

《熟肉制品辐照杀菌工艺》编制说明

（征求意见稿）

一、工作简况，包括任务来源、制定背景、起草过程等；

（一）任务来源

本标准由湖北省农业科学院农产品加工与核农技术研究所牵头申请修订，经国家标准化管理委员会批准，于 2024 年 12 月 31 日下达《2024 年第十批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》（国标委发[2024]60 号），批准推荐性国家标准《熟肉制品辐照杀菌工艺》（计划号：20243738-T-326）的修订工作。

本标准由湖北省农业科学院农产品加工与核农技术研究所、苏州中核华东辐照有限公司、中广核辐照技术有限公司、中国农业科学院农产品加工研究所、四川省原子能研究院、成都汇城食品有限公司、成都亚玛亚天然食品有限公司、中金辐照武汉有限公司、湖北小胡鸭食品有限责任公司共同起草。

主要起草人为：廖涛、于巍、邱亮、崔磊、邱建辉、欧阳正松、高美须、白婵、高鹏、邹家鸿、靳松、鈕晓艳、刘晓剑、曹道、陈天宝、胡秀容、陈浩、王炬光、李海蓝、耿媛媛。

（二）制定背景

中国是世界上肉类生产第一大国，其中熟肉制品作为我国传统菜肴，深受广大消费者欢迎。熟肉制品是以鲜(冻)畜、禽产品为主要原料加工制成的产品，包括卤肉制品类、熏肉类、烧肉类、烤肉类、油

炸肉类、西式火腿类、肉灌肠类、发酵肉制品类、熟肉干制品和其他熟肉制品，2023 年仅卤肉制品市场规模突破 4000 亿元。熟肉制品因其营养结构非常适宜微生物生长，在生产和销售过程中均容易受到微生物污染，引发食源性疾病。我国食品卫生检测表明，长期以来熟肉制品的卫生合格率都低于其他各类食品。宫春波等的调查表明，散装熟肉微生物合格率仅为 24.66%。冷链是保证即食熟肉制品卫生情况的重要因素，但因涉及范围广、成本高，“断链”现象经常发生，因此现阶段不能完全依赖冷链保证即食熟肉的质量和卫生状况。而常规的高温高压热杀菌方法虽然能够杀灭大多数致病菌，但是肉制品自身的感官品质包括色泽、风味、营养、质构等都会因为高温而被破坏，而辐照具有既能对微生物杀灭，特别是像大肠杆菌 0157 和沙门氏菌这两类采用常规杀菌工艺很难完全清除的致病菌，又不影响肉制品自身风味和品质的优点。辐照技术在肉类制品中的应用最为广泛，统计结果表明：畜禽肉类制品的年辐照量占到辐照食品总量的 56.9%。因此，辐照技术在肉制品保鲜领域具有非常广阔的应用前景。

目前熟肉制品的辐照杀菌工艺标准均为 2001 年颁布，其工艺流程已经不能概括和覆盖现在的生产情况和工艺控制精细要求。例如 GB/T 18526.5-2001 和 GB/T 18526.6-2001 均只规定了辐照温度、辐照剂量(最高耐受剂量和最低有效剂量)和辐照时间，对辐照均匀度、吸收剂量(有效剂量)及工艺文件均未作要求。吸收剂量是指单位质量的产品吸收的辐射能量大小，其与产品吸收的有效剂量、微生物的杀灭程度和产品感官品质息息相关，因此，辐照工艺标准修订版应增

补产品吸收剂量的控制要求，以便准确反映肉制品所受辐射程度。同时应增加工艺文件要求，以便符合目前辐照生产实际管理情况。辐照均匀度是指辐射源辐射能在空间分布上的均匀程度，关系到辐射源对肉制品的穿透力和对其杀菌杀虫的整体效果，因此，辐照工艺标准修订版中应增加相关内容。

伴随着熟畜禽肉类加工产业的大力发展，熟畜禽肉品类不断增多，以及辐照的大力推广，原有标准已经无法满足熟畜禽肉加工要求和范围，为了保证熟畜禽肉的品质，促进熟畜禽肉产业的高质量发展，亟需对原标准进行修订和完善。

（三）起草过程

1. 前期准备

本标准的主要内容是熟肉制品的辐照杀菌工艺剂量的确定。在编写标准之前，起草人员首先收集国内外相关方面的辐照加工资料，走访调研相关企业并取样进行初始微生物检测。此外，在标准制定过程中，结合多年来标准起草单位、协作单位以及其他相关辐照加工和熟肉制品生产企业根据 GB/T 18526.5-2001《熟肉制品辐照杀菌工艺》和 GB/T 18526.6-2001《糟制肉食品辐照杀菌工艺》开展熟肉制品辐照加工产业化应用实践，进行了辐照品质效应、辐照杀菌等关键参数的补充和验证。

此外，根据标准起草组在总结前期利用⁶⁰Co- γ 射线和电子束辐照加工熟肉制品的产业化应用实践，为此次修订 GB/T 18526.5 的熟肉制品辐照杀菌工艺供了较好的理论支撑和应用基础。在标准修订过

程中，参考我国前期发布的 GB/T 18526.5-2001、GB/T 18526.6-2001 和 GB 18524-2016 等有关辐照加工方面的标准，并严格执行了有关标准编写的要求。

2. 方法建立

首先在加工厂源头收集市场上产销量较大的几类熟肉制品；对不同品类熟肉制品进行辐照品质效应分析和辐照杀菌验证；结合近年来的国内外研究进展，最终建立规范性实用性的熟肉制品辐照杀菌工艺。

3. 文本起草和征求意见

标准编制过程按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的要求，并参照 GB/T 20000.1-2014《标准化工作指南 第 1 部分：标准化和相关活动的通用术语》的规定要求进行制定。遵循全面、科学、合理和可行的原则，辐照杀菌工艺和辐照对熟肉制品品质的影响等关键性技术指标的确定以试验数据和实践为依据，力求做到规范、科学，关键技术参数的规定和相关技术条款符合辐照加工单位实际情况。

4. 标准文本的完善与送审

本标准的编制小组广泛收集国内外相关资料，线上和线下同步进行意见征集，根据收集到的不同意见进行多次讨论和修改，充分吸纳各方建议，对标准文本和编制说明进行完善后，报送农业农村部农产品加工标准化技术委员会进行审查。

二、国家标准编制原则、主要内容及其确定依据，修订国家标准时，还包括修订前后技术内容的对比；

（一）标准编制原则

本标准的制定过程中遵循了以下几项原则：

1. 科学性

熟肉制品的卫生质量直接关系到消费者的健康安全和储藏安全，因此，辐照杀菌工艺的确定务必具科学性，在辐照最低有效剂量和最高耐受剂量的确定、辐照对产品质量影响的判断等方面首先确保科学，在标准适用范围规定的界限内力求完整，在标准文本编制过程中力求做到技术内容的表述科学准确、清晰易懂。

2. 先进性

对标准中有关内容的确定，严格遵守我国核安全法等法律法规及相关规章制度的要求，力求反映熟肉制品辐照杀菌研究领域的国内外先进技术及标准的发展现状与趋势，既体现目前稳定可靠的最新研究成果，又能为未来技术发展提供框架。

3. 适用性

在标准的工艺操作程序方面，始终把经济实用和可操作性作为重要的依据，确保标准的内容便于实施，并且易于被其他标准和文件引用。使标准中所规定的技术内容有利于提高熟肉制品卫生的安全性和辐照加工企业的实用性。

（二）主要内容及其确定依据

1. 熟肉制品辐照杀菌的最低有效剂量

不同品类熟肉制品因食用部位等客观条件差异，其初始微生物数量差异较大，试验中微生物检验采样和检样处理按照 GB 4789.17 执行。

表 1 γ 辐照剂量辐照对熟肉制品菌落总数 (log CFU/g) 的影响

辐照剂量 (kGy)	酱卤牛肉	猪肉火腿肠	卤鸭掌	卤鸡	卤羊肉
0.0	2.67 ± 0.04	2.01 ± 0.04	2.81 ± 0.03	3.12 ± 0.03	2.62 ± 0.03
2.0	2.28 ± 0.03	1.52 ± 0.04	2.38 ± 0.04	2.86 ± 0.03	2.42 ± 0.03
4.0	2.02 ± 0.02	1.39 ± 0.06	2.01 ± 0.04	2.31 ± 0.05	2.32 ± 0.05
6.0	1.25 ± 0.03	1.04 ± 0.04	1.25 ± 0.03	1.28 ± 0.06	1.23 ± 0.03
8.0	<10	<10	<10	<10	<10
10.0	<10	<10	<10	<10	<10

表 2 电子束辐照剂量辐照对熟肉制品菌落总数 (log CFU/g) 的影响

辐照剂量 (kGy)	酱卤牛肉	猪肉火腿肠	卤鸭掌	卤鸡	卤羊肉
0.0	2.67 ± 0.04	2.01 ± 0.04	2.81 ± 0.03	3.12 ± 0.03	2.62 ± 0.03
2.0	2.25 ± 0.03	1.55 ± 0.04	2.40 ± 0.04	2.80 ± 0.03	2.44 ± 0.03
4.0	2.03 ± 0.03	1.34 ± 0.06	1.91 ± 0.04	2.28 ± 0.05	2.35 ± 0.05
6.0	1.31 ± 0.03	0.97 ± 0.04	1.36 ± 0.03	1.56 ± 0.06	1.24 ± 0.03
8.0	<10	<10	<10	<10	<10
10.0	<10	<10	<10	<10	<10

菌落总数是判定食品品质优劣的指标之一。从表 1 和表 2 分析不同剂量的 γ 射线处理酱卤牛肉、猪肉火腿肠、卤鸭掌、卤鸡、卤羊肉的杀菌效应， γ 射线处理与电子束处理基本一致。

根据 GB 2726-2016《食品安全国家标准 熟肉制品》的规定，5

次抽检中菌落总数在 $10^4\sim 10^5$ CFU/g 间 (\log CFU/g = 4~5), 满足相关下游企业生产要求。

综上所述, 建议熟肉制品的最低有效剂量根据初始含菌量来最终确定。

2. 熟肉制品辐照杀菌的最高耐受剂量

(1) 辐照对熟肉制品主要成分含量的影响

结合文献报道, 开展产品辐照验证试验, 检测经 0、2、4、6、8、10 kGy 辐照处理后的酱卤牛肉、猪肉火腿肠、卤鸭掌、卤鸡、卤羊肉的脂肪、蛋白质含量, 检测方法分别按 GB 5009.181-2016《食品安全国家标准 食品中丙二醛的测定》、GB 5009.228-2016《食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定》进行测定规定执行。

表 3 辐照对熟肉制品 TBARS 值(mg/kg)的影响

处理剂量 (kGy)	酱卤牛肉	猪肉火腿肠	卤鸭掌	卤鸡	卤羊肉
0.0	0.13 ±0.05	0.12 ±0.16	0.25 ±0.05	0.07 ±0.03	0.21 ±0.03
2.0	0.15 ±0.6	0.18 ±0.12	0.26 ±0.02	0.13 ±0.05	0.23 ±0.04
4.0	0.16 ±0.04	0.22 ±0.16	0.29 ±0.03	0.15 ±0.05	0.26 ±0.03
6.0	0.18 ±0.03	0.24 ±0.13	0.32 ±0.04	0.16 ±0.04	0.29 ±0.03
8.0	0.17 ±0.04	0.25 ±0.11	0.37 ±0.02	0.17 ±0.04	0.33 ±0.06
10.0	0.23 ±0.03	0.30 ±0.12	0.41 ±0.04	0.19 ±0.03	0.36 ±0.07

表 4 辐照对熟肉制品 TVB-N 值(mg/100 g)的影响

处理剂量 (kGy)	酱卤牛肉	猪肉火腿肠	卤鸭掌	卤鸡	卤羊肉
0.0	7.80 ±0.05	5.87 ±0.04	7.02 ±0.05	7.81 ±0.03	7.31 ±0.03
2.0	7.76 ±0.02	5.79 ±0.02	6.95 ±0.03	7.02 ±0.04	7.27 ±0.06
4.0	7.72 ±0.03	5.74 ±0.05	6.91 ±0.02	6.51 ±0.03	7.24 ±0.03
6.0	7.65 ±0.05	5.70 ±0.04	6.89 ±0.06	6.47 ±0.03	7.21 ±0.05
8.0	7.56 ±0.04	5.67 ±0.04	6.85 ±0.04	6.33 ±0.06	7.18 ±0.04
10.0	7.51 ±0.05	5.64 ±0.03	6.80 ±0.05	5.94 ±0.06	7.14 ±0.03

丙二醛是一种由动物脂肪中不饱和脂肪酸的氧化和分解产生的衍生物。TBARS 值（硫代巴比妥酸值，Thiobarbituric Acid Reactive Substances）反映了丙二醛含量，是丙二醛与硫代巴比妥酸反应的结果^[1]，常用于反映肉制品脂肪氧化的程度。由表 3 可知，TBARS 初始值随着辐照剂量的增加而增加，这是因为水辐解产生大量自由基改变了不饱和脂肪酸或甘油三酯的结构，诱导了脂质氧化，辐照剂量的增加会使熟肉制品的自由基含量增加，氧化速度加快^[2]。8.0 kGy 辐照处理后酱卤牛肉、猪肉火腿肠、卤鸭掌、卤鸡、卤羊肉的 TBARS 值较对照组分别上升了 30.76%、108.33%、48.00%、142.85%、57.14%，10.0 kGy 辐照处理后较对照组分别上升了 76.93%、150.00%、64.00%、171.42%、71.42%，产生了显著变化。

蛋白质在细菌和酶的作用下分解，产生氨、胺类等碱性含氮物质，通常用 TVB-N 值评估蛋白质降解程度。TVB-N 值升高，食品的新鲜度下降^[3]。由表 4 可知，辐照后所有样品的 TVB-N 值均有不同程度的下降，说明辐照能抑制样品腐败变质，抑制蛋白质的分解速度，减缓

TVB-N 值上升趋势。

检测结果表明，8 kGy 及其以下辐照对熟肉制品的蛋白质含量影响较小；脂肪含量随着辐照剂量的增加而下降，但不同产品下降幅度不一。

(2) 辐照对熟食制品感官品质的影响

试验剂量范围内，低剂量辐照对外观品质没有肉眼可见变化，较高剂量条件下，味道等会有明显的变化，感官品质评价方法参照 GB/T 22210-2014《肉与肉制品感官评定规范》并稍作修改。具体感官评价标准见表 5，评价结果见表 6。

表 5 感官评价标准

项目	评价标准	得分
色泽	有光泽, 色泽均匀	8~10
	较有光泽, 色泽较均匀	4~7
	无光泽, 色泽不均匀	0~3
风味	特殊香味浓郁, 无异味	8~10
	香味较淡, 无异味或有少许异味	4~7
	有异味	0~3
组织	外形完整饱满, 组织致密, 有弹性	8~10
	外形较完整饱满, 组织较密, 较有弹性	4~7
	外形不完整饱满, 组织疏松, 缺乏弹性	0~3
滋味	口味浓郁, 具有特殊风味, 无异味	8~10
	口味较淡, 风味较淡, 有少许异味	4~7
	口味缺失, 无风味或有异味	0~3
口感	有弹性有脆性, 无黏牙感	8~10
	较有弹性和脆性, 较黏牙	4~7
	无弹性和脆性, 黏牙感重	0~3

表 6 不同辐照剂量辐照熟肉制品后综合感官评分

处理剂量 (kGy)	酱卤牛肉	猪肉火腿肠	卤鸭掌	卤鸡	卤羊肉
0.0	9.8 ±0.3	9.4 ±0.3	9.1 ±0.3	9.3 ±0.2	9.0 ±0.2
2.0	9.7 ±0.3	9.1 ±0.2	8.8 ±0.3	9.0 ±0.2	8.8 ±0.2
4.0	9.2 ±0.3	8.7 ±0.3	8.5 ±0.2	8.8 ±0.3	8.4 ±0.3
6.0	8.7 ±0.2	8.2 ±0.2	8.0 ±0.2	8.3 ±0.2	7.9 ±0.2
8.0	8.0 ±0.4	7.3 ±0.3	7.2 ±0.3	7.5 ±0.2	7.0 ±0.3
10.0	7.1 ±0.2	6.3 ±0.3	6.4 ±0.2	6.5 ±0.3	6.1 ±0.2

感官评价是依靠人体的嗅觉、触觉、听觉、味觉等进行的综合评价，能较好反映消费者对该产品的喜好程度。由表 6 可知，风味评分指标随着辐照剂量的增大而明显降低，当辐照剂量超过 6 kGy 时，辐照后所有辐照剂量试验组的感官评分下降明显，超过 8 kGy 异味强度增大，10 kGy 因辐照剂量过大有严重的辐照味产生，这种异味可能与脂肪氧化产物分解产生的醛、酮等或者是蛋白质变性，产生甲硫醇和硫化氢所致。各试验组的感官评分均显著下降。建议熟肉制品的最高耐受剂量 8.0 kGy，与《GB/T 18526.5-2001 熟肉制品辐照杀菌工艺》的规定一致。

综上所述，熟肉制品辐照杀菌的工艺剂量为：最低有效剂量根据初始含菌量确定，最高耐受剂量 8.0 kGy。具体可根据实际辐照目的和卫生质量确定。为更好地维持产品品质，辐照时尽量不超过采用该工艺所需的最大耐受剂量，剂量不均匀度应满足辐照工艺剂量要求。

(三) 修订前后技术内容的对比

1. 增加了“工艺剂量”“剂量不均匀度”等术语和定义

见本标准第 3 章，2001 年版的第 3 章。

辐照工艺剂量 (irradiation processing dose)：为了达到预期的工艺目的所需的吸收剂量范围，其下限值应不低于最低有效剂量，上限值应不高于最高耐受剂量。

剂量不均匀度 (dose uniformity ratio)：加工负荷内最大吸收剂量和最小吸收剂量之比。

2. 更改了“辐照源”的要求

见本标准第 5 章，2001 年版的第 5 章。

食品辐照可用的电离辐射源为 ^{60}Co 或 ^{137}Cs 放射性核素产生的 γ 射线、电子加速器产生的能量不高于 5 MeV 的 X 射线和电子加速器产生的能量不高于 10 MeV 的电子束。

3. 增加了辐照前“建立工艺文件”

见本标准第 4 章，2001 年版的第 4 章。

“4.4 建立工艺文件”：应确定装载模式，并通过熟肉制品的剂量分布测试，获得监测剂量计位置吸收剂量与产品最低吸收剂量、最大吸收剂量关系，并建立工艺文件。

4. 增加了“产品放行”的要求

见本标准第 6 章。

(1) 应制定熟肉制品辐照的放行程序，确认熟肉制品的吸收剂量满足工艺剂量要求方可放行，并应考虑剂量测量系统的不确定度。

(2) 应规定控制和处理辐照不合格产品的相关职责和权利。应保存程序文件和记录以查找引起不合格的原因和问题。

5. 删除了辐照后产品的质量指标中“细菌指标”

见 2001 年版的第 7 章。

6. 增加了辐照后的“贮存”

见本标准第 9 章。

产品应在规定环境条件下贮存，辐照后的产品应与未辐照产品分区贮存。

7. 增加了“记录和文件管理”

见本标准第 10 章。

对辐照装置、辐照工艺参数和辐照产品进行记录备案，所有记录文件应妥善保管，应至少保存 2 年。

三、试验验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益、社会效益和生态效益

(一) 熟肉制品辐照杀菌研究进展和试验验证的分析

食品辐照是利用电离辐射（如 γ 射线、X 射线或电子束等）对食品进行处理的一种技术。其原理是通过辐射能量使食品中的微生物、昆虫等受到损伤，抑制其生长繁殖或直接将其杀灭，从而达到延长食品货架期、减少食品腐败变质、控制食源性疾疾病等目的。辐照对肉品的杀菌效果以及对肉品品质的影响与其剂量有很大关系。

早在 1980 年，国际原子能机构（IAEA）、联合国粮农组织（FAO）和世界卫生组织（WHO）联合组织各国科学家对辐照食品进行毒理学、

营养学、辐射化学及微生物学的科研实验，研究表明：对于辐照处理食品平均吸收剂量在 10 kGy 以下时，不会产生毒理学危害。1999 年 WTO 公布：10 kGy 以上剂量的辐照处理，食品也不存在安全性问题。

熟肉制品是指以畜禽肉为主要原料，经腌制、酱卤、熏烤、油炸、蒸煮等加工工艺制成的，达到可直接食用状态的加工食品。其特点是具有独特的风味和口感，经过加工处理后，产品的色泽、香气和质地都发生了变化，更加符合消费者的口味需求。我国食品卫生检测表明，长期以来熟肉制品的卫生合格率都低于其他各类食品。宫春波等的调查表明，散装熟肉微生物合格率仅为 24.66%。冷链是保证即食熟肉制品卫生情况的重要因素，但因涉及范围广、成本高，“断链”现象经常发生，因此现阶段不能完全依赖冷链保证即食熟肉的质量和卫生状况。熟肉食品中一般含有的油脂和辅料含量较多，在贮藏、运输、消费的过程中也易滋生腐败微生物，缩短安全食用日期。

孙承锋等^[4]发现热杀菌后肉制品挥发性风味物质含量明显下降，杀菌温度越高对风味物质的影响越大。肉制品保鲜处理应优先考虑冷杀菌方式， γ 射线和电子束辐照是使用相对广泛的冷杀菌方法，既能减少食品中的微生物，又能有效保持食品原有的营养成分和风味^[5]。

早在前几年就有研究报道利用辐照处理中式传统菜肴腊肉炒豇豆和笋子烧牛肉，菌落总数和霉菌在处理均保持在较低水平，大肠菌群、金黄色葡萄球菌含量在保质期内始终低于检测限，而 TBA (Thiobarbituric Acid) 值和粗脂肪含量总体随储藏时间的延长呈持续下降趋势，感官品质均无明显变化，且食用接受度较高^[6]，开拓

辐照应用在预制菜的前景。张扬等^[7] 研究发现辐照处理对盐水鸭、烤鸭的杀菌效果明显，对肉鸭产品的 a^* 值、 b^* 值、 L^* 值没有明显的影响，而氨基酸含量则随着剂量的升高而降低；李娜等^[8] 进一步研究电子束辐照处理对烧鸡品质的影响，结果发现辐照处理后烧鸡的 pH、TBA 值、感官指标、质构品质均优于未经辐照处理的对照组，烧鸡的保质期相比对照组延长了 15 d，高效地延长了烧鸡在消费市场上的流通时间。

除此之外，将辐照技术应用在国外特色食品，如热狗、培根和牛肉饼也能达到预期的效果。Ham 等^[9] 研究发现不同辐照方式（ γ 射线、电子束和 X 射线）和剂量水平处理熟牛肉饼和猪肉香肠后，煮熟的牛肉饼和猪肉香肠的 pH 不受辐射源或剂量的影响，也有效地减少两种食品中的需氧细菌总数，但加速了肉的脂肪氧化；何立超等^[10,11] 研究发现辐照（1~9 kGy）可以显著降低火腿肠脂肪和蛋白质的氧化稳定性，5 kGy 剂量辐照对猪肉火腿肠中的微生物起到有效抑制作用。因此大多数预制菜品在烹调后的营养成分较稳定，不易受到辐解自由基氧簇的干扰，很难受到辐照的影响。但不同的辐照来源对加工肉制品的品质属性也有不同的影响，对于色泽敏感和脂肪含量较高的肉类食品也难免会受到自由基氧簇环境的劣变影响，在辐照后的贮藏期间里无法像辐照异味那样复原，从而会影响消费者的感官体验。

吴庆等^[12] 研究发现，电子束辐照意式风干火腿的脂质氧化产物低于未辐照火腿。庄蓉等^[13] 等研究了 γ 射线辐射灭菌对卤水牛肉储存期间质量的影响，发现辐射处理的卤水牛肉微生物菌落总数在第 90 天

仍在国家标准规定的范围内。研究发现不同辐照方式（ γ 射线、电子束和 X 射线）和剂量水平处理熟牛肉饼和猪肉香肠后，煮熟的牛肉饼和猪肉香肠的 pH 不受辐射源或剂量的影响，也有效地减少两种食品中的需氧细菌总数，但加速了肉的脂肪氧化；OT00 等^[14]研究发现烟熏珍珠鸡肉的细菌总数随着辐照剂量的增加而降低（2.5、5.0 和 7.5 kGy），能够有效延长其在 4℃ 冷藏条件下的保质期。柯欢等^[15]发现辐照处理后，风干牦牛肉的肌苷酸和鸟苷酸含量增加，5 kGy 以下的辐照剂量更适合牦牛肉。Zhao 等（2017）采用 ⁶⁰Co 辐照对调味牛肉干进行杀菌的同时，评价了辐照对其品质及蛋白质营养价值的影响，结果发现一定剂量的辐照可以有效杀灭调理牛肉干中的微生物。王甜等^[16]采用不同剂量（0~8 kGy）的电子束处理腊肉，发现辐照能有效减少其菌落总数，同时较好地维持腊肉的色泽、质构、蛋白质和脂肪氧化程度。

虽然微生物在受到辐射时所造成的损害，与其所处食品的化学成分、食品添加剂和防腐剂、水分活度等相关，综上所述，已有的国内外研究结果表明，在不超过 8 kGy 的合适辐照剂量足以达到熟肉制品灭菌效果。

本试验验证结果与前人的研究结果基本一致，建议熟肉制品最低有效剂量根据初始含菌量确定，最高耐受剂量 8 kGy。

（二）技术经济论证

辐照灭菌是一种利用 γ 射线或电子束辐射，对产品进行杀菌、灭菌和消毒的技术。据统计，截至 2023 年底，我国共有 105 家 γ 辐

照企、事业单位，共有辐照装置 120 座，总设计装源量 1.9 亿 Ci，实际装源量 5500 万 Ci；安装运行的用于辐射加工的电子加速器装置 1153 台，总功率 83011.7 kW。在国际上，欧美等发达国家的辐照技术服务市场已经进入了一个相对成熟的发展阶段，国际知名的综合灭菌商如 Sterigenics、Steris 等拥有分布于世界各地的数十家消毒灭菌服务网点。

随着辐照装置设计能力和保有活度的提升，以及医疗保健产品、食品等行业的跨国企业在我国境内设立子公司或代工厂，对产品的微生物提出了更高的要求，以及政府对消毒灭菌标准的提高和监管趋严，辐照灭菌企业需在国家相关标准指导下不断优化工艺技术、加强质量控制，推动服务的专业化。

（三）预期的经济效益、社会效益和生态效益

辐照灭菌具有显著的经济效益，与传统的加热和冷藏处理相比，可节约能耗 70%~90%。辐照处理后的食品可采用普通包装贮藏，省去大量制罐、冷冻冷藏等材料及能量消耗，辐照灭菌快速高效，如电子束辐照灭菌后可直接运输，无需仓储成本。

食品安全需求推动行业增长。辐照灭菌行业发展前景分析显示随着人们对食品安全和品质的要求不断提高，食品辐照技术将会得到更广泛的应用。熟肉制品因产品应用广、产销量巨大，有大量杀菌需求，辐照技术具有独特优势，未来市场需求将会持续增长。

随着全民环保和节能意识增强，辐照灭菌技术相比传统消毒方法具有更高效、更节能、更环保的优势，避免了化学熏蒸产生残留或环

境污染问题和高温灭菌对产品香味和色泽的影响，符合现代社会对绿色生产和可持续发展的需求，因此在环保意识增强的背景下，该技术的应用前景十分乐观。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况，或者与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

本标准对熟肉制品在辐照过程和工艺方面，包括辐照前、辐照过程、辐照后、记录和文件管理等全部辐照生产环节提出了具体的技术要求，这些技术要求与其他标准没有重复，标准相关内容与其他标准没有矛盾或不协调不配套的，与国家产业政策协调一致。

因此，本标准与我国的现行法律、法规和强制性国家标准没有冲突。

五、以国际标准为基础的起草情况，以及是否合规引用或者采用国际国外标准，并说明未采用国际标准的原因

本标准未采用国际国外标准。因国际标准更侧重原则性框架，而中国标准细化到适用范围和工艺参数。本标准主要适用于国内熟肉制品相关产品的辐照杀菌工艺，跟国外熟肉产品类型差异较大。

六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系

本标准作为推荐性标准，与现行相关法律、法规和强制性标准没有冲突。编制过程中参考与引用标准包括：

GB/T 17568 《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》

GB/T 40590 《辐射加工用电子加速器装置运行维护管理通用规范》

GB/T 22210 《肉与肉制品感官评定规范》

本标准遵循“先进性、实用性、统一性、规范性”的原则，注重标准的通用性、适用性、可操作性，以国家有关法规和标准为主要参考，根据调研及国内外学者的研究结论，进行必要的试验及验证试验等程序，完成本标准的修订编制，使本标准具有充分的科学性。

七、重大分歧意见的处理经过和依据本标准编制过程中未出现重大意见分歧。

本标准编制过程中未出现重大意见分歧。

八、涉及专利的有关说明

无。

九、实施国家标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期的建议等措施建议

采用辐照加工时，在工艺剂量范围内，具体可根据实际辐照目的和卫生质量确定，尽可能采用较低剂量，以减少辐照剂量增加引发的质量负面风险。

建议本标准作为推荐性标准发布。

十、其他应当说明的事项。

无。

参考文献：

[1] 程述震, 张春晖, 张洁, 等. 电子束辐照对充氮包装冷鲜牛肉品质的影响 [J]. 食品科学, 2016, 37(18):230-235.

[2] FADHEL Y B, LEROY V, DUSSAULT D, et al. Combined effects of

marinating and γ -irradiation in ensuring safety, protection of nutritional value and increase in shelf-life of ready-to-cook meat for immunocompromised patients[J]. Meat Science, 2016, 118:43-51.

[3] 王真真, 李苗云, 赵改名, 等. 真空包装冷却猪肉生物胺与腐败指标的关联性[J]. 食品科学, 2013, 34(14):335-339.

[4] 孙承锋, 喻倩倩, 朱亮, 等. 二次热杀菌对烧肉挥发性风味物质的影[J]. 现代食品科技, 2014, 30(11):105-111.

[5] 李成梁, 靳国锋, 马素敏, 等. 辐照对肉品品质影响及控制研究进展[J]. 食品科学, 2016, 37(21):271-278.]。

[6] 陈谦, 杨敏, 高鹏, 等. (60)Co- γ 辐照对中式传统菜肴方便食品品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(21):249-253, 262.

[7] 张扬, 赵永富, 常国斌, 等. 辐照处理对盐水鸭和烤鸭品质的影响[J]. 金陵科技学院学报, 2017, 33(3):89-92.

[8] 李娜, 骆琦, 薛丽丽, 等. 辐照对烧鸡贮藏期品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(8):183-187.

[9] HAM Y K, KIM H W, HWANG K E, et al. Effects of irradiation source and dose level on quality characteristics of processed meat products[J]. Radiation Physics and Chemistry, 2017, 130:259-264.

[10] 何立超, 马素敏, 李成梁, 等. 辐照处理提高猪肉火腿肠保鲜效果[J]. 农业工程学报, 2016, 32(22):296-302.

[11] 何立超, 杨海燕, 孙秀秀, 等. 3种抗氧化剂对辐照猪肉火腿肠异味的控制技术研究[J]. 核农学报, 2019, 33(3):509-517.

[12] 吴庆, 孔秋莲, 戚文元, 等. γ 射线和电子束辐照对意式风干火腿色泽和脂质氧化的影响[J]. 上海农业学报, 2013, 29(2):38-42.

[13] 庄蓉, 刘娟, 钟凯, 等. 辐照对卤牛肉贮藏期品质的影响[J]. 食品科技, 2018, 43(8):115-121.

[14] OTOO EA, OCL00 FCK, APPIAH V. Effect of gamma irradiation on shelf life of smoked guinea fowl (*Numida meleagris*) meat stored at refrigeration temperature[J]. Radiat Phys Chem, 2022, 194:110041.

[15] 柯欢, 韩旭, 彭海川, 等. 辐照剂量对风干牦牛肉中鲜味核苷酸含量的影响[J]. 中国调味品, 2022, 47(7): 49-52.

[16] 王甜, 吴锐霄, 杨春杰, 等. 不同电子束辐照处理对传统镇巴腊肉品质的影响[J]. 肉类研究, 2022, 36(10): 16-23.