



食品与农产品的辐照杀虫

〔美〕梅子熙 主编

原子能出版社

食品与农产品的辐照杀虫

国际会议论文集

夏威夷 檀香山

1983年11月14~18日

〔美〕 梅子熙 主编

王传祯 傅满昌 张瑞萱 梁东虎

唐在民 张赫瑚 李永源

吕延晓

译

校

原子能出版社

内 容 简 介

本书译自1983年11月14~18日在夏威夷檀香山召开的“食品与农产品辐照杀虫”国际会议论文集“Radiation Disinfestation of Food and Agricultural Products”。全书共8个部分。0部分是总论，介绍国际原子能机构、美国能源部和美国食品和药物管理局在食品辐照方面的活动情况。I部分介绍食品、农产品的辐射杀虫检疫处理。II部分介绍辐照水果的处理工艺及质量特征。III部分介绍其他食品和农产品的辐照杀虫处理工艺及特点。IV部分介绍辐照装置，包括大型辐照装置、可移动式辐照装置以及部分用于辐照加工的电子加速器。V部分介绍食品辐照的经济可行性、市场销售以及消费者的接受性。VI部分介绍辐照食品的包装。VII部分是摘要、结论和专题讨论等。

本书内容丰富，涉及食品辐照研究和销售的各个领域，对与食品辐照工作有关的管理人员、科研和工程技术人员，高等院校师生都有一定的参考价值。

Radiation Disinfestation of Food and Agricultural Products

Edited by

James H. Moy

HITAHR/UHM, 1985

食品与农产品的辐照杀虫

[美] 梅子熙 主编
王传祯 等 译 吕廷晓 校

原子能出版社出版

(北京2108信箱)

河北大厂印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行·新华书店经售

开本：787×1092 1/16 印张：21 字数：496千字

1989年11月北京第一版 1989年11月北京第一次印刷

印数：1—2000

ISBN 7-5022-0229-3

TL·84 定价：16.95元

目 录

译者的话	(1)
前言	(4)
开幕词	(5)
欢迎词	(6)
基调讲演, “食品、能源和人类状况”	(10)
午宴致词, “进食、食品与筵席的事实、价值观与决断”	(14)
0 部分: 总论	(18)
美国能源部低剂量食品辐照计划	(19)
食品辐照对美国国际开发署收获后食物保藏计划的影响	(32)
辐射杀虫: 一种对发展中国家切实可行的技术	(37)
美国食品和药物管理局的商业食品辐照条例	(48)
0 部分讨论	(51)
I 部分: 辐照作为一种检疫处理手段	(53)
低剂量辐射检疫处理原理	(55)
检疫处理程序和可靠性的统计学基础	(58)
辐照作为一种检疫处理手段对侵染仓贮食物昆虫的潜力	(62)
辐照作为一种检疫处理手段用于受苹果蠹蛾幼虫侵染的水果	(73)
γ 辐射杀虫处理加利福尼亚生长的35种水果中的地中海果蝇	(82)
9概率单位的可靠度适合于 γ 辐射杀虫吗?	(90)
γ 辐照作为一种检疫处理手段对昆士兰果蝇的效能	(95)
I 部分讨论	(99)
II 部分: 辐照水果的质量特点	(104)
低剂量 γ 辐照对几种水果杀虫的适用性	(105)
新鲜水果经杀虫剂量辐照后的质量	(110)
鳄梨的辐照保鲜	(119)
γ 辐射作为一种检疫处理手段对控制柑桔中加勒比果蝇所具有的潜力	(128)
辐照对延长热带食品货架寿命的效果	(134)
II 部分讨论	(142)
III 部分: 其他食品及农产品的杀虫	(145)
低剂量辐照: 一种保证猪肉符合旋毛虫安全要求有前途的方法	(147)
小麦胚芽、小麦及干蘑菇的辐照杀虫	(154)
干椰肉和咖啡豆的 γ 辐射杀虫: 关于群体密度、饲养、生物学 及成虫辐照的研究	(161)
干果的辐射杀虫	(167)
豆类的辐照杀虫	(172)

兰花的辐照杀虫与瓶插寿命	(178)
烟叶及咖啡豆的辐照杀虫	(182)
Ⅲ部分讨论	(190)
IV部分：辐照装置	(191)
铯-137辐射源	(193)
可移动式铯辐照装置(TPCI)：一种用于农产品辐照研究的工具	(207)
在一座大型医疗用品辐照装置中食品辐照的经验	(214)
电力产生的光子辐照用于食品加工	(220)
夏威夷多功能商用辐照加工装置	(228)
瓜蝇辐射不育装置	(238)
IV部分讨论	(248)
V部分：经济可行性，市场销售和消费者的接受性	(251)
食品辐照杀虫的经济可行性	(253)
消费者接受辐照食品的某些方面	(260)
食品辐照技术的接受性和销售能力	(267)
辐射杀虫食品和农产品的销售和标签	(271)
V部分讨论	(278)
VI部分：辐照产品的包装	(281)
包装与辐射杀虫的关系	(283)
包装枣的 γ 辐射杀虫	(287)
总结和结论	(293)
0部分：总论	(295)
I部分：辐照作为一种检疫处理手段	(296)
Ⅰ部分：辐照水果的质量特点	(297)
Ⅱ部分：其他食品及农产品的杀虫	(298)
IV部分：辐照装置	(299)
V部分：经济可行性，市场销售和消费者的接受性	(300)
VI部分：辐照产品的包装	(301)
总结和结论的讨论	(302)
专题讨论	(309)
通向商业化的进程	(311)
会议参加者一览表	(324)

译者的话

“民以食为天”，这是出自我国《汉书·酈食其传》的一句古话，它朴素地表达了食品是人类社会赖以生存和发展的物质基础这一深刻的道理。长期以来，人类采用各种方法，如干燥、加热、腌制、罐装、冷藏……来加工保藏食品，为人类文明社会的发展作出了卓越的贡献，近年来，国外一些先进的技术，如冻干、超高温处理（VHT）、无菌包装、微波技术……引入食品工业，更丰富了食品保藏的技术内容，出现了一些诸如速溶咖啡、预加工肉制品、长贮牛奶等新型产品，以及像微波炉一类的新型食品加工装置。

食品辐照是人类利用核技术开发出来的另一种新型食品加工保藏手段，它的原理是，食品经电离辐射照射，可杀灭食品中的虫害，消除食品中病原微生物及其他腐败细菌，或抑止某些食品中的生物活性和生理过程，从而达到食品保藏或保鲜的目的。高能电离辐射可采用放射性同位素（如钴-60或铯-137）发出的 γ 射线，或采用电子加速器产生的电子束（最大能量10MeV），或X射线（最大能量5MeV）。

目前，电离辐射作为一种新型的食品加工保藏手段，越来越受到人们的注目，这主要是因为食品辐照较之其他常规食品加工方法有明显的优点：

- 节约能源。
- 没有化学药物残留，不污染环境。
- 可提高食品的卫生质量，改善食品的加工工艺过程。
- 不损害食品的外观品质和内在特性。
- 应用面广。

然而世界食品辐照技术的发展却不是一帆风顺的。诚如国际原子能机构（IAEA）现任总干事长汉斯·布利克斯博士所指出的，“食品辐照从一开始就被专家们认为是一种显而易见并可取代其他食品保藏方法的适用技术，而且也是核技术可以及早对于那些消费和出口都主要依赖于农业的发展中国家作出显著贡献的一个重要方面。几乎没有人曾想到过，食品辐照获得国际食品规范委员会的核准要用去30年的时间，而且直到现在许多国家的公众还在反对辐照食品。”（IAEA Bulletin, Vol. 29, No.3, 1987.）

新生事物在其发展过程中遇到这样或那样的挫折和磨难是不足为怪的。毕竟今天的世界食品辐照事业已突破了纯技术的内容而向更广阔的工程、经济和社会范畴挺进，它的生命力是旺盛的。

我国是一个发展中大国，人口众多，人均耕地很少，整个国民经济基础薄弱，粮食与食品的保藏和供应是关系到我国国计民生的大事。目前除了充分运用传统技术，如风干、熏烤、沟埋、窖藏等方法以外，也逐步发展了一些较现代化的技术，如机械冷藏、气调大帐、薄膜包装、化学防腐等。然而我国由于能源和其他方面的技术条件等因素，看来迅速推广世界经济发达国家现已普遍采用的冷冻食品和罐装食品还存在一定困难。食品辐照作为一种先进的食品加工贮藏方法目前在我国已具备了相当的基础，其发展前景和具有的潜力都不能低估。

1986年4月，在我国上海召开了“亚洲及太平洋实际应用学术讨论会”来自20个国家及国际组织的170多位专家与代表参加了大会，其中包括联合国粮农组织与国际原子能机构的

官员。会上代表们就辐照食品的经济、工程、法规、运输、销售和消费者接受性、技术转让等问题进行了讨论。会后这些专家和代表们还对我国食品辐照状况进行巡回考察。他们考察的印象是，“在今后的一些年内，中国计划执行的程度对辐照食品的商业前景是重要的。如果快速增长的国民经济能使各地的辐照商业化保持目前的速度，那么中国显然在应用 γ 射线保藏食品方面处于领先地位。在这一过程中，其他一些国家可能比较容易克服至今仍影响这一技术广泛发展的障碍”（IAEA Bulletin Vol. 28 No. 2, 1986）。

1987年国际原子能机构曾派遣本书主编梅子熙博士到我国，执行一项为期两个月（6月~8月）的“食品辐照在中国”的专家考察任务。他在向国际原子能机构提交的《最终报告》的见解是：“中国对食品辐照抱有高度的积极性，而且受到国家科委、中国科学院和地方科委等各级政府的有力支持，使中国食品辐照事业在当今世界最富有活力。”

1988年1月在北京召开了“食品辐照在中国的发展学术讨论会”。国际原子能机构的官员和专家也出席了讨论会。在这次会议上与代表对我国食品辐照近年来的发展状况进行了比较系统与全面的总结，并对当前存在的问题和今后发展的方向展开了讨论。大部分与会者对我国食品辐照的前景持乐观态度。这次会议无疑对我国今后食品辐照工作的开展是一个有力的促进。

由梅子熙博士主编的《食品与农产品辐照杀虫》一书，实际上是一次国际会议的论文集。该会议于1983年11月14~18日在美国夏威夷州的檀香山召开，出席会议的有来自美国能源部，美国农业部，联合国粮农组织，国际原子能机构，以及日本、法国、澳大利亚、新西兰、匈牙利、新加坡、泰国、菲律宾、巴基斯坦、孟加拉国、印度尼西亚、伊拉克、智利、哥伦比亚等国的代表共140人。美国夏威夷大学食品科学与人类营养系食品工程教授梅子熙博士任大会主席。

这次会议共收集文章近40篇（包括致词4篇），分为7个专题，涉及的范围有：

- 总论
- 辐照作为一种检疫处理手段
- 辐照水果的质量特点
- 其他食品及农产品的杀虫
- 辐照装置
- 经济可行性，市场销售和消费者的接受性
- 辐照产品的包装。

每个专题组在论文宣读后都设有专题讨论一节（辐照产品的包装专题例外）。讨论者不拘形式，发言活跃，气氛热烈。书后还附有每一专题主席对本组活动的概要介绍和小结，最后还开展了“辐照食品的商业化趋向”的专题讨论。

本书内容除主要论述食品和农产品的辐照杀虫以外，还包含了食品辐照其他众多领域的最新成果和动态。由于这次国际会议参加者以美国人居多（论文占50%以上），因而我国读者可从本书中概要地了解美国对待食品辐照的态度和历史缘由；美国能源部实施其“副产品利用计划”，包括可移动式铯辐照装置设计与建造的进展情况；以及美国如何利用其国防部“粒子束武器计划”中加速器技术成果为食品辐照加工服务的构想。

书中对食品辐照作为一种替代化学熏蒸剂的检疫手段的可能性进行了深入的探讨，并提出了检疫处理安全度的统计学概念和基础。书中还对辐照食品品质的科学的感官评价方法进

行了论述。这一切都对我国从事食品辐照的科技工作者具有重要的参考价值和借鉴作用。

本书还谈到了食品辐照对发展中国家的特殊意义，而且就辐照食品的一般商业化前景、经济可行性、市场销售和消费者接受性进行了分析。这些讨论和分析都有其不同的社会经济背景，未必符合我国的国情，然而对于扩大我国读者的眼界和思路肯定会有所启发和帮助。

这本书的中译本是根据梅子熙博士访问我国提供的英文版原著组织翻译的。前言和总论部分由傅满昌与吕延晓翻译，专题I由张瑞萱翻译，专题II由梁东虎翻译，专题III与VI由唐在民翻译，专题IV由张赫瑚翻译，专题V由李永源翻译，最后部分（包括简要介绍和结论，以及专题讨论）由王传祯翻译，程子勤、李尔康参加了部分译校工作。全书由王传祯负责技术审查，吕延晓总审校。

由于译校者的水平有限，错漏和不妥之处在所难免，恳请读者、专家们不吝指正。

吕延晓 1989年5月

前 言

采用电离辐射杀灭各种食品及农产品的虫害是在世界范围内经过过去几十年的研究而确立的技术上可行的方法。辐射杀虫的效能使其成为诸如化学熏蒸，热或冷处理等其他公认的检疫方法的现实的替代手段。这种方法的优点是效率高（辐照时间短），具有总体效能（经处理的害虫无法幸存或繁殖），价格有竞争性（与其他处理方法比较），无残留，质量稳定，以及可延缓某些水果和蔬菜的成熟。辐射杀虫是电离能量在食品保藏中六项不同的有益应用之一。

虽然辐射杀虫可能是食品辐照技术最有希望的一种应用，然而必然仍有很多问题和争论点，并且必须予以解答。1983年11月14日至18日在檀香山召开了食品和农产品辐照杀虫国际会议，以求向工业界传播最新的信息，并向与会者提供一个询问、解答以及交换思想和观点的讲坛。报告中所涉及的题目包括政府法规，世界现状，辐照作为一种检疫处理手段，工艺和产品质量，辐照设施，经济性，市场，消费者接受性，以及辐照产品的包装等。

在本出版物中读者将看到35篇涉及这些题目的技术论文，作者都是在该领域中富有实际经验和具有权威性的人士。基调讲演和午宴致词，都提供了思考的材料（未辐照食品）。六个专题分组讨论会生动活泼地提出了许多争论点。讨论中涉及较多的问题是控制果蝇的9概率单位这一概念和标准的可靠性，辐照剂量与昆虫发育阶段的关系，用户（工业界）的兴趣，食品辐照在商业上早期应用的障碍，消费者接受程度，以及标签要求。这些讨论对这一食品保藏技术的许多侧面都进行了有益的探讨，这些方面是在其他传统技术，例如干燥、罐藏、冷冻以及化学保藏中所未曾遇到的。

尽管这里集中了关于辐射杀虫的大量最新信息，然而还必须扩展更多的知识。例如，一些基本的问题，像果蝇对辐照抵抗力最强的阶段，以及某些辐照产物毒理学原因，都有待回答。除此以外，一些实际问题，如电子束用于形状不一、非颗粒产品的杀虫效果以及国际检疫处理协议的必要性，也必须加以回答。然而，近来人们对电离辐射作为一种切实可行的有效的技术用来杀虫重新抱有兴趣，部分原因在于某些化学药品（例如二溴乙烷）预计将禁用；部分原因是国内和国际的权威部门对研究数据的广泛评审，展示出食品辐照的安全性。现在，工业界有责任采用这种技术，并且推行一套行之有效的教育计划去增强消费者对辐照食品的信心与信任感。

大会几个委员会的所有成员都为本次会议的成功作出了努力和辛勤的工作。谨对他们致以最深切的谢意。还要感谢各赞助机构、组织或研究所的支持，以及联合国粮农组织/国际原子能机构（FAO/IAEA），原子能用于食品和农业发展的同位素与辐射应用办事处的支持。特别要感谢Thelma Narita夫人帮助重新打印手稿，以及感谢Sally Higa小姐帮助准备手稿并交付出版。

J. H. M 于檀香山

开 幕 词

James H. Moy

会议主席

夏威夷大学食品科学和人类营养系教授

我谨向诸位致以我最热烈的Aloha, Aloha在我们夏威夷语中是致意与欢迎之意。

今天我们在这里讨论关于采用电离辐射控制食物与农产品中虫害的许多至关重要的问题。我们力图通过富有经验的科学家和技术专家提供各领域的最新资料来客观地做到这一点。这些领域的课题都已列入本会议的议程。

鉴于最近美国环境保护局(EPA)对使用二溴乙烷作为熏蒸剂开展的活动,在本次会议将要提出的某些问题是:(1)电离辐射处理是否是一种有效而适宜的检疫手段?(2)我们是否准备采用辐射来杀虫。我想,第一个问题已通过大量的科学研究给予了充分的回答。这一答案将随本次会议对最新资料进行归纳总结而变得十分明显。第二个问题需从不同侧面对辐射技术进行考查。我想,在本次会议结束以前,我们都会对此有一个更明确得多的认识。

若对历史进行一下回顾,并以美国作为一个例子进行分析,那么我们应当赞扬美国国会和前原子能委员会(AEC)的远见卓识和英明决策,他们提供数以百万计的美元建造辐照装置,并在各研究机构就电离辐射用于食品保藏的价值进行研究。同样,联合国粮农组织(FAO)与国际原子能机构(IAEA)也在世界各地为推进这一技术作出了自己的贡献。就研究一种食品保藏技术所花费的时间、金钱和精力而言,辐照比起其他一些技术,诸如干燥、罐藏、冷冻以及使用化学药品等的研究要更为透彻。

辐射是一种有用的工具,然而时而引起争论。这渊源于原子弹和氢弹可怕的效应,原子能和平利用的研究和推广是以后的事。美国1985年食品添加剂修正案特别为制订条例而把辐射列为一种食品添加剂。这是有点不幸的,因为以后的研究表明,辐射应认作一种“加工过程”,而不是添加剂。近年来,国际食品规范委员会已认真考虑将辐射作为一种加工过程来处理。最近加拿大政府卫生部门已提议修订其条例,控制食品辐照在低于1kGy或100krad下进行,作为一种加工过程,而不是食品添加剂。美国食品和药物管理局(FDA)也正在采取同样的行动方针,这一点还将在本次会议进一步讨论。

曾经设想过,如果火发现于电离辐射之后,那么美国食品和药物管理局可能也会要求对申请进行评价和批准,然后火才允许用来烹调食品以及制作烤牛排或鸡的木炭,因为许多由热化学反应生成的热解化合物都是致癌物质。对采用辐射保藏食品的争论部分是出于误解。人们常常把一座食品辐照装置认为反应堆,因而他们害怕食品中有放射性。而且,反应堆泄漏的新闻以及核武器部署的争论都对辐射用于食品保藏投下了附加的阴影。然而,众所周知,通过选择合适的辐射源,并采用良好的工程设计,食品决不会变成带有放射性的。用 γ

源辐照的食品与用X射线辐照的食品是一样的。

当我们考查 γ 射线用于杀虫的潜力时，我们就意识到存在一些我们必须加以考虑的技术、经济、环境，和人的因素。我们不得不就效率、质量、健康和成本方面的利益和风险进行权衡。当我们吃罐头食品时，我们就可能面临遭受梭状芽孢杆菌、肉毒杆菌的威胁。这是一种可产生致人死命的极毒的生物体。这种毒素是引起最为可怕的一种食物中毒形式的源本。

当前的事实是，各种虫害将继续与我们共同分享这颗行星的资源，它们将继续吃掉和毁坏我们的食物。我们需要在不损害自身的条件下尽可能完美的控制这些虫害，让它们不再蔓延到其他地区。我个人的看法是，尽管对核能存在某些反对的意见，然而消费者是可以经教育而接受电强辐射有益地应用于杀虫这一点的。只要科学家和工程师们运用清晰而简练的语言陈述他们的研究成果，政府机构允许无偏见地评价这项技术，工业界代表在对各种杀虫技术的优缺点进行相互比较后作出英明的决策，那么这一点就会实现。我希望到本会议结束时，你们都会带着辐射杀虫是一种业已到来的技术这样一种感觉而离去。

在今后五天，大家将有充分的机会去会见朋友，提出问题，讨论看法和交换观点。我希望你们利用好这些机会。有几位远方的朋友本打算到会，然而遗憾的是他们没能成行。对于在座的各位，我想表达我最热忱的欢迎。我感谢诸位为这一重大的事件而光临我处。我希望诸位对本次会议感到满意。

欢 迎 词

Dennis L. Krenz

美国能源部能源技术处处长

我谨代表本次国际会议的发起单位之一——能源部，向诸位表示欢迎。值此开幕之际我仅就我国这一政府部门的全国能源计划讲几句话。

美国现已从衰退中重新回升，经济正明显地复苏。重要的是，我们目前对能源和相关的公共问题所开展的活动都继续支持这种经济的改善。为最大限度地减少联邦政府对能源市场的干预和鼓励我国能源系统的均衡与多样性所拟定的计划与开展的活动，都将对经济效率，持续的复苏以及未来的经济增长作出巨大的贡献。在这一点上，有三个方面的能源计划和活动特别重要。

第一是节能。政策制订者、生产者和消费者都应把这看作是一种极重要的能量资源。这就是说，节能应看作个人和事业单位都可采取的一整套行动，它是对新的供应开发的一种费用上划得来的替代办法。节能活动经常是更为便宜和易于实施，而且经常具有可观的经济意义。自从70年代能源价格受到冲击以来，每一美元国民生产总值的能量利用稳步下降，在许多领域，从汽车到住房，到办公大楼，到制造加工都出现了能量利用率的重大改善。不应该因为这些成就，连同能源价格大致的稳定性以及在过去一年中世界油价的降低，而漠视还可能进一步得益的事实。节能现在是，而且今后也将是可加利用的能源资源混合物中一种重要组分。

能源计划与活动的第二个关键方面是能源的保障和国际合作。美国对世界能源市场，特

别是石油市场的参与，要求高度优先考虑国内能源政策，以及全国与国际能源保障方面的计划。联邦政府针对应付能源危机的应急计划包括发展和持续扩充战略石油贮备（SPR），保持海军石油贮备（NPR），应急反应计划，以及经常检验我们对大范围内可能发生的能源危机的反应能力。国内能源保障由于实施其他一系列联邦能源计划而得到加强。这些计划包括石油价格无条例限制（deregulation）；在天然气定价和核许可证发放方面所作的管理改革的努力；联邦土地和外部大陆架的租借计划；促进能源贸易，以及扩大研究和开发，包括加强国际间的合作研究。

今后日益受到重视的第三个关键方面是基础与应用研究及开发。联邦政府资助的研究和开发服务于两个重要目的。首先，将我们的科学和技术知识推进到最前沿，并为技术革新提供基础的构件。简言之，我们之所以这样干，是因为我们作为人类以及作为一个民族对自然和物质有更深刻的理解，我们的生活状况就会更好。其次，联邦能源研究和开发计划通过为今后联邦部门以外的开发提供科学和工程知识来支持新能源和替代能源的开发。联邦政府在诸如太阳能、节能技术、强化回收技术、磁聚变、反应堆技术与合成燃料等领域的研究与开发计划，都是实现新燃料和新技术商业化有用的先驱。而这些新燃料和新技术对于促进一种长期均衡与混合的能源系统是必需的。一旦基础和应用研究及开发取得成效，实现新技术和替代技术商业化和市场化的地方就不由联邦政府确定，而由企业与企业与消费者来确定。联邦政府将继续强调技术转让工作的重要性，以确保公开支持的研究和开发成果广泛而及时地用于市场。本次会议就是这种强调技术转让的一个例子。

能源部低剂量食品辐照计划已经遵循，并将继续遵循这一方针。你们将于今天上午11点钟在我的报告中听到这一计划的详细内容。再次欢迎和感谢诸位光临这次重要的会议。

欢 迎 词

W. F. Helms

美国农业部动植物卫生检查局副行政长官

在70年代中期有证据表明二溴乙烷是一种动物致癌物质，这时美国农业部（USDA）加倍努力寻求检疫替代处理手段。这些努力包括对其他化学药物、虫害综合治理途径以及使用 γ 射线等开展研究活动。这些活动的焦点是化学替代物。辐照未曾得到全力以赴的研究，因为当时尚未建立卫生食品容许量（wholesome food tolerance）。

直到今天，仍未找到二溴乙烷的化学替代物。溴甲烷作为一种检疫处理手段对某些农产品表明具有某种前景。正在开发热水处理用于木瓜，而冷处理程序则被批准用于柑桔。

据我所知，食品和药物管理局正在拟定一项建议，对受辐照的水果和蔬菜建立一种卫生食品容许量。在这容许量建立之前，美国农业部的活动在辐照方面将受到很大限制。毋庸置疑， γ 辐照在25kRad（0.25kGy）水平时可杀死水果与蔬菜中的虫害。这一方法已成功地运用于木瓜，至于柑桔还在开展某些研究。

但是，我认为还有一些在辐照成为一种可接受的检疫处理方法之前必须提出的问题。第一个问题是建立一种类似于采用二溴乙烷熏蒸所建立的处理规则。该规则应包括保证水果经处理后不再受虫害侵染。这里假定辐照装置坐落在受虫害侵染的地区。第二个问题是建立一种

定型的处理程序，以确保每个水果都得到可接受的最低剂量，并准确加以记录，这样就有可能证实某一特定的批量在适当的剂量下经受过处理。

工业界必须查明是否出现损坏和化学变质。某些新近的资料表明，柑桔即使在25krad。(0.25kGy)剂量水平时也可能遭到损坏。不同种类的同一种水果可能具有不同的反应。早季或晚季水果有可能影响不一样。因此，水果质量的很多方面仍然有待于评价。

也许所提出的最大的问题是辐照食品的消费者接受性的问题。我认为，开展一项教育工作是符合工业界的利益的，告之广大消费者什么是 γ 辐照，为什么要用它，它如何影响或不影响产品，采用这一方法的安全性如何等。我认为，这就是工业界尚未表明对采用辐照抱有更大兴趣的一个原因。

正如我曾指出过的，美国农业部已积极参与了辐照用于水果和蔬菜检疫处理的开发工作。我们将继续开展这方面的工作作为对使用二溴乙烷的一种替代办法。然而，我们认为当前更为优先的任务是，在1984年9月1日前，也即当二溴乙烷作为一种熏蒸剂有可能禁止使用之前，开展近期研究以开发替代物。一旦短期替代物开发出来，并提供使用，我们将提出包括辐照在内的长期活动。

欢 迎 词

Jack F. Kefford

国际食品科学技术联合会秘书长

我极为荣幸地代表国际食品科学技术联合会向诸位致以敬意和良好的祝愿。我们这一联合会通常简称为IUFoST。

如果你们当中某些人对这一联合组织并不熟悉，那么让我告诉你们这是一个来自43个国家的国家组织的联合体。每一个组织都是该国食品科学家和技术专家的代表。联合会的美国成员单位是食品技术专家协会(IFT)。另外，本联合会1983~1987年间的现任主席是Richard L. Hall博士，他是McCormic公司的副总裁，食品技术专家协会前会长。

国际食品科学技术联合会的宗旨是，促进全世界食品科技知识的研究、教育与普及。达到这一目标最有效的途径之一就是组织和主办各种会议和专题讨论会。因此，本联合会十分高兴作为这次辐射杀虫会议的发起单位之一。我们的财源不大，因而赞助是象征性的，但我确信，你们将从中看到我们这个国际科学社团对这次会议是予以赞赏的，因为它提出了一个十分急需分享经验与建立公众信任的问题。

9月末(1983)，我刚出席了由本联合会在都柏林组织的第六次世界食品科学和技术大会。这次大会的主题是“食品科学和技术用于发展、福利与和平”，来自51个国家的950名代表参加了这次会议。这次大会的议程中还包括有一次食品辐照的会议，以纪念Karoly Vas教授，他是世界粮农组织-国际原子能机构合作计划食品保藏部前主任。

我肯定，你们将对这次专题讨论会的结论抱有兴趣。结论认为，食品辐照将树立起自己的20世纪唯一的一种真正新的食品保藏方法的形象，然而其进展可能由于必须向消费者反复保证辐照食品是安全的这一点而放慢步伐。

就我自己的国家而言，我想告诉大家，澳大利亚食品科学和技术研究所同你们一样对食

品辐照抱有兴趣。目前刚刚举行了一次这方面的全国性的技术专题讨论会。

国际食品科学技术联合会祝贺夏威夷大学发起召开些次会议，并为能与其他单位联合赞助这一及时而重大的事件感到骄傲。

欢 迎 词

Paisan Loaharanu

联合国粮农组织-国际原子能机构
同位素与辐射应用处技术长官

我谨代表世界粮农组织和国际原子能机构的总干事长们，表达他们对这次会议的主办单位的谢意，特别要感谢夏威夷州通过其夏威夷大学在这个美丽的檀香山城市及时组织这次国际会议，并且接待我们联合国粮农组织/国际原子能机构的粮食与农产品杀虫研究协调会议。我们还要专门向本次会议的组织委员会主席James Moy表示谢意，他为取得这次重要事件的成功作出了自己的努力和奉献。

你们当中有一些人可能还记得，世界粮农组织和国际原子能机构曾于1970年在檀香山召开过一次专家小组会议，提出了在水果贸易中采用辐照来克服检疫限制的课题。现在我高兴地看到，那次会议的几位参加者，包括Burditt博士，Dollar博士与Moy博士都还继续对这一领域抱有兴趣，今天仍然和我们在一起。尽管1970年的专家小组会议认识到辐射作为一种检疫处理手段较之化学熏蒸有某些优点，然而那时对采用辐照的需求由于缺乏国家当局对这一加工过程的认可而并不显得迫切。这个问题在今天由于联合国粮农组织/国际原子能机构/世界卫生组织（FAO/IAEA/WHO）辐照食品卫生安全性联合专家委员会（JEC-FI）的结论和推荐而不应该再存在了。这个委员会在1980年指出，任何食品在直到10kGy（1Mrad）平均总剂量下辐照不会造成毒理学危害。国际食品规范委员会在其1983年7月于罗马召开的第15次会议上已将1980年JECFI的推荐纳入其《辐照食品国际通用推荐标准》之中，这一修正的标准，连同《用于处理食品的辐射装置操作实践推荐准则》一起很快将在该委员会所有122个成员国中发行流通，以便让这些国家在不久的将来接受上述标准。这一国际食品规范标准应在促进辐照食品的接受性和国际贸易方面起到一种重要的作用。

我们大家都知道美国环境保护局的决定，要求中止并淘汰所有二溴乙烷在食品和农产品的使用。我相信，这次会议将在采用辐照替代化学熏蒸用于食品和农产品方面确立一种巩固的地位。我还认为辐照在杀虫方面应得到与其他一些技术同等的注意，如果不是更多的话。辐照不应该被束之高阁，也不应当只有在发现其它技术不可行或不安全的情况下才考虑到它。

我高兴地看到，来自15个国家的100多位代表出席了这次会议。世界粮农组织和国际原子能机构正在召开其首次与本次会议主题类似的研究协调会议，这一事实证明，我们对食品和农产品辐射杀虫方面给予了极大的重视。

另外，你们当中某些人可能已经知道，我们下周将在东-西中心（East-West Center）召开一次联合国粮农组织/国际原子能机构顾问会议，专门讨论辐照作为水果的一种检疫处理手段的应用。

第二节 制袋成形器的设计

自动化程度较高的装袋机，经带使用卷筒包装材料，一面由制袋成形器制袋，一面进行充填包装。成形器对包装形式、袋的尺寸及产品包装质量等都施有重要影响。

一、常用的制袋成型器形式及特点：

根据制袋时材料成型和充填要求不同，制袋器的型式也不相同，如图(7-14)所示。

1、翻领式成形器

如图7-14(1)所示，将平张薄膜拉过该成形器时，薄膜就形成圆筒状，薄膜的接头可以是搭接式的或对接式的。该成形器对薄膜的阻力较大，易使薄膜产生塑性变形，使薄膜发绉或撕裂，故对塑料薄膜适应性差，而对塑料复合薄膜适应性较好。它常用于立式枕形制袋包装机上，包装粉状、颗粒状物料。每种规格的成形器，只能成形一种规格的袋宽，当袋宽规格发生变化时，就要更换相应尺寸的成形器。但是，成形器的设计，制造及调试都较复杂。

2、三角形成型器

如图7-14(2)所示，它用等腰锐角三角形板与平行导辊(或U形立柱)一起联结在基板上而成的。它是最简单的一种成型器，它具有一定的通用性，既能适应袋子的尺寸变化较大的需要，此时只要调节基板的上下位置即可。故此种成形器的应用范围广泛，不论立式、卧式、间歇运动或连续运动的三面、四面制袋包装机上都有应用。

3、U形成型器

如图7-14(3)所示，它是由U形折叠板与结合杆组成的。它是在三角形成型器的基础上改装的，即在三角形成型器的两边各增加一块薄膜导板，下端加接一段“U”形的导槽而构成的。薄膜在成形时受的阻力比三角形成型器小，适用范围同三角形成型器一样，但其结构比较复杂。

4、象鼻成形器

如图7-14(4)所示。该成形器类似象鼻的形状，平张薄膜拉过该成形器时，薄膜变化较平缓，故成形的阻力比翻领式成形器的阻力小，适用于塑料单膜的成形，它常用于立式连续三面封口制袋包装机及枕式对接制袋包装机上。但是，对制造同一尺寸的枕形袋所需对应的成形器，象鼻成形器的结构尺寸比翻领式结构尺寸大，薄膜也易于跑偏，同样，该成形器只能成形同一宽度的袋形。

5、直角缺口导板成形器

如图7-14(5)所示，它由缺口导板、导辊和双边纵封辊组成，成形器本身能将平张薄膜对开后又自动对折封口呈圆筒形，常应用在立式连续联合包装机上。

二、制袋成形器设计

(一) 翻领式成型器的设计

该成形器本身具有内、外曲面交接的表面，薄膜与这些表面发生相对运动时，薄膜就按成形器内、外曲面的形状，逐渐卷曲成圆筒形。薄膜成形过程中，应使其受到的摩擦阻力最小，尽量不发生纵向或横向的拉伸变形，因此，成形器的曲面形状和尺寸要能

在整个30年代继续种植各种各样的柑桔、热带水果，甚至相当规模的各种苹果。然而，在第二次世界大战期间，由于东方果蝇的来临，我们的农业经历了另一次惨重的打击。据推测这种果蝇来自塞班岛军用飞机上偷运的水果内部。此后，我们隔海的邻州加利福尼亚在其检疫实践中一直高度提防。近来当加利福尼亚州出现地中海果蝇，两州的关系便呈现某种紧张状态，而且夏威夷被指责为发源地。今年（1983）早些时候，加利福尼亚出现了东方果蝇，夏威夷又一次成了怀疑的对象。与此同时，在夏威夷发现了一种第四类果蝇——Hendel。到目前为止，它侵染的只是辣椒，但对茄子及有关的植物也具有威胁性。

薰蒸杀虫法使我们能出口新鲜的菠萝和木瓜，但这种方法也许不再是一种解决问题的办法了。在过去的15年中，联邦环境保护局已经禁止或逐步淘汰夏威夷农业在作物生长时用于控制蚂蚁和伐虫的某些主要杀虫剂，在我们的菠萝和木瓜种植业上使用二溴乙烷作为土壤和收获后的薰蒸剂目前也成为非法。二溴乙烷被指控是一种潜在的致癌物质，禁止使用自1984年9月生效。这个问题还有待于科学的裁决，因而可能存在缓慢实施的机会。然而除非能找到一种替代方法并很快采用，否则夏威夷木瓜出口业就要面临末日。Amfac组织（我们州木瓜出口领导商社）的主席Henry Walker，他本人是从该公司一名农业工艺师提升到董事长的地位的，他认为食品辐照是替代二溴乙烷唯一可行的手段。

夏威夷在1967年率先建造了第一座示范厂，拥有一台用于木瓜辐照的食品辐照装置。我作为一名议员，曾参与过为建设这座位于檀香山Fort Armstrong的工厂而在美国原子能委员会、美国农业部，以及夏威夷州之间进行过必要的协调。在Mel Dollar博士和Ernest Akamine教授的领导下，该厂采用低剂量 γ 射线（低于50krad）对木瓜进行各种类型的果蝇杀虫。Akamine教授把辐照和热水处理相结合，不仅对木瓜进行杀虫，而且还防止腐烂，使其货架寿命增加了好几天。他的研究表明，剂量为25krad那么低就可达到这一效果。

现在他们的工作再一次可望得到实施。1981年3月，美国食品和药物管理局发布了他们将允许在美国采用辐照延长食品货架寿命的意向书。该意向书还建议，100krad或低于该剂量所辐照的食品应认为对于人类消费是安全和无害的，无需事先取得政府的批准。30多年的科学论据对这一建议是一种有力的支持。具有巧合意义的是，食品与药物管理局解除辐照食品禁令方面的专家Clyde Takaguchi博士是Moy教授以前的学生，而且也是当地夏威夷大岛puna木瓜区的人，我想他将会在这次会议上发表一篇论文。我不知道Takeguchi博士是否想到过某一天他会作为夏威夷木瓜的救星而受到欢呼！不管怎样，这一拟议的法规变更引起了国会研究服务处和佛罗里达议会代表团的极大兴趣。最近我和他们一道敦促健康人类服务处秘书Margaret M. Heckler（我和他曾同在会议院共事过）批准这一拟议的法规，允许食品辐照。这一法规可望今年公布，并于明年（1984）早些时候生效。在那以前，辐照食品在美国市场上还买不到。美国已经出口了辐照食品，而且也由于在漫长的宇宙飞行期间供养我们的宇航员。然而，在食品与药物管理局方面，现在他们已不认为辐照本身是一种必须加以检查的食品添加剂，但却坚持辐照对食品的“效应”（伴随辐射而产生的化学变化）必须证明是安全的。

你们当中那些自海外来出席会议的人可能了解到，联合国粮农组织，国际原子能机构和世界卫生组织曾对辐照食品的卫生安全性问题进行过联合考查。他们已经对这样的食品采用了一种通用标准，并建立了一套有关食品辐照装置的实践准则。两年前，他们建议经辐照直到总平均剂量达10kGy（1000krad）的任何食品都予以无条件批准。这一水平为食品和药物管

理局建议的10倍。

在美国，陆军率先在其马萨诸塞州的纳蒂克(Natick)实验室里开展了食品辐照，它是作为艾森豪威尔执政期间“原子用于和平”计划的一部分。这项工作与辐照过的牛肉、羊肉、猪肉和鸡肉的动物饲养一起按陆军合同继续了10年。然而私营合同研究者因其数据受到了来自军队和总审计局(General Accounting Office)的严厉批评，后者是国会权力之所在。

从1980年以后，高剂量食品辐照计划交由美国农业部的农业研究局负责。另外一些联邦机构对食品辐照也开展了好几年的研究。农业部在低剂量辐照控制沙门氏菌，防止水果腐烂以及控制水果和蔬菜的虫害方面进行了研究。但是这些研究于1967年便终止了，其部分原因是消费者出于其“失味”而不肯接受辐照过的食品。我本人在1966年亲自吃过辐照处理过的烧鸡，人们告诉我它已经在货架上放了11个月之久，未曾冷冻。但其味道和新鲜鸡一样好。我们在夏威夷所进行的有关木瓜的研究工作表明，味道不受影响，如果其他条件相同，也就是说，如果所用的水果本身一开始就是新鲜可口的。

对于消费者更为严重的问题是对辐照食品的恐惧心理。“辐照”常常被公众错误地理解为“带放射性的”。立法和管理的问题当然是标签问题，有人向我建议，若把辐照玫瑰和其他农产品冠以另外一些名字，譬如“宇宙加工”或“电离能处理”，那么可能就悦耳动听。不言而喻，任何一位管理者都应赞赏运用语言魅力来克服消费者们由于无知和恐惧而产生的抵触情绪。因为夏威夷州是美国开发替代能源的国家实验室，所以我希望夏威夷应再次成为辐照木瓜方面的先锋——提供“来自太平洋天堂的电离能加工木瓜”。

就夏威夷州而言，食品辐照很可能又是一个具有美好前景的高技术产业的例子。在本世纪，夏威夷在热带农业科技方面一直居于世界领先地位。食品辐照将使其领先的领域更加扩大。木瓜决不应是该岛这一技术的唯一应用。对于我们的鳄梨来说，低剂量辐照是唯一可接受的检疫处理手段，就如甜瓜与甜椒一样。番石榴和芒果是夏威夷另外两种对低剂量有高度耐受性的水果。尽管应用辐照杀虫仍然很昂贵，但有人告诉我，对木瓜而言，辐照杀虫可能比薰蒸法经济得多。

建立这样一种工业最关键的问题是建造它所要求的装置，包括该州的一座检疫设施和一个用于加工水果的杀虫中心。若接近货物空运服务部门那更是锦上添花。我听说该计划正沿着这条路线行进。这样一些装置的设计必须考虑到最大限度地保障工人的安全。

今年6月，国会研究局发表了一篇关于“食品辐照保藏”的报告。它提出的观点是，现在农业部的水果和蔬菜检疫处理要求有一个概率统计测定，据此，31250个昆虫虫口中，应少于一个幸存者。而低于100krad的低剂量所产生的杀虫率是达不到这一水平的。这一报告还指出，如果把这一要求加以修改放宽，允许更多一些幸存者(虫子)，但这些幸存者都是不育的，那么就有可能采用低于20krad水平进行辐照杀虫(这一国会研究报告就是这样说的)。

我把这一信息，连同全美闻名的先驱哥伦比亚大学社会学家 Robert Lynd 在其《中等城市(Middletown)》中所作的比喻不当的观察一并告诉你们。他有一次评论说：“你听见一只卧室中虫子的叫声，还是听见一只花园中虫子的叫声，那是完全不一样的”。今天我在这里向你们大家提出，如果你们的技术能使昆虫在它们的卧室里不起作用，那么我们在花园里听不到它们的叫声就只是个时间问题了。