

食品辐照技术应用的现状及前景

刘琼英

(华南农业大学生物物理研究室, 广州 510642)

摘要 随着科学技术的进步,出现了食品辐照保藏技术.由于它的有效性、卫生安全性和无化学残留等优点而正在受到国内外的关注.现仅就食品辐照的必要性、卫生安全性、国内外应用现状及其发展前景作一简要综述.

关键词 食品辐照技术;应用;现状与发展前景

中图分类号 S 124

1994年联合国世界人口会议指出,当前世界人口已达57亿,尤其对每年仍在以9400万人口的速度继续增加提出了警告(町末男,1995).世界人口的迅速增加意味着对食品需求量在持续增长,因而在食品来源不足、增产能力有限的情况下,如何保存现有食品,减少食品损耗是面向21世纪的一项国际性的重大课题.

食品辐照(Food irradiation)是人类利用核技术(Nuclear techniques)开发出来的一项新型的食品保藏技术,问世已久(内山贞夫,1991).它的原理是:食品经过一定剂量的电离射线(^{60}Co γ 射线或 ^{137}Cs γ 射线或电子加速器产生的电子束—最大能量10 MeV或X射线—最大能量5 MeV)的辐照,杀灭食品中的害虫,消除食品中的病原微生物及其他腐败细菌或抑制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.尤其是 γ 射线或X射线具有强大的穿透能力,对经过包装的农副产品及食品同样可以达到杀虫、灭菌的目的并可以防止病原微生物及害虫的再度感染,因而可以在常温下长期保存.

现仅就食品辐照技术应用的必要性、辐照食品(Irradiated food)的卫生安全性、当前国际上应用现状及其发展前景作一简要综述.

1 采用食品辐照技术的必要性

(1)目前世界谷物生产量还没有达到1984年产量的90%(林徽,1995),但世界上收获后的农副产品却因腐烂、霉变、虫害等损失约为25%,发展中国家达40%(町末男,1995).因此,如何确保收获后的农副产品及食品免受损失的重要性并不亚于食品生产.采用食品辐照技术对此可以起到重要作用,因此1993年IAEA(国际原子能机构)通过了一项“促进发展中国家食品辐照实用化”的决议案,以减少收获后食品的损失.

(2)由食品传播的疾病对人类健康造成巨大的威胁,因为食物中的沙门氏菌等病原性细菌、旋毛虫等寄生虫而导致疾病的现象即使在发达国家——美国也无法避免.据报道,美国每年约有2400~8100万人由食物引致疾病,1993年的资料表明,感染最多的是沙门氏菌,一年中有80~400万人因此而得病,其中死亡达0.1%(吉田隆夫,1996a).由于家禽类食物含有大量的沙门氏菌,引起集体中毒的事件也屡有发生.采用辐照技术能够除去有害的

病原菌而使起因于食品的疾病大为减少。

(3)为了防止收获后的谷类、蔬菜、水果等农副产品的损失以及在农副产品的国际贸易中广泛使用化学熏蒸剂二溴乙烷(EDB)、溴甲烷(MB)、环氧乙烷(ETC)等,而使用这些化学熏蒸剂对人体健康、环境生态将造成不良影响,许多发达国家正在禁止或限制使用,EDB已于1984年9月1日起,因其具致癌性(Carcinogenesis)而被美国环保局(EPA)禁止使用,世界上大部分国家也已禁止使用;为驱除害虫、线虫而使用的MB因其是臭氧层的破坏物质,美国EPA也已于1993年11月30日公布了2001年1月1日起禁止使用,目前限制使用;ETC由于残留于食物中会生成致癌物质(Carcinogen)氯乙醇,从1991年1月1日起已被欧洲共同体禁止使用(林徽,1995;内山贞夫,1995)。传统使用的化学熏蒸剂被禁止使用,必然要寻找一种有效的代替方法,专家们认为辐照技术是理想的代替方法(林徽,1990)。

(4)一些热敏食品(Heat sensitivity food)以其颜色、风味和具有挥发性为其重要特征,采用传统的加热杀菌会造成退色、挥发和改变其风味或因加热会变性而失去效力,使商品价值降低,故对这类食品采用辐照灭菌最为合适,因此世界上最多国家实行商业化的辐照食品是香辛料的辐照灭菌。

(5)由于采用辐照保藏食品,对于依赖于冷藏的程度就会降低,同时,采用辐照处理比达到同一目的的加热、冰冻、冷藏法所消耗的能量都要少(内山贞夫,1995)。所以,节省能源将成为可能,这对于能源不足和发展中国家来说,无疑是十分重要的。

2 关于辐照食品的卫生安全性

食品辐照世界性的开发研究已有50多年的历史(林徽,1995),在50~60年代,许多国家开展了食品辐照技术和效果研究;70年代各国致力于证实辐照食品的卫生安全性(Wholesomeness);80年代确立了辐照食品的国际标准;90年代辐照食品正在稳步地向商业化(Commercialization)发展,到1995年4月止已有37个国家批准一种以上辐照食品供人食用(浅川明彦,1996)。

辐照食品对人类的影响以其毒理学(Toxicology)、微生物学、营养学、辐射化学(Radiation chemistry)等方面的广泛内容去衡量,这方面的研究30多年来从未间断(内山贞夫,1995),因为食用辐照食品是否安全,这是世人共同关心的问题,要搞清楚经过辐照的食品有无感生放射性(Induced radioactivity)生成、有无病原微生物的危害、有无毒性物质(toxin)的形成、有无致癌物质的生成、营养成分被破坏的程度以及对子孙后代的影响等(伊藤均,1995)问题,才能投之于应用。此项研究起初在美国和欧洲少数国家中进行,进入70年代迅速扩大到其他国家,FAO(联合国粮农组织)/IAEA(国际原子能机构)/WHO(世界卫生组织)认为开展此项研究需要时间和大量经费,WHO建议进行国际间的通力合作,为了节省经费开支,将辐照食品的剂量范围限于10 kGy以下,于是从1970~1981年成立了由24个成员国组成的“国际辐照食品研究计划机构(简称IFIP)”进行了长达10年的辐照食品的卫生安全性研究,各国也独自进行试验,IFIP亦进行单独的委托试验,定期交换各国的各种生物试验结果和讯息资料,根据IFIP的10年研究成果和各国的研究结果数据显示,没有得出任何关于辐照食品有害的证据(林徽,1995),证实了在10 kGy以下剂量辐照的食品是可以安全食用的,于是1980年10月在日内瓦召开的FAO/IAEA/WHO联合专家委员会(简称JECFI)指出:“总体平均剂量为10 kGy以下辐照的任何食品,没有毒理学上的危险,不再需

要做毒理试验. 同时在营养学上和微生物学上也是安全的”结论(刘琼英, 1987; 栗饭原景昭, 1995), 之后许多国家和地区继续进行了辐照食品的卫生安全性研究, 得到的是同样的结论. 美国曾采用 58 kGy 的高剂量辐照鸡肉——用了 23 万只嫩鸡 134 t 鸡肉调制成的饲料喂饲狗、大、小白鼠等动物, 长达 7 年包括致畸(Carcinogenicity) 试验在内的大规模的毒理学试验, 耗资达 800 万美元, 试验结果归纳成长达 35 000 多页的 12 份报告书. 根据这些结果, 美 FDA 再次得到了辐照食品无不良影响的最终结论, 这比 1980 年 JECFI 给定的“10 kGy 剂量辐照的食品是安全的”结论具有更大的安全系数. 自从 JECFI 所下结论至今尚未看到否定辐照食品卫生安全性的试验结果(松山晃, 1990).

此外, 在英国、日本以及欧美许多国家, 喂给在无菌条件下饲养的实验动物的饲料, 是采用 25 ~ 50 kGy 高剂量辐照灭菌消毒的, 此项技术商业化至今已有 25 ~ 30 年, 从未发现对动物有任何不良的影响, 并且大、小白鼠一年中有数个世代并交替进行繁殖, 这就相当于人类历史 1 000 年. 这也表明“辐照食品是安全的”一个有力的旁证(伊藤均, 1995). 目前几乎所有欧美发达国家对 SPF 试验动物饲料, 都是采用辐照灭菌的(林徽, 1995), 因此在 80 年代认可此项技术并投之应用的国家象雨后春笋, 得到社会的认可, 且承认辐照食品是安全的国家有不断增加的趋势(内山贞夫, 1991).

3 辐照食品应用的现状与进展

食品经过辐照可以达到防止发芽、杀虫灭菌、调节熟度、改善品质以至延长货架期(Shelf life), 保持食品卫生, 从而达到减少或防止食品损耗和保鲜的目的. 此项技术的有效性、安全性已经得到社会的认可, 许多国家先后批准投入实际应用. 据报道(林徽, 1995), 在 1980 年之前有前苏联、加拿大、美国、法国、荷兰、西班牙、乌拉圭、保加利亚、日本、南非、意大利、捷克等国家批准允许某些食品进行辐照; 进入 80 年代后, 辐照食品实际应用的国家在逐渐增加, 它们是: 比利时、菲律宾、智利、匈牙利、挪威、孟加拉国、中国、南斯拉夫、巴西、丹麦、叙利亚、泰国、阿根廷、古巴、芬兰、印尼、韩国、以色列、波兰、墨西哥、巴基斯坦、越南、伊朗、印度、英国等. 现已有 37 个国家批准允许一种以上辐照食品商业化, 辐照食品的年生产量约达 50 万 t 以上(林徽, 1995; Ahmed, 1993), 辐照食品品种上百个. 其中以辐照马铃薯和辐照香辛料分别有 28 个和 29 个国家已实行商业化应用. 下面就一些国家目前的应用现状及进展作一简要介绍.

3.1 美洲地区

美国于 1943 年就已开始进行食品辐照的研究, 从 1984 年起批准允许辐照香辛料和干燥蔬菜. 经过对辐照食品卫生安全性评价标准的研究后, 于 1986 年扩大辐照食品的允许范围, 允许辐照技术应用于蔬菜、水果的保鲜, 同年在佛罗里达州的 Laurenzo's 市场出售了 2 t 辐照芒果(吉田隆夫, 1996b). 1990 年 FDA 批准用辐照技术控制新鲜、冷冻及去骨禽肉的病原菌(林徽, 1995). 同年在佛罗里达州和衣阿华州完成了 10 MeV 的电子加速器的建设. 佛罗里达州的加速器主要用于研究柑桔等水果的杀菌、杀虫、昆虫不育等, 而衣阿华州的设施主要用于研究禽肉的辐照处理, 1992 年 1 月位于佛罗里达州的 γ 辐照装置开始运转, 辐照的草莓、柑桔类、西红柿、食用蘑菇等投放市场(吉田隆夫, 1996c; 林徽, 1995; Derr et al, 1993). 美国公众对辐照食品接受程度在过去的几年中迅速得到改善, 1992 年在芝加哥郊外出售辐照草莓、柑桔、葡萄等新鲜水果时调查了顾客对辐照食品的反应并散发了有关辐照

食品的讯息资料,还进行了顾客接受试食辐照食品的调查,结果表明消费者对辐照食品产生了浓厚的兴趣,从而消除了恐惧心理而乐意购买。第二年购买者剧增之后在此又出售辐照鸡肉,消费者反应良好(町末男,1995);加拿大于1989年在“加拿大辐照中心”允许进行香辛料的辐照灭菌;墨西哥、巴西、阿根廷、智利允许辐照香辛料,智利和古巴已实行马铃薯和洋葱的辐照抑制发芽,延长货架期。

3.2 欧洲地区

欧洲的情况比较复杂,既有积极推进辐照食品商业化的国家,如法国、荷兰、比利时等,也有对辐照食品持否定态度而全面禁止的国家,如德国、瑞士、奥地利、瑞典等。据日本学者林(1995)报道,乌克兰建有2座电子加速器(1.4 MeV及20 kW),在前苏联时代的1983年起就已对输入的小麦进行辐照处理,一座电子加速器的处理能力为200 t/h;荷兰从1978年开始实行食品辐照,主要对香辛料、干燥蔬菜、干酪素、脱脂奶粉、大豆粉、冻虾、鸡肉等食品进行辐照灭菌,一年约辐照2万t食品,这些辐照食品主要用作加工食品的原料;法国有4座 ^{60}Co 辐照装置和2座电子加速器用于食品辐照,主要进行香辛料、干燥蔬菜、冻虾、鸡肉、冷冻田鸡腿、谷物薄片、阿拉伯胶等食品的辐照,年生产量约为6000 t;英国是世界上开展食品辐照研究最早的国家之一,仅次于美国,但一直只允许对免疫功能低下的病人膳食和无菌实验动物饲料进行辐照灭菌消毒(Radiosterilization),其余食品一律禁止辐照处理,但长期以来没有放弃对辐照食品的研究和对消费者进行广泛的宣传教育。在世界各国积极推行辐照食品商业化的影响下,于90年代已取消对辐照食品的禁令,1991年开始,辐照食品的销售已成合法(Glidewell et al, 1993),允许26种食品(水果、蔬菜、调味品、鱼贝类和家禽肉等)进行辐照处理,但规定必须在辐照食品上作有标记,让消费者自由选择;匈牙利允许对香辛料、洋葱、酶制剂等食品进行辐照处理。此外,南斯拉夫、挪威、芬兰、丹麦、波兰、捷克等国实行以香辛料为主的辐照食品的商业化应用;比利时应用 γ 射线辐照香辛料,干燥蔬菜,冷冻水产品等,年产量约为1万t。

3.3 亚洲地区

中国于1958年就开始了食品辐照的工艺、辐照效果、卫生安全性等方面的研究(施培新等,1995),现已拥有 3.7×10^{15} Bq以上的钴源辐照装置近50座,全国有28个省、市、自治区的200多个单位对100多种农副产品和食品进行了辐照保鲜、杀虫、防霉、灭菌消毒、改善品质、病虫检疫等方面的研究,同时开展了辐照食品的卫生安全性、动物饲养、“三致”试验、营养卫生、微生物学等方面的工作,还进行了辐照食品的人体试食试验等,这些研究结果都说明了经一定剂量辐照的食品对人体无害,是可以安全食用的。据统计目前已有30多种辐照食品通过省、市级专家技术鉴定。从1984~1994年我国卫生部先后批准了马铃薯、大蒜、洋葱、蘑菇、大米、花生仁、香肠、苹果、扒鸡、花粉、果脯、生杏仁、番茄、猪肉、荔枝、蜜柑、薯干酒、熟肉制品等18种辐照食品投放市场,从而推动了我国辐照食品商业化逐步向前发展。日本学者町末男(1995)预计今后中国辐照食品的应用将会有更进一步的扩大和发展。日本的食品辐照研究始于50年代,从1967年开始作为国家项目进行了大规模的研究,主要有马铃薯、洋葱(抑制发芽)、大米、小麦(杀虫)、维也纳腊肠、水产制品——鱼糕(杀菌)蜜柑(表面杀菌)以及进行了毒性、遗传、世代、原发性突变(Original mutation)、营养成分的影响等试验研究,至1983年结束,所有结果证明了在毒理学、营养学、微生物学上没有问题(伊藤均,1995;内山贞夫,1995)。1973年在北海道士幌镇建成一座世界著名的 ^{60}Co 辐照装置专门

用于辐照马铃薯抑制发芽, 从 1974 年 1 月起一直以每年 1 ~ 1.5 万 t 的辐照马铃薯投放市场进行商业销售, 这也是日本唯一作为商业化的辐照食品. 其余研究成果未能实际应用, 因为一部分消费者的恐惧心理未能消除, 致使日本辐照食品商业化停止不前, 研究活动也大幅度地缩小(浅川明彦, 1996). 目前正在进行辐照食品检测(鉴定)方法的研究(刘琼英等, 1991). 然而, 欧美各国和亚洲近邻各国辐照食品商业化一直在进展中, 由于辐照食品在国际间贸易亦开始流通以及 MB、ETC 等熏蒸剂在世界范围内被禁止使用, 因此, 辐照食品作为一种保藏食品的新技术受到日本人民的注目而有可能重新进行评价(伊藤均, 1995); 韩国开展辐照食品保藏研究始于 60 年代初, 于 1985 年 6 月 29 日由韩国卫生及社会福利部(MOHS)负责立法, 批准辐照食品商业化计划, 1987 年 9 月执行. 无条件批准的辐照食品有(1987 年 10 月批准)马铃薯、洋葱、大蒜、板栗、蘑菇、干蘑菇; (1988 年 9 月批准)干香料(红胡椒、大蒜、黑胡椒、洋葱、姜、绿洋葱); (1991 年 12 月批准)干肉、鱼粉、水生贝壳类、胡椒酱粉、酱油粉、淀粉等 18 种. 韩国第一个商业用 ^{60}Co 辐照装置强度为 $18.5 \times 10^{15} \text{ Bq}$ (最大容量可达 $14.8 \times 10^{16} \text{ Bq}$)于 1987 年建造于汉城近郊(Kwon et al, 1992); 泰国于 1989 年建立了“泰国辐照中心”进行了香肠、香辛料、洋葱的辐照; 印尼正在辐照香辛料; 孟加拉国辐照洋葱等; 以色列、伊朗一直在辐照香辛料等多种食品投放市场.

此外, 南非是世界上实行食品辐照最活跃的国家之一, 从 1977 ~ 1978 年已批准马铃薯、洋葱、大蒜、番木瓜、芒果及草莓等 7 种辐照食品出售, 此后又无条件批准辐照的鳄梨、香蕉干、香蕉、干果、荔枝投放市场, 不限数量, 市民非常乐意购买, 反应良好(刘琼英, 1987), 从 1981 年以来一直在辐照香辛料、水果等, 深受消费者欢迎.

4 展望

辐照食品的卫生安全性已被世界所公认(Ahmed, 1993), 其安全性的证实为其实际应用打下了良好的基础, 而且辐照食品在减少由食品传播疾病的发生率, 降低农副产品、食品贮运中的损耗、延长食品的货架期等方面已经显示出其优越性以及辐照作为检疫处理手段所显示的高效性, 目前正在受到世界各国的关注和得到越来越多消费者的接受. 但不可否认国际上认可辐照食品的国家在逐渐增加的今天, 还有许多国家和公众在反对辐照食品, 不让进口, 因此, 食品辐照技术的发展不是一帆风顺的, 但许多国家的政府决心采取积极行动推进这一新技术的应用(Ahmed, 1993). 辐照食品商业化的成功与否取决于消费者的接受程度(松山晃, 1990). 因此, 及时提供讯息资料, 加大力度对消费者进行宣传教育以消除消费者的心理障碍, 促进辐照食品的商业化, 美国(町末男, 1995)和中国(施培新等, 1995)的试销试验已经证明, 消费者一旦对这一新技术有了了解, 他们就会乐意购买. 相信今后此项保存食品的新技术在世界范围将会成为改善食品卫生、防止食品损耗以及代替化学熏蒸的有效技术, 以其稳健的步伐继续向前迈进.

参 考 文 献

刘琼英. 1987. 国外辐照食品最新进展. 国外科技, (10): 29 ~ 32

刘琼英, 邝炎华. 1991. 国外辐照食品检测方法研究的进展(上). 国外科技, (9): 27 ~ 30

刘琼英, 邝炎华. 1991. 国外辐照食品检测方法研究的进展(下). 国外科技, (10): 25 ~ 26

施培新, 谢宗传. 1995. 辐照食品商业化在中国的进展. 核农学通报, 16(6): 251 ~ 255

- 内山贞夫. 1991. 照射食品の検知法に関する国際的动向. *Radioisotopes*, 40(7): 302~311
- 内山贞夫. 1995. 照射食品及びその検知法に関する最近の国際动向. *食卫誌*, 36(2): 219-232
- 吉田隆夫. 1996 a. アメリカにおける食品安全[Ⅷ]. *食品工業*, 39(12): 83~92
- 吉田隆夫. 1996 b. アメリカにおける食品安全[Ⅵ]. *食品工業*, 39(8): 74~85
- 吉田隆夫. 1996 c. アメリカにおける食品安全[Ⅳ]. *食品工業*, 39(4): 83~88
- 伊藤 均. 1995. 日本の食品照射. *原子力工業*, 41(9): 22~28
- 町 末男. 1995. IAEA(国際原子力機関)と食品照射. *原子力工業*, 41(9): 8~12
- 松山 晃. 1990. 食品照射の世界的, 将来的展望. *Radioisotopes* 39(7): 316~325
- 林 敏. 1990. 香辛料の放射線杀菌技術の現状と今後の課題. *Radioisotopes* 39(5): 25
- 林 敏. 1995. 世界の食品照射の現状と課題. *原子力工業*, 41(9): 13~21
- 浅川明彦. 1996. 水産の安全性に関わる最近の事例. *食品工業*, 39(2): 47~51
- 栗饭原 景昭. 1995. 革新的技術と社会的リスク受容. *原子力工業*, 41(9): 29~32
- Ahmed M. 1993. Up-to-date status of food irradiation. *Radiat Phys Chem*, 42(1~3): 245~251
- Derr D D and Engel R E. 1993. Status of food irradiation in the United States. *Radiat Phys Chem*, 42(1~3): 289~296
- Glidewell S M, Deighton N, Goodman B A. 1993. Detection of irradiated food: A review. *J Sci Food Agric*, 61(3): 281~300
- Kwon J H, Byun M W, Cho H O. 1992. Development of food irradiation technology and consumer attitude toward irradiated food in Korea. *Radioisotopes* 41(12): 654~662

THE APPLICATION OF FOOD IRRADIATION TECHNOLOGY —CURRENT STATUS AND PROSPECTS

Liu Qiongying

(Lab. of Biophysics, South China Agric. Univ., Guangzhou, 510642)

Abstract

The last decade has witnessed significant advancement of the scientific and technology especially in nuclear science and technology. This paper reviews the latest development in the field of food irradiation with particular reference to practical application, wholesomeness, necessity and prospects.

Key words food irradiation technology; application; current status and prospects