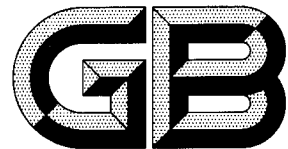


ICS 67.040  
C 53



# 中华人民共和国国家标准

GB 16334—1996

---

## γ 辐照装置食品加工实用剂量学导则

Practical guide of dosimetry in  
a gamma irradiation facility for food processing

1996-06-19 发布

1996-09-01 实施

---

中华人民共和国卫生部 发布



# 中华人民共和国国家标准

## γ 辐照装置食品加工实用剂量学导则

GB 16334—1996

Practical guide of dosimetry in  
a gamma irradiation facility for food processing

### 1 主题内容与适用范围

本标准规定了食品加工 γ 辐照装置启用与日常运行中的剂量测量内容与程序,以及 γ 射线吸收剂量测量系统的分类、选择、校准与使用。

本标准适用的吸收剂量范围为 0.02 kGy~60 kGy。辐照其他产品也应参照执行。

食品加工 γ 辐照装置(以下简称辐照装置)是由 γ 辐射源,及有关设施组成的用来加工辐照食品的装置。辐照装置必须满足食品加工的安全卫生与有效性的要求。辐照装置的建立与运行必须履行法定审批手续,依法接受执法机关的监督。

辐照装置必须设有剂量测量系统。该系统应定期检定与校准,并保持量值溯源性。测量 γ 射线吸收剂量的范围与误差应符合工艺与法规的要求。

### 2 引用标准

GB 139 使用硫酸亚铁剂量计测定水中吸收剂量的标准方法

### 3 意义和用途

3.1 辐照食品是为了达到某种实用目的,利用电离辐射在食品中产生的某些辐射化学与辐射生物学效应,经过一定剂量电离辐射辐照过的、国家批准市场销售的食品。卫生部批准、发布的辐照食品卫生标准规定的剂量限值列于附录 A。

3.2 辐照食品吸收的剂量取决于许多因素,例如辐射源(类型、活度与排列),辐照时间,产品的组成、堆积密度、堆码方式与包装,以及源与产品间的几何学配置。为了保证食品获得所需要的剂量,应当正确选用适宜的剂量测量系统与程序,严格按规范操作。

3.3 辐照食品关系到消费者的健康,因此国家对其生产、贮存和销售进行法制管理,制定了一系列强制性的管理办法和技术标准。食品辐照必须遵守《食品卫生法》、《辐照食品卫生管理规定》、《辐射加工计量监督管理暂行规定》,并符合相应辐照食品卫生标准和计量技术规范的要求。

3.4 辐照食品的吸收剂量应不小于所需的最低剂量,同时不超过法定的平均剂量限值(或最大剂量限值)。正确的剂量测量提供了独立、定量、可靠的辐照工艺控制与产品质量保证,促进辐照食品的贸易,并能作为依法监督管理的依据。

### 4 术语

#### 4.1 吸收剂量

$d\bar{\epsilon}$  除以  $dm$  所得的商,即  $D=d\bar{\epsilon}/dm$ ,其中  $d\bar{\epsilon}$  是电离辐射授予质量为  $dm$  的物质的平均能量。吸收剂量单位名称为戈[瑞],符号为 Gy,1 Gy=1 J/kg。

中华人民共和国卫生部 1996-06-19 批准

1996-09-01 实施

#### 4.2 静态分批辐照

产品分批置于一定辐照位置,辐照过程中,辐射源和产品均不移动。

#### 4.3 动态连续辐照

产品以一定的传输速度均匀连续地通过辐射场接受辐照。

#### 4.4 动态步进辐照

产品送入辐照室内,在工位上停留一定时间,然后移动到下一个辐照工位再停留相同时间,依次前进,直至送出辐照室。

#### 4.5 产品流动辐照

某些产品如酒、谷物、面粉等在无包装情况下一边流动,一边通过辐射场接受辐照。

#### 4.6 产品辐照箱(单元)

装载一个或多个产品包装作为一个整体通过辐射场的货箱、货架或货盘等。

#### 4.7 剂量测量系统

由剂量计、相关的分析仪器及剂量响应校准曲线(或剂量响应函数)组成的测量剂量的系统。

#### 4.8 产品剂量分布

指某种产品按规定加工工艺辐照后所有辐照箱或产品包装内产品各部分的剂量。

#### 4.9 剂量不均匀度

产品中最大与最小吸收剂量之比,即  $U = D_{\max}/D_{\min}$ 。

#### 4.10 产品总平均剂量

在给定的辐照产品内为测量剂量分布所布置的全部剂量计测量值的算术平均,即  $D = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$ 。

#### 4.11 基准剂量计

能以绝对方法复现吸收剂量单位、具有最高计量学性能、经国家鉴定并批准作为统一全国吸收剂量单位量值的最高依据的标准剂量计。

#### 4.12 标准剂量计

具有良好的计量学性能,并依法经过考核合格,可用来刻度辐射场和校准工作剂量计,其量值能直接溯源到国家基准的剂量计。

#### 4.13 传递标准剂量计

是一种性能稳定、结实的标准剂量计。它能够可靠地传递吸收剂量量值,进行邮寄比对、校准工作剂量计与刻度辐射场等工作。

#### 4.14 工作剂量计(常规剂量计)

经过标准剂量计校准过的,用来测量辐射场剂量率与产品吸收剂量,进行日常剂量监测的剂量计。

#### 4.15 溯源性

通过连续的比较链,使测量结果能够与国家计量基准联系起来的特性。

### 5 辐照装置

5.1 辐照装置按照辐照方式可分为静态分批、动态连续、动态步进及产品流动等四种。

5.2  $\gamma$  辐照装置采用的辐射源主要是 $^{60}\text{Co}$ 或 $^{137}\text{Cs}$ 放射性核素,可以由许多根棒状元件组合成线状、板状或圆筒状。

5.3 采用源尺寸超过产品辐照箱的边界,增加源架边缘处源的放射性活度,产品辐照箱沿着源进行多侧,多道、多层辐照,增加源与产品间的距离,降低产品辐照箱厚度等方法可以改善产品剂量不均匀度,并获得适宜的能量利用率。

## 6 辐照装置的启用

6.1 辐照装置启用前应制定食品辐照生产管理细则,对装置的操作规程,安全守则,工艺剂量选定,产品包装及装载方式,辐照前后食品的质量控制,工艺剂量选定,产品包装及装载方式,辐照前后食品的质量控制,辐照实践与剂量监测,以及各类人员的岗位职责作出明文规定,并保证实施。

6.2 辐照装置在剂量测量方面应具备下列条件:

6.2.1 剂量测量系统、配套设施与工作环境条件必须满足加工生产的需要,依法检测合格。

6.2.2 剂量测试人员应经过专门培训,考核合格。

6.2.3 实现吸收剂量测量质量保证的规章制度。

6.3 辐照装置启用前应作好装置验收与启用剂量测量。装置验收的目的是验证辐照装置是否达到各项设计指标,各种装备的运转、控制、记录是否正常,屏蔽与联锁是否安全可靠等。启用剂量测量包括测量辐射源到辐照位置的重复性,辐照场(剂量分布),不同堆积密度的产品中辐照时间与总平均剂量的关系,以确认典型密度范围内产品在特定辐照条件下所受到的剂量、剂量分布和剂量不均匀度,以及它们的准确性与重复性。

6.4 测量产品剂量分布的目的是取得平均剂量值与剂量不均匀度,以及确定最大剂量、最小剂量的位置,并选定日常剂量监测位置。剂量分布应采用在整个产品或模拟产品辐照箱中按三维空间网格方式均匀布置剂量计的方法并针对较宽的产品密度范围进行测量。对动态辐照,辐照室内必须充满同种产品或模拟产品辐照箱。为保证剂量分布测量的准确性,考虑到由于辐照过程的统计性、产品堆积密度的波动、设定的运行参数的涨落及运行参数测量与剂量测量本身的不确定性等出现偏差,通常测量不少于三个辐照箱。

6.5 在动态辐照中,产品辐照箱开始进入辐照室时,入口处半间辐照室的全部辐照位置应装满模拟产品辐照箱,避免开头几个辐照箱内产品的平均剂量偏高。这一处理也适用于加工结束时,产品辐照箱后面应跟随足够数量的模拟产品辐照箱。变换产品时,如果两种产品的堆积密度与要求的剂量相近,使用不同的剂量处理,应用模拟产品把两种产品隔离。前种产品刚离开辐照室,室内应充满模拟产品,这时可调整运行参数,使之适合后种产品的加工。

6.6 对静态分批辐照,必须预先测定空场的剂量分布,绘制等剂量曲线,选定产品堆码的确切位置与方式,确定产品翻转、移位的合理程序。通过产品剂量分布测量,验证剂量不均匀度是否满足工艺要求。针对不同密度的产品与各种堆码翻转方式确定剂量与辐照时间之间的关系。

6.7 当辐射源的活度与结构,以及其他可能影响剂量分布的因素发生变化时,应重新测定剂量分布。

6.8 辐射场应设置校准点,校准点在聚苯乙烯或有机玻璃制的水模体或固体模体内,离辐射源的距离约在 0.3 m~0.6 m 之间,必须严格定位。校准点可用于校准工作剂量计,监测辐射源到辐照位置的重复性。

## 7 辐照装置日常剂量监测

7.1 在辐照装置日常运行中一般是通过监测辐照工艺参数进行加工控制,但日常剂量监测仍是辐照加工质量保证的必要手段。

7.2 日常剂量监测要求把剂量计置于产品辐照箱最大剂量或最小剂量位置上,亦可放在装卸方便的部位,但该处的剂量值与最大剂量或最小剂量的关系已被确定,记录在案,并能重现。

7.3 对动态辐照,每批产品中至少应把剂量计置于为首的、中间的及最后的三个辐照箱内,并且保证在任何时候辐照室内至少有一个剂量计在监测。静态辐照时在每批(种)堆码的产品中至少放置一个剂量计监测所吸收的剂量值。同时监测并记录其他加工控制参数,如辐射源位置、产品辐照箱传输状况、停顿时间(或传输速度)、启动与停照时间、故障引起的辐照中断、辐照室内的辐射水平、温度、湿度等。

7.4 除了上述抽样监测产品吸收剂量外,还应定期标定辐照场、核对产品剂量不均匀度,检验装置运行

参数及其与产品吸收剂量的关系。

7.5 产品箱上应贴有目视辐照指示片,既可以作为区别辐照过与未辐照产品间的库存标志,又可在辐照中断时粗略判断辐照情况。

## 8 剂量计的分类与用途

8.1 根据计量学性能和用途剂量计可以分为基准剂量计、标准剂量计和工作剂量计三类。常用的标准剂量计与工作剂量计列于附录 B。

8.2 传递标准剂量计是一种标准剂量计,其突出的性能是稳定性好,精密度高,能够在标准实验室和用户之间可靠地传递吸收剂量量值。这类剂量计还具有容易校准,响应与辐射能量、剂量率及环境无显著依赖,小型结实,测量剂量范围较宽,辐射吸收特性与产品等效,系统误差可以修正等特性。

8.3 工作剂量计可用于测量辐射场和产品中的剂量分布及进行日常剂量监测,以控制加工工艺,保证产品质量。工作剂量计应定期按国家计量检定规程(JJG 775—92)进行检定,建立与保持量值溯源性。

## 9 工作剂量计的选择与校准

9.1 根据应用的目的与条件选择合适的工作剂量计,具体参考下列因素:

9.1.1 测量吸收剂量的范围适合产品工艺的要求。

9.1.2 具有确定、重视、稳定的剂量响应曲线(函数),系统误差能够控制或修正。

9.1.3 剂量测量系统操作简便,稳定可靠。

9.1.4 环境条件(如温度、湿度与光照)对辐照响应及其测读的影响。

9.1.5 辐射响应与辐射能谱、剂量率与剂量给予方式的依赖。

9.1.6 剂量计的组成(批)对测量吸收剂量的影响。

9.2 使用标准剂量计校准工作剂量计时必须注意下列几点:

9.2.1 校准剂量计的方法是替代法,即先用标准剂量计刻度辐射场中校准点的吸收剂量率,然后将待校准的工作剂量计放在校准点,照射不同的吸收剂量,测出辐射响应,绘制剂量响应曲线或直接得到剂量响应函数。

9.2.2 在 $\gamma$ 辐射场校准剂量计一定要保证剂量计与周围类似介质之间达到次级电子平衡。辐照模体在辐射场中应严格固定,校准点能精确重现。

9.2.3 校准时的辐射与环境条件,如剂量率、辐射能谱、射束方向、温度、湿度、光照、气氛等应尽可能与辐照现场使用时相近。

9.2.4 用水作为参考物质,统一校准为水吸收剂量。

9.3 工作剂量计测量值的误差必须考虑下列因素:

9.3.1 辐射因素:辐射种类、剂量率、能量分布、射束方向、剂量范围、剂量给予方式(连续或分次)。

9.3.2 环境条件:照射时的温度、湿度、光照、气氛、周围的散射物,照射前及照射后到测量之间的贮存期间剂量计所处的温度、湿度、光照。

9.3.3 剂量测量系统:剂量计的组成、厚度、均匀性、生产批、序存时间、稳定性、坚实程度、质量控制方法,校准时的误差及环境条件,分析仪器的标准化与分析方法。

## 10 记录与存档

10.1 辐照装置验收、启用及日常运行中必须记录产品质量、辐照加工控制、剂量监测有关的内容和数据,记录必须有运行操作人员、剂量监测人员及负责人的签名,并存档备查。

10.2 辐照装置启用与日常运行中与剂量测量有关的内容,如产品名称、编号、批号、辐照日期、产品堆积密度、装载方式、吸收剂量、剂量分布不均匀度,以及辐射源的类型、排列方式与名义活度。

10.3 监测影响吸收剂量的加工参数,如辐照时间,产品放置位置及传输情况。

- 10.4 用于测量辐照产品吸收剂量与剂量分布的常规剂量监测方法与数据,包括剂量计的制造单位、型号与批号、读数仪器、辐照箱内的监测位置、产品吸收剂量。
- 10.5 剂量计的校准数据,包括日期、标准或传递标准、所用的校准装置、校准方法、溯源性的建立。
- 10.6 工作剂量计辐照的环境条件,包括温度、湿度、光照、气氛等。
- 10.7 工作剂量计的制备或来源与分析仪器的日常维护、检定与使用。
- 10.8 吸收剂量测量值不确定度的估算、测量结果的精密度与一定置信水平下的总不确定度。

## 11 误差分析

11.1 测量结果的不确定度是测量质量的一个重要指标,它表征被测量的值在某个量值范围的一个评定。测量结果的不确定度包含几个分量,按其估算方法不同可分为 A、B 两类:A 类分量,多次重复测量用统计方法计算出的标准偏差;B 类分量,用其他方法估算出近似的“标准偏差”。用通常合成方差的方法(即各分量平方和的开方),将其合成所得的“标准偏差”称为合成不确定度。为了提高置信概率,需要将合成不确定度乘一置信因子  $K$ ,取  $K=2$ ,得出 95% 置信概率下的总不确定度。

11.2 精密度表示测量结果中的随机误差大小的程度(属于 A 类不确定度),通常至少包含剂量计的真实响应及读数仪器对响应的测量两种来源,具体值可以用几个剂量计对特定吸收剂量的多次测量来确定。若精密度发生变化,必须重新校准测量精密度。

11.3 偏差包含了所有对测量结果总不确定度有贡献的非随机因素(属于 B 类不确定度),其中包括了为建立对国家标准的溯源性所用的标准剂量计与校准装置相关的偏差和由于校准与现场辐照各种条件因素差别产生的影响。

附录 A  
辐照食品卫生标准规定的剂量限值  
(参考件)

表 A1

辐照食品	辐照目的	剂量(D)或总体 平均剂量( $\bar{D}$ )限值 kGy	标准号
大蒜	抑制发芽	$D \leq 0.1$	ZB C53 001—84
花生仁	杀灭仓储害虫	$D \leq 0.4$	ZB C53 002—84
蘑菇	保鲜贮存	$D \leq 1.0$	ZB C53 003—84
马铃薯	抑制发芽	$D \leq 0.2$	ZB C53 004—84
大米	杀灭仓储害虫	$D \leq 0.45$	ZB C53 005—84
洋葱	抑制发芽	$D \leq 0.15$	ZB C53 006—84
香肠	保鲜、杀菌延长货架期	$D \leq 8$	卫生部 1984 年批准暂行、无编号
苹果	保鲜、防烂、延长贮存期	$D \leq 0.4$	GB 9980—88
扒鸡	杀菌、保鲜、延长货架期	$\bar{D} \leq 8$	GB 14891.1—94
花粉	保鲜、防霉、延长贮存期	$\bar{D} \leq 8$	GB 14891.2—94
果脯	杀菌、灭虫、延长贮存期	$\bar{D} \leq 1.0$	GB 14891.3—94
生杏仁	防止生虫、减少损耗	$\bar{D} \leq 1.0$	GB 14891.4—94
番茄	保鲜、防烂、延长货架期	$\bar{D} \leq 0.4$	GB 14891.5—94
猪肉	灭活旋毛虫、提高卫生质量	$\bar{D} \leq 0.65$	GB 14891.6—94
荔枝	保鲜、防烂、延长货架期	$\bar{D} \leq 0.5$	GB 14891.7—94
蜜桔	保鲜、防烂、延长货架期	$\bar{D} \leq 0.1$	GB 14891.8—94
薯干酒	改进薯干酒的品质、提高其质量	$\bar{D} \leq 4$	GB 14891.9—94
熟肉制品	保鲜、杀菌、延长货架期	$\bar{D} \leq 6$	GB 14891.10—94

**附录 B**  
**常用的标准剂量计与工作剂量计表**  
(参考件)

表 B1

剂 量 计	分 析 方 法	剂 量 范 围 Gy	精 密 度 ( $S_x/\bar{x}$ )×100
量热计	量热(热敏电阻或热电偶)	$10^3\sim 10^5$	±1%
硫酸亚铁(Fricke) <sup>1)</sup>	紫外分光光度	$4\times 10\sim 4\times 10^2$	±1%
重铬酸钾(银)	可见分光光度	$5\times 10^3\sim 5\times 10^4$	±1%
重铬酸银	可见分光光度	$5\times 10^2\sim 5\times 10^4$	±1%
丙氨酸	电子自旋共振	$1\sim 10^5$	±1%
硫酸铯-亚铯	紫外分光光度或电位法	$5\times 10^3\sim 4\times 10^4$	±2%
氯苯乙醇	比色滴定、高频示波或分光光度	$10^2\sim 10^5$	±3%
硫酸亚铁-铜	紫外分光光度	$10^3\sim 8\times 10^3$	±2%
谷氨酰胺	晶溶发光	$10^2\sim 4\times 10^4$	±3%
染色有机玻璃(PMMA)	可见分光光度	$10^3\sim 5\times 10^4$	±4%
无色透明有机玻璃(PMMA)	紫外分光光度	$10^3\sim 10^5$	±4%
三醋酸纤维素	紫外分光光度	$10^4\sim 4\times 10^5$	±4%
辐射显色薄膜、溶液、光波导	可见分光光度	$1\sim 10^6$	±4%

1) 按 GB 139 执行。

**附加说明:**

本标准由中国计量科学研究院技术归口。

本标准由中国计量科学研究院负责起草,由核工业第二研究设计院、上海原子核研究所参加起草。

本标准主要起草人李承华,参加起草人王传祯、吴智力、高钧成、庞瑞草。





中华人民共和国  
国家标准  
Y 辐照装置食品加工实用剂量学导则  
GB 16334—1996

\*

中国标准出版社出版  
北京复兴门外三里河北街16号  
邮政编码:100045  
电 话:68522112

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售  
**版权专有 不得翻印**

\*

开本 880×1230 1/16 印张 3/4 字数 14 千字  
1996年10月第一版 1996年10月第一次印刷  
印数 1—1 500

\*

书号: 155066·1-13250 定价 10.00 元

\*

标 目 299—41



GB 16334—1996