃薯照射的分析表明, 辐射抑制发芽的成本较化学药剂和冷藏都低, 具有商业上的可行性, 能够提供高质量的保藏食品。

必须指出, 各国的社会制度和经济结构不同, 经济和成本核算的结果会有差异。但总的说来射线处理食品能获得经济效益, 有发展前途。

三、生产实用的可能性

多年来的研究表明, 食品照射处理在技术上和经济上是可行的, 证明了辐射食品安全可靠, 食用无害。从而为食品照射的商业化和实用化打下了基础。

美国(纳蒂克发展中心)关于肉类(牛肉、猪肉、火腿、鸡肉等)辐射完全杀菌工作的进展取得了肯定的结果。现在已通

过一种复合照射方法生产专门塑料袋包装的高质量的肉片(4—7兆拉德)。产品在常温下的出售时间(放置期)可达数年之久。这些辐射杀菌处理过的肉对超级市场、度假者、野营人员、航空以及军队特别适用。

辐射杀菌使火腿等制品用的亚硝酸盐和硝酸盐量降低约80%，从而减少了亚硝胺的含量和与其相关的致癌危险性。

西德最近的实验证明，辐射可以控制冻鸡中沙门氏菌的含量(0.8兆拉德)，显著改进产品的卫生质量。用于处理酶制剂时，在不明显改变酶活性前提下，可消除或显著降低其细菌含量。

许多国家进行了鱼和鱼制品的辐射研究。目的在于延长鲜鱼和加工鱼的出售时间。中等剂量的照射(0.15—0.25兆拉德)能使冻鱼和鲜鱼的贮存时间延长2至5倍。

豆类含蛋白质丰富，是很多人的主要食物之一。巴西和埃及的报告指出，豆类用辐射杀虫(0.01—0.075兆拉德)是适宜的。谷物、小扁豆和咖啡用辐射杀虫以减少损失也是有效的。

埃及、匈牙利和波兰关于调味品的实验证明，这些经常被微生物严重污染又不宜采用热处理和化学处理的产品，用辐射处理可明显改善食品的卫生质量。

辐射技术在保藏新鲜蔬菜方面，防止马铃薯发芽最为成功。日本商业规模的马铃薯辐射工厂自1973年投产以来，实践证明是实用的。它保证了一年四季的马铃薯供应，为贮存、运输和消费者提供了方便，稳定了市场价格。

综上所述，在食品加工和贮存方面，广泛使用辐射技术具有生产实用的价值。食品照射可以降低食品在贮存和运输中的损耗，增加供应量、延长供应期，能更好地贯彻“发展经济、保障供给”的方针。对于保障部队的新鲜食品供应、战备以及

人民生活的需要和外贸具有重要意义。在努力把我国建设成伟大的社会主义强国和向四个现代化进军的新长征中,加强辐射保藏食品的研究,尽快采用这一新技术,将促进我国食品加工和食品保藏技术的发展。

陈科文

第二章 辐射保藏食品的历史、 现状和展望

一、简 史

(一)国内食品辐射研究发展概况

我国食品照射研究开始于1958年。当时在中国科学院同位素应用委员会的领导下,在北京成立了“辐射保藏粮食研究小组”,有粮食部科学研究设计院、中国科学院、中国医学科学院、中国农业科学院和大专院校等十二个单位参加。研究组在三年时间内用 ^{60}Co γ 射线照射粮食(稻谷、小麦、玉米),并对照射谷物的营养卫生学、防治谷物昆虫效果,以及对谷物微生物的影响和辐射装置四个方面进行了初步研究。

1966年,上海鱼品加工厂、中国科学院原子核研究所和上海市卫生防疫站报告了用 ^{60}Co γ 射线保藏水产品的研究,肯定了辐射对鱼肉香肠有一定防腐作用,并进行了一些动物喂饲试验。其后,上海蔬菜公司等单位进行了用射线抑制马铃薯、洋葱和大蒜发芽等的观察,取得了一定效果。

中国科学院植物研究所等单位的研究表明, γ 射线能够抑制马铃薯发芽,对马铃薯贮藏保鲜有良好的效果。中国医学科学院卫生研究所进行了辐射马铃薯对小鼠的长期毒性试验。并在动物试验基础上,进行了人的食用观察,未见不良影响。

1971—1976年,郑州市蔬菜公司连续6年进行了 ^{60}Co γ 射线抑制马铃薯、洋葱和大蒜发芽,延长贮藏期的试验,获得了

较为满意的效果。

1974年,天津市科委组织和领导了由研究单位、高等院校、商业部门和工厂参加的辐射保藏食品研究协作组,进行了辐射保藏鱼类、鲜蛋、蔬菜、水果和粮食的研究,几年来的工作取得了一定成绩。

1975年,四川省科委组织和领导了辐射保藏鲜猪肉、粮食、中药材等的研究。在辐射保藏鲜猪肉方面,经过四年多的研究,从辐射工艺、包装材料、卫生指标测定,到卫生安全性的长期动物(大鼠、狗)喂养试验,都得到了较好的结果。在辐射保藏稻谷和加速酒的陈化的研究方面也做了一些工作⁽¹⁾。

与此同时,在山东、广东、黑龙江、陕西、江苏、广西等省市自治区也陆续开展了一些辐射保藏食品的研究。

为了交流、总结和推广这一新的保藏技术,1977年11月由国家科委在成都召开了全国第一届辐射保藏食品专业座谈会。各省、市、自治区的代表参加了会议,会议交流了经验,讨论和制定了辐射保藏食品的科研协作计划。

(二)国外食品辐射研究发展概况

早在伦琴发现X射线的第二年(即1896年),Minck就提出了X射线对细菌的作用与实际应用的问题。1898年第一次证明了X射线对病原性细菌有致死性效应。1899年证实了对原生虫有致死作用。这些早期发现导致了后来用于粮食和其它农产品的辐射保藏。本世纪初郎纳(Runnen, 1916年)证实经X射线处理后昆虫烟草甲产生了不育效应⁽²⁾。辐射杀菌用于保藏的报告最早收集在1930年的美国专利集中。用射线处理食品的研究,实际是从1940年开始的。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械辐射源的问世,促进了射线处理食品的发展,开始把辐射保藏食

品看作是和平利用原子能的一个重要方面。

美国的 Proctor 与 Goldblith 等人在1948年开始使用高压电子加速器发生的阴极射线来照射与消毒食品。1950年,美国原子能委员会和陆军后勤部开始了大规模试验,研究工作从实验室阶段开始进入中间试验工厂生产。1953年,美国开始了一个全国食品辐射研究计划。1964年3月,美国军医总署与许多研究机关和学校签订了研究合同。所要研究的辐射食品达50多种,用大量实验动物进行了安全试验。其后又进行了大规模的军队吃辐射食品的试验。1960年,美国陆军专门以高剂量照射的食品供军队试用。1962年以后,美国陆军在麻省的纳蒂克研究中心,集中力量对肉类、家禽、鱼类和贝类进行了高剂量照射处理(辐射完全杀菌)的研究。与此同时,美国能源研究和开发署(ERDA)以及美国原子能委员会也积极从事食品辐射研究,承担了水果、蔬菜、鱼、肉类和家禽的低剂量照射研究。低剂量照射食品主要由大学和研究所进行研究和生产,供应市民消费。1974年,美国陆军总部确信辐射保藏食品将会给全世界带来利益,为了尽快获得批准使用辐射完全杀菌的牛肉、鸡肉和火腿,决定加强研究工作。目前正大规模进行高剂量照射有关食品的卫生安全性研究⁽⁴⁻⁵⁾。

在苏联, Лозина 于1951年对射线照射食物问题进行了研究。1956年 М тузов 发现较高的照射剂量,如在 100 万至 150 万伦能使食物本身产生化学变化。1957年 Метеиский 等对射线抑制马铃薯发芽及延长贮藏时间问题进行了研究。Перибелский (1957)等对辐射杀死粮食害虫,保藏粮食及辐射源的问题做了一些研究。Крулов (1957年)研究了辐射对食物维生素含量的影响。同年, Зеленин 等研究了食品经过各种剂量的 γ 射线照射所发生的物理、化学与质地的变化,

认为牛肉、鱼、豌豆、胡萝卜等的变化较少，而菜花、马铃薯的变化则较大。与此同时，苏联还对低剂量（ $5-10 \times 10^4$ 伦）照射的马铃薯进行了长期毒性试验观察。苏联在对许多种辐射食品进行了大量研究之后，于1958年和1959年第一次分别批准了用 ^{60}Co 射线抑制马铃薯发芽和杀灭谷物贮粮害虫。这是世界上最早批准辐射食品供人食用。70年代，苏联继续对牛肉、猪肉、家禽、蔬菜和水果的辐射进行了研究，并分别批准了这些辐射食品供人食用。

荷兰于1964年阐明了食品辐射在技术上的可行性后，着手建立中间试验规模的食品辐射工厂。1965年开始建设，1968年投产。荷兰利用这个照射装置对各种食品进行了照射处理⁽⁶⁾。在进行了有关卫生安全性研究的基础上，荷兰卫生部门已经批准了多种辐射食品在市场出售，供人们食用。

在英国，主要研究的是低剂量照射保藏食品方面。因为低剂量照射引起的变化较小，适合通常的应用。不象军队需要长期贮存，而且贮存的条件亦比较复杂，所以需要比较高的剂量。此外，英国曾对辐射食品的毒性试验进行过一些研究。

西德也是最早认识和研究食品辐射的国家之一。1955年Kuprianoff教授报告了这一新的保藏方法。1956年在他的帮助下，在卡尔斯鲁厄建立了辐射研究室。这个研究室后来成为辐射研究所的核心。他们对辐射保藏马铃薯、洋葱、小麦、火腿、鸡肉和水产品等的研究做了许多工作。在卫生安全性研究方面，进行了食品辐射后的成分变化和微生物能否产生抗性问题的研究。还作了许多辐射食品的动物喂养试验⁽⁶⁾。

日本于1954年前后开始了食品辐射的研究。当时在一部分大学及研究机构中，主要进行了辐射效果等基础研究。1967年，参加研究的人员组成日本食品辐射研究协会。同年