

团体标准 编制说明

标准名称 焙烤食品辐照加工工艺规范

主编单位 上海高鹰科技有限公司

参编单位 福建盼盼食品有限公司、山东蓝孚高能物理技
术股份有限公司、北京鸿仪四方辐射技术股份有限公司、
上海辐新辐照技术有限公司

《焙烤食品辐照加工工艺规范》 编制说明

一、任务来源及计划要求

根据《中国同位素与辐射行业协会团体标准管理办法（试行）》，经协会标准工作专家委员会审议，批准团体标准《焙烤食品辐照加工工艺规范》项目制定计划，项目编号为：CIRA-STD2422。本标准由中国同位素与辐射行业协会提出并归口。根据计划要求，本标准完成时限为 12 个月。

二、编制情况

1. 编制原则

1) 本标准按照国家标准 GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第 1 部分：标准结构和编写规则》和 GB/T 20000.2-2009《标准化工作指南 第 2 部分：采用国际标准》的规定要求进行制定。

2) 收集相关国内外标准、行业标准、地方标准和企业标准及技术资料，构建技术规范要素，按照我国焙烤食品产业现状和实际需求进行制定。

2. 编制组成员

中国同位素与辐射行业协会是本标准组织单位。标准起草工作组有 5 家单位，分别是上海高鹰科技有限公司、福建盼盼食品有限公司、山东蓝孚高能物理技术股份有限公司、北京鸿仪四方辐射技术股份有限公司、上海辐新辐照技术有限公司。标准主要起草人：高宁、苏春、陈兴旺、范国智、姜昊、赵延军、李娜、郝松松、贾永前、李春。

表 1 标准主要起草人

姓名	单位	职称	起草组 职务	有无标准制 修订经验
高宁	上海高鹰科技有限 公司	工程师	组长	有
苏春	上海高鹰科技有限 公司	高级工程师	组员	有
陈兴旺	上海高鹰科技有限 公司	工程师	组员	无
范国智	福建盼盼食品有限 公司	经济师	组员	有
姜昊	山东蓝孚高能物理 技术股份有限公司	工程师	组员	有
赵延军	山东蓝孚高能物理 技术股份有限公司	高级工程师	组员	有
李娜	北京鸿仪四方辐射 技术股份有限公司	助理研究员	组员	有
郝松松	北京鸿仪四方辐射 技术股份有限公司	微生物技术 初级	组员	有
李春	上海辐新辐照技术 有限公司	工程师	组员	有
贾永前	上海辐新辐照技术 有限公司	工程师	组员	有

3. 工作分工

上海高鹰科技有限公司是本标准第一起草单位，主持标准编制，负责本标准的申报、试验验证、编制和报批的各项组织工作。其他 4 家为参编单位，协助相关样品收集、辐照试验、剂量验证等工作，参与标准的起草、修改、审定。

3. 征求意见单位

按照协会团体标准编制要求征求相关单位意见。具体单位待定。

4. 各阶段工作过程

1) 2024 年 12 月 27 日中国同位素与辐射行业协会发布了中同辐协〔2024〕60 号《关于下达 2024 年第二批团体标准立项计划的通知》，《焙烤食品辐照加工工艺规范》通过团体标准项目立项

2) 2025 年 3 月 19 日起草组召开项目技术调研会，参加人员有上海高鹰科技有限公司、福建盼盼的全体技术人员。着重分析焙烤食品产品生产和辐照现状。通过了解 4 类焙烤食品的原料、配方、加工、储存至销售过程的卫生管控及保质问题，探讨辐照技术在延长产品货架期和提升质量水平方面的可行措施。

3) 2025 年 3 月 24 日召开起草组工作会，参加人员有本标准 5 家单位的技术负责人及共同工作人。介绍本标准立项、任务和完成计划，并对制标工作进行具体分工。

4) 2025 年 4 月拟定标准草案初稿。查阅国内外文献，结合前期试验，根据按照 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》的规定进行起草，形成《焙烤食品辐照加工工艺规范》初步草案稿。

5) 2025 年 5 月 20 日同辐协会组织召开本标准启动会。本标准起草组介绍标准前期工作。会上起草组工作人员对标准草案初稿和编制说明进行

了逐句逐条的审议和修改，经过充分讨论并形成了第一次标准工作组讨论稿，形成意见如下：

1. “范围”本文件规定的是各大章节的大标题。
2. 规范性引用文件：GB 4789.1、GB 4789.2、GB 4789.3、GB 4789.15、GB 18524、GB 29921 国家标准未在本文件中出现，请确认是否直接引用了，若未直接引用的不需要罗列在本章节。此外，建议删除标准的年代号。
3. 术语和定义：增加“食品辐照”“吸收剂量”两个术语，直接引用的术语需注明标准来源。
4. “4.1 辐照源的选择”标题修改为“4.1 辐射源的选择”。
5. “4.2 辐照装置”中“满足食品辐照加工的卫生要求”需注明具体的标准号。
6. “5.1.1 微生物指标”中删除“尽可能”等不可量化词语。
7. “5.2 包装”中辐照灭菌修改为“辐照杀菌”，本文件统一用“辐照杀菌”。
8. “8.1 工艺剂量确认”标题修改为“8.1 产品放行”，正文中“应
按照不合格品进行处理”修改为“应
按照不合格品程序执行”。
9. 编制说明：“二、编制情况”需补充编制工作组人员情况、各阶段工作过程情况，各阶段工作过程应从本标准立项开始写，且需写明每步工作的日期。
10. 编制说明：“三、主要技术内容的说明”需写明本文件技术参数与指标的确定依据。

会后起草组形成了正式草案稿上报同辐协会。

6) 2025 年 4-8 月验证试验。由 5 家制标单位共同执行。分别在不同装置上进行各类产品辐照处理、剂量测定、产品微生物和品质检验，最后汇总数据、分析并确定合适的辐照加工工艺。

7) 2025 年 9 月拟定征求意见稿。根据验证试验结果、参考国内外研究数据、结合同辐协会反馈意见,对草案稿的技术指标和编制说明进行修改,形成征求意见稿上报同辐协会。

三、主要技术内容的说明

1. 范围

本标准结构包括前言、范围、规范性引用文件、术语与定义、辐照装置、辐射前、工艺剂量确定、辐照、辐射后、记录与文件管理等 10 个部分。

参照 NY/T 1046-2016 绿色食品 焙烤食品的规定,本标准适用于面包、饼干、烘烤类糕点、烘烤类月饼的辐照杀菌。

2. 辐照装置要求

参照 GB 18524《食品安全国家标准 食品辐照加工卫生规范》,电子加速器的能量要求应符合国家相关规定。辐照装置的选址、设计及建造应满足食品辐照加工的卫生要求。

3. 辐照前产品要求

1) 质量指标:包括微生物、感官、理化指标。糕点、面包等生产厂的原料采购、加工、包装、贮存、运输和销售等各个环节,应符合 GB 8957 食品安全国家标准的卫生要求,进行规范生产和流通,尽可能降低初始微生物负载,从而减轻后续辐照加工负荷,有利于辐照产品质量控制;感官指标应符合 GB 7099、GB 7100 和 GB/T 19855 的相关规定;酸价、过氧化值应符合相关食品标准的规定。

2) 包装:焙烤食品通常油脂、蛋白质含量高,且紧密接触内包装。辐照过程中包装材料与产品同时接受辐射,并产生一定的辐射化学效应。因此,应选用食品级、耐辐照、保护性的材料,确保包装材料在辐照后不产生挥发性、有害性物质。

3) 运输及贮存:焙烤食品按产品类别需要在常温或冷藏条件下贮

存，运输过程中需避免暴晒、高温、高湿环境。具体来说，应按照该产品保质要求的温、湿度条件进行运输与贮存。

4. 辐照工艺的确定

1) 最低有效剂量：指能达到焙烤食品辐照杀菌要求所需的最低剂量。GB 7099-2015 规定糕点、面包（CFU/g）菌落总数限值“ $n=5, c=2, m=10^4, M=10^5$ ”，大肠菌群限值“ $n=5, c=2, m=10, M=10^2$ ”，霉菌 ≤ 150 ；GB 7100-2015 规定饼干霉菌 ≤ 50 ，菌落总数和大肠菌群限值同上；烘烤类月饼一般按 GB 7099-2015 执行。致病菌限量按照 GB 29921—2021《食品安全国家标准 食品中致病菌限量》熟制粮食食品制品（含焙烤类）执行。最低有效剂量与产品中初始微生物负载量有关。从市场监管部门的定期抽查检验公示结果可知，辐照前预包装焙烤食品中大肠菌群、沙门氏菌、金黄色葡萄球菌皆未检出。菌落总数、霉菌大多数在限值以内，极少部分菌落总数高于限值 3-5 倍、霉菌超标 2-10 倍。本验证试验结果表明：市售和自制的饼干、糕点、面包采用 1kGy 剂量辐照、月饼采用 3kGy 剂量辐照即可达到国标要求。国内外辐照研究也证明，蛋糕、饼干、面包中的微生物污染主要为霉菌，对于低污染水平，采用 0.8-2kGy 剂量辐照杀菌可以降到食品安全标准以下，而月饼需辐照 3kGy，才能达到同样的微生物水平。如河南省科学院同位素所采用 γ 射线辐照蛋糕，1kGy 剂量辐照，可杀死 100% 的霉菌和大肠菌群，菌落总数也降低至 5.6%；沙特阿拉伯采用 γ 射线辐照阿拉伯面包，0.8-0.9kGy 剂量可将霉菌计数降低 10 倍。据此，推荐最低有效剂量，饼干、糕点和面包确定为 1kGy，月饼确定为 3kGy。

2) 最高耐受剂量：指不影响焙烤食品食用品质的最高剂量。参照 GB 7099-2015、GB 7100-2015，根据辐照对感官特性和理化指标的影响试验结果，结合相关文献进行具体确定。

感官指标包括色泽、组织、气味、滋味。本验证试验表明：辐照处理对焙烤食品的色泽、组织影响较小，对气味、滋味影响较大。辐照对不同产品的感官影响差别显著。总体来说，焙烤食品感官指标的辐照敏感性顺序为：面包>糕点>饼干>月饼。饼干、糕点和面包辐照后不影响食用感官要求的最高剂量分别为 4kGy、3kGy、2kGy。阿根廷采用 γ 射线辐照聚乙烯薄膜包装的高营养面包（HNB），6kGy 剂量可使保质期至少延长 6 倍，室温储存 43 天感官品质仍能保持良好。

理化指标包括酸价、过氧化值。本验证结果表明：辐照导致饼干、糕点、面包过氧化值升高，且随辐照剂量增加而加大，而酸价则随辐照剂量增加呈现上下波动趋势。但即使辐照剂量达到 6kGy，两者也在安全标准限值以内（过氧化值/ $\leq 0.25\text{g}/100\text{g}$ ，酸价 $\leq 5\text{mg}/\text{g}$ ）。

南京辐照中心研究表明，月饼采用 γ 辐照，剂量达到 6kGy 其感官特性无显著变化。中国农科院加工所采用中国航天员科研训练中心生产的月饼进行辐照试验，8kGy 的辐照剂量感官指标比较理想，且其酸价、过氧化值仍远低于安全限值。

根据以上分析，面包、饼干、烘烤类糕点、烘烤类月饼的最高耐受剂量推荐值确定为 2.0kGy、3.0kGy、4.0kGy、6.0kGy。

5. 辐照

辐照过程中装载产品、设定设备运行参数、布放监测剂量计及测量、中断评估、重复辐照等参照 GB18524 及同类食品辐照的要求和管理执行。

6. 辐射后产品放行、贮存、记录与文件管理：参照 GB18524 及同类食品辐照的要求和管理执行。焙烤食品应与普通食品区分开来，实施分类管理，辐照产品库应避免高温高湿环境，从而影响产品货架期。已辐照加工产品和未辐照加工产品应分区存放。贮存环境应符合具体产品的卫生管理和温湿度要求。

7. 目前尚无重大分歧意见，待征求意见后再给予说明。

四、试验验证的情况和结果

1 材料与方法

1) 代表性样品制备与选购：面包、饼干、烘烤类糕点一部分由市场采购、一部分本标准编制组制作；烘烤类月饼全部由市场采购。样品包装方式按产品市场销售要求执行。

2) 辐照前检验：

样品加工后立即进行微生物、感官、理化指标分析。待辐照样品的四项感官指标、酸价、过氧化值应符合 GB7099、GB7100 和 GB/T19855 的相关规定，水分、蛋白质、脂肪等指标也应符合产品质量要求。

3) 辐照：辐照剂量设定为 0、1.0、2.0、3.0、4.0、5.0、6.0kGy。采用重铬酸银和 FWT-60-00 剂量计跟踪测定吸收剂量值，产品外包装上至少贴附 3 只剂量计，作好标记；分别于 ^{60}Co γ 辐射源、10 MeV 电子束装置上进行辐照处理，半时间翻转。剂量计已经中国计量科学研究丙氨酸（ESR）剂量计标准装置校准。

4) 辐照后检验：产品辐照后按照本产品的温湿度要求置于已辐照库中贮存，并立即进行感官、微生物和理化分析。

2. 结果与分析

2.1 焙烤食品的微生物现状

表 2 2025 年 6 月市售焙烤食品的微生物状况

品种	菌落总数 (CFU/g)	霉菌 (CFU/g)	大肠菌群 (CFU/g)
饼干	210-470	10-85	<10
糕点	340-530	15-110	<10
面包	200-740	20-100	<10
月饼	5-1480	5-990	<10
注：4 类焙烤食品金黄色葡萄球菌、沙门氏菌均为检出。			

由表 2，四类焙烤食品的大肠菌群(CFU/g)、金黄色葡萄球菌、沙门氏菌均未检出，菌落总数(CFU/g)均在食品安全标准限值以内，部分饼干、月饼的霉菌(CFU/g)计数超出 GB 7099-2015、GB 7100-2015 的指标要求。

表 3 2019-2025 年各省市场监督管理检查焙烤食品微生物不合格（部分产品）

类别	微生物不合格产品数	菌落总数(CFU/g) (高于标准)	霉菌 (CFU/g)	大肠菌群 (CFU/g)	产地
饼干	6	3-5 倍	80-120	<10	广东、河南、浙江
糕点	8	3-5 倍	240	<10	湖南、广东、福建、广西、江苏、安徽
面包	14	3-5 倍	1000-24000	<10	山东、湖南、云南、河南、广东、江苏、湖北、福建
月饼	6	3-5 倍	/	<10	贵州、黑龙江、湖北、吉林、海南

总体来说，焙烤食品的微生物水平控制良好。但部分企业产品仍出现微生物不合格批次，5 年间各省市场监督管理的部分结果见表 3。如广东某乳酸菌味吐司面包的霉菌计数超标(410CFU/g)，吉林某京式月饼（五仁）的菌落总数超标(5.1×10^4 , 9.0×10^4 , 8.8×10^4 , 8.4×10^4 , 1.1×10^5 CFU/g)，云南某夹心饼干的霉菌计数超标(120CFU/g)，安徽某虎皮蛋糕菌落总数超标(5.1×10^3 CFU/g, 3.0×10^4 CFU/g, 2.0×10^4 CFU/g, 2.6×10^4 CFU/g, 6.0×10^3 CFU/g)。

2.2 焙烤食品的辐照杀菌效果

表 4 市售焙烤食品的辐照杀菌效果

类别	样品编号	菌落总数(CFU/g)			霉菌(CFU/g)				大肠菌群(CFU/g)	
		0k	1k	2k	0k	1k	2k	3k	0k	1k
饼干	B1	330	25	<10	30	<10	<10	/	<10	<10
	B2	320	30	<10	35	<10	<10	/	<10	<10
	B3	470	<10	<10	85	<10	<10	/	<10	<10
	自制 1	1130	120	35	100	<10	<10	/	<10	<10
	自制 2	720	85	30	120	<10	<10	/	<10	<10
糕点	G1	400	65	<10	65	<10	<10	/	<10	<10
	G2	530	40	<10	110	<10	<10	/	<10	<10
	G3	460	85	<10	50	<10	<10	/	<10	<10
面包	M1	360	50	<10	25	<10	<10	/	<10	<10
	M2	240	35	<10	70	<10	<10	/	<10	<10

	M3	410	<10	<10	35	<10	<10	/	<10	<10
月饼	Y1	80	10	<10	650	5	<10	<10	<10	<10
	Y2	80	<10	<10	120	<10	<10	<10	<10	<10
	Y3	170	20	<10	105	10	2	<10	<10	<10
	Y4	1010	10	<10	990	15	5	<10	<10	<10

以市场采购和自制的焙烤食品为样品进行辐照杀菌试验。由表 4 可见，四种焙烤食品辐照前的菌落总数皆 $<10^4$ CFU/g，辐照 1kGy 菌落总数降到 10^3 CFU/g 以下；而对于霉菌，饼干、糕点和面包辐照 1kGy 可降到 <10 CFU/g，月饼需辐照 3kGy，才能达到同样的微生物水平。

2.3 辐照对焙烤食品感官特性的影响

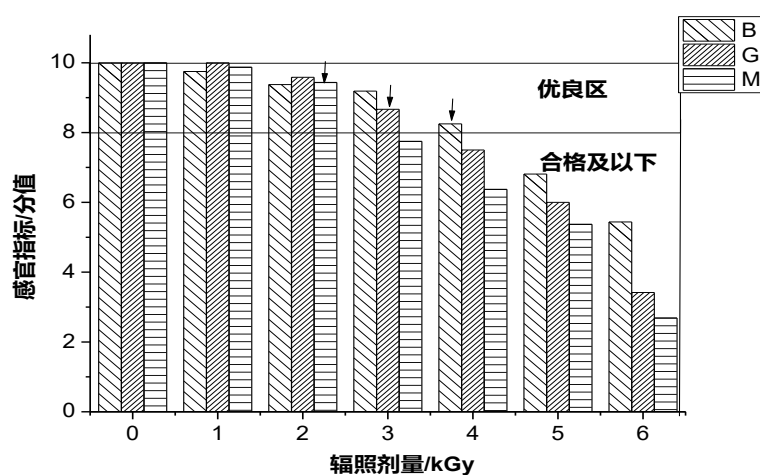


图 1 辐照对焙烤食品感官特性的影响

(图中 B、G、M 分别代表饼干、糕点、面包。以下同)

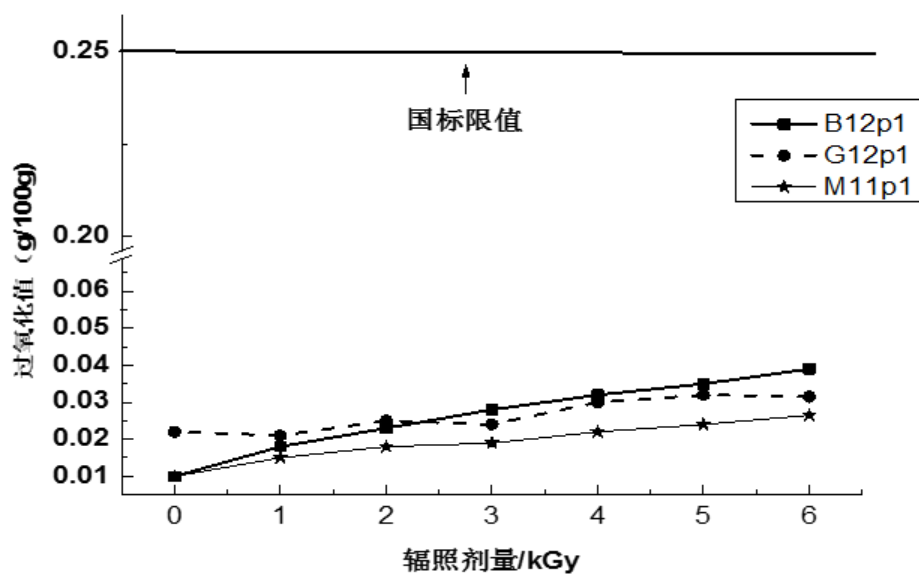


图 2 辐照对焙烤食品过氧化值的影响

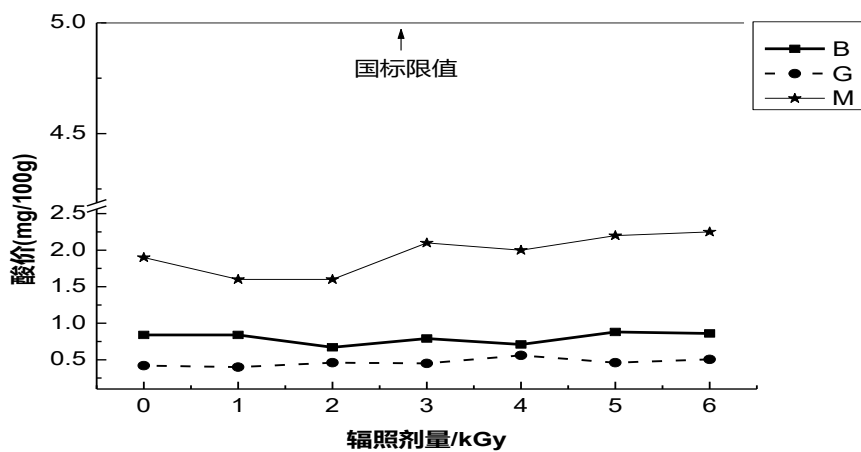


图 3 辐照对焙烤食品酸价的影响

感官指标包括色泽、组织、气味、滋味共四项。试验表明，在 1-6kGy 辐照剂量范围内，焙烤食品的色泽、组织没有变化，而气味、滋味对

辐射较为敏感。由图 1，随着辐照剂量的增加，4 种焙烤食品的感官指标分值呈现不同程度的下降。以 8 分以上为良好水平，饼干、糕点和面包辐照后感官指标仍为优良的剂量上限分别为 4kGy、3kGy、2kGy。

2.4 辐照对焙烤食品理化指标的影响

由图 2 图 3，在 1-6kGy 辐照剂量范围内，饼干、糕点和面包的过氧化值随着辐照剂量的增加，与未辐照相比皆有不同程度的上升趋势；酸价与未辐照相比呈现上下小幅波动。但总体上看，二者都远低于国标限值（见图 2 图 3）。

五、采用国际标准和国外先进标准的情况

1. 采用国际标准情况

无。

2. 国际、国外同类标准水平的对比情况

本标准是根据国家食品安全标准及中国焙烤食品的产业现状而制定的。本标准规定的辐照工艺剂量参照国际、国外同类食品标准要求，按照进行饼干、糕点、面包、月饼分类确定。

六、标准涉及的知识产权情况说明

本标准的内容不涉及专利。

七、与现行法律、法规、政策和相关标准的关系

本标准从焙烤食品的特殊要求出发，在辐照过程和工艺方面，提出各类产品具体的技术要求。与现行 GB 18524-2016 《食品安全国家标准-食品辐照加工卫生规范》的总原则相一致。

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。

八、实施标准的要求和措施建议

建议在焙烤食品生产工艺规范、产品卫生要求较高的企业先行推广本标准。组织辐照单位、食品生产企业学习标准条文，按本标准中的辐照工艺要求规范产品内外包装，做好辐照前微生物检验、辐照剂量测量和储运记录等各个加工环节，以达到提高产品品质的目标。

九、修改或废止有关标准的建议及理由

无

十、标准印刷数量建议

建议印刷 100 份。

十一、其他需说明的事项

无。

十二、参考资料清单

- [1]GB7099 食品安全国家标准 糕点、面包
- [2]GB 7100-2015 食品安全国家标准 饼干
- [3]王娟娟，辐照蛋糕的杀菌保鲜效果及对蛋糕感官品质的影响，2013,33(1):96-98
- [4]张凤娇，辐照对月饼卫生和品质的影响，核农学报,2006,21（1）：52～55
- [5]刘践，常温储存月饼辐照杀菌工艺剂量的确定，江苏农业科学,2014,42(9):254-255
- [6]N. Grecz,R.， Gamma Processing of Arabic Bread for Immune System-Compromised Cancer Patients [J]，Applied and Environmental Microbiology，1985，1531-1534
- [7]G.S. Gonzalez A， A highly nutritive bread, developed and gamma irradiated to serve in disaster relief or as an emergency ration [J]，Food Control 72，2017，

338-344