

陈福根 张绍裘 曹学新 朱锦心 许克诚

关键词: 食品辐照 辐照剂量学 辐射灭菌 化学外推法

“上海食品辐照技术考察团”一行五人,于1983年9月赴美进行为期三周的考察,访问了十二个大学、研究所、辐照工厂、卫生和计量机构,并与食品辐照界的专家们进行了座谈讨论,详细情况另有报告。限于篇幅,本文着重介绍并探讨美国食品辐照技术研究及商业化的发展趋势。

利用电离辐射对食品进行加工,主要目的是抑制发芽、杀虫、防霉、杀菌和灭菌,以延长食品的货架期和改善食品卫生。早在1943年,在麻省理工学院(MIT)的B. E. Proctor教授指导下,美国陆军部所属机构开始研究该项新技术并探索其实用化前景。直到1980年为止,有关的研究规划是美国陆军部所属纳蒂克研究发展实验室负责牵头制订的,研究的重点是用高剂量(百万拉德以上)辐照,以达到肉类(包括牛肉、熏肉、鸡肉、火腿、鱼类等)灭菌(使有害细菌下降 10^{11} 倍)的目的。与此同时,不少研究机构和厂家也对果品、蔬菜、粮食等数十个品种进行了低剂量(大多在10万拉德以下)辐照研究,以达到保藏保鲜的目的。1980年纳蒂克实验室部分设备和人员由美国陆军部移交给农业部东部地区研究中心(USDA ERRC),并由ERRC负责牵头制订新的食品辐照研究规划。这是食品辐照走向民用和商业化的一个重要标志。迄今为止,经美国食品与药物管理局(FDA)正式批准可进行商业性辐照的食品有土豆、小麦及其制品,三十六种调味品(包括洋葱粉、大蒜粉、胡椒等)。据美国食品辐照界专家估计,肉类的商业化辐照加工可望在一、二年内得到正式批准。

下面根据我们的考察,着重谈一下美国食品辐照技术研究的发展趋势。

1. 发展综合辐照工艺

肉类的灭菌须用高剂量辐照。现已查明,某些典型肉类(例如牛肉)经过辐照加工及其它处理而产生的分解产物有六十多种,其中约有百分之十是由辐照引起的。对于这些辐解产物的卫生安全性的研究已基本完成,并未发现可能产生的有害影响。

然而,单纯的辐照还是不能令人满意的。因为,(1)即使用数百万拉德的剂量进行辐照,还是不能去掉食品中的酶(例如蛋白酶)活性,这些酶仍然能引起食品的自分解,使食品变质;(2)辐照对食品中的氧特别敏感。高剂量辐照下,由于氧的影响,食品会产生“辐照味”(类似于焦味或油腻味),影响可口性;(3)高剂量辐照对某些营养成分影响较大,降低了营养价值;(4)在腌制食品中,因灭菌或着色需要的硝酸盐与亚硝酸盐添加剂引起的有害影响是否可以减少,还未研究清楚。

因此,E. Wierbicki等人就不同辐照条件对辐解产物的影响进行了深入的研究,并在此基础上,发展了一种“综合辐照工艺(见表)”。

肉类食品的综合辐照工艺过程表

工序名称	工艺特点	目的与效果
1. 预处理	加入适量的食盐和多磷酸盐	改善食品辐照后的味道、质地、液汁含量,提高辐照效率
2. 酶的钝化	温和加热至70℃	去掉食品中自溶酶活性
3. 真空包装	真空度为十几毫米汞柱	降低辐照时氧的不利影响
4. 冷冻	-40℃	减少辐解产物和营养素的损失
5. 辐照	在冷冻条件下,用 ^{60}Co 或5~10MeV电子束辐照,剂量约 $2 \times 10^6 \text{rad}$	细菌(包括抵抗力很强的肉毒梭状芽胞杆菌)存活率可减少 10^{12} 倍
6. 保藏、运输和销售	室温	保存期可达几年或十几年

美国登月舱阿波罗17、美苏阿波罗-索尤兹联盟卫星以及1981年试飞的美国哥伦比亚航天器的宇航员都食用了这种综合处理的食物,反映良好。我们在考察时也品尝了综合处理的牛肉、鸡肉、火鸡、鱼等馅子的香

上面所述的是一种完全灭菌的典型工艺。根据肉类品味或要求的不同，还可调节或放宽工艺条件。如最近他们又在作进一步的研究，目标之一是将剂量下降到百万拉德以下，以达到巴氏消毒的目的。现在已得出一个很有实用价值的结果，即在综合处理中将剂量降到 60 万拉德，仍然能得到满意的效果，只是杀菌程度和货架期不如前者。据有关专家估计，这种低剂量综合辐照加工的肉类食品，可望在一、二年内得到正式批准而投入市场，也可能出口到日本。

2. 对低剂量辐照进一步重视

八十年代以来,美国对低剂量辐照进一步重视。其原因之一是用于处理果品、蔬菜等的化学熏蒸剂对人体不够安全(有些国家已经禁用,美国也准备禁用);另一方面,因熏蒸剂不易透入果品等的内部而将虫卵杀死,杀虫效果不够理想,以致某些准备出口的果品受到进口国的禁止。因此,以辐照代替熏蒸剂已日益受到重视。目前,他们低剂量辐照的研究重点是辐照柑橘,以消灭具有灾难性的果蝇。此外,也辐照其他果品与蔬菜。为了进一步研究低剂量辐照,美国农业部、能源部、环境保护局和FDA正在考虑建设食品低剂量辐照的专用设备。

我们访问 FDA 时,曾询问如何对商品化食品辐照的质量进行监督。他们的回答是由各生产加工部门通过剂量测定自行监督。由此可见,建立标准化的剂量监测体系,对保证辐照质量、推动商业化的发展有很大意义。因此,美国国家标准局(NBS)除积极研制适于食品辐照用的新型剂量计并由指定的工厂生产外,还要求全国拥有辐射源的单位,在剂量测定方面,均须经 NBS 核对和标定,以建立标准化的剂量监测体系。

染料光导管剂量计由光导管和隐色染料两部分组成。光导管材料属聚四氟乙烯类，外涂紫外光（对所用染料有感光性）屏蔽材料。所用的隐色染料中，比较常用的氰化对六羟乙基三联苯胺，其结构式为：该染料以极性有机溶剂配成溶液，充入光导管后经受辐照，按剂量不同显示不同深浅的颜色，经过切割、封管等处理，即可用分光光度计测定光密度，并由此推算出该剂量计的吸收剂量。由于光导管长度、染料浓度可在相当大的范围内变动，而仍能保持线性关系，所以，这种剂量计的量程很大，可从人体安全监督所需的毫伦级到肉类辐照所需的百万拉德级。

虽然高能电子束在辐射加工方面已有许多应用,然而,在 $0.2\text{MeV}\sim 10\text{MeV}$ 能量范围内,其穿透力是有限的,不能用来辐照密实包装的产品,如医疗器材和食品。因此,只好用 ^{60}Co 的 γ 射线来进行辐照。但使用 ^{60}Co 有两个缺点: (1) 大量运输、操作和贮藏 ^{60}Co 放射性物质有潜在的危险; (2) ^{60}Co 大量供应受到一定限

制。所以,美国一些科学家最近就致力于研究高功率电子加速器初致辐射束的应用。

考虑到在美国高功率电子加速器(如100 kW、200kW)已有产品出售;FDA也可能把5MeV作为电子束辐照食品的上限,他们选择电子束的初始能量为4或5MeV。用高原子序数的钨或铀作为初致辐射转换靶(图2)。利用蒙特卡罗 ZTRAN 程序,对初致辐射束在辐照产品中的能量沉积进行计算,结果表明:辐照产品密度为1,辐照均匀性为1.5时,其穿透厚度为16.5厘米。假设电子束能量利用系数为5%,同射线利用系数为33%的 ^{60}Co 源比较起来,1台200kW(5MeV,40mA)的电子加速器相当于160~200万居里的 ^{60}Co 源。由此可见,电子加速器初致辐射束的应用前景是很乐观的。

5. 坚持辐照装置的综合利用

在我们参观过的所有食品辐照加工或研究机构中,都兼做其他的辐照处理工作,其目的之一是提高经济效益。例如,前述的美国制订食品辐照规划的牵头单位——美国农业部东部地区研究中心也兼做皮革涂料辐射固化;美国当前最大的食品辐照中心——阿肯色州的加工技术公司,在我们参观时也在辐照医疗用品。给我们印象较深的是 M. Welt 博士(美国食品辐照工艺专家和积极推动者之一)及其领导的辐射技术公司,一方面积极承担美国空间计划和某些特种需要的食品辐照任务;另一方面又大力开展塑料、木材-塑料、涂料、冷库地面防滑剂、马路横道线涂层等的辐照研究和加工。

以上是美国食品辐照技术发展的主要趋势。至于商业化问题,由于美国物产和能源比较充足,加上卫生法规限制以及“三里岛”事故对公众心理的影响,食品辐照商业化进展较慢。不过,近年来由于具有说服力的实验结果(如辐照灭菌鸡肉安全性研究,用去30万磅鸡肉和1万多只小白鼠进行长期喂养,研究报告长达10328页)的日益积累,FDA也提出一些新的建议,如(1)10万拉德以下的辐照食品可以不进行毒理试验;(2)某种食品如果其摄入量不超过总进食量的万分之一,则该食品可经受500万拉德辐照而毋需进行毒理试验。基于这一建议,FDA于1983年7月正式批准36种调味品的商业辐照加工。时隔仅二个月,在我们参观时,已看到一些单位正在批量辐照调味品,剂量为80万拉德。原料来自国内外,辐照后由调味品公司销售。据美国一些食品辐照专家透露,美国食品辐照商业化的前景可能在调味品、水果和低剂量综合处理的肉类食品方面。

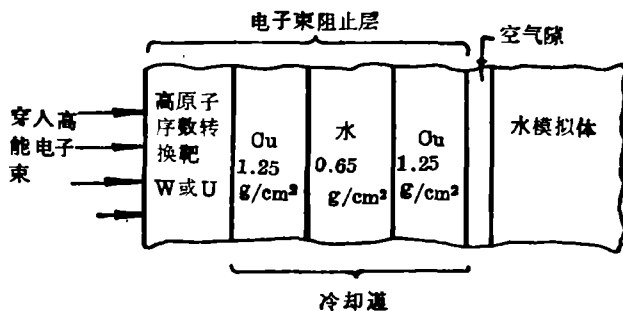


图2. 初致辐射转换器

Development of food irradiation techniques in USA

Chen Fugen Zhang Shaoqiu Cao Xuexing

Zhu Jingxin Xu Kecheng

Keywords: food irradiation bremsstrahlung radiation dosimetry radappertization chemiclearance