

原子能知识丛书



辐射保藏食品



原子能知识丛书

辐射保藏食品

【美】G. M. 厄罗斯 著

王裕新 译

邓寿昌 校

原子能出版社

辐射保健食品

〔美〕G. M. 厄罗斯 著

王裕新 译

邓寿昌 校

原子能出版社出版

(北京2108信箱)

八九九二〇部队印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

☆

开本 787×1092 $\frac{1}{32}$ ·印张 1 $\frac{3}{16}$ ·字数 28千字

1983年12月第一版·1983年12月第一次印刷

印数 1—4,000册 统一书号: 15175·511

定价: 0.20元

出版说明

一提到原子能，就要和不可捉摸的放射性联系在一起，一些人往往望而生畏，敬而远之，这说明原子科学领域对于许多人还是陌生的。其实原子能既不可怕，也不神秘，它在我们的生活中正在起着愈来愈大的作用。

为了介绍原子能的基本知识和应用情况，我们有选择地翻译出版美国当代原子能学者和专家编写的原子能知识丛书 (Understanding the Atom Series)。这套丛书取材广泛、内容丰富、语言生动、深入浅出，具有中等文化水平的读者，花一些气力，读懂它是不成问题的。

在科学技术急速发展的今天，书中引用的有些材料稍嫌过时，但是这些材料对于理解基本概念还是有价值的。

目 录

收获的新鲜食品·····	1
人类食品的保藏史·····	3
食品是怎样变质的·····	7
一种新的食品保藏技术	
——辐照技术·····	9
辐射保藏食品的试验计划及装置·····	17
天天有鲜鱼·····	23
水果保鲜·····	27
关于辐照处理的鲜鱼可能在市场上出售的问题·····	30
将来水果的经济问题·····	33
结论·····	36

收获的新鲜食品

广柑在收获以后经过很长时间还像刚摘下来的一样味美、多汁，草莓也是保持完整、新鲜、而不霉烂。然而这些事情都是在收获以后几个星期，在远离产地的地方发生的。这是怎么回事呢？因为这些水果经过了辐照杀菌处理，即经过了低剂量的辐照处理。

在几个月内都不进入冷藏库的咸猪肉、火腿或鸡肉，供给几百名士兵食用时，他们都感到这些肉同正常新鲜的食用肉一样味美好吃。这又是怎么回事呢？因为它们也是经过了辐照杀菌处理，即经过了剂量水平足够高的辐照处理，杀死了细菌。

1963年2月8日，美国卫生、教育和福利部所属的食品和药物管理局规定，辐射保藏的咸猪肉对于人体是无害的，可以大量食用。这一规定在人类保存食品免受损坏的长期斗争中，开辟了一个新的篇章。

举世关注辐射保藏食品

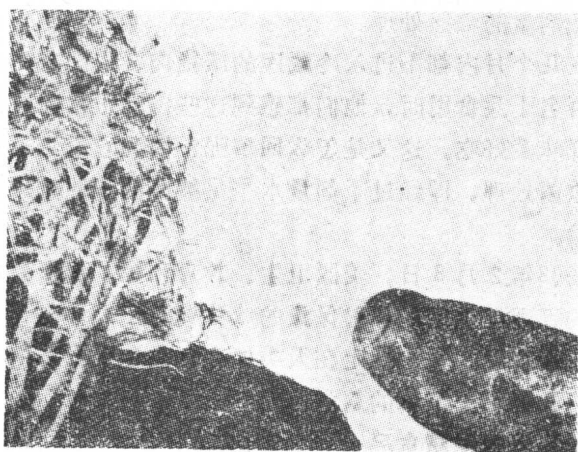
世界各国都在注视着辐射保藏食品的技术的进展。早在1960年加拿大食品管理局就已经做出决定，用低水平放射性照射马铃薯，以便抑制其幼芽的生长，这对于食用来说不会有害。据说苏联已将辐照处理过的马铃薯投放市场。

美国食品和药物管理局已批准在美国使用辐射加工技术来消灭谷物中的害虫。美国由于小麦虫害每年都损失几百万美元。使用化学杀虫剂只能消灭成虫，但是虫卵仍然留在小麦里面，并且在温度升高到适宜的时候孵化成虫。出口商们

相信：射线是杀灭虫卵而不伤害谷物的最有效的手段。

欧洲和远东国家都在进行用辐射来延长食品的生命、减少贮存食品时所要求的条件、以及消灭食品害虫的研究。

美国市场不准出售辐射处理过的食品*。但是，近几年来美国抓紧了这方面的研究和试验，以促进这项技术的广泛应用。



图中的照片表明了辐射在保藏食品方面的效果。图中的两个马铃薯的贮存时间是完全相同的。右边的一个马铃薯是经过辐照处理的，与刚收获的马铃薯相差无几；左边的那个马铃薯是未经辐照处理的，从图中可以看到它已长出了很长的幼芽。

* 这是六十年代初期的情况。近二十年来，由于辐射保藏食品技术的不断发展，世界上已有许多国家批准了多种辐照食品投入市场。——译者注

人类食品的保藏史

人类的历史就是人们寻找食物的历史，也是人们想方设法保存部分收获品，以度过一年内的非收获期的历史。在人们还不知道他们的食物为什么会产生腐败的时候，他们忙着研究保存食品的方法。经过几个世纪的努力，他们创造了许多防止食品腐烂的方法。如：干燥腌制、烟熏、干冷藏、发酵、泡制、装罐、冰冻、制成高糖的形式（例如果酱和果子冻）以及使用化学防腐剂。

甚至烹调或使用香料也是短期的保存食品的方法。人们吃的许多种主要食品，例如黄油和奶酪正是在保存它们的种种尝试中形成的。把牛奶做成黄油或奶酪是延长牛奶寿命的好办法。

辐射的应用是食品防腐技术的最新方法。下面就是保藏食品的研究工作中的几种主要方法。

干燥保藏法

干燥是一种历史悠久的保藏食品的方法（至今仍被广泛使用）。太阳以各种各样的形式造福于人类。在人们收割谷物和某些蔬菜之前，太阳把它们先晒干。这个自然过程是很有效的，因此也就无需人的力量。然而，有史以前的农夫就已经知道，雨季或连阴天会使地里的农作物霉烂。因此，他们将有些农作物运到地窖里阴干。

由于世界人口的增长，太阳晒干的食物已不能完全满足人们的需求。然而，直到十八世纪末叶，人们利用自然现象干燥食物的方法仍然是相当简单的，其中包括：将食物放置

在火的旁边烘烤；或将食物较薄地铺在地面上，在阳光下晒干，并注意要避免雨淋。大约在1795年，两位法国人马森（Masson）和查利特（Challet）对上述方法做了重大改进。他们制造了一种干燥器，它使温度为华氏 105 度的空气从切成薄片的蔬菜上面吹过。此后，就研制成了具有大容量的、更有效的干燥器。

在作物的全部生长过程中，生化反应起着助长的作用。但是，在作物被收割后，化学反应和生物作用便促进作物腐败而不是促进成熟。化学反应可以用化学添加剂控制，而且可以通过漂白的方法（迅速地暴露在湿热空气中）或者干燥的方法使生物作用停止下来。这就是干燥为什么一直是重要的食品加工方法的原因。

发酵保藏食品的方法

在地球上，微生物比其它任何一种生物都多。而且，即使大多数食品保藏方法的目的都是为了消灭微生物，或者至少是抑制它们的生长，但是仍有为数不多的几种食品是利用微生物的作用而制成的。酿酒就是这些作用的一种，它大概和穴居人的历史一样长久。毫无疑问，酿酒是文明社会人人皆知的事情。

有一种椭圆状的酵母菌，它是一种能把糖制成酒精的药剂。这种酵母菌通常存在于葡萄皮上面，当酵母细胞通过葡萄皮上的裂口或擦伤处而进入果汁的糖中时，便发生了发酵作用。发酵是一种碳水化合物的分解过程，很容易与腐烂作用区别，因为腐烂是微生物与含蛋白质的物质作用的结果。在现代的酿酒厂中，有意地将葡萄挤破，然后加热果汁以杀灭杂菌，再用纯酒曲控制发酵过程来调制果汁。

在啤酒、奶酪、奶油、泡菜、面包、乳液以及许多其它食品的制造过程中，都包含这种发酵作用。

罐头食品的制造

法国人在食品保藏方面做出了另一个较重要的贡献。在十八世纪，所有的士兵都非常厌烦腐败的肉食以及其它劣等食物。因此，在十八世纪九十年代，拿破仑拨出了 12000 法郎准备奖励发明适于部队使用的保藏食品的方法的人。有一个名叫尼古拉斯·阿珀特 (Nicolas Appert) 的糖果商人发现，把食物煮熟后密封在瓶子里，只要不打破瓶子，这食物就不变质。他不知道为什么会发生这种情况（当时的科学家们都不知道为什么），但是这个方法确实行之有效。阿珀特在 1809 年获得了这份奖金，并从此开始生产罐头食品。

到 1820 年，第一个大规模的罐头食品制造厂在美国投入生产。到了 1840 年罐头食品已遍及美国各地。但是，食品腐烂的机理以及罐头食品为什么能防腐，仍然是件神秘的事情。1864 年，路易斯·巴斯德 (Louis Pasteur) 向法国科学院报告说，有一种微小的增殖体使啤酒变质，因而促使法国酿酒工业受到挫折。报告还确信，只要酒里没有微生物，酒就不会变质。把葡萄酒或啤酒加热到华氏 135 度，并密封在坛子里，酒就不会变酸。这时已是阿珀特获得成就以后的第五十五个年头了。此后，食品工业在技术方面、原材料以及环境卫生方面进行了许多改进。罐头食品改变了西方人的饮食习惯，但是，我们仍然不完全了解微生物是如何死去的。虽然制造罐头食品和食品脱水不一样，制造罐头食品不是对自然过程的一种改进，但这却是人类在保藏食品方面控制自然界所做的初次尝试。

冷冻保藏食品

冷冻是后来发展的一种食品保藏技术，远在冷冻商品上市以前，就有人使用和提倡这种方法。例如，1842年本杰明（H. Benjamin）在英格兰荣获了冷冻鱼的专利权。几百年前，人们就已知道在洞穴里或者用天然冰冷藏食品了。十九世纪末，研究出了一种机械致冷的方法，可使食品在华氏40度左右的条件下贮存。这样就使世界上较发达的国家在饮食习惯方面产生了巨大变化。所以冷冻法成了一种使食品在短期内保持新鲜的重要贮存方法。

机械致冷也为冷藏食品工业提供了基础，但是没有得到发展。直到1940年左右，冷冻食品才成了新鲜食品、罐头食品和干化食品的竞争者。由克拉伦斯·伯宰（Clarence Birdseye）等人研制的快速冷冻工艺及其设备，促使冷冻食品成为一种新型食用消费品，投放市场。

由于多数食品含水量高，在温度为25—32°F时，便冷凝成固体。虽然每种食品都有各自的冰点，但它们均可在30分钟或更短的时间内完成冷冻。如果冷冻进行得很快，则会形成许多小的冰花状晶体，并且食品组织的变化是可逆的。根据冰花状晶体损伤理论，如果冷冻是缓慢地完成的，则可以形成大的、不规则的晶体。这种晶体在生长中，会刺穿食品的细胞。如果把这些食品溶化，它们就会变成粥状物。

虽然人们已经很好地掌握了冷冻食品的技术，但人们对于与此有关的物理、化学以及生物学方面的复杂变化，仍然没有充分了解。正如罐头食品的制造那样，尽管人类已经掌握了自然，但仍然是知其然不知其所以然。

食品是怎样变质的

人们为了从动植物中摄取最多的营养素，应当尽量吃刚宰杀的动物、刚收割的植物。植物或动物一旦死去，它们体内就会开始发生一种分解过程，并且它们的营养价值也要减少。

物理、化学、生物学方面的破坏作用，以及微生物、昆虫的活动都是食品变质的原因。食品的腐败与其组分有关，也与贮存方法及所侵入的微生物种类有关。寄生在有机物质中的微生物使有机物质发生分解。只有少数几种微生物能吞噬掉有机物质。然而不管怎样，其结果却是一样的：所有的活组织最终都分解成为无机物、水、二氧化碳和氨。复杂的生物组织的有机分子就是由上述物质组成的。

例如，工人在摘草莓时，不慎碰破了它的表皮，他手上的微生物或土壤中的微生物就会侵入草莓。草莓的果汁就会略带酸味，因此，这里就变成了霉菌和酵母菌聚会欢宴的地方。霉菌从水果的糖分中获取了能量，然后把水果细胞一个接一个地杀死。酵母菌侵入果糖后，经过发酵作用转化成醇类。它招引了无数的足上带有醋酸菌的果蝇。在发酵的组织中，醋酸菌毁坏了醇类，于是草莓也随之被破坏了。

食物中毒的由来

尽管人们对于腐败食品的成分没有统一的观点，例如，有各种不同味道的奶酪，但是，大家都知道人吃了变质的食物以后是会得病的。大多数食物中毒都是由于细菌引起的肠道感染。

最常见的细菌性食物中毒是由一种金黄色葡萄球菌引起的。这种细菌经常藏在皮肤上、鼻子内以及咽喉内。这种感染发病快。患者一般要在几天以后才能恢复健康。只要搞好清洁卫生、采用适当蒸煮和冷冻食品的方法，就可以预防这种食物中毒。

其它形式的食物中毒是由沙门氏菌 (*Salmonella*) 和志贺杆菌 (*Shigella*) 感染引起的。经常能在鸡蛋中、昆虫体内、动物和人体的肠内找到这种细菌。一般说来，这些细菌的潜伏期比葡萄球菌 (*Staphylococci*) 的更长，并且在人们吃下食物12—24小时之后才发病。当然，这些病菌一般不会引起严重的疾病，只要几天患者就可以恢复健康。假如食品加工时的卫生条件良好，餐室内窗明几净，厨房饮具严格消毒，并且适当蒸煮或冷冻食品，那么这类病菌是可以杜绝的。

还有一种传染病是由一种名叫旋毛虫的寄生虫引起的，人们经常在猪肉制品中发现这种寄生虫。在猪肉中的旋毛虫及其幼虫的杀灭，可以采用长时间蒸煮的方法，或把食品在冰点以下的温度保存二十天的方法。这种传染病是一种多发病。虽然这种病一般都不会发展到严重的程度，但是它也可能是严重的。

致命的毒物

最严重的、但十分罕见的食物中毒是肉毒中毒，其患者的死亡率可达70%。这种中毒起因于食物中的肉毒杆菌 (*Clostridium botulinum*) 形成的毒素。这些有机体生活在土壤中，它本身对人体无害。但是，它们在食物中，在厌氧条件下（没有空气）繁殖的时候，会产生一种烈性的毒素。

如果人吃了这种毒素，即使是微量的，也会导致肉毒中毒。就现在所知，解除肉毒中毒的唯一方法是服用解毒药。但是，这种疾病不容易诊断，病人经常是在没能来得及服足够的药量时就死去了。

这种中毒对于罐头食品来说要比其它商业性食品更多，在整个的食品保藏过程中，防止肉毒中毒是很重要的。

一种新的食品保藏技术

——辐照技术

除了制成罐头食品以外，用射线处理食品是有史以来人们所研究的最有独创性的（即不依靠自然的）保藏食品的方法。电离辐射保藏食品是通过抑制或消灭细菌和其它微生物的方法实现的。这种方法见效快、花钱少而且安全，食品内部的温度升高不超过几度。

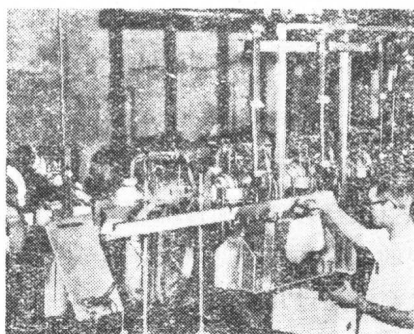
电离辐射作用

人们认为原子是由一个带正电荷的原子核，及许多个在核周围的荷负电的电子组成的。因此，整个原子则是呈电中性的。如果一个原子遭到带有足够能量的射线的轰击，其外层电子被剥去时，则这个中性原子就变成了荷正电的粒子或离子。在射线迅速地通过食物的过程中，使所经过的路径中的一些原子发生电离，并改变了有生命力的大分子的结构。于是，起到了消灭细菌和其它微生物的作用。

如果这种情况发生在食品的原子中，食品原子是不会受到有害的影响的。食物不会变成放射性物质，并且用低剂量

放射性照射食品而损失的维生素的量，与制造罐头、冰冻和干燥等方法相比要小得多。如果照射剂量过高时，则维生素的损失要多些，正如有时维生素在其它食品加工时的情形那样，损失的那部分维生素是能够在后来被替补上的。

有两种辐射保藏食品的方法，即巴氏杀菌法，此法采用低的辐照剂量照射食品；另一种方法是灭菌法，即采用较高的辐照剂量照射食品。可以采用 β 射线或 γ 射线轰击的方法辐照食品。



食品容器放在一条轨道上，以便使用直线加速器的电子束对食品进行扫描（即照射）。美国陆军纳蒂克研究所供稿。

用 γ 射线辐照食品，是因为它的穿透力强；一些高能粒子，例如电子加速器射出的电子，通常进行照射使用，同时能够较好地控制它的方向*。通常以“拉德”这一术语来表示辐照剂量。按照定义，使每克被照射物质吸收 100 尔格能

* 反应堆辐照燃料元件曾被用来研究食品的辐射保藏，后来发现这种燃料元件不适合作为辐照源，所以停止了这方面的研究工作。

量的电离辐射量就是一拉德。

辐照食品时使用的照射量取决于食品本身的特性和人们预期的结果。如果辐照食品的目的是，延长食品在门市部货架上存放的时间，或者是延长食品的贮藏时间，那么，所用巴氏杀菌法的剂量，一般是20万到50万拉德。如果辐照处理的目的是使食品灭菌，且在非致冷条件下长期贮存，则需要2—4.5百万拉德的剂量。

即使在比这还要低的剂量下，辐照也能产生保藏食品的效果。对于马铃薯或洋葱头采用4千—1万拉德的剂量进行辐照处理，可以极为有效地抑制它们发芽。在吸收剂量为2—5万拉德时，可消灭壳粒和粮食的害虫。5万拉德有可能杀死水果的害虫的幼虫。

吸收剂量为20万—40万拉德时，可有效地使鲜鱼的冷藏时间延长到30天。把咸猪肉和其它猪肉制品、鸡肉和牛肉包装好以后，用4.5百万拉德进行辐照处理，则可使它们在室温下很好地贮存一年的时间。

近几年来，美国陆军和美国原子能委员会（AEC）一直在研究对食品进行辐照的方法、食品经不同剂量照射后的保存情况，以及辐照食品的营养价值和它的外观。

辐射保藏食品的研究史

早在二十世纪初期，人们对辐射保藏食品的可能性只有一种笼统的认识，一直到四十年代中期，人们才相信了这种可能性。随之还解决了一些存在的疑难问题。在五十年代初期，美国原子能委员会开始研究核反应堆运行时所产生的放射性产物的使用途径，并且开始对食品保藏的可能性进行小规模的研究。1953年8月，美国陆军也投入了适当的力量

（因为当时美国许多单位都在研究这个问题，开展**辐射保藏食品**的研究）。

1959年，美国陆军决定重点研究几种肉类食品（香肠、猪肉、鸡肉和牛肉），目的是通过大剂量辐照（灭菌剂量）来研究他们战时用的给养。原子能委员会负责低剂量辐照（巴氏杀菌剂量）的研究。原子能委员会认为，低剂量辐照更加直接地有益于民用。所有的研究项目都要在技术上和经济利益上切实可行。这样，私营工业才能把这些研究成果用于大规模的工业生产。

辐射食品的卫生安全性试验

电离辐射依靠彻底杀菌、减慢细菌的新陈代谢或减慢细菌的繁殖速度等手段来抑制细菌。但是，人们对其详细的机理还不清楚。因为辐射杀死了细菌细胞，也破坏了食品组织中的某些细胞。为了了解辐射对于食品的影响，进行了广泛的实验。

当然，在今天所使用的各种食品加工的方法中，还没有一种方法像辐照处理食品那样被反复地研究过。美国陆军用于证实辐射食品的卫生安全性的饲喂动物计划中的动物，已超过四十万只。虽然前几次长期饲喂动物的研究在实验动物身上看来好像产生了某些变异，但是，进一步的研究表明，这些常见的现象通常是来源于不正确的实验步骤。现已证明，不恰当的进食（例如，饲养的老鼠除了饲喂橙子以外，几乎是什么食品都不喂）以及不恰当的关禁（让狗在大部分时间内关在相互隔离的笼子中）是变异的起因，并不是辐射食品所造成的结果。有些变异现象是和维生素的被破坏有关的。然而还有一些变异现象仍然是无法予以解释的。所以，