



辐射保藏食品译文集

科学出版社

辐射保藏食品译文集

北京市食品研究所 等 译

科学出版社

1980

内 容 简 介

应用辐射技术延长食品保藏期,为食品保藏工作开辟了新的途径,辐射保藏食品技术也愈益受到人们的重视。

本书选译了国外有关辐射保藏食品研究工作方面的文献共 20 篇,内容包括辐射保藏食品的工艺;辐射保藏食品作用机理;辐射剂量测定;辐射食品的安全卫生、成本计算以及辐射保藏食品研究工作国外进展情况等。

本书可供从事食品保藏的研究工作者及与食品保藏问题有关的商业工作人员参考。

辐射保藏食品译文集

北京市食品研究所 等 译

*

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

*

1980 年 12 月第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1980 年 12 月第一次印刷 印张: 10 5/8

印数: 0001—1,300 字数: 243,000

统一书号: 13031·1402

本社书号: 1935·13—10

定价: 1.65 元

译 者 的 话

辐射保藏食品的研究工作国际上已有近 30 年的历史,目前全世界有 50 多个国家正从事这方面的研究,涉及的食品项目也愈来愈广泛。在国际原子能机构 (IAEA)、联合国粮食与农业组织 (FAO) 和世界卫生组织 (WHO) 的倡议下,1970 年在巴黎成立了“食品辐射国际计划”(IFIP),先后共有 24 个国家参加该计划,分工协作进行研究。国际原子能机构已出版了不少有关辐射保藏食品方面的书籍,有关辐射保藏食品的文献也越来越多。

我国对辐射保藏食品的研究工作也已进行了多年,并取得了一定成绩。为了给从事这方面工作的同志提供参考,我们选译了国外有关文章汇集成此译文集。

本译文集共 20 篇文献,内容包括辐射保藏食品工艺、作用机理、剂量测定、安全卫生、成本计算以及辐射保藏食品国外进展情况等。参加翻译的单位有河南农学院、天津轻工业学院、四川工业卫生研究所、粮食部四川储藏科学研究所、中国科学技术情报研究所重庆分所、北京市食品研究所等,由北京市食品研究所负责译文审校工作。

由于辐射保藏食品在我国还是一项新技术,有关这方面的某些名词的译法还未一致,为了在本书中统一起见,经向一些单位征询意见后暂时作了决定。例如 radappertization 译为“辐射完全杀菌”; radication 译为“辐射针对性杀菌”; radurization 译为“辐射选择性杀菌”。可能仍有不妥之处,希读者指正。

译 者

1978 年 12 月

目 录

食品保藏.....	1
用 γ 射线辐射抑制洋葱和马铃薯发芽以及推迟香蕉 和芒果成熟的研究.....	16
低辐射强度改善经某种化学处理的马铃薯和洋葱耐 藏性的试验.....	40
γ 射线辐射洋葱一些化学方面的研究.....	61
国外利用 ^{60}Co γ 射线防治贮粮害虫的简况.....	69
电离辐射对谷物化学及工艺品质效应的国外研究概况.....	81
肉、肉制品和家禽的辐射完全杀菌.....	91
低剂量辐射保藏零售分割肉.....	110
辐射鱼中的肉毒杆菌.....	123
辐射过食品的检验方法和微生物标准.....	140
食品辐射的意义和作用机理.....	198
用剂量测定评定食品辐射的技术效果.....	207
高铈-正铜硫酸盐剂量计.....	213
辐射食品的卫生安全性和法规.....	223
辐射脱水虾的营养和安全性研究.....	240
日本辐射食品的卫生安全性研究.....	261
食品辐射国际计划(IFIP)的活动及世界各国批准的 辐射食品.....	277
日本食品辐射研究现状.....	294
美国食品辐射研究的现状和计划.....	311
建造和使用商业性食品辐射设备的成本因素.....	327

食 品 保 藏¹⁾

J. F. Diehl

在本次会议上所讨论的所有辐射处理应用中，食品辐射具有最大的发展潜力。全世界已有 50 多个国家着手这方面的研究计划，其中约有 30 个国家已建成或正在建造中间试验规模的辐射装置。值得注意的是，这方面的工作大部分是在发展中国家进行的。例如，孟买的印度核研究中心就有 70 位科学家从事食品辐射方面的研究工作。有一种产品的发展已超越研究阶段：1973 年在日本已建成投产一座辐射能力为 10,000 吨/月的 30 万居里的马铃薯辐照工厂，并在日本市场上正成功地出售为抑制发芽而辐射过的马铃薯。

自首次着手食品辐射研究以来 25 年中，已有过很多（常常言过其实的）宣扬。这种新的处理方法常常被宣传为“奇迹般的方法”，并预期出现一次“食品市场上的革命”。这只不过引起了罐头工业和其他对常规方法保藏食品感兴趣的工业的对抗情绪而已。因此，我关于这种处理方法有大的发展潜力的开场白可能会被人们以怀疑的态度来接受，而且亦会合乎情理地提出疑问：既然这种处理方法看来这样有前途，为什么在许多国家中投入很大力量进行研究而只导致一个大规模商业应用呢？在辐照食品能够广泛地获得之前还需要进行多少年的研究呢？

1) 本文是 1976 年 5 月 9—13 日在波多黎各举行的第一届辐射处理国际会议上的报告。

我将为此目的而试图回答这些问题,但在回答问题之前,我们将谈一谈辐射处理在食品工业中应用的可能,提出关于每一方面商业化远景的一些评论性意见。由于时间上不允许我作太详细的介绍,1972年在孟买召开的食品辐射国际会议文集为希望详知的读者提供了有关这方面的丰富的情报资料。

消毒剂量的辐射

这种处理,亦称辐射完全杀菌(radappertization),几乎只有美国麻萨诸塞州纳蒂克陆军研究发展中心一直在进行研究。其目的是生产在环境温度下能稳定放置的食品,而且比相应的热消毒食品有较好的品质特性。大多数食品,除非在低温下(-30°C 或更低)进行辐射,否则为此目的需要较高的辐射剂量(3—5兆拉德)而使食品产生异味。由于自溶酶有高的抗辐射性,除非辐射处理补加适度热处理,否则在辐射消毒食品中将发生酶的腐败。因此,全过程包括下述步骤:(a)加热到内在温度 $65-75^{\circ}\text{C}$, (b)在真空中包装在不透湿气、空气、光和微生物的密封容器中, (c)冷却至辐射温度(通常为 -30°C), (d)辐射。

我参加过纳蒂克的某些品质评议小组,而且我可以作证,辐射完全杀菌的火腿、咸肉、猪肉香肠、牛肉、罐头碎牛肉、鳕鱼块、小虾、鸡肉、羔羊肉有良好的品质。飞往月球的阿波罗飞船的宇航员就吃过辐射完全杀菌火腿,而且在阿波罗-联盟号宇宙飞船上,苏联宇航员也一起吃过辐射火腿、罐头碎牛肉、火鸡片和牛排。

上述四步过程必定显著地增加产品的费用。美国商务部进行的研究表明,假设用300万居里的 ^{60}Co 源,处理速率

2,000磅/时,工作时间8,000小时/年,源利用率30%,则对5兆拉德剂量,每100磅肉(熟重)的成本约为5美元。这相当于成本约11美分/公斤(不包括烫漂、包装和冷藏)。

纳蒂克组并不认为此过程能与市售冷藏鲜肉所采用的方法相竞争(后者占美国市售肉70%以上)。然而,除了满足美国武装部队和宇航员的特殊要求外,不用冷冻贮藏的食品对休假者、登山队员、客机炊事员及其他愿意为更加方便而付较高代价的顾客是会感兴趣的。

在这种食品能出售之前,须经卫生当局批准。1963年美国食品和药物管理局(FDA)批准将辐射完全杀菌咸肉无限制供人们消费。然而,当FDA再次审查动物饲养研究结果(50年代做的)并发现对满足今天更严格的试验要求来说是不合适的,这一决定在1968年被取消。1971年纳蒂克中心被委托进行辐射完全杀菌牛肉用于动物饲养的研究并将在今年结束。试验辐射完全杀菌火腿、猪肉和鸡肉的合同现正在商谈。取得这些试验结果尚需3、4年时间。考虑到写申请书,FDA批准和建立生产设备所需的附加时间,至少要等8至10年才能有可观的辐射完全杀菌食品投入美国市场。

某些新发现可能缩短这种时期。Wierbicky和Heiligman发现,辐射完全杀菌腌肉所需的亚硝酸盐(硝酸盐)用量要比未辐照肉少约80%。这是很有意义的,因为根据观察,在一定条件下,亚硝酸盐可与食品中的游离胺起反应形成致癌的亚硝胺。一些毒理学家拥护禁用亚硝酸盐作食品添加剂。然而,亚硝酸盐不仅用于使腌肉产生特殊风味而且有粉红的色泽,它还能防止由肉毒梭状芽孢杆菌生成毒素。因此,不用亚硝酸盐的卫生学危险性可能大于可能形成亚硝胺的危险性。总而言之,一般意见是在不致增加肉毒中毒的危险性的情况下尽可能少用亚硝酸盐。承认辐射有助于达到此目的,

克服卫生部门人员对食品辐射所持的否定态度还需要长期作工作来消除。

另一种特殊的辐射应用(我仍然认为是十分重要的)是麦片的消毒,以供要求无菌饮食的病人使用。1969年英国和荷兰已批准辐射完全杀菌麦片供应医院,接受这种饮食的病人在生活在无菌环境里的,因为他们服用的是抑制免疫反应的药品,例如接受器官移植或患白血球增加症的病人就是这样。药物服用的结果使他们极易受到感染,因而必须得到保护,免受病原微生物的危害。这种辐射处理应用的重要性并非直接与经济有关。幸而,这种病人数量少,因而辐射麦片数量亦有限。但是,认识到接受十分仔细的医学观察的病人们对辐射麦片反应良好这一事实,可能比大鼠和小鼠饲养研究的结果更令人信服。

巴斯德杀菌剂量的辐射

这类处理的目的是消灭公共卫生意义的特定微生物(radicalation)或借减少腐败微生物延长冷藏期(radurization),所需剂量约0.1—1兆拉德。

辐射针对性杀菌(radicalation)对杀灭沙门氏菌特别有意义。由于各种沙门氏菌的传染范围在大多数国家中有增长之势,特别在医院、学校、车、船和其他地方(那里有大群人在公共食堂用餐),经常有关于沙门氏菌大量爆发的新闻报道。诸如肉和肉制品、奶制品、蛋和蛋制品等蛋白质食物经鉴定常常是带菌的。食物和饲料的国际贸易日益增长和集体伙食作用的增大,增强了这种危害。故公共卫生机关力求引入最严格的卫生标准。

由于沙门氏菌对辐射十分敏感,故辐射可用作唯一合适

的卫生处理方法。与加热大大不同,辐射成功地用于冷冻食品和其他热敏感食品。与例如用环氧乙烷熏蒸大大不同,辐射不仅能杀死食品表面的微生物而且能杀死其内部的微生物。它亦没有环氧乙烷残留物和可能有毒的相互作用产物(特别是氯乙醇)。辐射的另一重要优点是可用于已包装的食品,因而防止了再次感染,这是熏蒸不能做到的。除在一定条件下(高压锅,耐热容器),亦是热处理不能做到的。辐射剂量比完全杀菌要求的低得多,这种处理对大多数荤食品的最后感官品质的影响是微不足道的。

我所最近完成的研究表明,对控制冷冻鸡中沙门氏菌,推荐的剂量为 800 千拉德,而且对色、香、味无显著影响(在 -30°C 下可保存 2 年)。为了控制寄生虫,诸如旋毛虫和绦虫的生长和生殖,只需要很低的剂量。

一些作者研究了用 100—500 千拉德剂量可延长肉、肉制品、鸡、鱼和甲壳类的冷藏期,1972 年孟买会议文集有一些关于这方面的报告。分割肉要求一些特殊预防手段以防止变色、脂肪氧化和肉汁渗出。与食品种类、剂量、包装和其他因素有关,在货架上的存放期可延长 2—3 倍。

一般认为,辐照亦可用于已包装的鱼和鱼块。我们曾对这样一个问题感到兴趣,即未包装的冰鲜鱼在渔船上就地辐射是否也能延长其保藏期。我们之所以对这一点感到兴趣也许要求作某些说明。西德渔船要抵达大西洋西北部的良好捕鱼区须航行很远,从这些区域返回港口要航行 5 天以上。由于冰鲜鱼在货架上的存放期有限,为保持鱼有足够好的品质,拖网船必须在第一次捕捞后的 15 天内返回。这样,捕捞日就少于 10 天,拖网船返回常不是满载的,因此船容量利用率低,而且捕捞日对非生产航行日之比亦不利,这导致大的经济损失。如果不能寻得延长冰鲜鱼在货架上的存放期的方

法，则把鲜鱼冰冻起来的趋势将继续下去，而在几年内不再能得到新鲜海鱼（尽管大多数消费者欢喜冰鲜鱼而不是冷冻鱼）。

根据实验室研究，看来用 100 千拉德剂量船上辐射鲜鱼有希望延长货架期。当 1975 年“Anton Dohrn”号研究船在几次航行的实际条件下试图作此研究时，发现与实验室情况大不相同，船上条件引起未包装鱼的立即再感染，因此，辐射效果消失，而鱼同未辐射过一样很快腐败。可惜，在较小的拖网船上包装整鱼是不实际的。很多种鱼有锐利的鳞片，除非十分小心处理，否则易发生包装割破，使腐败微生物有隙可入。将整鱼切成块、再辐射已包装的鱼块，从理论上说是一个解决方法——但实际上除了辐射源外渔船上已无多大空间容纳切块和包装机器。而且，整个冰鲜鱼的销路可能受到损失，消费者可能看不到包装冰冻鱼块和包装冷藏鱼块有多大差别。在这些条件下，西德渔业对鱼的辐射是否还感兴趣尚难确定。这不应使其他国家对鱼的辐射前景灰心。在沿海渔业比西德更为重要的国家里，岸上辐射的远景要好得多。此亦适用于发展中国家，那里冷冻食品处理系统通常不是一个容易获得的替代办法。

我们在对北海虾的辐射上所作的努力已取得很令人鼓舞的结果，D. Ehlermann 在本次会议上有一篇关于此题的报告。

用辐射减少调味品，如干葱头、酶制品中的微生物计数并不十分符合辐射选择性杀菌或辐射针对性杀菌的规定。处理的目的是主要不是或完全不是为了改善这些调味品本身的贮存期，而是为了避免加入这些调味品后食品的微生物感染。如用感染的调味品制备的腊肠可能很快腐败。熏蒸处理是现在唯一的解决办法，因为热处理可能破坏太多的特殊香味。化学处理无论从卫生观点（化学残留物和相互作用产物）和工艺

上(变味、包装时再感染的危险)均有缺点,故调味品工业对辐射处理有特别强烈的兴趣。一家西德厂商(Gewürzmüller, 斯图加特)实际上曾是世界上第一个出售辐射食品的。然而,当新的食品法规定食品辐射是非法时,1959年此公司买的辐射调味品用的范德格拉夫静电加速器就不得不拆除。一些新近研究确认,对调味品卫生来说,辐射比其他方法优越。

食品处理中所用的酶制剂的辐射亦是相当有趣的。这些酶是由微生物繁殖或由牛肚或木瓜等动、植物源产生的。在每种情况中,原材料都含有高的微生物计数并构成一种好的生长介质。由于酶的热敏感性,故离心和过滤的机械方法是唯一的纯化方法。另一方面,酶十分耐辐射,因而这种处理方法提供了现今遇到的问题理想解决办法。

用巴氏杀菌剂量处理的辐射成本费在1—10美分/公斤之间,这取决于剂量和产率。同改善卫生质量和降低腐败损失所得利益相比,这样的成本是不算高的。

已用经过辐射巴氏杀菌的鱼和鸡肉作过多次动物饲养研究。根据这些研究,加拿大食品和药品管理局在1973年已允许试售家禽(最大700千拉德)、鲑鱼和鳕鱼块(最大150千拉德)。苏联在1966年和1967年分别批准实验批量的家禽(600千拉德)和烹调肉(800千拉德)出售。在荷兰1971年起多次允许有限批量(10吨)调料辐射(800—1,000千拉德)。食品辐射国际计划(IFIP)正在进行广泛的辐射过的海鱼的饲养研究(对此将在后面述及)。倘若这些试验结果亦表明是无害的,就将为世界范围获准鱼辐射打开道路。辐射杀菌的牛肉、鸡肉等的上述饲养研究(如结果亦表明是无害的)将促使这些食品获准进行低剂量辐射。调料和酶的动物饲养试验相当困难,因加入食品中的这些物品浓度很低,我想,在这种情况下,放弃动物饲养研究,改而根据化学分析结果来加以批

准是合理的。荷兰卫生部已据此允许辐射调料出售。

除 虫、检 疫

低于 100 千拉德的剂量可用于谷物、豆类、鲜果、干果、干鱼等的杀虫。昆虫生活史的卵期对辐射最敏感,依次是幼虫、蛹和成虫,大多数昆虫在 5—20 千拉德下被杀死。一些成虫蛾较耐辐射,即使在 100 千拉德下仍能存活,然而它们的少量后代不能生育。

世界上大多数地区,特别在湿热地带,如不控制昆虫,谷物就无法保藏。现在用化学方法(费用低且十分有效)可达到这一点。然而,由于环境中化学残留物的增长,对昆虫控制的物理方法(如辐射)的兴趣日益增强。

概括 1961—1972 年间进行的五种成本估计研究结果, Balázs-Sprincz 作出图 1, 它表明谷物熏蒸的单价与处理量无关,而辐射成本则随辐射装置的处理量的增大而降低。根据

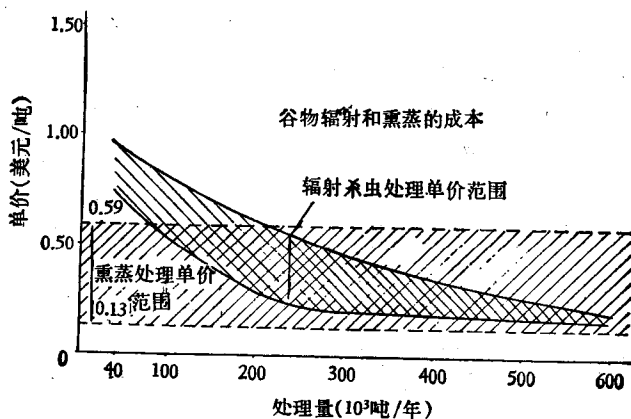


图 1 辐射保藏食品成本估计。

这些数据，年处理量在 20 万吨以上时，辐射肯定可与熏蒸法相竞争。应该注意，与辐射大不相同，大多数化学处理有残留物，它能继续预防虫害几星期到数月。因此，防虫仓库对辐射杀虫谷物来说比化学处理谷物更为重要。然而，辐射和熏蒸间的差别将随着为了卫生而愈益拒绝采用长效化学药品而消除。

包装面粉和其他包装食品不宜用熏蒸杀虫，而辐射看来是用于此种目的的唯一合适的方法。此法虽然有效，但仍要求采取仔细的生产方法：关于污物的条例规定，含有超过最低限量死虫的食品不得上市。

伊拉克等国出口的干椰枣，尽管是及时地用溴代甲烷熏蒸过，亦常因虫污染而被指为不合格。因此，伊拉克正在进行广泛的研究，目的是建立椰枣辐射杀虫的最佳条件。

为防止植物病虫害的传播，一些植物的国际间转运（甚至在一国内转运）是被禁止的。有时，植物能用熏蒸法杀虫。然而，有一些情况熏蒸不是很有效的，因为虫子藏在果实内，例如芒果种子象鼻虫就是这种情况。因此，不许从夏威夷装运芒果至美国其他地方。辐射可解决这一问题，并为芒果生产者开辟了广阔的新市场。

关于法律方面的情况：苏联从 1959 年起允许谷物辐射（30 千拉德），美国从 1963 年起（最大 50 千拉德），加拿大从 1969 年（最大 75 千拉德）起，允许辐射小麦和小麦粉。苏联亦允许处理干果（100 千拉德；1966）、干食品浓缩物（70 千拉德；1966）。据我所知，在这些国家中，上述批件尚未付之实用。

辐射草莓、木瓜、芒果和一些其他水果的动物饲养试验现已完成或正在进行。因此可以预期一些水果杀虫处理不久就会批准。

抑制发芽,延迟成熟

至今讨论的所有辐射处理都是为了杀死微生物或寄生虫,而不影响食品本身。相反,本节所论及的处理法影响到活植物组织的生理特性。第一个得到批准的食品辐射加工就是用 10 千拉德剂量辐射马铃薯来抑制发芽(苏联,1958)。自那时以来已约有 12 个其他国家批准这一应用。1965 年加拿大有一座商业化马铃薯辐射工厂(纽菲尔德)投入运转,但一年后由于财务上的困难而关闭。

日本马铃薯辐射工厂的建造费用为 130 万美元。运转和管理费(包括偿还和投资)在 1973—1974 为 23 万美元,辐射了 1.5 万吨马铃薯(15 美元/吨); 1974—1975 为 24.5 万美元,辐射了 1.3 万吨(19 美元/吨)。1975—1976 年将辐射 3 万吨,预计成本接近 9 美元/吨。马铃薯发芽亦可用化学药剂[如 CIPC(氯异丙基氨基甲酸苯酯)]来防止,其成本约 1 美元/吨。除坚固的保藏库(在库中化学药剂吹散成气溶胶)外不需其他投资。与温度和通风条件有关,CIPC 逐渐蒸发,为了长期保藏,处理可重复几次。如我们认为在 9 个月保藏期中为抑制发芽需用 3 次化学处理,这过程还是比辐射便宜。

一种降低成本的方法是在没有马铃薯可供辐射期间,用辐射装置处理其他食品,如抑制洋葱发芽。1965—1973 年间,已有 7 个国家允许不限量的洋葱辐射。通常采用的化学法抑制洋葱发芽是无效的。荷兰设计了一个洋葱辐射装置,预计用它来处理时,单价为 11 美元/吨。当一些荷兰洋葱的主要进口国(如西德)承认此过程后,就准备投资建造。1975 年荷兰政府已批准 γ 辐射洋葱(5 千拉德)。

在一些热带国家里,甘薯是一种主要食物。尼日利亚的

Adesnyi 指出, 可用 5—10 千拉德辐射剂量来防止甘薯发芽 (这是每年发生的大量保藏损失的主要原因), 而各种化学处理法均无效。波多黎各的 Rivera 等观察到 7.5 千拉德剂量可延长环境温度下甘薯的保藏期达 4 个月, 而且对化学组分无明显影响。

10—100 千拉德的辐射剂量可使多种水果 (如香蕉、芒果、番石榴、常青果) 延迟成熟, 从而延长保藏期。更高的辐射剂量倾向于加速成熟或引起各种类型的组织损伤。在水果中观测到的低剂量辐射的有益效应常常是对水果生理和损伤植物群的影响的结合。继续的研究似乎表明, 应用低剂量辐射与热水浸浴和 (或) 涂层和 (或) 气调保藏将比单用辐射或单用其他处理的效果要好。

改善食品品质

已有一些迹象表明, 辐射可缩短干菜的烹调时间, 改善干果复水能力, 改善大豆的可消化性, 提高水果和浆果的出汁量, 对某些酒精饮料的陈化有利影响或作为改性淀粉生产的手段。这些观测结果是否能实际应用尚待观察。

与食品有关的项目

目前已有相当大的供实验室动物用的饲料常规地进行辐射消毒。由于这些饲料的用户认识到这种辐射完全杀菌法优于热消毒法, 又由于有更多的辐射源可供使用, 因此在这方面的应用肯定会增长。由于下述两个原因, 在这方面的应用是有意义的。第一, 在没有食品送来进行辐射处理时, 辐射饲料有助于辐射工厂的经营更经济一些。第二, 年复一年, 实验

动物食用辐射饲料后长膘的观察结果应该有助于说服对辐射食品安全性的怀疑者。

食品包装材料和容器的消毒是另一条途径，它有助于食品辐射装置的充分利用。例如，在瓦赫宁根的荷兰食品辐射厂，没有香料或其它在荷兰允许进行辐射的食品送来处理时，就全天处理奶纸盒。

为何商业化如此缓慢？

虽然已有 17 个国家完全批准或部分批准一些辐射食品，但只有日本马铃薯辐照工厂和规模小得多的瓦赫宁根辐射工厂商业化生产辐射食品。这种情况有时被人用来证明工业界对辐射食品根本不感兴趣，而且所有在这方面的进一步努力都只不过是浪费金钱而已。

我并不同意这种悲观的估计，为了在经济上更吸引人，这种新的处理方法必须适用于多种食品项目。同样重要的是消除现存的出口障碍。荷兰的辐射洋葱，法国的辐射马铃薯如不能出口到邻国，那末允许对这些食品进行辐射又有什么好处可言呢？而且，至今为止，获准辐射的食品从经济观点来看并不是最适合的，特别是小麦和马铃薯更是如此。这些是低单价的大宗货。即使因包括辐射费用而使成本稍有增加，在此情况下，增加的量亦是显著的，当可采用较便宜的化学处理时更是如此。尤有甚者，这两种商品都是季节性的。一座辐照工厂（特别是辐射马铃薯）每年空闲 9—10 个月，而 ^{60}Co 源每年衰减率为 12%，将此与包装调料或生产酶的工厂的情况相比，那里生产是全年连续进行，因而可有效地利用辐射器。因此，这些高价食品的辐射成本相对来说是低的。鉴于类似的理由，辐射肉和肉制品（包括家禽和野味）的经济远景应是好的，对杀灭沙门氏菌或延长冷藏期亦是这样。全年收获的某些热带水果（在国际市场上价格是颇高的）亦属于这一类。这