

第七章 食品的辐射保藏

第一节 概述

第二节 辐射的基本原理

第三节 辐射对食品质量的影响

第四节 辐照在食品保藏中的应用

第五节 食品辐照的安全与法规

第一节 概述

一、食品的辐射保藏的定义

利用原子能射线照射食品或原材料，进行灭菌、杀虫、抑制鲜活食品的生命活动，从而达到防霉、防腐、延长食品货架期为目的的一种食品保藏方法。

- 利用电离辐射主要是指钴⁶⁰、铯¹³⁷ γ 射线和电子加速器产生的电子束。

二、辐射保藏的优越性

- 1、食品在受辐射过程中温度升高甚微。
- 2、射线穿透力强。
- 3、射线处理过的食品不会留下任何残留物。
- 4、节省能源。
- 5、适应范围广。
- 6、加工效率高、整个工序可连续化、自动化。

三、国内外发展简况

- ◆ 1895年伦琴发现X-射线后，Mink于1896年就提出X-射线的杀菌作用。
- ◆ 二次大战期间，美国麻省理工学院的罗克多尔将射线处理汉堡包，揭开了辐射保藏食品研究的序幕。
- ◆ 50年代起北美、欧洲、日本等30多个国家先后投入大量的费用进行研究；
- ◆ 60年代一些第三世界国家也加入该行列，目前从事这方面研究的有50-60个国家。

- ◆ 国际原子能组织（IAEA）、联合国粮农组织（FAO）、世界卫生组织（WHO）等的支持和组织下，进行了种种国际协作研究。到1976年25种辐射处理食品在18个国家得到无条件批准或暂定批准，允许供作为商品供一般使用。
- ◆ 1980年10月27日上述组织联合举行的第四次专门委员会会议作出结论：用10kGy以下平均最大剂量照射任何食品，在毒理学、营养学及微生物学上都丝毫不存在问题，而且今后无须再对经低于此剂量辐照的各种食品进行毒性实验。

◆ 目前许多国家将辐射用于食品的加工与保藏。

- 前苏联、美国、加拿大、法国、日本、中国等国家均批准在一些食品中使用辐照。
- 日本、加拿大建立了辐射工厂用于食品保藏、有鱼虾、果蔬等。
- 欧洲（丹麦、保加利亚、法国等）用于抑制土豆、大蒜、洋葱发芽。
- 发展中国家，印度、伊朗、泰国、智利、阿根廷等用于粮食（谷物）的防霉、防虫。

- ◆ 我国自1958年开始，70年代的研究工作取得了一定的成效。
- ◆ 到1994年止，我国卫生部已经先后批准了18种辐照食品（马铃薯、洋葱、大蒜、香肠、稻谷、苹果、花生、蘑菇、扒鸡、花粉、果脯、生杏仁、番茄、猪肉、荔枝、蜜桔、薯干酒、熟肉）。
- ◆ 1997年，我国批准豆类、谷类及其制品、干果果脯类、熟畜禽肉类、冷冻包装畜禽肉类、香新料类、新鲜水果蔬菜类辐照卫生标准。
- ◆ 80年代，一些省市建立了一些容量较大的辐射应用试验基地，如北京、上海、天津、湖南、四川、广东等地。

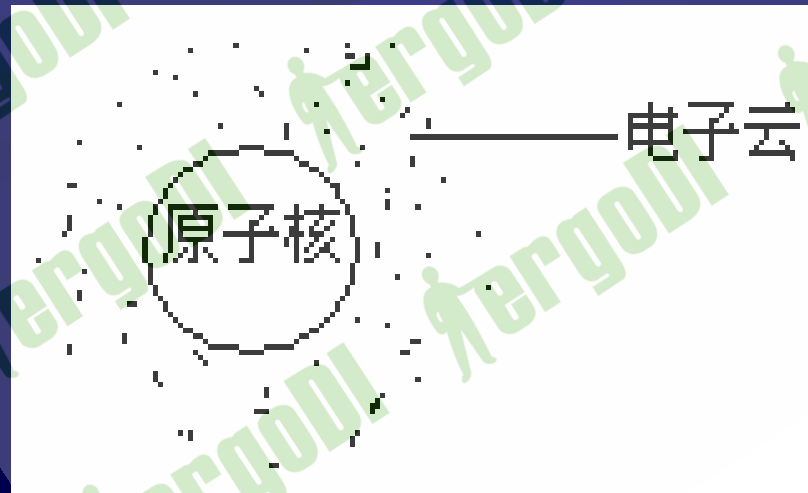
第二节 辐射基本原理

一、辐射类型

- 低频辐射（非电离辐射）： $\nu < 10^{15}$ ，辐射源波长较长、产生能量小（频率低），仅能使物质分子产生转动或振动而产生热，可起到**加热杀菌**的作用。
- 高频辐射（电离辐射）： $\nu > 10^{15}$ ，辐射源频率较高、产生能量大，如X-， γ -射线，可使物质的原子受到激发或电离，因而可起到**杀菌作用（冷杀菌）**。

二、放射性同位素与辐射

- ◆ 一个原子具有一个带正电荷的原子核，核外围有电子云。



1. 放射性同位素

- ◆ 原子核= P^++n ， P^+ 为带正电荷质子， n 为不带电荷中子，一般情况下（指在轻原子核范围内） $P^+=n$ ，组成原子的质量。
- ◆ 但有些元素， P^+ 相同而 n 不同的原子所组成的元素称为同位素， $P^+=n$ 时原子稳定， $P^+ \neq n$ 则不稳定。
- ◆ 当原子序数在84以上的同位素，原子核是不稳定的，能以一定的速率放出射线，由这种原子组成的元素称为放射性同位素。
- ◆ 放射性同位素能发射 α^- 、 β^- 、 β^+ 及 γ -射线。

- α -射线：相对质量较大，电离能力大，穿透能力小。 **电离辐射**
- β -射线：为 α -射线质量的几千分之一，点电量为其一倍，穿透能力比 α -射线大。
- γ -射线：电离能力比 α -、 β -射线小，但穿透能力比它们大。
- X-射线：电离能力小，穿透能力很强。

都具有使被辐射物质的原子或分子发生电离作用的能力和不同穿透程度的能力。

电离辐射

放射性同位素放出射线后，就转变成另一个原子核，从不稳定元素变成稳定同位素，原子核转变过程称为放射性衰变。

若放射性强度因衰变而降低到原来的一半所需要的时间称为半衰期。

三、辐射单位

	国际单位	常用单位
辐射能量	焦耳	ev
放射性强度	Bq	Ci
辐射量	库仑/千克	伦琴
吸收剂量	Gy J/kg	rad

四、辐射源

- 人工放射性同位素
- 电子加速器

第三节 辐射对食品质量的影响

一、辐射的化学效应

由电离辐射使食品产生各种粒子、离子及质子的基本过程有初级辐射和次级辐射。

1. **初级辐射**：使物质形成离子、激发态分子或分子碎片。
2. **次级辐射**：使初级辐射的产物相互作用，生成与原始物质不同的化合物。

二、辐射的生物学效应

1. 辐射对微生物的作用

(1) 直接效应

(2) 间接效应

当水分子被激活和电离后，成为游离基，起氧化还原作用，这些激活的水分子就与微生物内的生理活性物质相互作用，而使细胞生理机能受到影响。

(3) 微生物对辐射的敏感性

$$\log \frac{N}{N_0} = -\frac{D}{D_{10}}$$

N_0 —最初的微生物数

N —使用 D 剂量后残留的微生物数

D —初期使用剂量

D_{10} —微生物残存数减到原数10%时的剂量

2. 辐射对病毒的作用

通常使用高达30K Gy的剂量才能抑制病毒的活性。

3. 辐射对昆虫的作用

辐射敏感性与昆虫细胞的生殖活性成正比，与它们的分化程度成反比。

4. 辐射对寄生虫的作用

辐射可使寄生虫不育或死亡。

第四节 辐照在食品保藏中的应用

一、辐射保藏的三种形式

1. 辐射阿氏杀菌 (radappertization)

2. 辐射巴氏杀菌 (radicidation)

3. 辐射耐储杀菌 (radurization)

能提高食品的贮藏性，降低腐败菌的原发菌数，并延长新鲜食品的后熟期及保藏期，辐射剂量在5K Gy以下。

二、现有的一些商业化应用

1. 果蔬类

- 防止微生物的腐败作用
- 控制害虫感染及蔓延
- 延缓后熟期，防止老化

(1) 辐射对水果的影响

——辐射在水果中的商业化应用

- ①控制辐射剂量，杀灭霉菌
- ②辐射水果抑虫
- ③延迟后熟期，对香蕉等热带水果十分有效
- ④增强水果中色素的合成

及色素的变化等。

——辐射在蔬菜中的商业化应用

抑制发芽，延缓新陈代谢作用

- 辐射可影响新鲜蔬菜的代谢反应，如改变蔬菜的呼吸率，防止老化，改变其化学成分等，作用效果与辐射剂量有关。
- 根菜类如土豆、洋葱等辐射后可抑制发芽，在光照下皮层也不发绿，但辐照剂量过高，会腐烂。
- 辐照可防止蘑菇开伞，延迟后熟。

2. 谷类及其制品：以控制虫害及其蔓延为主。

3. 肉禽类

(1) 高剂量辐射处理

处理后不需要冷冻保藏。所用辐射剂量能破坏抗辐射性强的肉毒梭状芽孢杆菌菌株，对低盐、无酸的肉类使用剂量为4.5Mrad，产品必须密闭包装防止辐射后再受微生物污染。

(2) 低剂量辐射处理：处理后需冷冻保藏。

4. 水产品

高剂量辐射处理效果同于肉类，但异味不如肉类明显。低剂量辐射常与3℃左右的冷藏结合。使用最高剂量为300Krad。

5. 蛋类

应用辐射巴氏杀菌剂量，杀灭其中的沙门氏菌。蛋白质受到辐射降解而使蛋液粘度降低。

第五节 食品辐照的卫生与安全

一、卫生安全性

- 诱惑放射性
- 轻元素中,放射性同位素的半衰期极短
- 毒性问题
- 微生物发生变异的危险性

“辐射食品总平均剂量10K Gy以下不需要进行此剂量范围的毒理学实验,无特殊营养和微生物学问题。”



一种元素若在电离辐射下，辐射能量将传递给元素中的一些原子核，在一定条件下会造成激发反应，引起这些原子核的不稳定，由此而发射出中子并产生 γ -辐射，这种电离辐射使物质产生放射性（是由电离辐射诱发出来的）——诱惑放射性。

$^{14}\text{N} > 10.5\text{Mev}$ γ -射线会产生放射性

$^{16}\text{O} > 15.5\text{Mev}$ γ -射线会产生放射性

$^{12}\text{C} > 18.8\text{Mev}$ γ -射线会产生放射性



二、辐射食品的测定方法

1. 物理法

- 测定原理：膜性质的变化
- 测定项目：电阻抗法、粘度法
- 适用食品：土豆、调味品

2. 化学法

——核酸变化

采用DNA（碱基损伤和链断裂）法，适用鸡肉、猪肉等。

——蛋白质变化

采用酪氨酸法，适用含苯丙氨酸的食品，如鸡肉。

——乙醇变化

采用d-2, 3-丁二醇法，适用酒类。

3. 发光法

- 化学发光法，基于被辐照物溶于水时发光的原理，适用于调味品、姜、洋葱等食品的辐照测定。
- 热释光法，基于陷落载流子受热发光的原理，适用于贝类、甲壳类、土豆、洋葱、调味品、鲜蘑菇等食品的辐照测定。

4. 生物学和生理学方法

- 微生物体系变化，基于微生物对辐照敏感性不同的原理，测定食品辐照效果。
- 发芽试验，由DNA变化测定食品辐照效果。

5. 电子自旋共振法（ESR法）

由长寿命自由基生成的原理，适用带骨肉、干果、骨头、硬果壳、包装材料等食品辐照效果的测定。

思考题

- 1、食品辐射常用的辐射源有哪些？
- 2、讨论辐射保藏食品的原理。
- 3、辐射有哪些化学效应及生物学效应？
- 4、辐射的类型有哪些？各自的特点及其适用性是什么？
- 5、从食品安全的角度出发，辐射的能量应控制在多少以下？
- 6、简述辐射食品的检测方法。