

《标准编制说明》

（一）工作简况，包括任务来源、制定背景、起草过程等；

1、项目任务来源

2023 年 12 月 28 日国家标准化管理委员会公布下达 2023 年国家标准复审修订计划通知文件（国标委发【2023】64 号）。中华人民共和国国家标准《莲子辐照杀虫工艺》（原标准号为 GB/T 18525.7-2001）列入国家标准复审修订计划，计划号为 20233477-T-326，由湖南省核农业与中药材研究所牵头修订，由长沙海关技术中心、湘潭县农业农村局、湖南湘华华大生物科技有限公司共同起草，项目周期 16 个月，主管部门为农业农村部，归口单位为农业农村部。

本标准主要起草人为：王克勤、陈亮、齐慧、武小芬、刘安、魏东宁、邓明、魏林、周慧平、肖俭平、罗志平、龙世平、崔看、宋荣、王振。

2、制定背景、目的和意义

莲子为睡莲科植物莲（*Nelumbo nucifera* Gaertn.）的干燥成熟种子，在我国主要分布在江西、福建、浙江、湖南、湖北等地，面积达到 150 万亩。其中，江西（广昌、石城等）35-40 万亩，湖南（湘潭、岳阳等）20-30 万亩，福建（建宁周边）10-15 万亩，四川约 10 万亩，浙江（建德、武义、龙游）5-8 万亩，其他约 5-8 万亩。近年来，湖北省子莲种植面积逐年增加，已成为全国最大的省份，达 40-50 万亩，主产区在武汉、仙桃、洪湖、汉川、监利等地。全国莲子种植面积常年保持在 200 万亩左右，年产商品莲子 30 万吨左右。莲子是我国传

统出口产品，含有丰富的蛋白质、不饱和脂肪酸、碳水化合物、矿物质、维生素、莲子碱等，具有补脾止泻，止带，益肾涩精，养心安神之功效，深受国内外消费者的喜爱。湘莲、福建建莲和浙江宣莲被称为中国三大莲子。据统计湖南湘莲的全国市场占有率达 90%以上。湘潭县是全国湘莲产业发展的起源地，有三千多年栽培历史，发展至今成为全县乡村振兴重要的支柱产业。截止 2023 年末，全县湘莲种植面积 11.1 万亩（产量 2 万吨），另有县内湘莲合作社和种植大户出县承包耕地种植达 20 万亩（产量 3.5 万吨以上，收获后运回县内加工），建有万亩集中连片标准示范基地 1 个、千亩以上连片示范基地 13 个、500 亩以上连片示范基地 42 个。2023 年全县湘莲全产业链产值达 116.25 亿元，湘莲出口贸易额 1.15 亿元，全国市场占有率达 72%以上。

莲子在贮藏过程中，易受虫蛀和霉变。传统的贮藏方法多为喷施化学药剂，或者采用硫磺、磷化铝等熏蒸处理。采用化学药剂双氧水或工业强碱氢氧化钠处理过的药水莲子，虽然在外观上很漂亮，但是食用后会对身体造成巨大的损伤，严重时可能损害肝脏，甚至会引发癌症；采用硫磺、磷化铝熏蒸处理，在熏制过程中产生的如二氧化硫及工业硫等含砷，会对人体产生剧毒，特别在食用后，其表面附着的一些有毒物质会对人体的肠胃、呼吸系统黏膜造成刺激，大剂量或长期服用还会对人体的神经系统造成损害；自上世纪 80 年代开始，磷化铝熏蒸成为化学熏蒸杀虫主要熏蒸剂，其是通过吸收水分挥发出磷化氢达到预防生虫的效果，虽然其高效、且成本低，但是磷化氢属于

剧毒易燃气体，使用不当会造成严重的后果。近些年关于磷化铝中毒事件的报道层出不穷，如 2022 年亳州市谯城区发生磷化铝熏麦防虫中毒事件，导致 4 人中毒，2 人死亡；2023 年 7 月 30 日，山东枣庄发生农药熏蒸粮食中毒事件，导致 4 人中毒，两名儿童死亡。磷化铝已被农业农村部列入在 2025 年前要淘汰的高毒农药之一，目前国家已对磷化铝实行定点经营和限制使用。因此，安全高效、无污染、无毒无残留的杀虫方法是莲子贮藏以及粮食贮藏研究的迫切要求。辐照处理具有良好的抑菌防虫作用，其具有以下几大优势：（1）微生物消杀彻底：辐照灭菌通过射线有效杀灭细菌和虫卵，能够在不打开包装的情况下进行消毒，确保食品的安全性；（2）效果显著：辐照处理过程中温度几乎没有升高，故称“冷杀菌”。辐照剂量可以根据需要进行调节，以获得不同的杀菌灭虫效果。（3）保持食品原有品质：辐照处理无温度限制，可在常温或低温甚至冷冻温度下进行，不会引起食品内部温度的升高，因此能够较好地保持食品原有的色、香、味、形等。蓝俊明等研究了 γ 射线，对莲子灭菌和杀虫效果的影响，结果显示 5kGy 剂量照射布袋装莲子，经仓库贮藏 3 年未见霉变与虫蛀。吴彩宣等研究发现，经 1.5kGy ^{60}Co γ 射线照射，莲子仓储主要害虫米象 5d 的死亡率达 100%；市售红、白莲子经 1.5kGy γ 射线照射处理后，室温保存 1 年后的好果率为 98%，而对照仅为 20%左右；辐照杀虫后的莲子贮存 240 天后，其理化指标与刚收获时无显著性差异。

2001 年由湖南省原子能农业应用研究所陈如燕等起草的中华人民共和国国家标准《空心莲辐照杀虫工艺》（GB/T 18525.7-2001）于

2001 年 12 月 5 日由中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局发布，并于 2002 年 3 月 1 日实施。但是，伴随着莲子产业的大力发展，莲子品类不断增多，以及电子束辐照的大力推广，原有标准已经无法满足莲子杀虫的工艺要求和范围，为了保证莲子的品质，促进莲子产业的高质量发展，亟需对原标准进行修订和完善。

3、起草过程

3.1 前期准备

本标准是对 GB/T 18525.7-2001《空心莲辐照杀虫工艺》的整合修订，主要新增莲子品类及莲子电子束辐照杀虫工艺，标准修订的主要内容是莲子的辐照杀虫工艺及其工艺剂量范围的确定。在修订标准之前，起草人员走访调研莲子相关企业并进行取样，检测初始的微生物指标；收集国内外辐照杀虫相关资料等；与莲子病虫害防治等专家进行接洽，了解莲子的主要害虫种类及防治措施等。

3.2 方法建立

在标准修订过程中，参考 GB/T 18525.7-2001《空心莲辐照杀虫工艺》中的工艺参数，设置辐照剂量梯度，进行莲子辐照杀虫试验、莲子品质效应研究，结合国内外研究进展等具体情况，最终建立规范性、实用性的莲子辐照杀虫工艺。

3.3 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原则》的要求，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。遵循科学、全面、合理以及可行的原则，以莲子辐照杀虫工艺和辐照对莲子品质的影响等作为关键考核指标，最终以试验数据 and 实践为依据，确立莲子辐照杀虫工艺参数，力求做到规范、科学，以满足莲子产业发展的需求。

3.4 具体实施过程

本标准修订起草开始于 2022 年 4 月。起草具体实施过程包括：

（1）2022 年 5 月 27 日，提交推荐性国家标准项目建议书和《莲子辐照杀虫工艺》修改草案；

（2）2023 年 12 月 28 日，获国家标准复审修订计划项目《莲子辐照杀虫工艺》（T-NY-2024-032），推荐修订，代替标准号 GB/T 18525.7-2001，项目执行周期 16 个月（2024.1-2025.4）；

（3）2024 年 5 月 14 日，提交国家标准修订新增项目起草单位（长沙海关技术中心、湘潭县农业农村局、湖南湘华华大生物科技有限公司）和新增参与起草人说明；

（4）2024 年 5 月 15 日，与国家市场监督管理总局标准技术管理司、农业农村部农产品质量安全监管司签订项目协议，第二委托方：长沙海关技术中心，获批项目经费：6000 元；

（5）2024 年 11 月 20 日，参加食品辐照推荐性国标修订研讨会线上会议，汇报工作进度、编制说明草案情况等；

（6）2024 年 3 月-2024 年 10 月，进行莲子辐照前后理化指标、微生物指标等检测分析；

（7）2024 年 10 月-2024 年 12 月，进行辐照杀虫研究，确定最佳工

艺及剂量范围；

（8）2025 年 1 月完成标准编制说明初稿，并发送 5-10 位专家征求意见稿；

（9）预计 2025 年 2 月-2025 年 3 月，根据收集的专家意见，标准工作小组对“征求意见稿”进行修改，并形成《莲子辐照杀虫工艺》标准版本，并提交评审会评审。

3.5 标准文本的完善与送审

4、国家标准主要起草人及主要参与工作

序 号	主要起草 人员	单位	参与工作情况
1	王克勤	湖南省核农业与中药材 研究所	标准项目牵头修订、 组织协调
2	陈 亮	湖南省核农业与中药材 研究所	标准文本修订
3	齐 慧	湖南省核农业与中药材 研究所	莲子辐照杀虫实验
4	武小芬	湖南省核农业与中药材 研究所	标准文本修订及标准 编制说明撰写
5	刘 安	湖南省核农业与中药材 研究所	微生物指标检测
6	魏东宁	湖南省核农业与中药材 研究所	微生物指标检测

7	邓 明	湖南省核农业与中药材 研究所	理化指标检测
8	魏 林	湖南省植物保护研究所	莲子害虫评价
9	周慧平	长沙海关技术中心	莲子害虫培养与鉴定
10	肖俭平	湘潭县农业农村局	湘莲产业园规划
11	罗志平	湖南湘华华大生物科技 有限公司	电子束莲子辐照杀虫 实验
12	龙世平	湖南省核农业与中药材 研究所	湘莲产业园规划
13	崔 看	湖南省植物保护研究所	莲子害虫评价
14	宋 荣	湖南省核农业与中药材 研究所	莲子害虫培养
15	王 振	湖南省核农业与中药材 研究所	莲子害虫培养

(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;

1、国家标准编制原则、主要内容及确定依据

(1) 符合相关法律法规的规定。主要法律法规如《中华人民共和国标准法》、《中华人民共和国标准化实施条例》、《农业部农业标准化管理办法》。

(2) 格式符合 GB/T1.1-2009《标准化工作导则 第一部分:标准的结构和编写规则》的规定。

(3) 技术内容上保持与相关标准性文件的协调。相关标准性文件如《食品辐照通用技术要求》、《食品辐照加工卫生规范》、《 γ 辐照装置食品加工实用剂量学导则》、《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》、《辐照加工用电子加速器装置运行维护管理通用规范》、《莲子》和《辐射加工剂量测量系统的选择和校准导则》等。

(4) 《莲子辐照杀虫工艺》标准必须与莲子产业的现状和发展趋势相适应，设置技术指标项目、确定规格要求和试验方法，强调了科学性、先进性及可操作性的统一。科学性方面主要表现于本标准的确定是基于大量反复实验的结论；先进性主要表现于按照本标准制备的莲子杀虫后产品能完全满足食品品质及货架期的要求，且该技术方法具有独特的优势；可操作性在于本标准的主要内容在几大主要莲子生产省份所具备的条件下能够具体实施。

2、主要修订条款及其说明

2.1 变更了标准名称（见首页，2001 年第一版）

（1）变更内容

将原标准名《空心莲辐照杀虫工艺》（原标准号 GB/T 18525.7-2001）修改为《莲子辐照杀虫工艺》，另外原标准中所有关于“空心莲”的表述均更换为“莲子”。

（2）变更理由

目前市场上莲子的产品种类较原有基础产品空心莲有了显著增加，主要包括“圆粒莲、钻芯莲、磨皮白莲、通芯白莲、开边莲”（参照标准 NY/T 1504-2007）；原有的“空心莲”已经无法涵盖当前市场

的莲子产品，将“空心莲”修改为“莲子”可以大大提升标准的广适性。

2.2 增加了“范围”（见第 1 章，2001 年第一版）

（1）变更内容

更改原标准范围中“本标准规定了空心莲辐照杀虫工艺的工艺参数和要求”为“本标准规定了莲子辐照杀虫的术语和定义、辐照前要求、辐照工艺、辐照后质量、标识、贮存、记录与文件管理。”

（2）变更理由

通过修改，使得新标准的结构更加完善。

2.3 变更了“规范性引用文件”（见第 2 章，2001 年版的第 2 章）

（1）变更内容

①将原标准中“下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件”修改为“下列文件中的内容通过文中的规范性引用构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适应于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。”

②删除了 GB 2715-1981 《粮食卫生标准》、GB/T 5009.36-1996 《粮食卫生标准的分析方法》、GB/T 18524-2001 《食品辐照通用技术要求》；

③增加了 GB 7718-2011 《食品安全国家标准 预包装食品标签

通则》、GB 14881 《食品安全国家标准 食品生产通用卫生规范》、GB/T 17568 《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》、GB/T 18524-2016 《食品安全国家标准 食品辐照加工卫生规范》、GB/T 16640-2008 《辐照加工剂量测量系统的选择和校准导则》和 NY/T 1504-2007 《莲子》。

(2) 变更理由

①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》的规定进行修改。

②原来引用的标准滞后。原标准引用的 GB 2715-1981、GB/T 5009.36-1996、GB/T 18524-2001 均已废止；

③原标准引用的标准不全面，不能体现出标准的准确性、科学性和客观性，因此需要补充必要的“引用标准”。

GB 7718-2011 《食品安全国家标准 预包装食品标签通则》：用于本标准的辐照前要求，适应现在莲子产品的包装要求；

GB 14881-2013 《食品安全国家标准 食品生产通用卫生规范》：用于辐照前产品要求；

GB/T 18524-2016 《食品安全国家标准 食品辐照加工卫生规范》：用于本标准的产品包装要求。

GB/T 16640-2008 《辐照加工剂量测量系统的选择和校准导则》：引用标准作为莲子辐照的剂量的测量依据；

NY/T 1504-2007 《莲子》：用于标准莲子产品的术语和定义。

2.4 变更了“术语和定义”（见第 3 章，2001 年版的第 3 章）

(1) 变更内容

①删除了空心莲的术语和定义；

②增加了圆粒莲、钻芯莲、磨皮白莲、通芯白莲、开边莲的术语及定义；

③修改“莲子”的定义，将“睡莲科水生草本植物莲藕的果实”修改为“睡莲科水生草本植物莲藕的种子”；

(2) 变更理由

①原有标准的“空心莲”只是目前市场莲子产品的一小部分，因此参照 NY/T 1504-2007 《莲子》中关于的莲子的术语和定义进行了内容修订；

2.5 变更了最低有效剂量、最高耐受剂量的术语和定义，增加了“辐照工艺剂量”和“辐照不均匀度”的术语和定义（见第 3 章，2001 年版的第 3 章）

(1) 变更内容

①删除了“最低有效剂量”定义中“本标准中指达到空心莲杀虫目的的最低剂量”；

②删除了“最高耐受剂量”定义中“本标准中指不影响空心莲食用品质的的最高剂量”；

③增加了“辐照工艺剂量 Irradiation processing dose”的术语和定义；

④增加了“辐照不均匀度 Irradiation Non-uniformity”的术语和定义。

(2) 变更理由

①原有标准的对象为“空心莲”，新标准的适用范围更广，需要删除以上修订内容第①和第②的内容；

②增加“辐照工艺剂量 irradiation processing dose”的术语和定义是为了让用户更好地理解和应用辐照加工生产方式，参照 GB/T 18524-2016 中 5.1.3.1 增加了该术语和定义；

③增加“辐照不均匀度”的术语和定义，能更好界定辐照加工过程中条件，更好地把控辐照效果和产品质量。

2.6 变更了“辐照前要求”（见第 4 章，2001 年版的第 4 章）

(1) 变更内容

①对产品要求中产品种类进行了重新划分，将“空心莲”修改为“莲子”；

②原标准中产品要求部分的“其卫生指标按 GB/T 5009.36 方法检测，并符合 GB 2715 要求”修改为“各项指标符合 NY/T 1504-2007 的要求。产品辐照前应满足辐照加工单位对拟辐照产品的包装、标识等要求”；

③对包装内容进行了修订，原标准中“4.2.1 空心莲的包装应采用食品级、耐辐照、保护性的材料。 4.2.2 内包装材料应抗虫蛀。4.2.3 外包装可采用瓦楞纸箱或经杀虫、防霉处理的麻袋”修改为“包装应符合 GB 18524-2016 中 5.1.1.1 的规定。外包装的种类、规格、尺寸应适合相应辐照装置辐照及贮藏、运输的要求。”

④对辐照时期的内容进行了修改，将“加工后的空心莲应立即

包装，并辐照”修改为“莲子成熟干燥加工后应随即包装并辐照。”

(2) 变更理由

①原标准的对象是“空心莲”，不能满足现在市场上莲子的产品需求，因此修改为“莲子”；

②原标准的参照“产品卫生指标标准 GB/T 5009.36-1996”已废止，参照行业标准 NY/T 1504-2007 《莲子》的要求；

③原有标准中的如瓦楞纸箱、麻袋等材料仅依据于当时期的莲子的常规包装方式，随着莲子产业的发展，对莲子包装有了新的要求，GB 18524-2016 中 5.1.1.1 对辐照食品的包装提出了具体的要求和界定；

④应用于辐照杀虫的莲子应满足“成熟”和“干燥”两个前提条件。

2.7 变更了“辐照”为“辐照工艺”（见第 5 章，见 2001 年版的第 5 章）

(1) 变更内容

①增加了“辐照源”部分的内容，参照 GB/T 18524 中 4.1 部分增加了辐射源的内容，具体为“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、电子加速器产生的能量不高于 10 MeV 的电子束。”

②增加了“剂量监测”部分的内容：辐射加工用剂量测量系统应符合 GB/T 16640 的要求，剂量监测要求应按照 GB 18524 执行。

③对“辐照工艺剂量”内容进行了修改，将原标准中“空心莲杀

虫最低有效剂量为 0.4 kGy，最高耐受剂量为 4 kGy，工艺剂量为 0.4 kGy-2kGy”修改为“应根据产品的虫与虫卵初始情况及杀灭要求，建立辐照工艺剂量。辐照工艺剂量应不低于最低有效剂量 0.4 kGy，不高于最高耐受剂量 6.0 kGy。辐照工艺剂量应在最低有效剂量和最高耐受剂量之间。另外，要求辐照不均匀度 ≤ 2 。”

（2）变更理由

①原标准对“辐射源”无明确规定，本标准具体列出，使得标准格式更规范；

②增加“剂量监测”，使得莲子辐照产品在合适的剂量范围内，保证辐照莲子的产品质量；

③变更“辐照工艺剂量”，增加“辐照不均匀度”的要求能使用户更好的理解和执行，更好把控辐照条件，保证辐照产品的质量。

2.8 变更了 “辐照后质量” （见第 6 章，2001 年版的第 6 章和第 7 章）

（1）变更内容

①合并原标准中第 6 章“辐照后要求”和第 7 章“辐照后产品的质量”的内容为“辐照后质量”内容；

②删除了原标准中“辐照后空心莲应在该食品所要求的条件下贮存”；

③原标准中 7.2 部分“辐照后空心莲的食用品质和功能特征不变”修改为“6.1 保持其原有感官品质、食用品质和功能特性无明显变化”；

④将 6.2 部分“按照本标准操作，莲子辐照后无活成虫出现、卵和幼虫在 1-3 周内死亡”修改为“按照本标准操作，莲子辐照后无存活的卵和幼虫检出”。

(2) 变更理由

①合并原标准第 6 章“辐照后要求”和第 7 章“辐照后产品的质量”的内容为“辐照后质量”内容，使得标准结构更清晰明了，更简练、概括；

②修改后的 6.2 部分，更符合莲子杀虫辐照产品的质量要求，有更容易检测和把控质量；

③删除部分关于莲子的贮运部分内容，在修订标准中增加了第 8 章中进行了概述。

2.9 变更了“标识”（见第 7 章，2001 年版的第 8 章）；

(1) 变更内容

原标准中的“标识”部分内容“按 GB/T 18524-2001 中的第 8 章执行”修改为“辐照后的莲子产品标识应符合 NY/T 1504-2007 的 4.1、4.2 章节和 GB/T 18524-2016 第 8 章的规定，并按照 GB 7718 的要求标注辐照食品标志。”

(2) 变更理由

①原标准的标识引用标准 GB/T 18524-2001 已经废止，按照 GB/T 18524-2016 第 8 章的规定的标识部分执行；

②莲子产品应符合 NY/T 1504-2007 的感官指标和卫生指标、辐照产品应按照 GB 7718 的要求标注辐照食品标志。

2.10 增加了“贮存”（见第 8 章）

（1）变更内容

增加了“贮存”内容，辐照后莲子应在通风、干燥、阴凉、清洁的仓库中存放，避免阳光直射，不得与异味、有毒、有害物品混存。贮存过程中内包装不能破损。

（2）变更理由

食品辐照处理后，仍需满足在一定的条件下贮藏，以保障产品的品质。

2.11 删除了“重复照射”（见 2001 年版的第 9 章）

（1）变更内容

删除了“重复照射”的内容。

（2）变更理由

按照当前相关食品辐照标准制定的“格式化”要求，此部分内容无需保留。

2.12 增加了“记录和文件管理（见第 9 章）

（1）变更内容

增加了“辐照加工单位应详细登记记录辐照装置记录、辐照工艺参数记录和辐照产品相关信息记录。所有记录文件应妥善保管、在食品莲子的保质期内备查，应至少保存 2 年。”

（2）变更理由

满足食品辐照管理的通常要求。

（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；

1、试验验证分析

1.1 辐照处理对莲子贮藏期的影响

选用 2 种莲子（红莲、白莲）为研究对象，采用真空包装、普通热封两种包装形式，采用伽马辐照(2024.4.19)、电子束辐照(2024.3.19) 2 种辐照方式，设置辐照剂量 0 kGy、0.4 kGy、1 kGy、2 kGy、4 kGy 、6 kGy，进行辐照处理。辐照处理后室温储藏 7d、3 个月、6 个月、12 个月、24 个月、36 个月后分别检测。 对照处理采用散装自然室温贮藏。



图 1 两种包装的红莲及白莲经不同剂量 10MeV 电子束辐照处理后的效果图

表 1 10Mev 不同辐照剂量处理红莲后室温贮藏 7d 后的微生物指标测定			
	菌落总数（CFU/g）	霉菌（CFU/g）	大肠菌群（CFU/g）
红莲--0 kGy	7200	2200	<10
红莲-真空包装-0.4kGy	50	20	<10
红莲-真空包装-1.0kGy	<10	10	<10

红莲-真空包装-2.0kGy	<10	<10	<10
红莲-真空包装-4.0kGy	<10	<10	<10
红莲-真空包装-6.0kGy	<10	<10	<10
红莲-普通包装-0.4 kGy	<10	40	<10
红莲-普通包装-1.0 kGy	<10	<10	<10
红莲-普通包装-2.0 kGy	<10	<10	<10
红莲-普通包装-4.0 kGy	<10	<10	<10
红莲-普通包装-6.0 kGy	<10	<10	<10

表 2 10Mev 不同辐照剂量处理白莲后室温贮藏 7d 后的微生物指标测定

	菌落总数 (CFU/g)	霉菌 (CFU/g)	大肠菌群 (CFU/g)
白莲--0 kGy	4200	4000	<10
白莲-真空包装-0.4kGy	30	40	<10
白莲-真空包装-1.0kGy	20	20	<10
白莲-真空包装-2.0kGy	<10	<10	<10
白莲-真空包装-4.0kGy	<10	<10	<10
白莲-真空包装-6.0kGy	<10	<10	<10
白莲-普通包装-0.4kGy	20	20	<10
白莲-普通包装-1.0kGy	<10	<10	<10
白莲-普通包装-2.0kGy	<10	<10	<10
白莲-普通包装-4.0kGy	<10	<10	<10
白莲-普通包装-6.0kGy	<10	<10	<10

表 3 10Mev 不同辐照剂量处理红莲后室温贮藏 6 个月后的微生物指标测定

	菌落总数 (CFU/g)	霉菌 (CFU/g)	大肠菌群 (CFU/g)
红莲--0 kGy	3.1×10^7	1.5×10^{10}	1.2×10^4
红莲-真空包装-0.4kGy	70	40	20
红莲-真空包装-1.0kGy	<10	10	<10
红莲-真空包装-2.0kGy	<10	<10	<10
红莲-真空包装-4.0kGy	<10	<10	<10
红莲-真空包装-6.0kGy	<10	<10	<10
红莲-普通包装-0.4 kGy	700	350	400
红莲-普通包装-1.0 kGy	<10	<10	<10
红莲-普通包装-2.0 kGy	<10	<10	<10
红莲-普通包装-4.0 kGy	<10	<10	<10
红莲-普通包装-6.0 kGy	<10	<10	<10

表 4 10Mev 不同辐照剂量处理白莲后室温贮藏 6 个月后的微生物指标测定

	菌落总数 (CFU/g)	霉菌 (CFU/g)	大肠菌群 (CFU/g)
白莲--0 kGy	2.8×10^7	1.9×10^{10}	5×10^3
白莲-真空包装-0.4kGy	100	80	30
白莲-真空包装-1.0kGy	25	20	<10
白莲-真空包装-2.0kGy	<10	<10	<10
白莲-真空包装-4.0kGy	<10	<10	<10
白莲-真空包装-6.0kGy	<10	<10	<10
白莲-普通包装-0.4kGy	800	200	200
白莲-普通包装-1.0kGy	<10	<10	<10
白莲-普通包装-2.0kGy	<10	<10	<10
白莲-普通包装-4.0kGy	<10	<10	<10
白莲-普通包装-6.0kGy	<10	<10	<10

由表 1-4 可知，辐照对于莲子微生物指标的控制具有显著效果，且经 0.4kGy 辐照处理后的红莲、白莲贮藏 6 个月后，其微生物指标仍符合国家标准。

1.2 辐照处理对莲子品质的影响

理化指标测定：包括①水分含量的测定：参照 GB/T 5009.3-2016；②灰分含量的测定：参照 GB/T 5009.4-2016；③蛋白质含量的测定：参照 GB/T 5009.5-2016；④脂肪含量的测定：参照 GB/T 5009.6-2016；⑤淀粉含量的测定：参照 GB/T 5009.9-2016；直链淀粉含量的测定：参照 GB/T 15683-2008。⑥粗纤维的测定：按照 GB/T 5009.10-2003《植物类食品中粗纤维的测定》。

1.2.1 电子束辐照

通过检测 0-6kGy 10MeV 电子束辐照处理后的 2 种不同包装的莲子的主要理化指标，包括粗脂肪含量、粗蛋白含量、粗纤维含量、支/直链淀粉及总淀粉含量，结果显示 0.4-6kGy 电子束辐照处理对不

同包装下的莲子的理化指标无显著性影响。

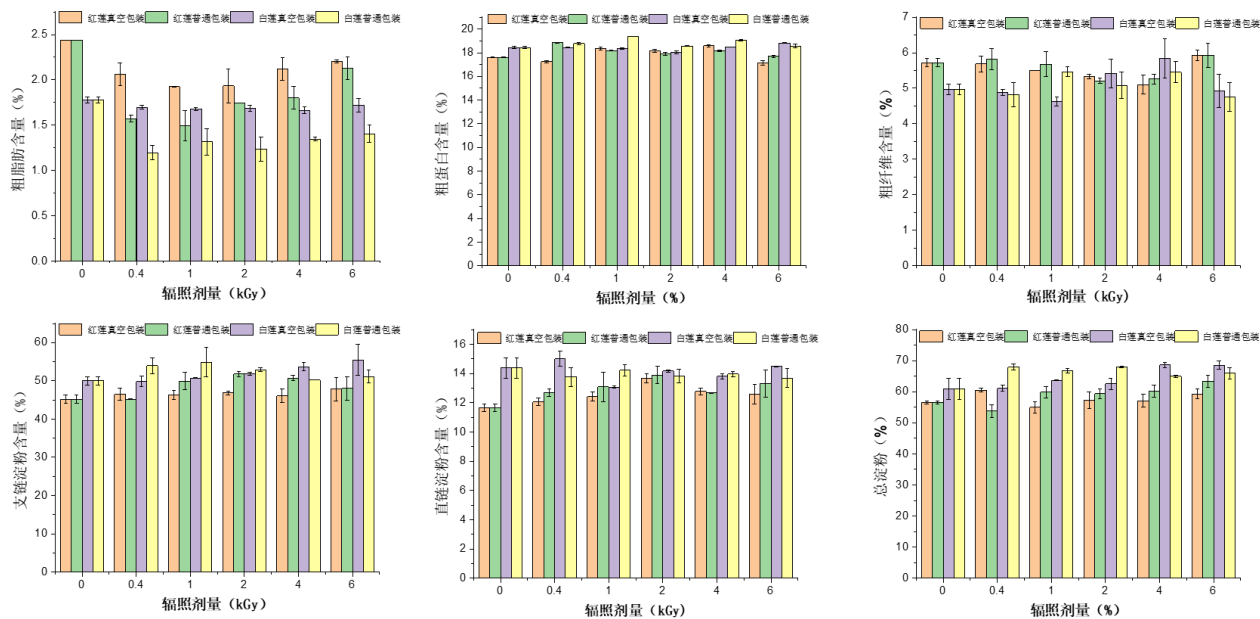


图 2 10Mev 电子束不同辐照剂量处理后莲子各理化指标测定

1.2.2 γ 射线辐照

γ 射线辐照处理结果与电子束辐照结论一致。

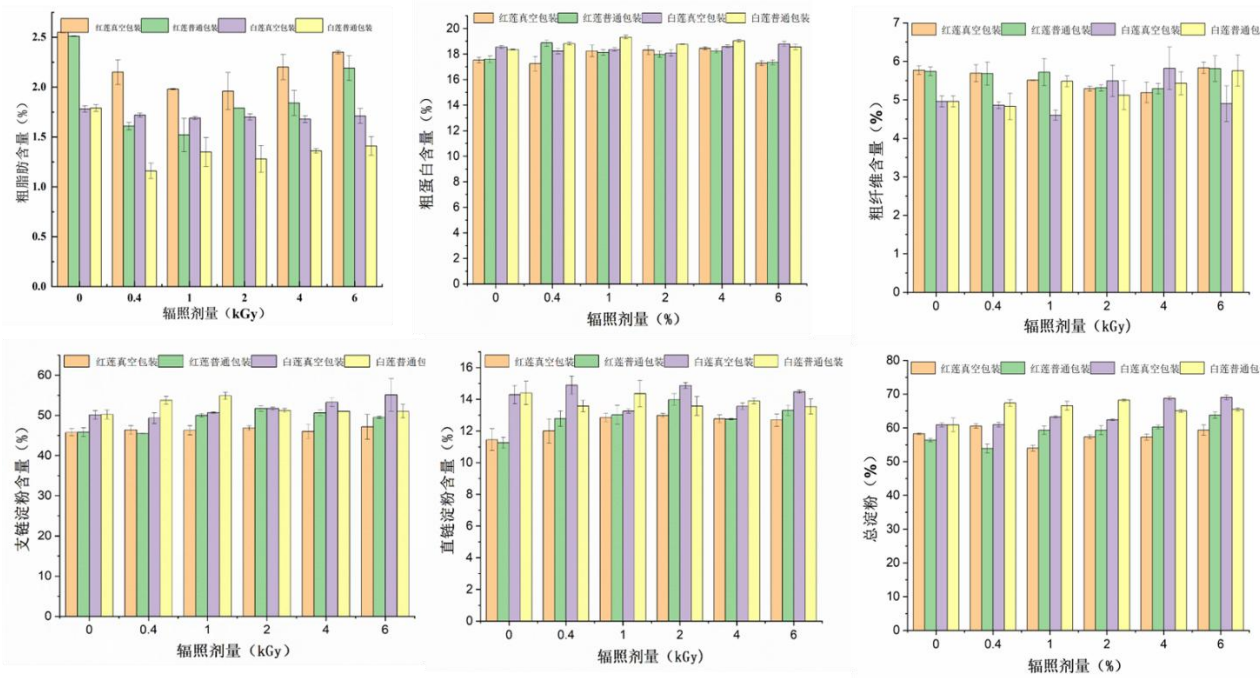


图 3 γ 射线不同辐照剂量处理后莲子各理化指标测定

1.3 辐照杀虫

图 4 和图 5 分别是两种不同辐照方式辐射完成时刻杀虫效果对比图，由图 4-5 可知，辐照达到一定剂量时，米象会立即死亡。

由图 6-7 可知，超过 1kGy 即为米象的致死剂量。电子束辐照 3d 后，超过 0.2kGy 辐照剂量处理的米象全部致死； γ 射线处理 1 天后，超过 0.2kGy 辐照剂量处理的米象全部致死。

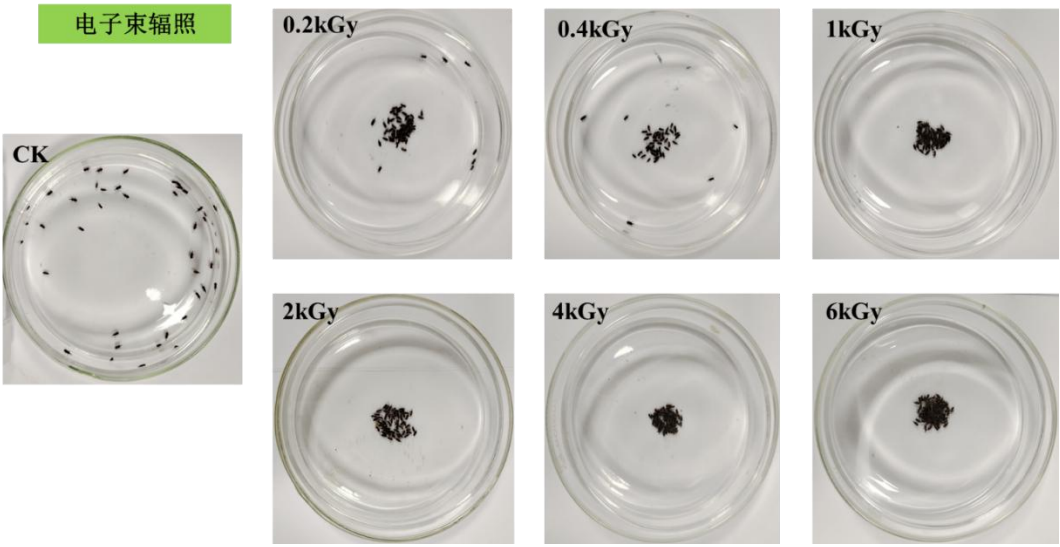


图 4 10MeV 电子束辐照杀虫（米象）效果图（辐照结束时）

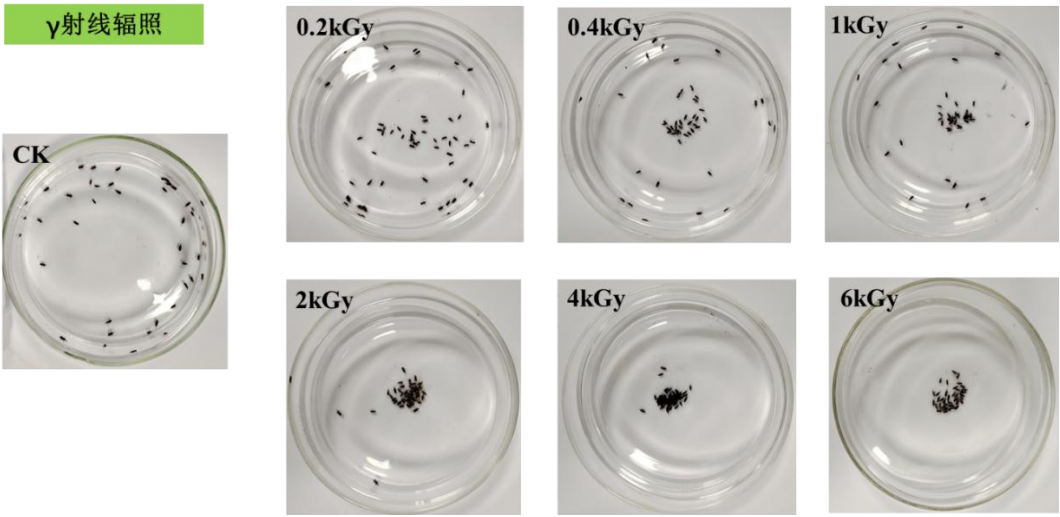


图 5 γ 射线辐照杀虫（米象）效果图（辐照结束时）

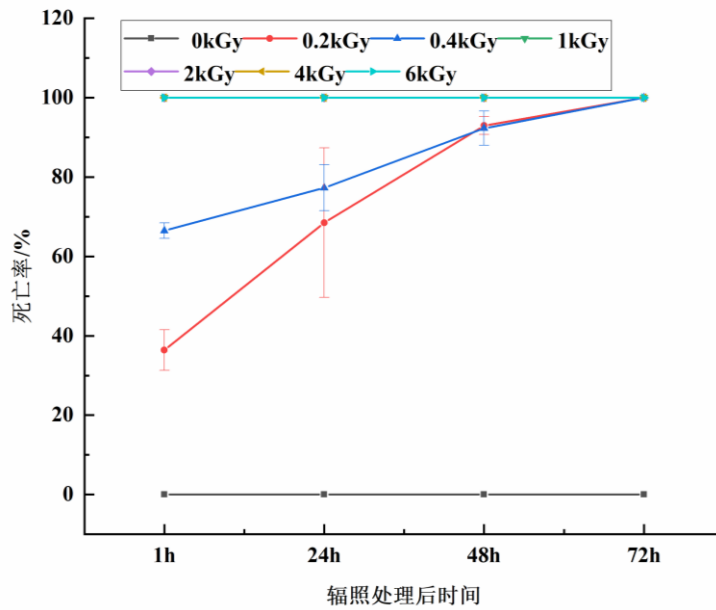


图 6 10MeV 电子束辐照杀虫效果趋势图

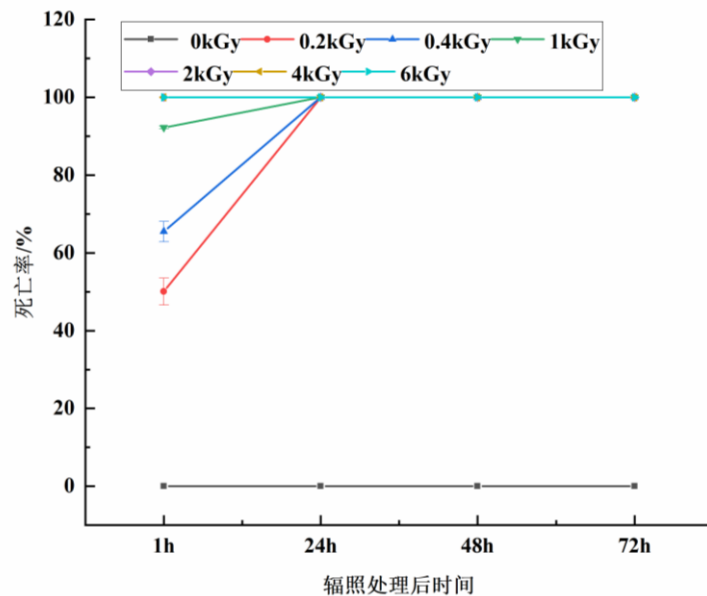


图 7 γ 射线辐照杀虫效果趋势图

2、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、灭菌和消毒的技术手段。据统计，截至 2023 年底，我国共有 105 家 γ 辐照企事业单位，共有 γ 辐照装置 120 座，总设计装源量 1.9 亿居里 (Ci)，实际装源量 5500 万 Ci；已安装运行的用于辐照加工的电子

加速器装置 1153 台，总功率 830111.7KW。《2023-2029 全球与中国医疗辐照灭菌服务市场现状及未来发展趋势》的报告数据，2019 年我国辐射灭菌设备市场规模已经超过 8 亿元。在国际上，欧美及日本等发达国家的辐射灭菌设备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势，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。

目前， γ 射线辐照 1 kGy 莲子的辐照费用约 300 元/吨；10MeV 电子束辐照 1 kGy 莲子的辐照费用约 200 元/吨。折合 0.4kGy 辐照剂量， γ 射线辐照和 10MeV 电子束辐照成本分别是 120 元/吨和 80 元/吨。莲子磷化铝杀菌成本约 50 元/吨。单从成本核算，辐照杀虫的成本稍高于磷化铝杀虫，但是在磷化铝即将被禁用，且存在巨大安全隐患，且易在莲子产品中残留，多食会造成中毒，引发肾脏等器官病变等，严重时危及生命。

3、预期的经济效益、社会效益和生态效益

采用莲子辐照杀虫工艺，可以最大程度地保存莲子的营养物质成分和含量，避免化学试剂、熏蒸等带来的化学物质残留，保证莲子的质量和品质。可减少莲子因虫害造成的经济损失近亿元。以湘潭湘

莲产业为例，截止 2023 年末，全县湘莲种植面积 11.1 万亩（产量 2 万吨），另有县内湘莲合作社和种植大户出县承包耕地种植达 20 万亩（产量 3.5 万吨以上，收获后运回县内加工），建有万亩集中连片标准示范基地 1 个、千亩以上连片示范基地 13 个、500 亩以上连片示范基地 42 个。投资 4 亿多元建成的花石湘莲加工园，连同花石湘莲市场、湘莲文化馆一起，形成了全县三大湘莲产业亮点。2023 年全县湘莲全产业链产值达 116.25 亿元，其中一产 19.84 亿元，二产 54.93 亿元，三产 41.48 亿元。湘莲出口贸易额 1.15 亿元，占全省湘莲出口总额的 98%以上，全国市场占有率达 72%以上。有湘莲相关经营主体 2.83 万家，其中湖南省高新技术企业 2 家，省级龙头企业 7 家，市级龙头企业 12 家，国家级示范社 1 家，省级示范合作社 11 家，家庭农场与种植大户 500 多家（其中市级及以上示范家庭农场 58 家），各类新型经营主体发展休闲农庄 70 余家（其中五星级休闲农庄 2 家），创建了 5 个湘莲省级现代农业特色产业园，全县湘莲从业人员达 10 万人以上。发展湘莲庄园经济，实现了湘莲与农文旅等产业的深度融合，打造“赏荷之旅”休闲观光路线，成功举办八届湘莲文化艺术节，2024 年实现乡村旅游接待人口 390 万人次，收入达 4.5 亿元。

（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；

本标准对莲子产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；

参照国际标准《Code of good irradiation practice for prepackaged meat and poultry (*to control pathogens and/or extend shelf-life*) 》（ICGFI Doc.NO.4）、《Code of good irradiation practice for sprout inhibition of bulb and tuber crops 》（ICGFI Doc.NO.8）、《Guidelines for the authorization of food irradiation generally or by classes of food》（ICGFI Doc. NO.15）进行本标准的修订。

（六）与有关法律、行政法规及相关标准的关系；

本标准与有关法律法规、行政规章及现行有效的强制性标准相符合，无冲突。

（七）重大分歧意见的处理经过和依据；

本标准制定过程中暂无重大意见分歧。

（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；

本标准的编制参考国内相关法律法规和食品安全标准以及莲子生产加工等技术要求，并结合我国莲子生产企业的实际情况，可操作性强，按照标准规定的技术要求进行莲子杀虫，可有效保证我国莲子

产品的品质，满足出口食品的要求。该标准作为我国莲子杀虫的技术标准推广应用，能较好地指导我国莲子企业规范化生产，确保莲子的卫生质量安全，从而促进莲子产业健康发展。

建议各主产莲子产业协会先组织莲子生产企业积极参与到本标准的宣贯和培训活动中，学习本标准条文，按照本标准的技术要求进一步规范莲子杀虫过程，各产业协会的相关会员单位先行推广，切实提高实际应用水平。

预计标准完成修订日期为 2025 年 9 月，建议标准发布日期为 2025 年 10 月，建议标准实施日期为：2026 年 1 月。在标准颁布之前，仍按原标准实施。标准实施的过渡期可参照旧标准继续执行。在本标准实施 1~2 年间，收集各莲子主产区生产企业以及管理部门的意见和建议后再进行修订，进一步完善标准内容。

（十）其他应当说明的事项。

无。

国家标准修订项目《莲子辐照杀虫工艺》征求意见表

标准名称：莲子辐照杀虫工艺 负责起草单位：湖南省核农业与中药材研究所 2025 年 2 月 21 日

序号	标准章条编号	原文	建议修改意见内容	提出单位及专家	处理意见	备注
1	1	辐照后质量、检验方法、标识、贮存、记录与文件管理。	辐照后要求、标识、贮存、记录与文件管理。	中广核侯志强、左都文	已修改	
2	2		如需明确在 7 标识章节中要求标识“辐照食品”，建议增加：GB 7718 食品安全国家标准：预包装食品标签通则 同时，建议增加 GB 18524	中广核侯志强、左都文	已修改	
3	3.1	莲子——睡莲科水生草本植物莲藕的果实。	建议修改为：睡莲科水生草本植物莲藕的干燥成熟种子。	河南省科学院同位素研究所范家霖	已修改	
4	3.4； 3.5	磨皮白莲；通芯白莲	由于磨皮白莲和通芯白莲只是莲子当中的两种，建议删除。	河南省科学院同位素研究所范家霖	未改，参照依据为 NY/T 1504-2007《莲子》	
5	3.7	为达到 辐照 目的所需的最低剂量，即工艺剂量的下限值。	建议“辐照”修改为“杀虫”。	湖南省林业科学院，肖志红	已修改	
6	3.9	为达到预期目的所需的辐照吸收剂量范围，其下限值应不低于 最低有效剂量 ，上限值应不高于 最高可接受剂量 。	为达到预期目的所需的辐照吸收剂量范围，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 。 建议删除辐照工艺剂量定义，增加辐照不均匀度要求，辐照不均匀度 ≤ 2 。	上海市农业科学院 陈志军； 湖南省林业科学院 肖志红； 中广核侯志强、左都文	已修改；并增加了“辐照不均匀度”的术语和定义	

序号	标准章条编号	原文	建议修改意见内容	提出单位及专家	处理意见	备注
				安徽省农业科学院农产品加工研究所 刘超		
7	4.1	莲子为当年采收、加工的圆粒莲、钻芯莲、磨皮白莲、通芯白莲、开边莲,产品辐照前生产企业应根据辐照加工单位的要求提供产品名称、编码、批号和数量、出厂日期、包装尺寸、辐照目的、送照日期,以及委托方名称、地址和联系方式等。产品含水量≤12.0%,各项指标符合 NY/T 1504-2007 的要求。	莲子为当年采收、加工的圆粒莲、钻芯莲、磨皮白莲、通芯白莲、开边莲,产品含水量≤12.0%,各项指标符合 NY/T 1504-2007 的要求。产品辐照前应满足辐照加工单位对拟辐照产品的包装、标识等要求。	中广核侯志强、左都文	已按意见修改	
8	4.2 包装	应根据食品类型和辐照加工过程选择合适的包装	应结合辐照杀虫工艺对包装提出具体要求	中国农科院哈益明	已参照 GB 18524-2016 进行修改	
10	5.3	辐照工艺剂量应不低于最低有效剂量0.4 kGy,不高于最高可接受剂量4.0 kGy。	辐照工艺剂量应不低于最低有效剂量 0.4 kGy,不高于最高耐受剂量 4.0 kGy。 (根据实验数据能到 6.0 kGy,不影响莲子的品质,建议是否放宽到 6.0 kGy)。	上海市农业科学院 陈志军; 湖南省林业科学院 肖志红	已按建议修改	

序号	标准章条编号	原文	建议修改意见内容	提出单位及专家	处理意见	备注
11	5.4	辐照加工过程剂量监测应按照GB/T 16640的要求执行	辐射加工用剂量测量系统应符合 GB/T 16640 的要求，剂量监测要求应按照 GB 18524 执行	中 广 核 侯 志 强、左都文	已按建议修改	GB/T 16640 是关于剂量测量系统的选择和校准，对加工过程的监控并没有要求。
12	6	辐照后要求	辐照后质量	天 津 农 学 院 何新益	已修改	
13	6.1	6.1保持其原有的色泽、气味和滋味，食用品质和功能特性不变。	6.1 辐照后莲子应在通风、干燥、阴凉、清洁的仓库中存放，避免阳光直射，不得与有毒、有害物品混存。贮存过程中内包装不能破损。保持其原有感官品质、食用品质和功能特性无明显变化。	安徽省农业科学院农产品加工研究所 刘超 中 广 核 侯 志 强、左都文	按照意见增加了“贮存”；并修改了6.1的表述。	
14	6.2	6.2 按照本标准操作，莲子辐照后无活成虫出现、卵和幼虫在 1-3 周内死亡。	若辐照后出现死亡的幼虫，会极大影响莲子的质量和商品的售卖性。建议在虫卵孵化前辐照。 增加： 4.3 辐照时期 种子成熟干燥加工后应随即包装并辐照 6.2 辐照后无可存活的卵和幼虫检出。 建议删除（如何判定？检验方法？是否作为辐照加工后的质量放行依据？）	河南省科学院同位素研究所 范家霖 安徽省农业科学院农产品加工研究所 刘超； 中 广 核 侯 志 强、左都文	接受意见，并修改	

序号	标准章条编号	原文	建议修改意见内容	提出单位及专家	处理意见	备注
15	6.3		辐照后应确认产品实际加工剂量在设定的辐照工艺剂量范围内，包装完整无损伤，经检验合格后放行。（增加放行要求）	中广核侯志强、左都文	已添加	
16	7	辐照后的莲子产品标识应符合NY/T 1504-2007的4.1和4.2章节的规定，并标注辐照食品标志。	辐照后的莲子产品标识应符合 NY/T 1504-2007 的 4.1 和 4.2 章节的规定，并按照 GB 7718 的要求标注辐照食品标志	中广核侯志强、左都文	按意见修改	
17	8		不得与异味、有毒、有害物品混存。贮存过程中内包装不能破损。	中广核侯志强、左都文	已结合意见进行修改	
18	9	辐照加工单位应详细登记辐照装置记录、辐照工艺参数记录和辐照产品记录。所有记录文件应妥善保管、在食品的保质期内备查，应至少保存2年。	辐照加工单位应详细记录辐照装置、辐照工艺和辐照产品等相关信息。所有记录文件应妥善保管、在莲子的保质期内备查，应至少保存2年。	中广核侯志强、左都文	已修改	
19	结尾		增加“-----”标准结束线	中国农科院哈益明	已修改	

序号	标准章条编号	原文	建议修改意见内容	提出单位及专家	处理意见	备注
1	编制说明	（1）文件名称更改为《莲子辐照杀虫工艺》；	补充更名依据	中国农科院 哈益明	参照标准《莲子》 （NY/T 1504-2007）修订	

情况说明

《莲子辐照杀虫工艺》标准修订起草单位—湖南省核农学与育种研究所，在大农科院改革后，在原有研究基础上拓展了中药材研究领域，并在 2025 年 1 月重新组建为湖南省核农业与中药材研究所。特此说明！

