

• 综述 •

辐射技术在食品加工中的应用

徐 刚 梁红波 施文芳

(中国科学技术大学应用化学系 合肥 230026)

摘要 综述了食品辐射加工的原理及其作用效果,以及该技术在欧美的应用现状及存在的发展障碍。

关键词 食品,杀菌保鲜,辐射加工

中图分类号 TS205.9

随着社会的进步和发展,食品卫生安全越来越受到人们的重视。特别是在 20 世纪 90 年代,一批以食品为载体的新型病菌的出现使食品卫生安全问题日益严峻。据统计,美国每年因食物细菌而染病的人数高达数百万,死亡人数超过 5000^[1]。美国农业部估计由七种最主要的食物病菌造成的经济损失每年在 50—860 亿美元之间^[1]。食品辐射加工技术作为一种新型而有效的杀菌保鲜手段,正日益受到食品加工业和消费者的青睐。所谓食品辐射加工即把食品(包括包装好的)直接放置于辐射场,利用辐射源所放射出来的电子束或 γ 射线的能量,通过直接或间接作用在食品中引起一系列的化学、生物学变化,可以杀灭食品中的微生物与害虫,达到杀菌保鲜的作用。由于食品辐射加工过程中无须对食品进行加热,所以又被称为“冷巴斯德杀菌法(cold pasteurization)”。目前,全世界许多国家的商场都有辐照食品出售。

今年 2 月底,在美国华盛顿召开了食品辐照加工国际会议,来自世界各国 130 多名代表出席了大会。会议期间,20 多个来自美国政府食品安全立法部门和国际组织以及在辐射加工领域内具有卓越贡献的代表作了大会特邀报告,全面地阐述了食品辐射加工技术的重要性、发展该技术的迫切性以及在美国的应用现状。本工作综述了此届会议的部分报告。

1 食品辐射加工技术

1.1 辐射源

用于食品辐射加工的辐射源主要有 γ 射线源和电子束。 γ 射线源又分为 ^{60}Co ($^{60}\text{Cobalt}$) 和 ^{137}Cs ($^{137}\text{Cesium}$) 两种。在美国,除了佛罗里达州普遍使用 ^{60}Co 以外,其它州的绝大多数工厂均使用电子束辐照食品^[2]。由于 γ 射线和电子束对于纸张、木板等有较强的穿透能力,对于包装食品,甚至已经贴上标签的食品也可以直接进行辐射加工,而不需要额外的处理。

1.2 辐射加工原理及辐射剂量

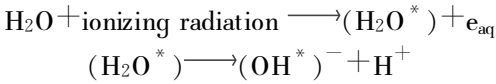
γ 射线源电子束和对食品杀菌的效果是一样的,实验表明,不管辐射源是 γ 射线源还是电子束,2kGy 的剂量杀死牛肉中的病菌 *Escherichia coli* O 157:H7 的数目是一样的^[3]。这是因为它们的原理都是一样的。一方面, γ 射线或电子束的能量直接作用于细菌,令其死亡;另一

第一作者:徐刚,男,1977 年 4 月出生,2000 年毕业于中国科学技术大学(学士),现在中国科学技术大学攻读高分子化学与物理博士学位

通讯联系人:施文芳

收稿日期:初稿 2001-07-09, 修回 2001-09-03

方面,γ 射线或电子束作用食品中其它部分,间接杀死细菌,如 γ 射线或电子束与 H₂O 发生如下反应^[4]



上述所产生的羟基自由基反应可以与食品中的细菌作用是一样的。
食品辐照所用的剂量根据目的不同,可分为 3 类^[3]:(1) 低剂量(<1kGy):减少食品中的昆虫和寄生虫,延迟果实成熟时间;(2) 中等剂量(1—7kGy):减少食品中的病菌,延长储藏期;(3) 较高剂量(>7kGy):杀菌(>25kGy:高剂量,彻底灭菌)。对于不同种类的病菌,所用的剂量也不同,结果见表 1。

Tab.1 D₁₀ values of seven kinds of familiar food borne bacteria

Bacterium	D ₁₀ Value/kGy
Aeromonas	0.14—0.19
Campylobacter	0.19
Escherichia coli O 157:H7	0.25—0.3
Listeria	0.77
Salmonella	0.38—0.77
Staphylococcus	0.36
Clostridium botulinum (spores)	3.56

D₁₀ value—dose required to reduce population by 90%

1.3 技术特点

1.3.1 杀菌效果好 近几年的研究表明,食品经过辐照后至少可以使 99.9%种常见的以食物为载体的病菌失去活性,例如沙氏门菌、气单胞菌、大肠杆菌 O 157:H7 等。采用辐照的不但杀菌范围广而且对细菌的破坏力也很强,只有极少量的病菌在辐照后能够存活下来,其数量已不足以对人体构成危害,结果见表 2。表 2 显示了使用辐射加工技术对几种常见病菌可以达到的预期效果。由于辐射技术杀菌效果显著,美国许多医院对抵抗力差的病人的食物进行了辐射处理。

Tab.2 Estimates of potential benefits of widespread use of irradiated meat and poultry (USA)

Bacterium	Annual number of prevented		
	Cases	Hospitalizations	Deaths
Escherichia coli O 157:H7	23,000	700	20
Campylobacter	500,000	2,500	25
Salmonella	330,000	4,000	140
Listeria	625	575	125
Toxoplasma	28,000	625	94
Total	881,265	8,500	352

1.3.2 保鲜防腐作用 文献[5]研究表明,由于辐照大大抑制了细菌生长,因此,辐照后食品的保质期也不同程度地得到了延长,如草莓辐照后至少 3 个星期不腐烂,比采用其它防腐技术延长 3—5d。图 1 为辐照抑制食品细菌生长情况的示意图。此外,辐照还可以抑制酶的活性,干扰 ATP 的合成,延迟成熟,如马铃薯辐照后出芽率大大减少。

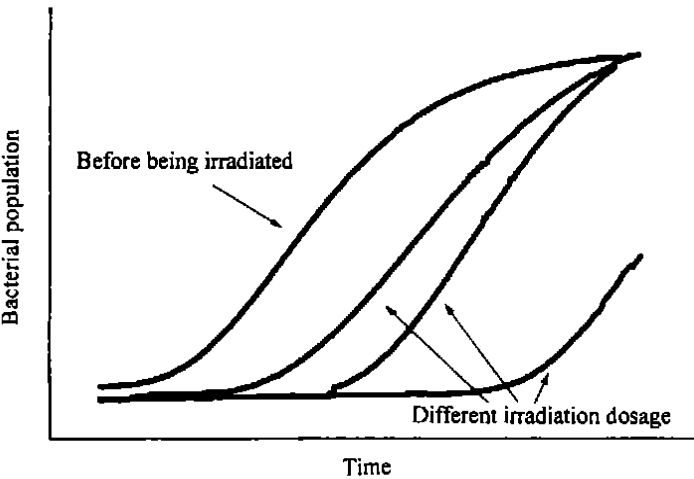


Fig.1 Growth of bacteria in foods before and after being irradiated

1.4 辐照对食品的作用

食品在受到辐照后其成分会发生一系列的化学反应,使得营养物质有所减少,例如,淀粉和纤维素等碳水化合物在辐照时会降解成多糖,再裂解为低聚糖;家禽细胞中的核酸结构会被破坏,细胞中的水也会因辐照而生成羟基自由基,从而在细胞中引发一系列的反应。但是,通过对食品辐照剂量的控制可以在很大程度上避免上述反应。实验证明,通过剂量控制,营养物质的减少低于传统的加热或罐装等方法。食品在辐照前后不会在成分和结构上发生显著变化。对于大多数的食品(如肉类),其口感在辐照前后也没有任何改变。

1.5 安全性

1.5.1 辐照设备的安全性 食品辐射加工具有很高的安全性,它所使用的辐射装置的安装和操作都有一套完善的制度。美国辐照加工行业从建立至今,没有发生过一起意外事故。加拿大在 1955—1998 年间运送了 870 批共 $7.03 \times 10^{18} \text{Bq } ^{60}\text{Co}$ 辐射源没有发生过失误。

1.5.2 辐照食品的安全性 采用添加防腐剂的方法尽管也可以达到杀菌防腐的目的,但它们会使食品口感有所改变,时间久了还会产生毒害物质。食品辐照利用的是 γ 射线或低能电子束(10MeV 以下),辐照完毕后不会在食品中残留污染物质,也不会使食品产生诱生放射性。食品辐照的安全性不但在科学界得到了证实,而且获得了许多国际组织,如世界食品与农业组织(Food and Agriculture Organization)、国际原子能委员会(International Atomic Energy Agency)和世界健康组织(World Health Organization)等的认证。美国的很多行政部门如食物药物管理局(Food and Drug Administration)和科学组织如美国饮食协会(American Dietetic Association)等早已宣称食品辐照是安全的^[6]。

1.6 辐照费用

食品辐照的费用略高于传统的防腐杀菌方法的费用。对于水果和蔬菜,成本增加 2%—3%;对于肉类和禽类,成本增加 3%—5%。但由于辐射加工所带来的食品高安全性和保质期的延长,这些增加的成本是可以被消费者所接受的,而且随着食品辐射加工业的发展,成本会有所下降。

2 食品辐射加工的发展历史及现状

食品辐射加工的起源可以回溯到上个世纪初。1905 年,英国提出了第一个关于食品辐照的专利。1921 年,美国出现了利用 X 射线杀死肉类中螺旋线虫的专利。1953—1980 年,美国军队和原子能委员会开展了大量关于食品辐照的研究工作。早在 1958 年,美国在食品、药物和化妆品法案中就确认辐照可以作为一种辐射加工手段。1963 年,小麦和面粉首批被美国食品药品监督管理局批准为可辐照的食品。在而后的 30 多年中,多种食品陆续得到立法支持(见表 3),从而,美国的食品辐射加工业随之得以迅速的发展。美国航天局早在 60 年代就把辐射食品作为宇航员的太空食物。最近,美国在夏威夷建造了一座专用于水果和蔬菜辐射加工的大型辐射装置。美国佛罗里达和中部几个州的市场上都出现了大量辐射加工食品,每年大概有 4.40 万吨的食品经过辐射加工,其中调味品和干菜占了绝大多数,大约为 4.31 万吨;水果蔬菜约 700 吨;家禽肉类约 200 吨。目前市场上辐照食品所占的比重仍较低,辐照过的调味品和干菜占其总销售量的 9.5%,其他种类的辐照食品只占各自总销售量的 0.002%左右。但是,辐照食品的产量在美国正呈逐年上升趋势^[6]。

Tab.3 Food product approved for irradiated in the United States

Food product	Approval date	Purpose for irradiation	Maximum permitted dosage/kGy
Wheat and wheat powder	1963.8.21	Insect deinfestation	0.20—0.50
White potatoes	1964.7.8	Inhibit sprout development	0.05—0.15
Spices and dry vegetables	1983.7.5	Microbial disinfection and insect deinfestation	10.0
Dry or dehydrated enzyme preparation	1985.6.10	Microbial disinfection	10.0
Pork carcasses or fresh nonheated processed cuts	1985.7.22	Control trichinella spiralis	0.30—1.00
Fresh foods	1986.4.18	Delay maturation	1.0
Dry or dehydrated aromatic vegetable substance	1986.4.18	Microbial disinfection	30.0
Fresh, frozen uncooked poultry	1990.5.2	Control food borne pathogens	3.0
Refrigerated and frozen uncooked beef, lamb, goat, and pork	1997.12.3	Control food borne pathogens and extend shelflife	4.5(refrigerated) 7.0(frozen)
Fresh shell eggs	200.7.21	Control salmonella	3.0

相比之下,食品辐射加工技术在欧洲的发展较美国缓慢。虽然关于食品辐照的第一个专利出现在欧洲,但是这种技术在 80 年代中期才在法国、荷兰、比利时等国家得到应用。各国每年的产量都在 $0.5\times10^4\text{--}2.0\times10^4\text{t}$ 之间,辐照的食品种类主要是调料和家禽肉。但是,由于立法方面的原因,近几年的产量有所下降。1987、1989 年欧盟两次发表声明,反对食品辐射加工。直至 2000 年 9 月,欧盟签署了两份关于食品辐射加工的文件,但它们仍要在欧洲各国议会讨论并通过后才能生效。在文件中提及的可允许辐照的食品种类也较少,只有干香料和蔬菜调味品。虽然食品辐射加工业在欧洲遇到立法上的阻力,但是辐射食品在欧洲的贸易却没

有出现问题。现在大约有 40 种辐射食品在欧洲销售。这是由于 1983 年食品辐射加工标准 (the Codex General Standard for Irradiated Foods)得以确立,并获 WTO 确认。这个标准的出现,大大促进并规范了国际辐射食品贸易。作为 WTO 成员国,欧洲各国很难阻止满足该标准的辐射食品进入本国市场。所以,每年都有很多辐照食品输入欧洲^[7]。

3 发展食品辐射加工技术的障碍及解决办法

目前,发展食品辐射技术的最大障碍不是在于技术,而是在于消费者对于这种技术的认可。辐照食品在现阶段仍是一个概念很新、不为消费者所了解的产品,再加上对于辐射的恐惧更是影响了消费者的购物态度。有些食品辐照商提出取消强制性标签(为了区别辐照食品和未辐照食品,必须在辐照食品上面贴有国际辐射食品的符号(见图 2),或者标签上注明该食品被辐照过或是该食品的某个成分辐照过)。对于辐照食品贴标签是一件很重要的事情,因为消费者有权了解他们所选择的食物。据调查,消费者主要担心的问题是在辐照食品中是否有残留的辐射效应,处理过程中营养物质是否流失以及放射性物质运输和使用的安全性等。1990 年以来,由于辐射食品时常出现于媒体报道(见图 3),消费者对于辐照食品的购买意愿也将随之逐年增加(见表 4)。

发展食品辐射技术同时还有经济上的障碍,如加工费用增加以及辐射食品的申请过程繁杂等。要解决这些问题,需要食品加工业、政府以及媒体等各方面的合作。



Fig. 2 The international food irradiation symbol

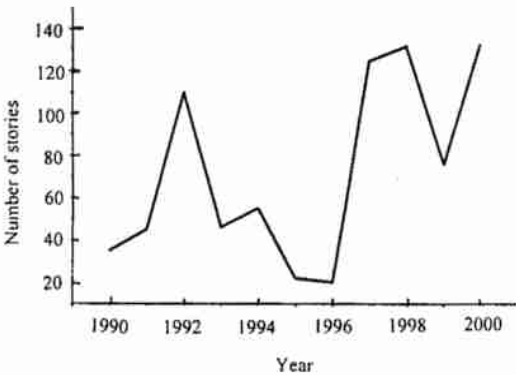


Fig. 3 TV news and newspaper stories about food irradiation, 1990 – 2000 Source: Online archives for 4 national TV networks and 25 major newspapers in 18 states

Tab.4 Previous surveys of consumer acceptance of irradiated

Year	Willing to buy/%	Source
1987	36	Malone <i>et al</i> (1990)
1988	45	Schutz <i>et al</i> (1989)
1993	50—52	AMI Foundation(1993)
1997	60	FMI annual trends survey
1998	79	FMI and GMA(1998)
1998	55	FMI annual trends survey
1999	56	FMI annual trends survey

FMI: International monetary fund

参 考 文 献

1 Richard Hunter· Food Irradiation 2001(February 26—28 Washington, DC), Consumer Education Concerning Food Irradiation; Using Public Health Tools

2 Raymond W Durante· Food Irradiation 2001(February 26—28 Washington, DC)· The Food Irradiation Game

3 James Dickson· Food Irradiation 2001(February 26—28 Washington, DC), An Introduction to Food Irradiation

4 James Dickson· Food Irradiation 2001 (February 26 — 28 Washington, DC), Processing to Achieve Technological Objectives

5 U·S· Food and Drug Administration· Food Irradiation; A Safe Measure

6 United States General Accounting Office· GAO/RCED—00—217, Available Research Indicates That Benefits Outweigh Risks

7 Peter Neyssen· Food Irradiation 2001(February 26—28 Washington, DC), Food Irradiation Legislation in the European Union

APPLICATION OF IRRADIATION TECHNOLOGY IN FOODS PROCESSING

XU Gang LIANG Hongbo SHI Wenfang

(Department of Applied Chemsitry, University of Science and Technology of China, Hefei 230026)

ABSTRACT This article summarized the principium of food irradiation processing, and also described the marketing status with the technology in Europe and America.

KEYWORDS Food, Sterilization, Irradiation processing

CLC TS205.9