

原子能知识小丛书

上海市科学技术协会主编



原子能和食品工业

科技卫生出版社

13.3713.

018

原子能和食品工业

劳 泉 编 写

科技卫生出版社出版

(上海南京西路2004号)

上海市书刊出版业营业许可证出093号

大众文化印刷厂印刷 新华书店上海发行所总经售

开本 787×1092 1/42 印张 10/21 字数 9,000

1959年2月第1版 1959年2月第1次印刷

印数 1—12,000

统一书号: T 13119 · 255

定价: (七) 0.05 元

目 录

一、一般原理.....	1
二、用于灭菌冷藏.....	3
三、用于杀虫.....	9
四、用于人工冬眠和改良品种.....	11
五、用于食品加工.....	14

一、一般原理

放射性同位素在食品工业方面的应用，主要是利用它的射线对生物体所产生的影响。

我們知道，大多数放射性同位素所放出的射线为甲种、乙种或丙种射线。这些射线都能穿透物质。但它们穿透物质的本领是不同的；丙种射线的穿透能力最强，乙种射线其次，甲种射线最差。在穿过物质时，它们都按照一定的规律为物质所吸收或散射；在穿过物质时，它们都能使物质分子电离，这样，就能引起化学变化以至生理变化。各种放射性同位素所放出的射线的能量也是彼此不同的；射线的能量越大，穿透物质的能力也越大。此外，每种放射性同位素都有它的特定的半衰期。根据测定的半衰期和射线的种类及能量，就可以判定同位素的种类。半衰期越短，蜕变得越快，即在单位时间中放出的射线越多。我們用居里做为放射性强度的单位；每秒鐘放出 3.7×10^{10} 个粒子的放射性强度叫做一个居里。它的千分之一叫做一个毫居里。射线对生物体的作用，一般認為是由它在物体中的电离能力所决定。所以我們可以用它在一定量的指定

物質中能產生的離子數目，來表示這個放射綫照射的总量(劑量)。對三種射綫及X射綫通用的劑量單位“倫”正是這樣定出的一種單位。

劑量為1倫的照射可以在0.001293克的空氣中（即在標準溫度、壓力下，1毫升的空氣中）產生總電荷為1靜電單位的正離子及同樣數目的負離子，亦即 2.04×10^9 對離子。從能量的變化來說，1倫的照射可以給予每1克的空氣83.8爾格的能。這兩個定義是完全一致的。如果照射到生物體的射綫不超過一定的限度，不會引起有害的影響，例如我們常用X射綫透視肺部或照相並沒有引起什麼病症，並且事實上我們每天都要受到一些微弱的射綫（宇宙綫）的照射，也從未發覺有什麼影響產生。那種不允許超過的一定限度的劑量就叫做最高允許劑量。

二、用于灭菌冷藏

原子堆中的鈾，分裂后成为多种放射性的同位素。它們的数量很多，分离后可以制成强度达几千甚至几万居里的射綫源。用于食品工业方面的射綫源大多是鈷60和鈾137。鈷60是在原子反应堆中照射天然鈷59时所得到的，鈾137是从正在作用的反应堆內的鈾分裂产物中分离出来的。

射綫对生物体有强烈的作用，这种作用首先决定于照射的剂量。照射剂量大，会使新陈代谢发生很大的改变，如破坏有机体的細胞結構、停止有机体的发育和生長。剂量足够大时可以使有机体死亡。

不同的生物体对射綫照射的反应是各不相同的，因而具有对放射綫极不相同的敏感度。

如果把能使有机体致死的照射剂量作为衡量有机体对射綫的敏感度的标准，那末各种有机体对射綫的不同的敏感度，可以从下表看出来。

同一个有机体的不同机能对射綫的敏感度也远不相同。例如，大約在10万倫剂量的照射下，微生物細胞的繁殖首先受到破坏。在生長方面几乎也同

有机体的种类	致死剂量(倫)
豚鼠	400
鼠、猫	800
家兔	1,200
蛙	1,800—2,000
植物种子	1,000—2,000
昆虫	60,000—80,000
霉菌	200—500,000
細菌	600,000—2,000,000

样敏感。但是，在这样的剂量下，細胞能繼續生活，呼吸和酵化几乎沒有改变。在50万倫的剂量下，磷就停止参与蛋白質的形成作用了，在100万倫的剂量下，氨基酸形成蛋白質的作用也停止了。如果要抑制微生物細胞的呼吸作用，需要把剂量增加到300—400万倫。

射綫能停止微生物的繁殖，并能引起微生物的死亡，这就是放射性同位素可以应用于食品的冷藏和消毒的基础。这种保藏食品的方法比一般采用的加热法好，它的优点首先在于它能保持食品的新鮮状态。如果利用原子堆中的放射性廢物，那末在适当的隧道中装满放射性物質之后，全部的生产即不需要特別的能。食品通过“放射性”隧道，就获得所需要的照射剂量而成为消过毒的了。这种消毒冷藏的方法特别应用于一些容易敗坏的食品，如肉类、蛋品、魚肉、牛奶、香蕉等等(图1)。

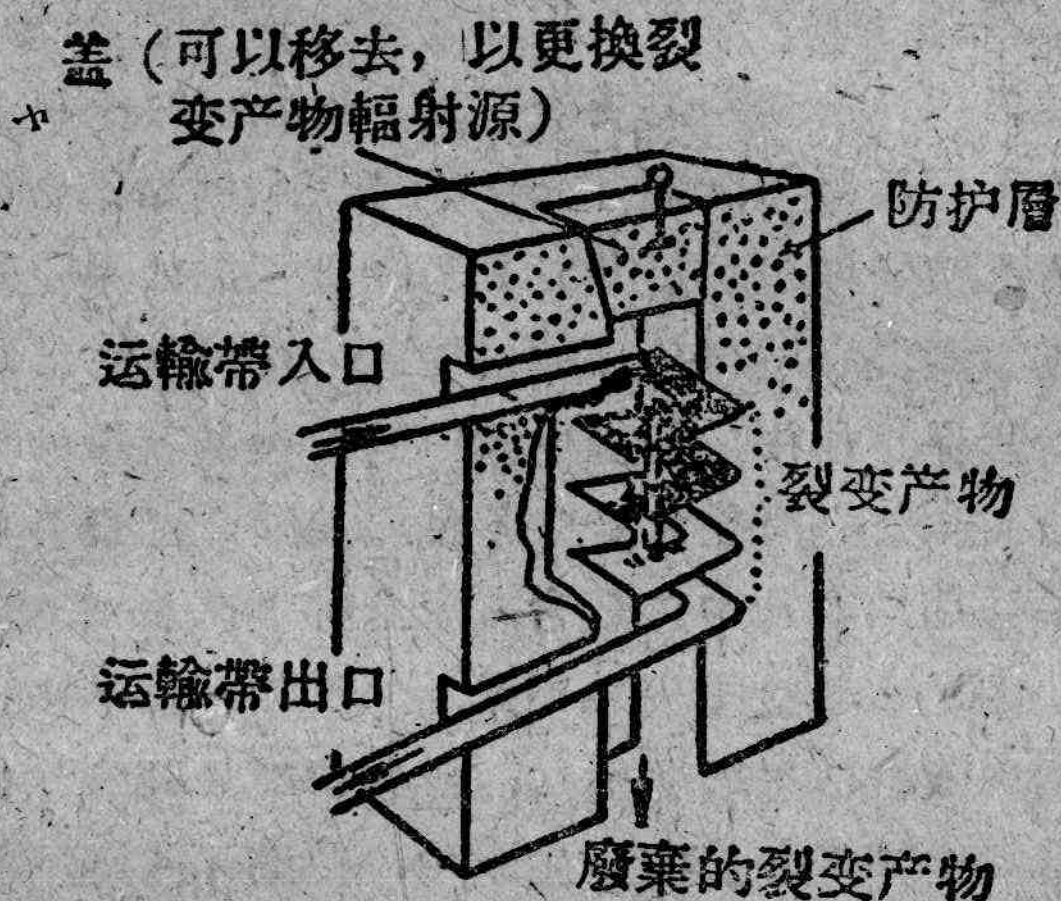


图1. 食品消毒设备

食品经过放射性同位素的射线照射后，会不会含有毒素和变质，是人们最关心的问题。根据研究结果，经过一定剂量的乙种或丙种射线处理过的食品并不具有“放射活性”。同时根据长时间的动物实验，也没有发现吃了这些食物会引起营养缺乏、繁殖受到障碍等现象。还有某些吃了放射线处理过的食物的人们，也没有发现任何不良效果。放射线对各种营养素的破坏作用不同，某些营养素如胡萝卜素、核黄素和尼可酸不易被破坏，但对某些营养素却容易受到破坏，例如维生素戊很容易受到破坏，维生素甲、维生素丙易受丙种射线破坏。这些都是指一种营养素单独存在时的情况。如果两种以上的

維生素混合物被照射時，情況就完全不同了；往往各種維生素所遭到的損失要比單獨照射時小得多，因為不同的維生素能互起保護作用。例如維生素丙很容易被破壞，尼可酸却不易被破壞，如果將這兩種維生素混合後再經過放射處理，尼可酸對維生素丙就起保護作用，使維生素丙的損失量較單獨被照射時減少。還有象食品中各種氨基酸之間也有這種保護作用。食物中總是含有好幾種氨基酸和維生素，因之營養量損失並不太大。例如純粹的丙種維生素溶液被放射綫照射後，維生素損失63%，但存在食物中同樣分量的維生素丙，要破壞到同樣程度，所需的能量卻要大幾十倍。因此處理後食物中營養量的損失並不嚴重。

在食品的味道方面，有一部分食物即使受過二百万倫放射綫的照射，味道仍舊很好，例如醃豬肉、鮮豬肉、小雞、牛肝、鱈、硬花甘藍、芦筍、胡蘿卜等都屬於這一類食物。但有些食物經過大劑量放射綫處理就發生怪味，例如牛奶、桔子汁、檸檬汁都有異味。一般食品的味道也有些改變。改變的原因有的因氧化所引起，有的因含硫的氨基酸分解後形成硫醇、硫化物；還有因某些脂肪分解為過氧化物和碳氧基。此外，食物在液體狀態下進行放射綫處理，也使味道改變。這些不受欢迎的味道除少數食物如牛奶、桔子汁、檸檬汁等外，都是可以設法

避免的。避免的方法有两种：一种方法是在放射綫处理前加入还原剂，另一种方法是在真空、干燥或冰冻情况下进行处理。

在食品的颜色方面，是有些改变的。白色食物如菜花、面条、奶粉、米等经过处理后，略带黄色或黄褐色；红色的水果如樱桃及杨梅，由深红颜色减退成粉红色，绿叶蔬菜也有褪色的现象，但这些现象在加热处理过程中也无法避免。因之对熟食食物的颜色可以说没有多大影响。

严格地说，经放射綫处理后的食物是否会变质，也与所用剂量有关。一般的说，如用适当剂量的放射綫，变质不大，但超过一定剂量就会变质。例如面粉经过 100,000 伦以内放射綫处理，质量基本没有变化，可是超过 100,000 伦时就有变化。

用放射綫处理食品有很多好处：第一，貯存的时间可以延長，有些经过处理的食物可以貯存好几个月。其次，它不需要冷藏设备，冷藏不但需要冰箱或低温设备，而且所占面积及空间也较大，运输较困难；尤其在特殊情况下，如行军作战时，重量、空间及运输都是严重的问题。放射綫处理食物可以帮助军需部门解决军粮加工上的困难。第三，烹調时间可以縮短。经过 3×10^6 伦处理的蔬菜，組織变軟，失去脆性。肉类、鱼类、內脏类及水果类经过放射綫处理后，組織变軟，而水果类較未經放

射綫处理前更多汁水。这些經過处理的食物，在烹調时，可縮短20%至50%的烹調時間。第四，費用也較省。放射綫处理食物的价格，虽因食物的种类和所用剂量不同，較难确定，但据估計，絕不会超过其他加工方法的价格。而且，用放射綫处理食品，在損耗方面也比用冷藏或冰冻处理的要来得少。

三、用于杀虫

猪肉是我国人民的主要肉类食品。但是我们知道，猪极易感染旋毛虫的病害，这种病害的傳染性很严重，需要用許多專門的方法来消灭病原体（旋毛虫），它的幼虫窩居在猪胴的不同部位。經過研究，知道旋毛虫的幼虫对射綫的照射极为敏感。10,000倫的剂量就可以抑制它們的发育，使它們失去生殖机能，因而作为食物时就沒有危險。在猪胴消毒的工厂里，猪胴从射綫源的旁边通过，由于射綫的穿透特性，使猪的各部都受到照射，猪胴得到需要的剂量之后，就受到了消毒的作用。

螺旋虫蝇对养牛业是极有害的。用2500倫的剂量照射这种蝇的蛹，由这些蛹生成的雄蝇就都失去了生殖机能。与这些雄蝇交配的雌蝇所产的卵都是不能孵化的。雌蝇只能交配一次，而这些失去生殖机能的雄蝇又能和几个雌蝇交配。因此如果放出足够的这种失去生殖机能的雄蝇，就可以大大减少这种蝇的繁殖。曾在一個螺旋虫为害极严重而又离岸很远的孤島（面积約450平方千米）上做过这样的試驗：每星期在每平方千米面积上放出150只失

去生殖机能的雄蝇，经过7个星期，島上的这种蝇就完全灭绝了。

我們知道，粮食作物和仓库的害虫給我們带来了很大的損失。目前防治这些害虫，基本上用化学药剂，但制造和应用这些药剂，需要很大的費用；即使这样，当害虫存在于种子内部、钻进土中和躲在外皮里，药力常常无法发挥效力。但是利用射线的穿透力，不管害虫藏在哪里，都可以进行消灭害虫工作。据研究结果，知道老的害虫可以忍受很大的剂量，在射线照射下，虽然不容易致死，但可以变得失去生殖机能；幼虫比较容易死亡，至少会丧失发育的能力。这个方法首先便于在大谷仓内进行粮食杀虫。5,000—10,000 倫的剂量照射就可以使粮食的大害——象鼻虫幼虫的发育受到严重的抑制或者死亡。具体的步骤可以有两种办法：直接把射线源放在谷仓中，对粮食和仓库四壁进行杀虫；或者把粮食装入已杀过虫的仓库以前，先讓粮食通过装有射线源的隧道，給予粮食以必需的照射剂量，进行杀虫工作。

四、用于人工冬眠和改良品种

馬鈴薯、洋葱、胡蘿卜、蔬菜等在長期貯藏中常常会发芽，这样就使养料大量損失，味道也发生变化。在較大剂量照射后，它們的生長机能就要受到抑制，因而就不会发芽了。例如在实验仓库中保存馬鈴薯，不用黑暗也不用冷藏，只在馬鈴薯堆中放入一些金屬管，管中放着放射性鈷60，照射一定時間后取出。这样馬鈴薯就可以保存九个月，到炎热的夏季，还象是刚从地里挖出来的一样新鮮，而且营养也絲毫不受到損害。洋葱、蘿胡卜和其他蔬菜經照射后也有同样的結果。图2中是六个保藏了八个半月的馬鈴薯，左上的是一个未經照射的，上中的受到的照射剂量是1250倫，右上的剂量是5000倫；下面三个从左到右受到的照射剂量依次是20,000倫、80,000倫和106,000倫。从图中可以看出，馬鈴薯受到5,000—20,000倫的丙种照射后就能保存几个月不会变质。我們可以把这种方法叫做人工冬眠。我們知道，在淀粉糖浆工厂的貯藏窖中，有时由于貯藏的馬鈴薯于加工前在堆中发生自热而变坏，以致无法加以利用。如果用射綫照射，



图2.

馬鈴薯就可以在長期的貯藏中不致自熱，從而保存了它的營養成分。利用射綫照射的方法很簡便，和上面殺蟲的辦法相似：第一個辦法是馬鈴薯通過具有強力放射源的隧道，這樣就獲得了必需的劑量，以後就可以在普通的條件下貯藏；第二個辦法是在貯藏窖內放置不太強烈的射綫源，在 2—3 個月的冬季貯藏期間內，馬鈴薯都受到了微弱的照射，而總起來就得到了必需的劑量，因此到春季就變成不能發芽的了。這兩種辦法都獲得相當滿意的試用結果。

食用作物的品種如果能夠得到改進，會給我們

帶來很大的好處。實驗證明：在較小劑量的射綫照射下，植物的正常代謝作用的某些方面會遭到破壞而發生改變。這些改變有的能夠遺傳給下一代，因此發生了遺傳性的變異，出現了新的品種。這些品種大部分都是不正常的，但在幾千種新品種中可能有一些有價值的品種。例如，曾經利用反應堆中的熱中子來照射燕麥的種子，得到了一種能夠抵抗杆銹病的燕麥新品種。蘇聯科學家利用更小的劑量的射綫來進行照射，發現更小的劑量的照射下不會抑制植物的發育，反能刺激植物的生長。他們把放射性強度為1居里的放射性鈷60裝置在田地中間，距鈷60在40米以內的植物，都可以受到丙種射綫的影響，有些地點的甜菜在受到照射94天以後，收穫量提高10—14%，含糖量也增加了。照射對蕎麥也有好處，受到照射的蕎麥株長得又高又大，能提前七、八天開花。

他們還發現用適度的射綫來照射種子也能增產。例如用丙種射綫照射黃瓜、蘿卜和黑麥的種子，可以使種子的發芽又快又好；在有利的外界生長條件下，能夠迅速地成熟，並且產量也增加了。還可以利用放射性物質的溶液來浸種。用豌豆做了這樣的實驗：用放射性比度為0.5微居里/升的鈾分裂產物混合物的溶液浸種一晝夜，種植這種種子，結果產量提高了6—23%。

上述的兩種實驗，現在還在不斷的進行中。

五、用于食品加工

在食品工业中，现在开始应用一种利用放射性同位素的液面高度计，使得充装食品罐头的工作达到完全的自动化。方法有下述两种：

第一种方法如图3所示。在液面上浮一个小盒

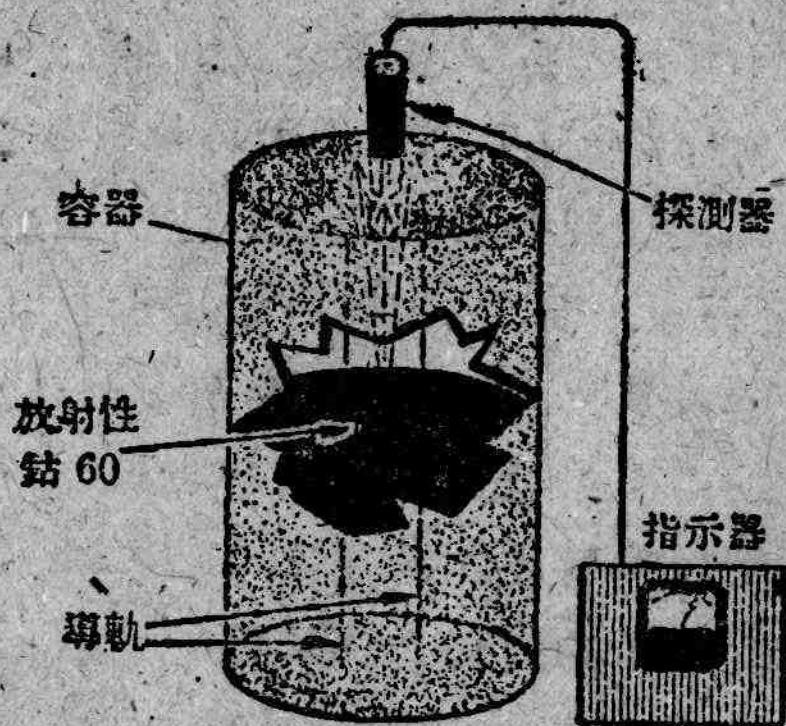


图3.

子，盒子里放着放射性同位素如钴60。它所放出的两种射线用一个固定的探测器从上面来记录。液面高，射线源离探测器很近，电离电流大；液面低则电流小。从电流的大小就可以知道液面的高低。

第二种方法如图4所示。两种射线源放在容器