

KAERI/RR-3032/2009

보안과제(), 일반과제(●) 과제번호 2008-03730

**수출입 식품류의 방사선 조사
검역관리 기술의 표준화 방안 연구**

International Cooperation for Establishing SOP
on Quarantine Management of Irradiated Food
in International Trade

한국원자력연구원

교육과학기술부

제 출 문

교육과학기술부 장관 귀하

본 보고서를 “수출입 식품류의 방사선 조사 검역관리 기술의 표준화 방안 연구”과제의 보고서로 제출합니다.

2009. 8. 25.

주관연구기관명 : 한국원자력연구원

주관연구책임자 : 이 주 운

연 구 원 : 변 명 우

” : 김 재 훈

” : 최 종 일

” : 송 범 석

” : 김 왕 근

” : 윤 요 한

” : 김 동 호

” : 김 경 표

보고서 요약서

과제관리번호	2008-03730	해당단계 연구기간	08.07.01 - 09.06.30	단계 구분	1단계 / 1단계
연구사업명	중 사업명	원자력연구개발사업			
	세부사업명	원자력국제협력기반조성사업			
연구과제명	대 과제명				
	세부과제명	수출입 식품류의 방사선 조사 검역관리 기술의 표준화 방안 연구			
연구책임자	이 주 운	해당단계 참여연구원 수	총 : 9 명 내부 : 9 명 외부 : 명	해당단계 연구비	정부: 50,000 천원 기업: 천원 계: 50,000 천원
연구기관명 및 소속부서명	한국원자력연구원 정읍방사선과학연구소 방사선전략기술개발부		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :	상대국연구기관명 :			
위탁연구	연구기관명 :	연구책임자 :			
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서 면수	192p
<p>○ 본 연구는 점차 증가하고 있는 수출입 식품의 생물학적, 화학적 위해 안전성을 확보하고, FTA (DDA) 대비 수출입 식품류 품질보증을 위한 방사선 조사 검역관리 기술에 관한 국내법규의 국제적 기준설정 및 적용 방안 확립하기 위해 수행됨</p> <p>○ 국제 방사선 식품조사 현황, 조사식품의 수출입 동향 및 식품 검역처리 자료 확보를 위해 주요국가 방문 현지 실태조사, 국제기구에서 주최하는 전문가 교육훈련 참석, 국내외 전문가 자문/세미나 개최 및 국제기구를 통해 관련 최신 자료 및 정보를 수집함</p> <p>○ 국내외 수출입 식품류의 검역관리 체계 분석을 통해 SPS/TBT 해소 및 CODEX 기준에 부합하는 국내 표준(SOP) 설정하고, 협력국간 표준화를 위한 공동연구를 수행하였으며, 최종적으로 국내 실정에 적합하고 WTO/FTA 체제에 부합하는 방사선 조사 검역관리 표준지침서(안)를 마련함</p> <p>○ 이상의 결과는 주요 교역대상 국가간 협력연구를 통하여 안전하고 효과적인 검역처리 기술로서 국제 식량교역에서 그 이용이 증가하고 있는 방사선 조사기술의 활용을 통해 수출입 식품류의 안정적인 교역과 국가간 무역 분쟁을 해소하고 국민 건강과 관련산업 선진화에 기여할 것으로 기대됨</p>					
색인어 (각 5개 이상)	한 글	방사선 조사기술, 식품류, 국제교역, 검역관리			
	영 어	Irradiation Technology, Food & Agricultural Commodities, International Trade, Quarantine Management			

요 약 문

I. 제 목

수출입 식품류의 방사선 조사 검역관리 기술의 표준화 방안 연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

- WTO/FTA 대비 국가 식량자원의 안전 확보와 식품산업의 고도화 및 국제화 시대를 맞아 주요 교역국의 화학훈증제 사용규제 및 대체기술로서 방사선 조사기술의 활용이 점차 증가함에 따라 무역기술장벽(TBT) 및 동식물 검역관리(SPS)에 대비하기 위한 국제기준에 부합하는 선진 방사선 조사 검역관리 표준안이 필요함
- 현재 국제기준에 부합하지 않는 국내 방사선조사 검역관리 기준을 선진화/표준화하여 수출입 식품의 엄격한 검역관리를 통해 유해 유기체로 발생하는 식품의 직간접적 경제적 손실을 최소화 하고, 국내 수출 식품류의 검역관리를 위한 방사선 조사기술의 활용도 증가로 관련 산업의 생산성을 제고하여야 함
- 국민의 식품안전에 대한 의식수준의 향상으로 식품의 위생적 측면이 더욱 중시되고 있고, 국가간 무역 분쟁으로 야기되는 사회적 불안을 해소시키며, 엄격한 품질규격을 준수하기 위해 국가적인 관리를 위한 식품공전의 개정/보완과 국제규격과 일치시킬 수 있는 방사선조사 검역처리 표준(안)이 요구됨

III. 연구개발의 내용 및 범위

- 주요 교역국의 방사선 조사 실용화 실태, 검역관리 기준 규격 확보
 - 미, 중, 인도, EU 등 주요 수출입 교역국의 조사식품 현황 분석
 - 각국의 검역관리 실태 파악
 - 검역관리 표준화를 위한 국제 연구협력기반 조성
- 국제기준(CODEX)에 맞는 방사선 조사 검역처리 표준 지침서(SOP) 발간
 - SPS/TBT 해소 및 주요 교역식품군에 대한을 위한 국내 표준(SOP) 설계
 - CODEX 기준에 부합하는 SOP 설계 및 협력국간 표준화 공동연구
 - 국내 실정에 적합하고 WTO/FTA 체제에 부합하는 방사선 조사 검역관리 표준지침서(안) 마련

IV. 연구개발결과

- 국내외 방사선 식품조사 현황, 수출입 동향, 국제시장 규모, 국내외 연구개발 동향 등 방사선 식품조사 및 방사선 조사 검역기술 관련 최신 정보 수집/분석과 검역관리 표준화를 위한 국제 연구협력기반 조성
 - 주요 농산물 수출국의 검역활용 사례 및 농산물 검역에서 방사선 조사기술의 이용 전망 등 국제 농산물 검역환경 변화 분석
 - 국제기구 (CODEX, IPPC, WHO 등) 및 주요 농산물 수출입국 (미국, EU, 중국, 인도, 호주)의 수출입 식품류 검역에 관한 방사선 조사처리 기준 분석
 - 한·인도 및 한·중국 등 국가와 방사선 조사기술 이용 식품 안보와 안전성 확보 및 방사선 조사식품의 국제교역 시범사업 운영을 위한 공동연구 추진 합의
- 국제기준(CODEX)에 맞는 방사선 조사 검역처리 표준 지침서(SOP) 발간
 - 국내외 수출입 식품류의 검역관리 체계 분석을 통해 SPS/TBT 해소 및 CODEX 기준에 부합하는 국내 표준(SOP) 설정하고, 협력국간 표준화를 위한 공동연구를 수행하였으며, 최종적으로 국내 실정에 적합하고 WTO/FTA 체제에 부합하는 방사선 조사 검역관리 표준지침서(안)를 발간함

V. 연구개발결과의 활용계획

- 방사선 조사기술을 식품류 수출입의 원활한 수행을 위한 국가 검역관리 시스템에 적용함으로써 WTO/FTA의 대비, 국가 식량자원 중장기 수급계획에 활용, 국내 원자력기술(방사선기술)의 우수성 홍보, 국제공동연구기반 조성 및 연구사업 활성화에 활용할 수 있음
- WTO/NR 대비 국제 식량교역에서 수출입 식품의 생물학적, 화학적 유해성을 해소할 수 있는 표준화된 검역관리 지침서 제안으로 국가 검역관리 시스템에 활용
- 안정된 식량자원의 공급·유통으로 국가 식량 안보계획을 효율적으로 수립하고 운영할 수 있는 국가 식량자원 중장기 수급계획에 활용
- 식품생명공학분야에서 국내 식품 방사선 조사기술 우수성 홍보성 홍보 및 동북아 기술 선도국으로 위상 정립
- 한·인도 및 한·중국 등 국가간 원자력위원회 의결 사항 후속조치 시행에 활용
 - '원자력의 평화적 이용을 위한 한·중 공동기술협력체계 구축' 협약('03. 10) 중 "방사선 조사기술 이용 식품 안보와 안전성 확보" 공동연구를 위한 자료 제공

SUMMARY

I . Project Title

International Cooperation to Establish Standard Operating Procedure (SOP) for Quarantine Management of Irradiated Foods in International Trade

II. Justification and Objectives

- Since irradiation technology has been widely used to replace chemical fumigant to ensure food safety under WTO/FTA system, advanced SOPs are required for quarantine management, resolving Technical Barrier to Trade (TBT), and Sanitary Phytosanitary Measures.
- Domestic irradiation standards for quarantine should be standardized to meet international standards and to minimize economic losses from trade frictions. Moreover, the increase of irradiation technology application for quarantine purposes may activate irradiation related industries.
- Because public awareness levels for food safety have been grown, and trade friction among nations need to be decreased, SOPs for quarantine management of irradiated foods should be established.

III. The Scope of the Project

- Survey of the current status of irradiation application in member states and development of SOPs for quarantine management
 - Analysis of the current status of irradiation industry for foods in the U.S, China, India, and others
 - Investigation of quarantine management in each country
 - Development of international cooperation to harmonize a quarantine management among member states
- Publication of SOPs for quarantine management agreed with CODEX standards

- Establishment of SOPs to resolve SPS/TBT
- Establishment of SOPs and building cooperative researches among member states to develop the regulations agreed with CODEX standards
- Preparation of SOPs corresponding with domestic conditions and WTO/FTA system

IV. Results

- Development of SOPs through various research activities such as building international cooperations, and analysing current status of food irradiation in domestic and international markets, export and import, international market size, and of R&D
 - Analysis of examples for quarantine management in agricultural product exporting countries and use of irradiation technology for agricultural product quarantine, and changes in international quarantine management
 - Analysis of SOPs for food irradiation quarantine in international organizations (CODEX, IPPC, WHO), U.S, EU, China, India, and Australia.
 - Collaborative researches of India/Korea and China/Korea entered into an agreement for market trials
- Publishment of irradiation quarantine management SOPs agreed to CODEX standards
 - Collaborative researches for quarantine management, avoiding Technical Barrier to Trade (TBT), and Sanitary Phytosanitary Measures were conducted, and advanced SOPs agreed with WTO/FTA system were published

V. Application of Research Results

- The results from this research can be useful in WTO/FTA system, long-term food supply program, publicity activities for superiority of atomic energy technology, and building international collaborative research and research activation

- Application of the results in national quarantine system which may lead to resolve biochemical and chemical risks in agricultural product trade under WTO/NR system
- These results can be used in establishment of long-term food supply plan and national food security program
- The results from this project can be used in publicity activities for superiority of food irradiation technology to be a the technology leading country in Noth-East Asia
- The decision from Atomic energy committee of India/Korea and China/Korea was used for follow-up measures
 - The results were provided to collaborative researches for use of irradiation for food security and safety, which is belong to the Collaborative Agreement between Korea and China for Peaceful Use of Atomic Energy

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	1
Chapter 2. The art of status report	8
Chapter 3. Contents and results	41
1. Changes of international trend of food quarantine	42
2. Standards of food irradiation for quarantine	46
3. Standard operating procedure for food quarantine	75
Chapter 4. Achievement of research goals and external contribution of main result	87
Chapter 5. Plan of utilization of the result	89
Chapter 6. Information collected during research period	91
Chapter 7. Reference	92
Appendix I . List of irradiation approved foods in the world	95
Appendix II . List of gamma irradiation facilities in the world	118
Appendix III . List of E-beam irradiation facilities in the world	121
Appendix IV. International informations related to the quarantine treatment by using irradiation technology	138

목 차

제 1 장 연구개요	1
제 2 장 국내외 기술개발 현황	8
제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과	41
1. 국제 농산물 검역환경 변화	42
2. 수출입 식품류 검역에 관한 방사선 조사기술 기준	46
3. 방사선 조사 검역처리 표준 지침서(안)	75
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	87
제 5 장 연구개발 결과의 활용 계획	89
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술 정보	91
제 7 장 참고문헌	91
부록 I. 세계 식품조사 허가 현황	95
부록 II. 국가별 감마선 조사시설 현황	118
부록 III. 국가별 전자선 조사시설 현황	121
부록 IV. 방사선 식품 검역관련 해외 자료	138

제 1 장 연구 개요

제 1 절 연구 추진 배경 및 필요성

1. 추진 배경 및 목적

식품산업의 고도화 및 국제화 시대를 맞아 고부가가치의 제품을 생산하기 위해서는 원료의 안정공급, 위생적 생산, 효율적 제조공정, 안전저장 및 유통을 위한 기술이 확보되어야 한다. 식품의 위생화 기술로서 방사선 조사기술은 1차 세계 대전을 전후하여 미국과 유럽에서 연구되기 시작하여 1980년대 상용화가 이루어 졌다. 상용화와 함께 세계보건기구(WHO), 식량농업기구(FAO), 국제원자력기구(IAEA) 등 국제기관에서는 기술의 건전성과 안전성에 대해 매우 광범위하고 폭넓게 연구하여, 1999년에 방사선 조사식품의 안전성에 대한 최종보고서를 발간하였다(WHO, 1999; European Commission, 2002). 1964년부터 FAO/IAEA Joint Division에서는 식품과 농업분야에서 원자력 기술의 활용을 위한 사업을 추진하고 있다. UN FAO는 식품의 영양과 안전성을 향상시킨 지속가능한 농업 발전을 통해 국제적 기아와 빈곤 퇴치를 위해 노력하고 있고, IAEA는 원자력의 평화로운 사용을 권장하고 원자력 기술을 지구촌 건강과 행복을 촉진시키기 위해 사용하도록 권장하고 있다. 방사선 조사기술은 식품의 관능적 품질에 큰권장하를 일으키지 않으면서도 오염과 식품 유래 병원성 미생물, 유해 곤충을 제어하여 식품의 질과 안전성을 상승시키는 몇 가지 기술 중 하나이다. 방사선 조사기술은 크게 3가지의 목적으로 이용될 수 있다. 식품의 저장성 연장과 생물학적 식중독 예방, 가공공정 개선 및 품질개선, 그리고 의 평식량교역에서 검역관리에 활용할 수 있다(CFIA, 2002). 식품을 포장한 상태로 연속 평가 가능하여 살균 평식후 재포장에 따른 2차 오염의 방지, 평시 온도의 장하가 적어 냉장, 냉동식품에 대한 살균의 용이성, 화학 훈증 살충방법으로 인한 을 권파괴와 잔 유유해성분의 문 평해결과 함께 고에너지 효율의 장점을 갖고 있다(Thayer et al., 1994). 반면에, 광산화 촉진으로 인한 지방 산패와 조직의 연화 등으로 인한 관능적 품질 저하는 반드시 극복해야 할 과제로 나타났다(Jo et al., 1999). 또한, 낮은 소비자 수용성 문제도 여전히 산업 활성화에 큰 장벽으로 존재하고 있다.

한편, 국가 간 식품과 농산물 자원의 교역이 활발해짐에 따라 방사선 기술의 활용도 커질 것으로 전망된다. WTO에서는 1986년 Canada Montreal에서 개최된 UN 환경보호위원회에서 동식물위생검역처리절차(Sanitary and Phtosanitary Measures, SPS)의 수정안이 의결됨에 따라 Methyl bromide 등 화학훈증제를 대체할 기술로서 방사선 조사기술의 사용을 권고하고 있다(FAO/IAEA). 이에 따라 곡류, 과일, 야채류와 같은 농산물의 식물검역을 주관하는 국제식물검역위원회(IPPC)에서는 방사선 조사기술을 이용한 해충류의 안전한 검역관리를 위한 지침서를 발간

하여 각국에 배포하고 이를 기준으로 자국의 규정을 정비하도록 요구하고 있다(IPPC, 2008). 이러한 국제적인 환경변화에서 2007년부터 인도는 방사선 조사한 mango를 미국으로 수출하기 시작하였고 그 양은 약 157톤 정도였으나, 2008년에는 275톤이었다. 미국의 mango 소비량은 약 25만 톤으로 방사선 조사된 mango의 수출량은 더욱 증가될 전망이다. 게다가 적은 양의 조사된 파파야는 오스트레일리아에서 뉴질랜드로 2008년에 수출되었고, 300 톤의 오스트레일리아 망고가 2004년부터 수출을 진행하고 있다. 2008년 현재 멕시코, 오스트레일리아, 태국, 베트남 등 20여 이상의 국가가 농산물 수출을 위한 유해 해충류에 대한 방사선 조사 검역관리를 채택하고 미국 등 선진국 시장진입을 위한 협상을 진행 중이다(www.webetc.info).

이와 같은 국제 동향에서 대한민국은 주요 농산물 수입국으로서 방사선 조사된 농산물의 국내 유입에 대한 준비가 거의 없는 것이 현실이다. 국내에는 아직까지 방사선 조사된 열대과일 등의 유통에 관한 규정이 마련되어 있지 않다. 따라서, 방사선 조사된 열대과일이나 신선 농산물이 수입되어도 유통될 수 없기 때문에 수출국은 규정마련을 요구하고 있다. 이는 세계 무역의 자유화 경향에서 심각한 통상의 문제를 야기시킬 수 있다. WTO는 무역에 관한 기술장벽(Technical barriers on Trade, TBT)을 보복관세와 같은 의미로 해석하여 자유무역주의협정(Free Trade Agreement, FTA)에서 반드시 철회하여야 할 항목으로 분류하고 있다(WTO). 국내 농산물 수출에서도 이와 같은 상황은 충분히 발생할 수 있다. 특히, 농식품 수출 활성화를 위한 정부의 적극적 지원으로 적은 규모이지만 국내산 농산물이 수출되는 상황에서 수입국의 검역 기준을 만족시키는 것이 무엇보다도 중요하다.

이러한 상황에서 WTO, IPPC, WHO/FAO 등 국제기구를 중심으로 진행 중인 방사선 조사기술을 활용한 국제 농산물 교역의 안전 검역관리 국제기준 표준화 활동을 이해하고 2015년 이후 본격적으로 이용이 급증할 방사선 조사 검역관리 기준에 대응할 국내 기반 마련을 위한 자료로서 활용하기 위해 본 연구를 수행하였다.

2. 연구의 필요성

식품 및 간접식품(사료)의 위생화와 안전 검역처리는 WTO/FTA 체제에서 국가간 식량교역으로 발생하는 무역 분쟁을 해소할 수 있게 한다. 지금까지 국제 식품교역에서 이용되어온 냉동/냉장, 화학약품(보존제, 훈증제 등) 처리 등은 처리효과, 비용, 건전성, 환경공해 등 많은 문제점이 지적되면서 세계적으로 사용이 점차 제한을 받고 있다. 최근 식품의 안전성에 대한 소비자의 관심이 고조됨에 따라, 교역시 식품에서 기인되는 질병의 예방과 위생적인 식품의 공급 기반 확립을 위해 새로운 검역관리 기술의 도입이 검역당국과 산업계로부터 시급히 요구되고 있는 실정이다.

이와 같은 문제점을 해결하기 위한 일환으로, 방사선 조사기술은 이들 제품의 위생화와 안전저장/유통, 가공제품의 안전성 향상, 제조공정 개선에 효과적으로 활용될 수 있는 기술 집약

적 분야의 하나로 국내외적으로 높이 평가되고 있다. 특히, 식량자원의 교역이 큰 미국과 중국 및 방사선 조사 교역 우선품목인 향신료 등을 수출하는 인도와 우리나라 가공식품의 수입국인 EU에 대한 식량교역에서 방사선 조사기술의 이용은 크게 확대될 전망이다. 따라서, 국가간 교역을 원활히 하고 수출입 식품류의 위생화 및 안전 유통을 위한 연구개발 및 안전 교역을 위한 검역기술 표준(안)이 절실히 요구되는 시점이다. 특히 WTO/FTA(DDA) 체제하의 국제 식량교역에 대비한 방사선 조사기술의 기술적 성숙과 Codex 등 국제 규정에 맞는 국내 법규 확립이 필요하다. 우리나라는 관련분야의 기술력은 매우 높게 평가되고 있으나, 산업적 실용화는 매우 저조하며, 국제적 기준을 맞추기 위한 국내 관련 규정도 정비하지 못한 상황이다. 방사선 조사 식품의 국제적 실용화를 위해 미국 등 기술 선도국과의 국제협력 기반조성을 통해 직·간접적 경험을 확보하고 관련 국내법규를 재정비할 필요가 있다. 이를 통하여 향후 수출입 식품류 교역에서 국제적 기준에 부합하는 선진화된 방사선 조사 검역관리 기술에 관한 국내법규의 표준화에 기여할 것이다.

가. 기술적 측면

□ 국가과학기술지도(TRM)와의 연계성

비전과 목표	발전방향	전략제품·기능	미래사회 니즈/이슈
국가안전 및 위상제고	식량안보 자원보존	안전하고 안정적인 식량 확보	주 체 : 개인(A) 니 즈 대분류: 건강한 삶 (A1) 소분류: 안전한 식품과 제품 (A14) 세부 : 식품의 안전성 확보 (A141) : 환경위해성이 없는 식품과 제품 (A143)

WTO/FTA 대비 국가 식량에너지 안전확보 및 식품산업의 고도화와 국제화 시대를 맞아 고부가가치의 기능성 가공제품 생산을 위해서는 가공원료의 안전공급, 위생적 제품생산, 효율적 제조공정, 안전한 저장/유통기술의 개발이 요구된다. 오늘날 식품의 국제적 위생화 방법에 이용되고 있는 식품위해중점관리시스템(Hazard Analysis Critical Control Point, HACCP)에서 인증된 공정이 간편하고 처리효과가 확실하며, 안전하고 산업적으로 환경오염이 없는 무공해 위생화 기술 개발이 필요하다. 화학보존제에 의존하고 있는 국가간 교역식량의 유통 저장기술에 대하여 품질 및 위생 안정성이 확보된 새로운 기술개발이 필요하다. 국제식량교역에서 선진국 및 주요 교역국의 Methyl bromide(MeBr) 사용규제 및 대체기술 개발 추세에 부응하기 위하여 국내 수출입 농수산물에 적용할 수 있는 위생적 대체기술로서 방사선 이용기술의 개발이 필요하다.

나. 경제·산업적 측면

현재 국제 기준에 부합하지 않은 국내 방사선 조사 검역관리 기준을 선진화, 표준화하여 수출입 식품의 엄격한 검역관리를 통해 유해 유기체로 발생하는 식품의 직간접적 경제적 손실을 최소화 하고, 국내 수출 식품류의 검역관리를 위한 방사선 조사기술의 활용도 증가로 관련 산업의 생산성을 제고하여야 한다. 국제 식량교역에서 지금까지 이용되어온 화학약품 처리는 건전성과 환경공해 측면에서 많은 문제점이 지적되면서 세계적으로 사용이 점차 제한을 받게 됨에 따라 안전성과 실용성이 공인된 방사선 조사기술을 이용한 검역 및 교역분쟁의 문제핵심 분야에 대한 대체기술의 개발이 요구되고 있다. 방사선 조사시설은 식품 및 간접식품의 위생화와 가공·저장에 활용되고, 제약·보건관련산물의 멸균 등 산업적으로 다용도로 활용될 수 있고 조사시설의 건설은 세계적으로 증가하고 있으며, 또한 언제든지 조사시설의 이용이 용이하기 때문에 국내의 방사선 조사시설 건설 확대를 위해 필요시 된다(현재 국내에는 2기의 감마선 조사시설이 상업적으로 가동 중에 있음).

식품은 병원성 유기체 (viruses, parasites, bacteria), 화학약품 (살충제, 중금속, animal additives) 또는 다른 유해한 특성을 가지는 물질에 의해 오염되어 소비자의 건강위험을 유발시킬 수 있어, 수출국 및 발생국 모두에게 심각한 경제적인 부담을 갖게 한다. WHO의 보고에 따르면 전세계적으로 매년 약 15억 정도의 인구가 세균성 설사를 경험하고, 개발도상국의 경우 5살 이하의 어린이들의 약 3백만명 정도가 식품유래 질병에 의해 사망하는 것으로 나타났다. 선진국에서는 salmonellosis, campylobacteriosis와 *E. coli* O157:H7에 의한 감염과 같은 식중독의 증가가 지난 수십 년 동안 계속 보고되고 있다. 이러한 오염 병원체들의 유입이 수입식품류를 통해서 전파되는 것으로 역학조사결과 발견되었다. 따라서, 수출입 식품의 엄격한 검역 관리를 통해 유해 유기체로 발생하는 경제적 손실을 최소화 하여야 한다.

다. 사회·문화적 측면

국민의 식품 안전에 대한 의식수준의 향상으로 유통되는 식품의 위생적 측면이 더욱 중시되고 있고, 국가간 무역 분쟁으로 야기되는 사회적 불안을 해소시키며, 엄격한 품질규격을 준수하기 위해 식품교역에서 방사선 조사기술의 활용이 증대되고 있는 시점에서 국가적인 관리를 위한 식품공전의 개정/보완과 국제규격과 일치시킬 수 있는 표준 검역처리(안)이 필요시 되고 있다. 최근, 선진국에서는 식품 및 보건관련 산업에서 방사선 조사기술을 이용한 위생적인 제품 생산과 세계적 시장개방화에 대비한 검역관리 기술확보에 적극 노력하고 있음은 방사선을 이용한 식품/의료·제약 산업에서 조사기술의 중요성과 개발 잠재력을 충분히 뒷받침 해주고 있다. 식품 및 보건관련 산물의 살균·살충에 사용되어온 화학혼증제[ethylene oxide(EO), MeBr 등), 화학첨가물(방부제 등) 등은 환경공해, 건강장해, 유해물질 생성 및 잔류 등 많은 문

제품을 내포하고 있어서 세계적으로 그 사용이 일부는 이미 금지되었거나 점차 금지될 전망이고 국가 간 교역에서도 품질규격이 더욱 엄격해질 것이기 때문에 방사선 조사기술의 실용성이 증대되고 있다.

국민 생활수준의 향상으로 식품 및 보건관련 산물의 위생적 측면이 더욱 중시되고 있다. 따라서 식품가공 원료 및 제품에서 기인되는 질병예방과 위생적 제품생산 기반을 확립하여 국민 보건 향상과 경제적 생산성 증대를 도모하기 위한 식품 및 보건관련 산물의 위생화 기술개발이 필요시 된다. 유엔기구 주최로 열린필요워킹그룹 제 15차 식품조사기술 국제자문단회의(International Consultative Group on Food Irradiation : ICGFI) “조사식품의 국제교역 절차와 관련법규의 조화를 위한 워크숍”에서 방사선 조사식품에 대한 선량제한 철폐를 제안하고 Codex에 대하여 식품에 대한 고선량 방사선조사 허용을 권고하였다. 이러한 국제 환경변화에 따라 세계 각국은 방사선 조사식품의 품목확대와 국제 교역에 더욱 박차를 가하고 있으며, 우리나라의 주요 식품교역 상대국들도 식품에 대한 고선량 조사를 추진하고 있는 실정이다. 방사선 조사식품의 증가에 따른 국가적인 관리를 위한 식품공전의 개정/보완과 국제규격과 일치시킬 수 있는 표준 검역처리(안)이 필요시 된다.

제 2 절 연구 목표 및 내용

1. 최종목표

WTO/FTA 대비 국내 수출입 식품류의 방사선 조사 검역처리 기준 표준화 및 선진화로 국가간 교역분쟁 해소를 위한 국내 원자력 국제협력 기반조성

- 식품의 방사선 조사기술을 이용한 “수출입 식품류의 방사선 조사 검역관리 표준화 연구” 과제의 수행을 통하여 점차 증가하고 있는 수출입 식품의 생물학적, 화학적 위해 안전성을 확보하기 위한 국제협력 기반조성 사업을 수행하여,
- 주요 교역대상 국가간 협력연구를 통하여 안전하고 효과적인 검역처리 기술로서 국제 식량교역에서 그 이용이 증가하고 있는 방사선 조사기술의 활용을 통해 수출입 식품류의 안정적인 교역과 국가간 무역 분쟁을 해소하고 국민 건강과 관련산업 선진화를 그 목표로 하였다.

2. 연구 내용 및 범위

가. 주요 교역국의 방사선 조사 실용화 실태, 검역관리 기준 규격 확보

- 1) 미, 중, 인도, EU 등 주요 수출입 교역국의 조사식품 현황 분석
- 2) 각국의 검역관리 실태 파악
- 3) 검역관리 표준화를 위한 국제 연구협력기반 조성

나. 국제기준(CODEX)에 맞는 방사선 조사 검역처리 표준 지침서(SOP) 발간

- 1) 주요 교역식품군(과채류, 향신료, 곡류, 가공식품류)의 SPS/TBT 해소를 위한 국내 표준(SOP) 설정
- 2) CODEX 기준에 부합하는 SOP 설계 및 협력국간 표준화 공동연구
- 3) 방사선 조사 검역관리 표준지침서(안) 발간

3. 추진전략 및 방법

가. 기술정보수집

- 1) 본 연구와 관련된 국제기구(FAO/IAEA RCA, CODEX) 및 주요 교역대상국과 기타 연구기관을 통한 기초/최신 자료, 산업화 관련자료 및 기술정보 수집

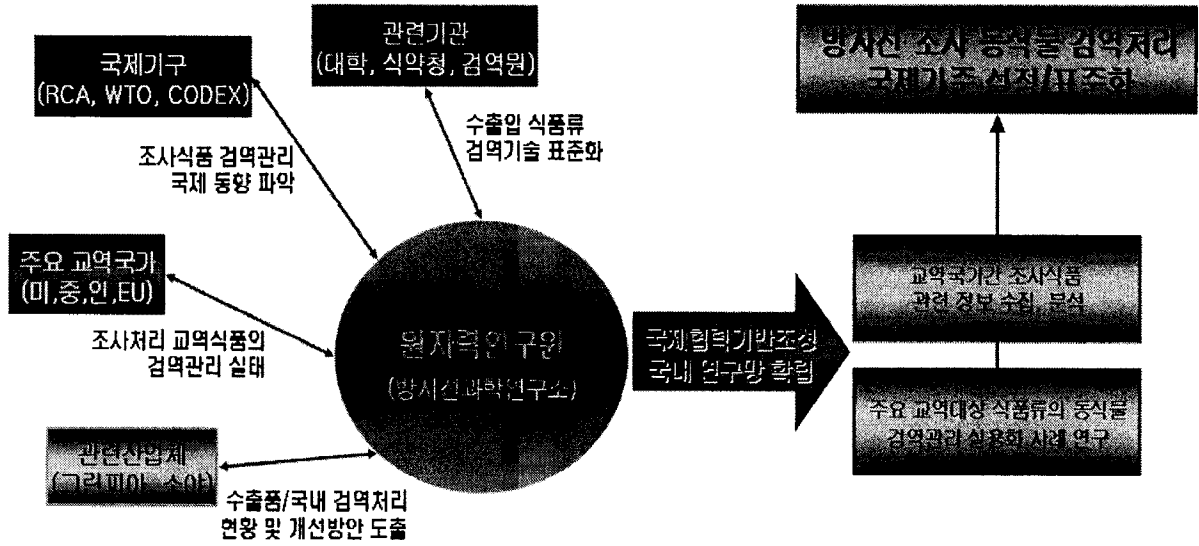
나. 전문가 확보

- 1) 연구목표 및 내용에 따라 국내 검역기관, 대학 및 연구기관, 산업체 전문가 확보/자문
- 2) 중국, 일본 등 방사선 조사 식품류 주요 연구기관 전문가 초청 수출입 식품 검역관리 기술에 대한 자문/세미나 개최 등 정보 교류

다. 연구개발 추진방법

- 1) 국내 수출입 식품류의 검역관리 체계 파악, WTO/FTA 체제에 맞는 방사선 조사기술의 검역관리 표준(안) 마련
- 2) 국내외 전문가, 산업체 실무자를 확보하여 기술자문, 세미나 개최로 관련 자료 수집
- 3) 주요 교역국가, 국제기구에 과제원을 파견하여 현지 실태 조사 및 최신 정보 수집
- 4) 차후 검역관리 선진화를 위한 국제공동연구기반 조성 및 인적 인프라 확립

4. 연구개발 추진체계



제 2 장 국내 · 외 기술개발 현황

제 1 절 방사선 식품조사 기술

1. 방사선 식품조사 기술의 이해

가. 방사선 특성 및 사용선원

방사선은 방사성동위원소로부터 방출되는 α (알파), β (베타), γ (감마)선 외에도 기계적으로 발생하는 X선, 전자가속기에서 나오는 전자선(electrons), 원자로에서 만들 수 있는 중성자선 등이 있다. 이들 중 X선과 감마선은 매우 짧은 초단파장이고 높은 에너지를 갖는 전자기파이다. 이는 우리가 일상생활에서 쉽게 접하고 있는 microwave나 라디오/TV전파, 자외선, 가시광선, 적외선 등과 같은 범주에 속한다.

식품에 대한 방사선 조사는 넓은 의미에서는 광합성, 천일건조, 숯불구이, 전기구이, 마이크로웨이브 가열, 자외선 살균, X-선/전자선/감마(γ)선 조사 등 모든 형태의 방사선 조사를 포함하게 된다. 그러나 전문적 의미에서 食品照射(Food Irradiation)란 초단파장의 감마선, 전자선, X-선을 이용한 식품처리를 말한다. 즉, 식품조사 기술이란 식품 또는 식품재료를 본래 상태에 가깝게 보존하거나 위생적 품질을 개선할 목적으로 특정 방사선 에너지를 피조사체 식품에 일정시간 노출시켜 살균, 살충, 생장조절, 물성개선 등의 효과를 거두는 기술이라고 할 수 있다.

방사선 에너지는 식품을 통과할 때 물질의 원자나 원자단, 분자 등을 전리시켜 이온을 생성하게 되며, 이러한 성질을 지닌 방사선을 전리방사선(ionizing radiation)이라 한다. 감마선, X-선, 전자선, 자외선(UV) 등이 전리방사선에 포함되며, 현재 관련 국제기구(FAO/WHO/IAEA)와 Codex 국제식품규격위원회에서 안전하게 식품조사에 이용될 수 있다고 밝힌 방사선은 감마선, 전자선 및 X-선이다.

식품조사에서 피조사체 식품에 대한 방사선 조사량은 국제단위계(SI)의 방사선 흡수선량(absorbed dose)으로 나타내며, 그 단위는 Gy(gray, 그레이)가 사용된다(1 Gy = 100 rad = 1 joule/kg). 1 rad(radiation absorbed dose)는 피조사체의 종류에 관계없이 물질 1 g당 100 erg의 에너지를 흡수하였을 때를 의미한다. 식품조사에서 조사량의 단위는 흡수선량으로 rad가 사용되었으나 현재는 Gy가 사용되고 있다.

식품조사에 이용될 수 있는 방사선 에너지의 특징을 살펴보면 현재 이용률이 가장 높은 감마선의 경우 우수한 투과력을 지니고 있어서 식품이 포장된 상태에서도 살균, 살충 효과를 거둘 수 있어 연속처리가 가능하고 재포장에 따른 2차오염의 위험이 없다. 전자가속기(electron accelerator)에서 발생하는 전자선은 감마선에 비해 투과력이 약하여 적용범위가 제한되지만 곡

류, 육류 등의 표면살균에 이용이 가능하다. 특히 전자선은 에너지 발생이 전원에 의해 조절되고 공정제어, 신속성, 에너지 효율성, 소비자 수용성 등의 측면에서 장점이 있으므로 미국 등 선진국에서는 전자선의 이용 연구 및 실용화가 활발히 추진되고 있다. 그러나 X-선은 전자선으로부터 전환되는 에너지의 발생효율이 낮아 실제적으로 이용률이 낮다.

나. 방사선의 생물학적 작용

식품조사 기술은 방사선의 생물학적 작용으로 근채류 농산물(감자, 마늘, 양파, 밤 등)의 발아 및 발근 억제, 과일 등의 숙도지연, 식품의 부패균/병원균 사멸 등과 같은 식품의 저장성 및 안전성을 증진시키는 다양한 효과를 얻을 수 있다. 이러한 생물학적 작용기작은 직접작용설(direct theory), 즉 표적설(target theory)과 간접작용설(indirect theory)로 설명된다. 먼저 직접작용설은 생물체의 세포나 그 밖의 표적물질에는 방사선에 대해 감수성이 높은 부분(DNA 등)이 존재하므로 여기에 방사선 에너지가 직접 유효한 전리작용을 일으켜 생물학적 효과를 가져온다. 간접작용설은 생체 내에 세포구조를 둘러싸고 있는 물이나 전리 생성물(이온이나 유리기 등)이 2차적으로 세포생활에 필요한 물질 또는 그 구조에 화학적 변화를 일으켜 간접적으로 생물학적 작용을 나타내는 학설로 설명된다. 일반적으로 식품 및 생체에 대한 방사선의 작용은 이상의 두 가지 작용이 동시에 일어나는 것으로 이해되며, 따라서 피조사체 식품의 수분함량(건조상태), 생리적 상태(숙도, 저장기간), 공존물질, 조사 시 온도, 조사시 환경(산소 존재 여부) 등에 의해 방사선의 생물학적 작용이 상이하게 나타날 수 있다.

또한, 방사선 식품조사는 에너지 소요량이 적은 장점을 가지고 있다. 즉, 2.5 kGy 조사시 21 kJ/kg의 에너지가 소요되는 반면, 가열살균, 조리(93℃), 냉동(-25℃, 3.5주) 및 냉장(0℃, 5.5일간) 가공은 각각 918 kJ/kg, 25558 kJ/kg, 5149 kJ/kg 및 157 kJ/kg의 에너지가 소요된다. 방사선 조사식품은 비열처리(non-thermal treatment), 냉온살균(cold pasteurization) 가공법으로 처리식품의 내부온도 상승이 거의 없어 식품의 물성, 영양 및 관능적 품질의 변화를 최소화 할 수 있는 장점을 지니고 있다. 즉, 10 kGy 처리시 비열이 불과 동일한 경우 2.4℃ 정도의 낮은 온도상승이 일어나 냉장, 냉동식품의 위생화 처리에도 아주 적합하다.

다. 활용범위

(1) 방사선에 의한 미생물 살균의 구분

식품의 방사선 조사가 기존의 살균 기술에 비하여 식품고유의 특성변화를 가장 최소화할 수 있는 기술이라고는 하지만 조사선량, 식품의 종류 등에 따라 어느 정도의 품질변화가 수반되는 것은 사실이다. 따라서 제어하고자하는 대상 미생물, 제어 수준, 식품의 특성 등에 따라 조사선량을 조절하여야 한다. 방사선에 의한 식품 내 미생물 살균은 그 목적에 따라 ① 방사선

완전살균(Radappertization), ② 방사선 병원성 미생물 살균(Radicidation), ③ 방사선 부분살균(Radurization)으로 구분한다. 각 살균의 개념을 정리하면 다음과 같다.

(가) 방사선 완전살균(Radappertization)

*Bacillus*속 및 *Clostridium*속 등의 내생포자를 포함한 모든 미생물이 검출되지 않을 정도로 완전 살균하는 처리로서 30~50 kGy의 고선량 조사가 필요하다. 통조림 식품과 병원 환자용 무균식품, 우주인 식품, 특수스포츠식품, 실험동물용 무균사료(SPF 또는 Germ-free 사료 등), 의약품, 의료용품 및 식품의 포장재료 등의 살균에 적용된다.

(나) 방사선 병원성 미생물 살균(Radicidation)

식품에 오염된 식중독균, 경구전염병균 등의 병원성 미생물을 1.0~10 kGy 조사선량 범위로 사멸시키는 방법으로 주로 위생화를 목적으로 실시되며 세계적으로 실용화가 가장 활발한 예이다.

(다) 방사선 부분살균(Radurization)

방사선에 의해 대상 식품의 일반 오염미생물의 생균수를 감소시켜 보존기간 또는 냉장기간을 연장시키는 처리로서 0.5~10 kGy 정도의 방사선 조사선량이 요구된다.

(2) 활용 현황

식품산업에서의 방사선 조사기술은 병원성 미생물 및 유해 생물의 사멸에 의한 위생화, 식량자원의 장기보존 및 손실방지, 국가간 식량교역에 따른 검역관리기술, 그리고 이온화 방사선 에너지를 이용한 식품 및 생명공학분야에서 가공공정 개선 및 신 가공기술로서 이용되고 있다. 이 중 식품산업에서 사용하는 방사선 조사기술에 대한 조사선량 범위와 주요 사용 목적을 표 1에 정리하였다.

방사선 조사식품에 관한 초기연구는 주로 ① 농산물의 발아, 발근 억제(Inhibition of sprouting), ② 농산물의 해충구제(Insect disinfection), ③ 농축산물의 기생충 사멸 (Parasite disinfection), ④ 농산물의 속도조절 (Delay of physiological process), ⑤ 저장수명 연장 (Extension of shelf-life) 등 농산물의 보존과 국제교역에서의 안전성 확보를 목적으로 이루어졌다. 최근에는 식품 위생화에 대한 보다 상세한 연구와 산업적 적용이 시행되고 있으며 나아가 방사선의 물질변환 효과와 BT 또는 NT 기술을 접목한 융복합기술 개발을 통하여 식품·의약품 소재 및 신제품개발에 관한 연구 분야에서도 획기적인 연구결과가 보고되고 있다.

표 1. 주요 식품군의 방사선 조사 목적 및 유효선량

주요 식품군	조사선량(kGy)	주요 목적 및 효과
육류, 가금육, 어패류, 채소 및 기타 신선식품을 이용한 특수영양식품, 무균식품 등	20-70	상업적 완전살균 멸균처리 후 상온 보존
향신료	8-30	미생물의 유효한 감균 및 곤충사멸 화학살균 살충의 대체
육류, 가금육, 어패류	1-10	병원성 미생물의 살균 및 부패 방지
딸기 등 과채	1-4	곰팡이의 제거로 보존성 연장
곡류, 과일, 야채	0.1-1	해충의 제거
바나나, 아보카도, 망고 등	0.25-0.35	숙성의 지연
돼지고기	0.08-0.15	선모충의 제거
감자, 양파, 마늘	0.05-0.15	발아의 억제

제 2 절 국내외 산업 동향

1. 산업현황

가. 국제적 식품조사 활용 분야 변천 과정

- 1960년대 : 군 비축식량 및 우주개발 계획 우주인 식사 프로그램에 이용
- 1970년대 : 농산물 저장 목적으로 감자, 양파 등 구근류의 발아억제, 과실 및 버섯의 숙도 지연 등에 활용 ⇒ 국내에서 물류비 부담 등으로 농·수·축산물 산지의 냉장·냉동 시설보다 활성화 안됨
- 1980년대 : 세계보건기구(WHO)의 세균성 식중독 방지 분야로 활용 권고 ⇒향신료 및 가공식품류에 대한 살균 및 살충 처리에 이용
- 1990년대 : 유엔의 국제 환경 위원회(UNEP)에서 화학약품(methyl bromide, ethylene oxide 등) 대체기술로 활용 권장
- 2000년대 : WTO 체제의 자유무역체제에서 식물위생검역 조치의 적용에 관한 일반 협정(SPS)과 무역에 대한 기술적 장해에 관한 협정(TBT)에 의해 정부 주도하에 식품조사 이용 및 보급에 전력 ⇒ 미국 FDA 및 농무성(클린턴 행정부, 2000년 2월 시행) : 수출 및 자국내 유통되는 모든 육류 및 부산물에 감마선 조사 기술 도입 결정

나. 방사선 조사식품 관련 국제 규정의 발전

- 1980년 FAO/WHO/IAEA 식품조사공동전문위원회(JECFI), 스위스 제네바
 - 평균 10 kGy까지 방사선 조사를 한 어떠한 식품도 독성학적 장애를 전혀 일으키지 않으며, 독성실험은 더 이상 필요가 없고, 영양학적 및 미생물학적 문제도 일으키지 않는다는 발표
- 1983년 FAO/WHO Codex Alimentarius Commission(CAC), 130개국 참가
 - 방사선 조사식품과 방사선 처리시설의 운용에 관한 국제 권장 규정을 제시하기 위한 Codex식품규격(CGS)을 채택
 - 1984년 Codex식품규격위원회는 모든 회원국가에 대해 이 규정이 허용되도록 추천
- 1997년 9월 15일-20일 FAO/IAEA/WHO Joint Study Group Meeting on High-Dose Irradiation(Wholesomeness of Food Irradiation with Doses Above 10kGy, 스위스 제네바)
 - 10kGy이상의 선량으로 방사선 조사된 식품에 관한 화학적, 독성학적, 영양학적 그리고 미생물학적 연구자료들을 검토한 결과, 10kGy 이상이라도 적절한 조건하에서 방사선 조사한 식품은 안전하고 영양학적으로 적합하다고 결론을 내림
 - 현행 Codex식품규격위원회의 규정을 수정하여 최대선량의 제한이 없이 식품을 방사선 조사할 수 있도록 건의함(가열이나 냉동공정을 사용할 때 최대 또는 최소 한계점이 없음)
- 1998년 4월 27-29일 IAEA/FAO/ICGFI Regional Workshop on Harmonized Procedures and Regulations on Irradiated Food, 서울
 - 아·태지역 13개국 식품법관련 공무원 및 방사선조사기술 전문가 회의
 - 지역 내 방사선조사식품의 교역에 수반되는 관련법규와 검역절차의 조정

상기와 같이 방사선 조사식품의 안전성은 지난 50여 년간 국제기구와 선진국의 주도로 체계적인 연구가 추진되어 FAO/WHO/IAEA에서는 10 kGy이하로 조사된 모든 식품의 안전성을 인정하였고, 10 kGy 이상의 고선량 조사식품에 대한 안전성과 건전성에 대한 기술보고서를 각국에 배포한 바 있다. 식품의 방사선조사 현황을 보면 세계 52개국의 200여개의 시설에서 약 230여종의 식품군에 대하여 방사선 조사가 허가되어 있고, 주요 방사선조사 대상 식품은 향신료, 건조채소류, 근채류, 가금류 등이다. 이상의 결론과 더불어 Codex 식품규격위원회에서는 방사선 조사식품에 대한 Codex 일반규격 및 운영규정을 채택하고 각국의 활용을 권장하고 있다 (표 2).

표 2. WHO/FAO/IAEA 및 Codex의 식품 방사선 조사 국제적 합의 기준

식품군	방사선조사 목적	기술적 선량범위 (kGy)	
		(min)	(max)
식품군 1: 구근류, 근채류, 피경식물	저장 중 발아억제	0.05	0.2
식품군 2: 생과일 및 신선야채류	a)속도지연	0.3	1.0
	b)해충구제	0.3	1.0
	c)저장성 연장	1.0	2.5
	d)검역관리*	0.15	1.0
식품군 3: 곡류 및 그 분말류, 견과류, 유지종자, 두류, 건조과일	a)해충구제	0.3	1.0
	b)미생물 감균	1.5	5.0
	c)발아억제(밤)	0.1	2.0
식품군 4: 어류, 해산물, 개구리다리, 민물 및 육 상무척추동물 (신선 및 냉동)	a)병원성미생물 감균**	1.0	7.0
	b)저장성 연장	1.0	3.0
	c)기생충 감염관리**	0.1	2.0
식품군 5: 가금육과 적색육 및 그 육제품 (신선 또는 냉동)	a)병원성미생물 감균**	1.0	7.0
	b)저장성 연장	1.0	3.0
	c)기생충 감염관리**	0.5	2.0
식품군 6: 건조채소류, 향신료, 양념류, 동물사료, 건약제 또는 약용차	a)병원성미생물 감균**	2.0	10.0
	b)해충구제	0.3	1.0
식품군 7: 동물 근원의 건조식품	a)해충구제	0.3	1.0
	b)곰팡이 억제	1.0	3.0
	c)병원성미생물 감소	2.0	7.0
식품군 8: 전통식품과 기타식품 - 건강식품, 환자식용 전통식품, 아라비아 검 및 기타 증량제, 군 식량, 꿀, 우주 식량, 특수향신료, 액상란(卵)	a)미생물 감균		***
	b)멸균		***
	c)검역관리		***

* 최소선량은 특정 해충이나 병원균에 대해 정해질 수 있음.

** 최소선량은 식품의 위생적 품질을 보장하기 위해 처리 목적을 고려하여 정함.

*** 특정 목적과 식품 원료에 대해 정해지는 최대 선량.

다. 방사선 조사업계 동향분석 결과 (Global Industry Analysts, 2005)

방사선 식품조사는 52개국에서 법적으로 허가하였다. 중국은 조사식품 물량이 가장 많으며, 2004년에 약 10만 톤을 방사선 조사 처리하였다. 미국의 방사선 조사된 식품량은 연간 약 10만 톤에 이르며, 주로 향신료, 조미료, 파파야 및 마쇄 쇠고기 등이다. 일본은 현재 감자의 발아억제를 목적으로 1973년부터 방사선 조사를 시작하여 연간 1.5 ~ 2만톤 이상 감자를 방사선 조사하고 있다. 벨기에, 네덜란드, 프랑스는 연간 약 1만 톤을 방사선 조사 처리하고 있다. 방사선 식품조사 기술은 세계보건기구(WHO), 세계식량농업기구(FAO), USFDA, USDA, 미국 식료품 협회 등에서 지지하고 있다.

(1) 미국에서의 산업화

1963년 이래 미국 FDA가 방사선 식품조사업 규제를 담당함에 따라 시장에는 방사선 조사와 관련된 제품들이 홍수처럼 밀려들었다. 향신료, 돼지고기, 닭고기와 쇠고기가 방사선 조사 대상이었으나 확대 속도는 더디었으며, 방사선 식품조사 기술에 대한 FDA 규제 범위와 관련하여 많은 제품들이 점차 감소하였다. 식중독 사망사고 등 식품안전성에 대한 국민적 관심이 고조됨에 따라 방사선 식품조사 기술에 대한 적당한 법제화가 이루어져, 안전한 식품과 삶의 질에 대한 사회적 요구를 만족시키도록 하였다. 그러나 미국 소비자들에게서 식품의 안전성과 방사선(원자력 위험)에 대한 막연한 두려움이 논쟁거리로 되고 있는 가운데 방사선 식품조사 기술이 식품 안전성 확보 등 궁극적인 이익을 줄 수 있는 기술로 받아들여지기 위해 많은 노력이 필요하다. 관련 산업은 소비자 단체에 의한 반대운동에 의한 부정적인 영향을 받고 있다.

(2) 소비자 의향의 중요성

지난 10여 년간 방사선 조사식품에 대한 최종소비자의 인식 수준은 상당히 증가하여 전체적으로 관련 산업은 낙관적으로 전환하였다. 규제기관으로부터 확인 및 검증된 사실은 많은 소비자들이 방사선 조사식품의 구매를 촉진시켰으며, 방사선 조사식품의 안전성 평가는 탄저병 발생 보고와 더불어 전 산업 분야에서 가장 큰 성장 촉진요인이 되었고, 식품 살균의 한 분야로 차세대 기술로서 활발하게 수용되고 있다.

(3) 세계화를 향한 단계

방사선 식품조사는 세계화와 국제 협력에서 새로운 기회를 제시하고 있다. 방사선 식품조사에 대한 국제적인 이용확대와 농업관련 산업의 수요 증가로 방사선 식품조사의 확대가 촉진될 것이다. 방사선 식품조사의 증가추세와 관련하여 필리핀 같은 나라는 좋은 예라고 생각된다.

(4) 방사선 조사에 따른 세계적 무역증가는 세계 식량공급에 영향

Del Mante Foods, Philip Morris/Kraft 및 Mitsubishi와 같은 다국적 기업은 세계적 위치를 굳히기 위하여 방사선조사를 선호하고 있다. 세계적 식품기업은 노동력이 싸고 농약을 많이 사용하지 않은 열대지역의 과실과 채소류에 주목하고 있다. 주요대상국은 중국, 브라질, 남아프리카, 필리핀, 칠레, 아르헨티나, 태국, 멕시코이며 선진국은 미국, 호주, 뉴질랜드, 캐나다를 포함하여 방사선 식품조사에 대하여 큰 관심을 가지고 주목하고 있다. 수출용 과일에 대한 방사선 조사는 과일의 저장기간을 연장하고, 과일파리와 같은 유해한 해충을 제거하여 기술적 무역장벽(Technical Barriers on Trade, TBT)인 유해미생물의 반입을 차단할 수 있는 선진 검역기술로서 방사선 조사된 과일을 세계 각국에 수출할 수 있게 된다. 이와 같은 기술은 식품 공급의 산업화와 관련기구 활성화를 촉진하며 세계적으로 식량 교역을 증가시키고 있다.

라. 방사선 식품조사 기술의 장점

(1) 식인성 질병 및 식중독 예방

미국 등 전 세계적으로 식중독은 가장 중요한 건강문제로 다루어지고 있다. 매년 7천만명의 미국인이 유해미생물에 의해 식중독 증세를 나타냈고 이중에서 324천명이 입원하였다. 미국에서만 매년 식중독에 의해 5천명이 사망한 것으로 발표되었다. 식중독과 관련하여 전 세계적으로 산업생산성 저하를 막기 위한 간접지출비용과 의료비 규모가 매년 놀랍게도 62억 달러에서 362억 달러에 이르는 것이다. 식품에서 발견된 대장균 0157:H7 때문에 미국에서 매년 2만명이 감염되었고 250명이 사망하였다. 식품가공업체는 제품의 리콜 때문에 비틀거리게 되었고, 그 결과 경제적 손실은 더욱 증가하였다. 미국정부는 식품 관련 질환에 따른 엄청난 손실을 해결하는 수단으로 방사선 식품조사를 해결 방법의 하나로서 채택하였다.

(2) 신선식품과 외국산 식재료의 활용성 증대

식품 멸균에 대한 개선 방법으로 방사선 조사기술이 도입된 결과로서 포장된 식품에서 신선 식품으로 일반적인 동향이 바뀌고 있다. 세계 각국의 토속적인 전통음식을 파는 외식업체의 증가는 소비자에게 다양한 외국요리를 소개시키고 있고 이에 따라서 식품의 고유한 특성을 지닌 신선한 식재료가 요구되었다. 지역 토산품의 특성을 지닌 원료는 병원성 미생물 오염에 의한 위험성이 내포되었다. 이와 같은 외국산 식료품을 대량으로 방사선 조사하는 것은 병원성 미생물의 노출에 따른 위험성을 최소화 할 수 있고 해당지역의 토속적인 맛을 지닌 안전한 식품을 소비자에게 공급할 수 있게 한다.

(3) 식품의 안전성 확보

식품에 방사선 조사를 증가시키는 또 하나의 중요한 요인은 전술한 외국 식료품의 저장 목적으로 널리 이용되고 있던 화학적 보존제와 첨가제 기술에 대하여 소비자의 불만이 증가하고 있다는 것이다. 소비자는 제품의 연장된 저장기간이 식품의 안전성에 대한 이익과 비교해서 무의미 하다는데 공감하고 있다. 판매동향 결정에서 중요한 요인으로 고려되었던 제품의 장기 저장은 뒷자리로 물러났고 방사선 조사식품에 대한 소비자의 구매가 촉진되었다. 교육과 홍보가 소비자의 의사결정과정에서 중요한 역할을 하고 있다. 일방적인 교육을 통해서 정보를 알고 있는 소비자는 방사선 조사 내용을 잘 인식하고 있고 방사선 조사표시(radura symbol)를 알고 있다. 무엇보다도 소비자들은 식품관리관청으로 하여금 식품제조업체에게 방사선 조사과정을 설명하고 조사식품이 건강에 유익하다는 사실을 알리도록 해야 한다는 것이 보편적인 의견이다.

(4) 세균의 항생제 저항성 저감

쇠고기나 닭고기에서 일반적으로 발견되는 유해한 세균은 항생제에 대하여 저항성이 있는 것으로 알려졌다. 이와 같은 사실은 일차적으로 소 등 가축을 사육할 때 전래적으로 사용하는 약품 때문에 발생하는 것이다. 보고된 바에 의하면 적어도 2백만 파운드의 항생제가 가축의 치료에 사용되었고, 약 일천 8백만 파운드가 가축의 치료나 성장을 촉진시키기 위해서 사용되었다. 일차적으로 우려되는 것은 저항성이 커진 가축의 미생물이 식품을 통해 인간에게 전달되며 인간의 항생제 증가로 연결되는 것이다. 가축을 사육하는데 있어서 항생제와 성장 촉진 호르몬을 사용하는 것은 항생제 저항성 미생물을 생성시키고 농작물 재배에서 합성 살충제를 사용하는 것도 같은 결과를 발생시킨다.

(5) 훈증 방법(화학 가스에 의한 살균)의 제한에 따른 대안기술

훈증 방법에 의해서 식품에 오염된 곤충이나 해충의 알(卵)을 파괴시킬 수 있으나 제품을 멸균시킬 수는 없다. 전통적으로 사용되고 있는 훈증방법에서는 ethylene oxide와 methyl bromide를 사용하는 것이며, ethylene oxide는 발암성 물질로 알려졌고 methyl bromide는 ozone을 파괴시키는 것으로 보고되었다. 또 하나의 훈증방법으로서 sulfur dioxide (SO₂) gas를 사용하는 것인데 이 방법은 아직도 시험 평가 중이다. 이와 같은 훈증 방법 사용에 따라 예상되는 건강장해는 대체 기술의 필요성을 강력히 시사하고 있다. Methyl bromide에 의한 훈증방법은 2005년부터 사용이 금지되고, ethylene oxide는 1991년에 유럽연합(EU)에서 사용이 금지되었으며 미국에서는 검토 중이다.

(6) 해충과 미생물 증식에 따른 식량손실 예방

전 세계적으로 가장 심각하게 우려되는 것은 해충, 미생물 오염과 미생물증식에 따라 식량을 수확한 뒤 막대한 양의 손실을 가져오는 것이다. 보고된 바에 의하면 전 세계 식량 생산량의 25%가 수확 후 곤충, 미생물과 쥐에 의해서 손실된다. 전세계 과학자들은 손실을 감소시킬 수 있는 방법과 화학적 살충제 사용감소 방안에 대하여 수십년간 많은 연구를 수행하였다. 몇몇 나라에서는 해충과 곰팡이 증식 및 조기 발아 때문에 엄청난 양의 곡류가 손실되고 있으며 발아는 근채류(감자, 양파, 마늘 등)의 저장과 품질 안정성에 중요한 문제로 되고 있다. 매년 막대한 양의 식량 손실은 해충과 오염된 미생물을 방제할 수 있는 효과적이면서 능률적인 기술 개발을 요구하게 되었다.

(7) 식품의 국제 교역시 검역관리 기술 제공

세계적인 경제 성장은 국경을 넘어 식품의 품질기준의 강화와 품질 보증을 끊임없이 요구하고 있다. 방사선 식품조사는 methyl bromide와 같은 화학 훈증제를 대체 할 수 있는 실용적

인 방법으로 인증되고 있으며, ozone 파괴물질로서 세계적으로 그 사용이 점차 금지되고 있다.

마. 방사선 조사시설 현황

2005년 현재 250여종의 식품에 대하여 세계 52개국에서 234기의 식품 및 공중보건산물용 감마선 조사시설이 상업적으로 가동되고 있으며 계속적으로 시설이 확충되고 있다(표 3).

표 3. 세계적으로 가동 중인 감마선 조사시설

국가명	시설	국가명	시설	국가명	시설
중국	54	일본**	14	미국	55
영국	7	독일	11	러시아	7
브라질*	4	프랑스	6	남아프리카	5
덴마크	3	이탈리아	6	스웨덴	3
캐나다	3	말레이시아	5	스리랑카	2
호주	2	인도	4	스위스	2
벨기에	2	아일랜드	4	태국	2
칠레	1	인도네시아	2	싱가포르	2
불가리아	1	이스라엘	2	스코틀랜드	1
체코	1	헝가리	2	사우디아라비아	1
방글라데시	1	한국*	2(1)	노르웨이	1
이집트	1	멕시코	2	파키스탄	1
크로아티아	1	네덜란드	1	스페인	1
오스트리아	1	그리스	1	페루	1
아르헨티나	1	이란	1	대만	1

※ * 는 감마선 조사시설 1기, ** 는 2기 추가 공사중

※ 본 자료는 1998년 5월 캐나다 Nordion Co. 제공된 자료로 IAEA 미보고 업체는 누락됨.

2. 국내외 산업이용 현황

가. 국내 현황

1966년 방사선 농학연구소가 설립되면서 마늘, 딸기, 사과, 김치, 고구마 등의 신선도 및 저장기간 연장을 위한 실험실 규모의 연구가 수행되었고, 1970년대 초반에는 쌀, 양파, 육류, 토마토 등에 대한 감마선의 응용연구가 수행되다가 일시 중단된 이후, 1980년대부터는 한국원자력연구소가 주관이 되어 관련학과와 공동으로 감마선 조사목적별로 발아억제식품에서부터 육가공제품의 살균, 위생화에 이르기까지 다양한 농수축산식품의 산업화 기반연구가 수행되었다. 최근에는 방사선 조사를 이용한 Ready-to-eat 식품의 위생화, 발효식품의 저장 및 저염화, 특수식품의 제조, 기능성 소재의 개발, 화학독성물질의 저감화 분야의 연구가 광범위하게 진행되고 있으며 방사선 조사식품의 소비자 수용도를 높이기 위한 교육 프로그램 제작 및 홍보 분야에도 연구를 강화하고 있다.

(1) 산업화 과정

산업적 이용은 1987년 경기도 여주에 상업적 다목적 감마선 조사처리 시설이 준공되어 현재 가동 중이다. 처리용량은 평균 5 kGy를 조사 기준으로 할 때, 50톤/일이며 향신료 등이 국내 시판용 및 원료용으로, 기타 다양한 식품 및 식품원료가 수출목적으로 방사선 처리되고 있다.

- 1987년 한국원자력연구소의 기술지원으로 민간기업에 의한 국내 최초 상업용 조사 시설 설치, 산업화 달성
- 1987, 1991, 1995, 2004년 한국원자력연구소와 국제기관의 연구수행 결과를 바탕으로 보 건복지부로부터 26개 식품품목(약 60여종 식품)에 대한 방사선 조사허가 취득하여 국내 에서 실용화 및 산업화 확대에 필수적인 기반을 확립하였음
- 원자력연구개발사업 '92~'01 연구결과를 바탕으로 산업체에서 국내 제2의 방사선 조사 시설의 건설('02. 6. 7.)되어 운전 중에 있음
- 현재 국내 식품법(식품공전)에는 식품 조사에 이용하는 방사선 종류를 감마선으로 제한하고 있어 식품 특성 및 목적을 고려하여 전자선, X-선 등의 다양한 방사선의 이용이 고려되어야 함
- 전자선을 이용한 연구는 국내 연구용 전자선 조사시설 기반이 취약하고 단편적으로 수 행되어 왔고, 초보단계의 연구 수준에 있음
- '09년 현재 한국원자력연구원은 식품에 대한 방사선 이용의 국내 유일의 전문연구기관으 로서 식품산업의 가공공정 개선과 문제핵심분야의 대체기술 개발로 조사식품의 품목/실 용화 확대 연구가 수행 중에 있음

(2) 국내법 현황

국내 식품조사 영업은 1985년 대통령령(제 11717호)에 의해 식품조사 처리업이 신설된 이래 1986년 식품위생법이 개정되면서 보건사회부, 1995년 경기도청, 1998년 경인지방식품의약품안전청으로 허가관청이 이관되었고, 식품 품목별로 1987, 1988, 1991, 1995, 2004년 5차에 걸쳐 다음과 같이 허용되었다.

- 1987. 10. 16 (보건사회부 고시제 87-71호)
 - 감자, 양파, 마늘 : 0.15 kGy
 - 밤 : 0.25 kGy
 - 버섯(생 및 건조) : 1 kGy
- 1988. 9. 13 (보건사회부 고시 제 88-60호)
 - 건조향신료 : 10 kGy
- 1991. 12. 13 (보건사회부 고시 제 91-25호)
 - 가공식품 제조원료용 건조식육 및 어패류분말 : 7 kGy
 - 된장, 고추장, 간장분말 : 7 kGy
 - 조미식품제조원료용 전분 : 5 kGy
- 1995. 5. 19 (보건사회부 고시 제 95-34호)
 - 가공식품제조원료용 건조채소류: 7 kGy
 - 건조향신료 및 이들 조제품: 10 kGy
 - 효모, 효소식품: 7 kGy
 - 알로에분말: 7 kGy
 - 인삼(홍삼포함) 제품류: 7 kGy
 - 2차 살균이 필요한 환자식: 10 kGy
- 2004. 5. 24 (식품의약품안전청고시 제2004-41호)
 - 난분, 가공식품 제조원료용 곡류, 두류 및 그 분말 : 5KGy
 - 조류식품 : 7KGy
 - 복합조미식품, 소스류, 침출차, 분말차 : 10 kGy

현재 국내에서 식품에 대한 방사선 조사기준은 식품공전에 의하여 관리되고 있다. 현행 식품공전의 “제 3. 식품일반에 대한 공통기준 및 규격 6. 기준 및 규격의 적용 7) 식품의 방사선 조사기준”의 내용은 아래와 같다.

※ 식품의 방사선 조사기준

(1) 사용방사선의 선원 및 선종은 Co-60의 감마선으로 한다.

(2) 식품의 발아억제, 살충, 살균 및 숙도 조절의 목적에 한하여, 식품에 방사선을 조사할 경우 다음의 기준에 적합하여야 한다.

① 허용대상 식품별 흡수선량

㉠ 감자, 양파, 마늘 : 0.15K Gy이하

㉡ 쌀 : 0.25K Gy이하

㉢ 생버섯, 건조버섯 : 1K Gy이하

㉣ 난분, 가공식품 제조원료용 곡류, 두류 및 그 분말, 조미식품 제조원료용 전분 : 5 K Gy이하

㉤ 가공식품 제조원료용 건조식육 및 어패류분말, 된장분말, 고추장분말, 간장분말, 가공식품 제조원료용 건조채소류, 효모·효소식품, 조류식품, 알로에분말, 인삼(홍삼포함) 제품류: 7K Gy이하

㉥ 건조향신료 및 이들 조제품, 복합조미식품, 소스류, 침출차, 분말차, 2차살균이 필요한 환자식 : 10 K Gy이하

(3) 일단 조사한 식품을 다시 조사하여서는 아니되며 조사식품을 원료로 사용하여 제조·가공한 식품도 다시 조사하여서는 아니된다.

(4) 조사식품은 용기에 넣거나 또는 포장한 후 판매하여야 한다.

(5) 조사도안

조사처리된 식품에는 다음과 같은 도안을 제품포장 또는 용기에 직경 5cm 이상의 크기로 표시하여야 한다.

(※참고로, 최근 ‘식품등의 표시기준’이 ‘조사처리식품의 경우에는 조사처리업소명, 전화번호, 조사년월일, 조사선량과 조사처리된 식품임을 나타내는 표시를 하여야 하고 다음과 같은 조사도안을 소비자가 알아볼 수 있도록 표시하여야 한다.’로 개정되었다.)



국내에서는 전자선 발생장치가 eb-tech(주)에 의하여 직접 생산되고 있으나 식품분야에서의 이용은 아직 본격적인 실용화단계에 이르지 못하고 있다.

나. 주요 국가별 현황

(1) 영국

허브 및 향신료에 대한 EO gas 처리 허용기간을 1991년 1월 1일로 종료시키고, 1991년 2월 13일 이후부터 과실류, 채소류, 곡류, 구근류, 향신료, 조미료, 생선, 어패류, 및 닭고기를 허용 선량까지 감마선 조사 허가하였다.

(2) 미국

농무성(USDA) 식품안전검사부(FSIS)에서는 가금육에 대하여 식인성 질병예방을 위하여 1.5 kGy~3 kGy의 상업적 조사를 승인(1992년 10월 21일)하였다. 플로리다주의 식품조사시설에서는 1992년 1월부터 양파, 토마토, 딸기, 오렌지, 주스, 버섯 등의 신선 농산물을 대상으로 상업적 조사가 계속되어 조사식품의 시장이 확대되고 있다. 일리노이주에서는 1993년 9월부터는 가금육에 대한 상업적조사가 시작되어 감마선 조사 닭고기가 소비자들에게 판매되고 있다. 미국에서 생산되는 향신료 및 식품첨가물 중 4만톤 이상이 매년 감마선 조사되고 있다(L.A. Times '98. 3. 15). 클린턴 대통령의 식품질병예방정책에 따라 *E. coli* O-157 및 리스테리아 등 병원균을 살균하기 위하여 미국내 생산되는 모든 냉장·냉동 육류에 감마선 조사할 수 있도록 허가하였고('97. 12. 2, FDA), 미농무성(USDA)에서 쇠고기와 같은 붉은색 육류에 잔존하는 미생물을 박멸하기 위해 감마선 조사를 승인하였다('99. 12. 23; 02. 2, 시행). 미농무성은 2004년부터 미국내 모든 학교급식에 사용되는 모든 식육 및 그 가공품에 대한 방사선 조사기술의 사용을 승인하였다.

(3) 일본

연간 15,000톤 이상의 감자가 감마선 조사되어 생감자 및 가공용으로 유통되고 있으며 또한 단체급식 및 외식산업증가로 인한 병원성 세균에 의한 식중독 발생과 대장균 O-157의 발생으로 인해 현재 일부 식품에 대하여 감마선 조사에 대한 규제폐기를 서두르고 있다.

(4) 중국

중국의 경우 IAEA에 공식보고된 감마선 조사시설은 11개소이지만 실제 성(省) 단위에서 관리되는 30만 큐리(Ci) 용량의 감마선 조사시설은 48개소(95년 현재)이며 30만큐리 이하의 시설까지 합하면 154여개에 이르는 것으로 확인되고 있다. 조사처리량은 149,000톤 정도로 보고되고 있으나 그 국제교역량은 수 십만톤에 이르고 있다고 판단되며, 국제적으로 대외적인 공개를 꺼리므로 정확한 전국적인 통계가 보고되지 않고 있다.

(5) 러시아

매년 약 400,000톤 이상의 곡류가 조사 처리되고 있다.

(6) 프랑스

약 7만톤 정도의 가금육이 매년 처리되고 있으며 그밖에 개구리다리, 치즈, 혈청, 향신료 등이 대량 처리되고 있다.

(7) 벨기에

벨기에에서는 「Directive 1999/2/EC」에 의해 2002년 5월 28일에 Fleurus에 IBA Mediris S.A. 조사공장이 승인되었다.

(8) 독일

Gamma Service Produktbestrahlung GmbH, Radeberg. 독일에서는 2002년 Bundesland Sachsen의 담당관청이 검사한 결과에서 「Directive 1999/2/EC」의 요구조건이 준수되고 있음을 확인하였다. Isotron Deutschland GmbH, Allershausen. Bundesland Bayern의 담당관청에 의한 검사는 2002년 12월 26일 수행되었다.

(9) 덴마크

덴마크에서는 2002년에 Danish Veterinary and Food Administration(DVFA)이 「Directive 1992/2/EC」의 7조 2항에 따라 마련 향신허브와 향신료의 조사를 위한 LR Plast의 조사시설을 승인하였다.

(10) 네덜란드

2001년 10월 1일부터 2002년 9월 30일까지 네덜란드의 2개의 생산시설에서 조사 처리된 식품의 품목과 양을 제시하고 있다.

(11) 기타

우크라이나, 태국, 멕시코, 캐나다 등에서는 매년 수습에서 수백만톤의 곡류 및 향신료가 감마선 또는 전자선으로 살충 또는 살균목적으로 조사처리되고 있다. 그 외 연간 1만톤 이상의 식품을 조사하는 주요국가는 남아프리카공화국 등이 있다. 1991년 국제원자력기구(IAEA)의 공식자료에 의하면 전 세계적으로 매년 50만톤 이상의 식품이 조사처리되고 있다는 공식집계가 발표된 바 있으나 현재 미보고된 국가나 업체들을 감안하면 실제 처리되고 있는 양은 수 백만톤에 이르는 것으로 추산된다. 핵 청정국가인 호주는 자국내 동식물의 안전 검역을 위해 방사

선 조사기술을 전면 수용하였다('02. 2).

3. 산업발전 전망

WHO/FAO/IAEA 등의 각종 국제기구에서는 잔류독성이나 오존층 파괴와 같은 환경상의 문제점이 지적되고 있는 화학 보존제와 훈증제의 대체기술로 감마선 조사기술의 사용을 권장하고 있으며 이를 지금까지 인류가 사용하였던 그 어떤 식품보존방법보다도 우수한 기술로 평가하고 있다. 또한 오늘날 국제무역에 있어 모든 식품에 대하여 조사를 허용하고 있는 국제식품규격위원회(Codex)의 감마선 조사기준이 권고에 머무르지 않고 OECD가입국에 대해 강제적으로 시행되고 있는 만큼, 우리나라에서도 식품의 감마선 조사기술의 이용은 소비자 홍보교육과 더불어 적극적으로 재고되어야 할 것이다. 향후 세계 각 국에서는 자국내 보건 위생환경의 향상과 수출주도품목의 경제적인 장점과 이익에 관련된 중요한 식품산업기술로서 감마선 조사기술의 이용은 더욱 늘어날 전망이다. 이와 더불어 우리나라에서도 식품산업에서는 필수 불가결한 식품위생기술로 평가되어 이용될 전망이다.

가. 세계시장 전망

(1) 방사선 식품조사에서의 주요 쟁점

식품에 대한 방사선 조사는 광범위하게 토론되어 눈덩이처럼 불어나서 여러 해 동안 주요 논쟁거리가 되었다. 소비자 단체의 완고한 반대는 환경공포와 소비자의 우려로 이어졌다. 2001년 탄저병 공포와 빈번한 식중독 사고 등 식인성 질병의 발생은 식품조사를 찬성하는 단체의 입장을 유리하게 하였으며, 유해세균의 공포와 기타 식품에 오염된 병원성 미생물이 방사선 조사로 제거될 수 있다는 사실이 알려지면서 소비자 수용성 증진과 더불어 시장 활성화에 기여하였다.

그러나 방사선 식품조사에 대한 반대와 소비자 수용성이 크게 증가하지 않아 시장성은 기대한 만큼 활성화 되지 않았고 기하급수적으로 성장하리라는 잠재력이 위축되었다. 오랫동안 방사선 식품조사 기술은 우주비행사들의 식료품 살균에 성공적으로 활용되었으며, 면역기능이 약한 환자의 병원식 살균에 이용되고 있다. 오늘날 방사선 식품조사는 아직도 도입기 단계이다. 시장성은 관련 산업과 소비자 수용성 그리고 다양한 식품의 방사선 조사 연구를 활성화시키고 있다. 비록 방사선 조사 시설 설치에 초기 자본이 많이 소요되지만, 식품 살균에 재래적으로 이용하던 증기 살균이나 냉동기술을 대체할 수 있는 방안으로 인식되면서 방사선 조사기술에 대한 수용성이 증진되고 있어 심한 반대 의견도 점차 감소되고 있다.

(2) 개략적 시장 기회

초기 방사선 조사된 식품군은 향신료 및 한약재, 건조식물성 조미료, 주로 수출용 과일 및 채소류, 밀가루 및 기타 곡류, 마쇄 쇠고기, 돼지고기, 가공육, 닭고기, 어패류 등 해산물 및 기타 식품이다. 방사선 식품조사 수입은 단순 처리비용만을 계상하였을 때, 2005년도에 766백만 달러로 예상되었으며, 2006년에는 10억 달러, 2010년에는 19억 달러로 2000~2010년 기간에 연간 36% 성장 할 것으로 전망된다. 미국은 단일 시장으로서 가장 큰 규모를 형성하고 있으며, 그 수입이 2005년에 287백만 달러에서 2010년에는 580백만 달러에 이를 것으로 예상된다. 캐나다, 아시아와 태평양국가, 중동 및 라틴 아메리카를 포함한 기타 세계시장이 39.5~46.6%의 시장 성장률을 이룰 것이다.

나. 산업발전을 위한 선결 과제

방사선 식품조사 기술이 식품의 가공기술로서 여러 분야에 걸쳐 깊이있게 연구되었다 하더라도 아직 일반 소비자의 두려움을 완전히 떨쳐버리지 못하고 있다. 대부분의 소비자들은 방사선 식품조사가 방사능 물질 사용과 관련되었다는 완고한 의견을 가지고 있으며, 이와 같은 사고는 19세기에 우유의 가열살균법의 출현 때 경험한 바와 매우 흡사하다. 기업에서는 방사선 조사식품에 대하여 잘 알고 있는 소비자들이 방사선 조사의 이익을 충분히 알고 방사선이 조사된 식품을 선호한다는 사실을 희망적으로 생각하고 있다. 부정적인 정보매체에 민감한 소비자들은 대부분 방사선 조사기술을 보도한 정보매체에 영향을 받고 있다. 소비자들은 식인성 질병이 유해한 병원성 미생물과 생물학적 전쟁 때문에 발생되었다는 보도로 인해 분개하고 있다. 일반적으로 두려움을 갖고 있는 소비자 중에서 일부 열성적인 소비자 단체들은 방사선 식품조사를 중지하라고 외쳐대고 있다. 한편 다른 소비자들은 중도적인 입장으로 남아 있다. 대부분의 기업은 정부와 관련 보건당국이 방사선 조사식품에 관한 정보를 광범위하게 마련하여 그 기술의 사용을 뒷받침하도록 강력히 요구하고 있다.

소비자 단체와 대응하는 로비 그룹은 방사선 식품조사와 식품 서비스회사로 이루어져 있다. 미국의 일반 소비자들은 FDA와 의회로 인해 자신들의 이익이 희생되고 있다고 비난하고 있다. 식품조사 기업은 소비자 그룹의 열광적인 찬양을 받을 수 있는 살균방법으로서 방사선 조사라는 용어를 채택하도록 의회에 로비를 하여 왔다. 소비자 그룹은 의회가 방사선 조사기술이 탁월하다는 문구를 넣도록 강력히 원하고 있다.

방사선 조사식품에 대한 표기는 아직도 의견이 분분한 상태로서 FDA가 표기 조건을 관장할 새로운 법안을 마련하게 되었다. 소비자와 일부기업은 방사선 조사식품을 저온 살균과 같이 표시하자는 주장을 수용하고 있지 않다. 기업에서는 소비자에 대한 교육을 계속 수행하면 냉온 살균이라는 문자를 사용하는 것과 조사식품에 대한 부적절한 수용태도를 크게 전환할 수 있을 것으로 기대하고 있다. 방사선 조사식품에 대한 FDA의 표기사항은 생산자가 “방사선 조사

필" 또는 "방사선에 의해 처리되었음" 및 그 공정을 알 수 있게 하고 세계적으로 수용되고 있는 " radura" 표식을 표기하도록 하였다. logo와 표기는 명확하게 해야 한다. 2001년 FDA는 법제정 예고안을 통해서 조사식품 표기에 관하여 소비자 단체, 기업 및 의회가 검토하고 의견을 제시해 줄 것을 요청하였다. 이와 같은 과정은 FDA가 추진하고 있는 조사식품 표시 규격에 대하여 시장성에 관련한 우세 여론을 확인하기 위한 것이었다. 이러한 일이 근 20여 년간 끌어오면서 방사선 조사 표기문제는 소비자 수용에 따른 조사식품의 산업적 성장을 현저하게 방해하였다. 기업 전문가들은 현재의 규제내용이 지나치게 엄격함으로 모든 조사식품에 적용되는 표시 규정을 완화하고 유연성 있게 할 것을 정부에 주장하고 있다. 현재, 교육을 통해 표기사항을 이해하고 있는 소비자들은 방사선 조사 처리에 대하여 잘 알고 수용하고 있다. 이와 같은 사실로서 FDA는 방사선 조사표기와 같은 민감한 문제에 대하여 소비자 반응을 평가하기 위한 집약적 단체교육을 추진하고 있다.

방사선 조사시설을 설치하는데 소요되는 자본금(초기 투자비용)이 방사선 조사시장 성장을 둔화시키고 있다. 방사선 조사 선원의 종류, 용량, 공장의 특성이 가금류와 육류제품을 처리하는 방사선 조사시설 설치에 소요되는 자본 결정에 기본 요인이 된다. 평균적으로 조사식품을 1억 파운드 처리하는 공장은 연간 비용이 80~10만 달러로 추산되며, 마쇄 쇠고기를 전자 beam으로 처리할 때는 파운드당 0.5~2센트의 추가비용이 소요된다.

제 3 절 국내외 연구개발 동향

1. 기술발전 동향

가. 국제적 동향

(1) 일반 동향

방사선 식품생명공학기술은 '90년대 초반부터 안전성에 관한 과학적 뒷받침과 WHO/IAEA/FAO 등의 국제기구와 선진국의 보건당국(FDA 등)의 주도에 의해 실용화 기반이 마련되었다. 1990년에 안전한 식품의 준비를 위한 WHO의 황금률 (The WHO Golden Rules for Safe Food Preparation)에서 "가능하면 방사선으로 처리된 신선하고 냉동된 가금육을 선택해야한다" 라고 발표하였다. 1992년 WHO/ICU(국제소비자 연맹)공동으로 방사선 조사식품의 안전성을 재평가하였고, 1995년 UR 협상에서 식품교역의 검역분쟁 해결과 식품 위생화를 위해 방사선 조사기술의 적용이 긍정적으로 검토되었다. 2001년 10월 23~25일 국제 방사선 식품조사 자문위원회(International Consultative Group on Food Irradiation, ICGFI) 18차 회의(이탈리아, 로마)에서 방사선 조사식품의 국제적 실용화 확대를 위한 규정과 홍보방안을 마련하여

관련 국제기구(WHO, FAO, Codex 등)에 제안하여 협의하였다. 2002년 “방사선 조사식품의 안전성 논란”에 관해 EU Committee에서는 기 수행한 연구결과들을 검토한 후 “조사식품의 안전성에는 문제가 없다”고 발표하여 조사식품의 안전성이 재검증됨에 따라 본 기술의 사용이 EU는 물론 세계적으로 확대될 것으로 기대되었다. Global Industries Analyses 2005년 보고에 의하면, 동년 현재 미국, 영국 등의 선진국을 포함하여 52개국에서 250여종의 식품에 방사선 조사를 허가하였고, 이 중 30여개국에서 상업적 규모로 본 기술을 실용화하여 연간 수십만 톤의 농수산물 및 가공식품이 방사선 처리되어 유통되고 있으며, 매년 약 30%의 신장률로 증가하고 있다.

(2) 전자선, X-선 이용연구 증가

1990년대부터 감마선 조사가 원자로에서 생산된 방사성동위원소(Co-60, Cs-137)를 이용한다는 이유로 소비자 수용성의 한계를 나타내고, 방사선종간 처리 특성의 차이로 인해 전자선, X-선 등의 방사선이 식품생명공학 연구에 사용되기 시작하였다. 전자선, X-선 조사는 발생장치를 통해 조사처리가 진행되므로 기기작동이 간편하고 방사성동위원소를 사용하지 않는다는 점에서 “**Beam 처리**”로서 소비자들에게 홍보되고 있다. 전자선의 경우, 감마선에 비해 투과력은 약하나 빠른 처리속도와 Conveyor 시스템으로 햄버거 패티, 부분육(계육 포함), 해산물 등 냉장/냉동이 필요한 식품의 조사에 활발히 연구되었다. 2002년 미국 USDA의 학교급식에 사용되는 식육 및 그 가공품에 대한 방사선 조사허가를 시점으로 전자선 조사기술을 이용한 식육 가공품의 방사선 조사가 상업적으로 활발히 이용되고 있다. 현재까지의 연구에서 감마선 조사와 전자선 조사의 특성 차이가 크게 없는 것으로 보고됨에 따라, 조사물품의 포장, 크기, 온도 조건 등 공정 특성에 맞게 이용할 수 있는 방사선 조사선종이 다양화 될 것으로 판단된다.

X-선의 이용은 전환 에너지 효율이 매우 낮아 아직 상업적 규모로 이용되고 있지는 않으나, 미국, 캐나다 등을 중심으로 X-선 변환장치개발이 활발히 추진됨에 따라 식품조사 규모의 에너지 효율을 갖는 발생장치가 상업적으로 공급될 것으로 기대된다. 현재, 세계적으로 감마선 조사와 전자선 조사 이용비율은 80:20 정도로 감마선 조사가 많이 이용되고 있는데, 주로 향신료, 과일 등의 검역처리를 위해 이용하기 때문에 대용량 포장 후 선적이 용이한 감마선 조사가 활용되는 것으로 판단된다. 그러나, 자국 내에서 소비되는 식육가공품 등 병원성 미생물 제어 등 식품의 위생화 개선을 위한 방사선 조사는 전자선의 이용이 효율적이기 때문에 미국을 중심으로 전자선 조사기술의 산업적 활용이 점차 증가추세에 있다. 따라서, 전자선, X-선 등 감마선 이외의 방사선 이용연구가 전 세계적으로 활발히 진행 중이다.

2. 지적재산권(특허) 동향

가. 특허기술 동향

방사선 식품조사 분야의 특허출원은 주로 자국에만 출원하는 경향이 있으며, 한국원자력연구원(이하 연구소) 역시 해외출원 건은 3건(일본)에 불과해 해외출원 비중을 크게 높여야 할 것으로 보인다. 특허등록 건수는 한국이 전체의 48%를 차지하고 있으며, 그 중 연구소가 가장 많은 등록건수를 갖고 있지만 '02년 이후부터는 다소 감소하는 추세를 보이고 있다. 방사선 식품조사 분야에 있어 연구소 특허활동지수는 매우 높지만, 핵심특허를 보유하고 있지 않으며 기술 영향력 또한 전무한 것으로 나타났다. 연구소에서의 '방사선 식품조사' 분야의 특허출원은 대부분 단독 출원으로 기술제휴 및 확산을 위해 산/학/연 공동 연구가 필요할 것으로 보인다. 식품군별로 보면 발효식품류, 가공식품류, 육류 등은 병용처리를 많이 하고 있지만, 나머지 식품군은 병용처리를 아예 하지 않거나 불과 몇 건의 특허만이 출원된 것으로 미루어 특허출원의 여지가 많은 것으로 나타났다. 식품의 병용처리별로는 포장, 냉동/냉장, 효소처리, 가열, 첨가제 등은 상당히 많은 특허가 출원되고 있는 반면, 가압과 수분활성도 처리는 매우 미흡한 것으로 나타남에 따라 이 분야의 특허출원이 공백기술로 나타났다. 방사선 식품조사 분야의 특허출원은 주로 살균, 멸균, 숙도유지 등을 목적으로 방사선을 조사하는 경우가 대부분이었다. 따라서 추후에는 단백질과 같은 영양소의 겔화성 증가 또는 고분자화와 같은 목적으로 특허출원하는 것을 적극 검토할 필요가 있을 것으로 분석되었다.

나. 국가별 특허출원 현황

방사선 식품조사 분야의 주요 국가의 특허출원 건수는 160건이며, 국가별로는 일본 52건, 한국 46건, 중국 32건, 미국 21건, 유럽 9건 순이었다. 연도별 출원건수를 보면 두드러진 성장세는 없지만 꾸준히 출원되고 있는 경향을 보이고 있으며, 특히 '98년~'02년에는 매년 10건 이상의 특허가 출원되다가 '03년 이후부터 다소 감소하는 추세에 있다. 참고로, 이 분석에서는 2명의 중국인이 중국특허청에 각각 일괄 출원했다가 취하한 총 43건은 부적절하게 특허를 출원한 관계로 모든 현황에서 제외하였다.

다. 시사점 및 향후 방향

방사선 식품조사 분야의 특허출원은 주로 자국에만 출원하는 경향이 높고 해외출원은 상대적으로 매우 미미한 실정이다. 연구소 역시 총 출원건수 46건 중 해외출원 건은 겨우 3건(일본출원)에 불과함에 따라 이 분야의 해외 특허출원 비중을 상당히 높일 필요성이 있을 것

으로 분석되었다. 방사선 식품조사 분야에 있어서 연구소는 세계적으로 가장 선도적인 위치에 있지만 '02년 이후 특허출원이 다소 감소하는 추세에 있음에 따라 지속적인 특허출원이 요구된다. 방사선 식품조사 분야에 있어서 연구소는 특허활동지수는 굉장히 높게 나타난 반면 이 분야의 핵심 특허를 보유하고 있지 않으며 기술영향력지수 또한 전무한 것으로 나타나 대책이 필요하다. 일본의 경우 산/학/연 공동으로 특허를 출원하는 경향이 높은 반면, 연구소에서는 대부분 연구소 단독으로만 출원하고 있다. 따라서 기술제휴 및 확산 등의 목적을 위해 산/학/연 공동 연구 및 특허출원을 적극 검토할 필요성이 있는 것으로 나타났다. 식품군별로 보면 발효식품류, 가공식품류, 육류 등은 병용처리를 많이 하고 있는 반면, 나머지 식품군은 병용처리를 아예 하지 않거나 불과 몇 건의 특허만이 출원된 것으로 미루어 특허출원의 여지가 많은 것으로 나타났다. 식품의 병용처리별로는 포장, 냉동/냉장, 효소처리, 가열, 첨가제 등은 상당히 많은 특허가 출원되고 있는 반면, 가압과 수분활성도 처리는 매우 미흡한 것으로 나타남에 따라 이 분야의 특허출원이 공백기술로 나타났다. 방사선 식품조사 분야의 특허출원은 주로 살균, 멸균, 숙도유지 등을 목적으로 방사선을 조사하는 경우가 대부분임에 따라, 추후에는 단백질과 같은 영양소의 겔화성 증가 또는 고분자화와 같은 목적으로 특허출원하는 것을 적극 검토할 필요가 있다.

3. 국내외 연구개발 동향

가. 연구개발 동향

(1) 국내동향

방사선 식품조사 분야의 국내연구동향은 국가연구개발사업 수행을 참고하는 것이 가장 바람직하다고 판단되었다. 국내 연구개발 특성상 대규모 중장기 기획을 근거로 한 연구사업을 제외하고는 단발적인 연구들이 이루어져 해당 분야에 대한 국가 전체의 연구개발 동향을 파악하기에는 무리가 있다. 국가연구개발사업 중 방사선 식품조사 분야는 원자력진흥종합계획 및 원자력연구개발중장기계획에서 추진하는 사업에서 수행되었다. 원자력연구개발 중장기계획사업은 지난 1997년부터 시작하여 만 10년의 연구기간이 소요되었다. 사업은 3단계로 구성되어 시행되었고, 이 중 2000년부터 2단계가 시작하였다. 본 보고에서는 원자력연구개발 중장기 사업 중 2, 3단계 사업수행 내용을 정리한다.

(가) 원자력연구개발 중장기계획 사업 2단계('00-'02) 주요 연구개발 내용

- 연구과제명 : 방사선 식품저장 및 가공기술 개발
- 단계 최종목표

- 방사선을 이용한 국가 식량자원 안전확보와 에너지 절약형 식량가공/저장기술 및 가공공정 개선법 개발
- 화학약품 사용의 대체방법 개발 및 위생적 제품생산 기반확립으로 국민보건 향상과 안전성 확보방안 마련
- RT/BT/NT 병용기술 이용 식품/공중보건용 신소재 및 고부가가치 제품개발로 천연자원 활용효율 극대화
- 국제식량교역시 방사선 조사기술 이용확대 대비 검역기술지침/표준화 확립
- 방사선 조사식품의 안전성 연구로 소비자 수용성/실용화 확대 및 원자력의 평화적 이용에 대한 대국민 홍보자료 확보

(나) 원자력연구개발 중장기계획 사업 2단계('00-'02) 주요결과

- 감마선 이용 수산냉장/냉동식품 및 전통발효식품의 위생화와 안전 저장유통/가공기술 개발
 - 감마선 이용 저염 젓갈 제조 및 위생화와 안전저장 유통기술 개발
 - 감마선 이용 전통발효식품의 위생화/저염화 및 안전저장유통기술 개발
 - 감마선 이용 수산냉장/냉동 반수분식품의 위생화 및 고품질화 기술 개발
- 감마선조사 수산냉장/냉동식품 및 전통발효식품의 안전성(건전성) 평가
 - 감마선조사된 전통발효식품(젓갈류/장류)의 독성학적/영양학적 안전성 평가
 - 감마선조사된 수산냉장/냉동/반수분식품의 독성학적/영양학적 안전성 평가
 - 감마선 조사된 저염발효제품과 기존 고염발효제품과의 안전성/건전성 비교평가 시험
- RT/BT/NT 이용 공중보건제품 생산용 고부가가치 기능성 신소재 및 이를 이용한 가공제품 생산기술 개발
 - RT/BT/NT 이용 세계최초 식품/공중보건용 천연 신소재 정제/가공/생산기술 개발 및 산업체 기술이전
 - 세계최초 RT/BT 이용 가공식품 및 전통발효식품의 유해물질 제거/저감화 관련 이론 확보 및 차기단계 연구기반 구축
 - RT/BT기술 이용 식품알러지 저감화 기술개발 기초이론 확립 및 연구기반 구축
- 수출전략 전통 허브/향신료의 검역유기체 사멸방법 확립과 검역시 품질평가 및 검역검지 조건 설정
 - 수출전략 전통 허브/향신료의 최적 검역관리 시스템 정착을 위한 표준화 기초자료 확보
 - 방사선 조사식품의 검지 및 검역관리를 위한 면역분석법의 적용
- 방사선 조사식품의 안전성에 관한 “국민이해사업” 연구

- 방사선 조사식품의 과학적인 대 국민이해 증진사업 방안 마련
- 방사선 조사식품에 대한 대중매체 관련 국민이해 연구
- 방사선 조사식품의 국민이해 증진을 위한 홍보활동 진행
- 방사선 조사식품 신규품목 확대 및 법규 개정

(다) 원자력연구개발 중장기계획 사업 3단계('03-'06) 주요 연구개발 내용

- 연구과제명 : 방사선 식품저장 및 가공기술 개발
- 최종목표
 - 감마선 이용 특수식량(군급식/환자식/특수스포츠 식품 등)의 위해 안전성 및 저장 안정성 확보기술 개발
 - RT/BT 이용 식품생명공학용 신소재/신제품 개발
 - RT/BT 이용 식품 유해물질의 제거/저감화 기술개발
 - 방사선 조사 특수식량의 안전성 평가/국민 이해방안 마련/조사식품의 가공 및 조리학적 특성 평가 및 단체급식 적용연구

(라) 원자력연구개발 중장기계획 사업 3단계('03-'06) 주요결과

- 감마선 이용 특수식량(군급식/환자식/특수스포츠 식품 등)의 위해 안전성 및 저장 안정성 확보기술 개발
 - 감마선 조사기술 이용 군 급식의 위생화 및 식중독 예방기술 개발
 - 한국형 우주식품 생산을 위한 기초기반 기술 확보
 - 우주, 특수식품 개발을 위한 러시아 IBMP와의 국제협력 연구 기반 수립
 - 감마선 조사기술 이용 무균식 개발
 - 즉석(ready-to-eat/ready-to-cook) 육가공품(햄버거 스테이크), 편의식품(김밥)의 품질 개선 및 저장 안정성 확보기술 개발
 - 감마선 조사와 식품가공 병용처리를 이용한 최소가공 야채샐러드/즉석식품용 식재료의 품질 개선 및 저장 안정성 개선
 - 감마선 이용 전통 발효식품의 보존성 확보
 - 감마선 조사기술 이용 수출용 냉동 치즈볼의 검역 위생화 기술 개발
 - 영유아 유제품 살균 기술 개발 및 관능적 품질 평가
 - 방사선 조사식품의 불쾌취 억제 및 산업 적용성 증대기술 개발
 - 방사선 살균과 타 살균법 비교평가를 통한 우수성 및 경제성 입증
- RT/BT 이용 식품생명공학용 신소재/신제품 개발
 - RT/BT 융합기술 이용 폐자원으로부터 기능성 소재 개발

- RT/BT 이용 식품산업용 기능성 효소생산 유용균주 개발
- RT/BT 융합기술 이용 기능성 코팅제 제조기술 개발
- 천연 식품재료/천연물 활용 기능성 소재 개발
- 방사선 이용 생물소재 구조변환 및 기능개선 기초기반연구
- RT/BT 이용 식품 유해물질 의 제거/저감화 기술 개발
 - 감마선 조사기술 이용 식품내 잔류아질산염, 발암성 나이트로자민, biogenic amine 등 유해물질 제거기술 개발
 - 감마선 조사기술 이용 phytic acid의 조사분해 특성 및 생리활성 증진효과 연구
 - 병원성 미생물의 방사선 영향평가
 - 감마선 조사기술 이용 식품내 잔류농약의 저감화 효과
 - RT/BT 이용 신개념 백신생산 핵심기술 개발
 - 감마선 조사기술 이용 lipopolysaccharide(LPS)의 무독화 및 생리활성평가
- 감마선 조사된 환자용/특수스포츠용/군급식용 농축수산물/즉석식품의 영양학적/유전독성학적 안전성 평가/조사식품의 조리학적 적성평가
 - 감마선 조사된 군급식용/환자용/특수 스포츠용/건조농축수산물/즉석식품의 독성학적/영양학적/중·단기 유전독성학적 안전성 평가
 - 고선량(30 kGy) 감마선 조사된 가공식품의 단장기 안전성 평가
 - 방사선 조사된 식재료의 조리학적 특성 연구
- 방사선 조사식품의 소비자단체대상 홍보전략 수립, 자료배포 및 인식도 변화조사/개발 기술, 신제품 시장조사 및 보급확산 홍보전략 수립
 - 육군 보급지휘관(장군, 영관급 장교) 대상 군 급식품/비상/특수식량의 안전공급체계구축을 위한 방사선 기술의 활용방안 세미나 및 홍보
 - 방사선 조사식품의 언론인집단, 식품관련자, 일반국민 대상 조사식품의 홍보전략 수립/자료배포 및 인식도 변화 조사
 - 식품의약품안전청과 공동으로 방사선 조사식품 홍보자료 제작/배포

(2) 국제 동향

국제 연구동향 분석은 방사선 조사식품 분야의 국제학술회의인 International Meeting on Radiation Processing (IMRP)의 식품분과(Food Irradiation Session)에서 보고한 2000년 이후 격년으로 개최되는 학술대회 발표논문을 근거로 조사하였다.

(가) IMRP 2001(Avignon, France, 25-30 March)

- 식품 저장 및 가공 기술 분야

- 감마선 조사에 의한 버섯의 갈변화 연구
- 감마선 조사와 가스치환 병용처리에 의한 돼지고기의 단백질 품질 변화
- 감마선 조사된 분쇄 쇠고기내의 트랜스 지방산의 형성
- 감마선 조사된 프로폴리스의 열분석
- 육제품의 감마선 조사에 의한 품질과 저장기간 연장 연구
- 감마선 조사된 돼지고기와 양고기 소세지의 품질 변화
- 감마선 조사에 의한 냉동 아보카도의 품질 변화
- 감마선 조사에 의한 채 썬 토마토의 품질 변화
- 식품 위생 및 식중독 예방분야
 - 저선량 전자선 적용 식품의 위생화
 - 감마선 조사와 염소처리에 의한 상추 내 *E. coli* O157:H7의 제어
- 식품 검역 및 검지 분야
 - 감마선 조사된 하와이의 열대 과일의 검역
- 천연물의 생리 활성 및 성분 변화 평가
 - 감마선 조사에 의한 파슬리내 베타 카로틴의 cis/trans 이성질체 변화
- 유해물질 제거
 - 감마선 조사에 의한 식품 알레르기 저감화
- 물리적 성질 변화 평가
 - 감마선 조사된 육용계 사료용 보리의 점도 변화
- 생분해성 필름 개발
 - 생분해성 필름 포장된 분쇄 쇠고기의 감마선 조사에 따른 미생물 오염도 관찰
 - 생분해성 필름과 감마선 조사 병용처리에 의한 저장 기간 연장 연구
 - 효소처리와 병용된 생분해성 필름의 감마선 조사에 의한 위생화

(나) IMRP 2003 (Chicago, USA, 7-12 September)

- 식품 저장 및 가공 기술 분야
 - 가스치환 포장과 감마선 조사 병용 처리한 소시지의 변화
 - 감마선 조사에 의한 김치의 숙성 조절
 - 가스치환 포장과 감마선 조사 병용 처리한 당근의 미생물 변화
 - 감마선 조사를 통한 저염화 창란젓의 개발
 - Ascorbic acid와 항산화제 첨가에 따른 감마선 조사된 분쇄 쇠고기의 색, 지질 산패 및 휘발성 성분 변화
- 식품 위생 및 식중독 예방 분야

- 감마선 조사를 통한 계란의 위생화
- 분쇄 쇠고기와 닭고기의 *E. coli*와 *Salmonella typhi* 제어
- 감마선 조사 이용 최소가공 물냉이의 *Salmonella* 속의 감소
- 감마선 조사와 최소가공 기술에 의한 상추의 위생화
- 최소가공 당근의 감마선 조사에 의한 멸균화
- 식품 검역 및 검지
 - 감마선 조사된 건조 수산물의 품질과 검지
 - 감마선 조사에 의한 하와이 수출 과일과 채소의 검역
 - ESR이용 감마선 조사된 후추의 검지
- 천연물의 생리 활성 및 성분 변화 평가
 - 감마선 조사에 의한 계피의 항산화능 변화 관찰
- 유해물질 제거
 - 감마선 조사된 향원에 대한 항체반응의 변화
- 물리적 성질 변화 평가
 - 감마선 조사된 꿀의 유변학적 변화
 - 감마선 조사된 유청의 점도 변화
- 생분해성 필름 개발
 - 생분해성 필름 포장된 분쇄 쇠고기의 감마선 조사에 따른 지방 산패 변화 측정

(다) IMRP 2006 (Kuala Lumpur, 26 February-3 March)

- 식품 위생 및 식중독 예방
 - 감마선 조사를 통한 유아용 분유의 *Enterobacter Sakazakii* 살균
 - 감마선 조사에 의한 분쇄육의 병원성 미생물 제어
 - 감마선 조사 이용 코코넛 크림 파우더의 위생화
- 식품 검역 및 검지
 - ESR을 통한 조사된 시리얼 검지
 - ESR 이용 조사된 계피 검지
- 천연물의 생리활성 및 성분 변화 평가
 - 감마선 조사에 의한 사철쭉의 항산화 및 성분 변화 관찰
 - 감마선 조사에 의한 참당귀의 휘발성 성분 비교
 - 감마선 조사에 의한 인진쭉의 기능성 평가
- 유해물질 제거
 - 감마선 조사된 Ovalbumin의 알러지 저감화

- 식물 성장 프로모터 개발
 - Red chili의 성장 프로모터로서의 감마선 조사된 키토산에 대한 연구
 - 식물의 성장 프로모터로서 감마선 조사에 의해 재중합화된 alginate와 키토산 연구
- 생분해성 필름 개발
 - 감마선 조사된 송어 단백질 이용 생분해성 필름의 성질 연구

나. 분야별 논문게재 현황

방사선 조사식품 분야의 논문게재 현황은 표 과 같다. 자료 조사는 국외 논문의 경우 SCI 게재 논문을 중심으로 검색하였고, 국내 논문의 경우 한국학술진흥재단에 등재 및 신청된 논문집에서 조사하였다.

표 4. 방사선 조사식품 세부연구 분야별 국내외 논문게재 현황 (2000. 1. - 2007.1.)

구분	세 부분 야	SCI	국내	계
1	식품저장 및 가공기술 분야	171	81	252
2	식품 위생 및 식중독 예방 분야	55	24	79
3	조사식품의 안전성 평가 분야	4	25	29
4	방사선 조사식품 검역/검지 분야	60	77	137
5	신기술 분야	69	52	121
6	소비자 수용성 증진 및 홍보 분야	36	8	44
	합 계	395	267	662

검색기간 동안 SCI논문은 395편이 게재되었으며, 국내논문은 267편이 각기 해당 저널에서 발간되었다. 연구 분야별 게재 현황은 식품저장 및 가공기술 분야의 논문이 가장 많은 SCI 171편과 국내 81편으로 SCI 부분은 43%, 국내논문은 30%를 차지하였다. 전체논문에서는 38%로서 다른 부분보다 월등히 많은 게재 양상을 보여 방사선 조사식품에 대한 연구가 식품저장 및 가공분야에서 집중되어 있는 것으로 나타났다. 특이할 사항은 2000년대 이후 신기술 분야의 연구가 두드러지게 나타나고 있는 것이다. 방사선을 에너지로 이용하여 식품 및 공중보건제품용 신소재 개발, 식품 유해물질 제거 등의 연구가 연구되기 시작하고 있고, 우리나라는 선도그룹에 속하는 것으로 나타났다.

(1) 식품저장 및 가공기술 분야

(가) 세부 연구 분야

감마선 조사 기술에 의한 식품의 일반 품질 특성(색, 영양성분 함량, 관능 변화 등)의 변화를 연구하고 새로운 가공 기술(가공 기술 비교, 병용처리 기술 등)을 개발에 대한 연구가 수행되었다.

(나) 식품군별 분류

- 전통 발효 식품군 : 청국장, 쌈장, 메주, 고추장, 간장, 된장, 창난젓갈, 김치
- 육류 및 가금류 : 소불고기, 양념갈비, 닭고기, 쇠고기, 돼지고기, 양고기, 칠면조, 분쇄 쇠고기, 단체 급식용 닭 가슴살, 소시지 등 육가공품류
- 채소 및 과실류 : 팥, 녹두, 밤, 도토리, 칩, 오미자, 감귤, 감자, 파프리카, 사과, 콩, 생강, 상추, 딸기, 양파 잎, 당근, 토마토
- 가공식품류 : 최소가공 샐러드, 오렌지 주스, 야채 주스
- 전분 류 : 메밀전분, 현미, 녹두전분, 쌀밥, 분말죽, 이유식, 옥수수 녹말, 밀
- 낙농/난제품류 : 난백, 구운 계란, 아이스크림
- 건조식품 : 건고추, 건조 생강, 건 고사리, 녹차, 홍차, 우롱차, 김
- 병용처리 효과 및 가공 기술 비교 : 로즈마리와 햄버거 스테이크, 훈증 처리와 방사선 처리 비교, 가스치환 포장에 따른 차이, 비타민 C와 소고기 패티, 감마선 조사와 전자레인지 비교,
- 포장재류 : 포장재 성분의 식품으로의 이행, 생분해성 필름
- 기타 : 프로폴리스, 꿀

(2) 식품 위생 및 식중독 예방 분야

(가) 세부연구 분야

감마선 조사 기술에 의한 식품의 위생화 및 미생물학적 안전성을 확보하고 특정 병원성 미생물에 대한 감마선 조사 감수성을 확인함으로써 식중독 예방을 목적으로 수행된 것으로 조사되었음.

(나) 병원균별, 특성별, 식품군별 분류

- 전통 발효 식품군 : 멸치액젓
- 육류 및 가금류
한우육, 닭고기,

- 병원성 미생물과 식품군 : *Aspergillus flavus* (육포), *Listeria monocytogenes* (칠면조 고기, 냉동 샌드위치), *Escherichia coli* O157:H7 (상추, 브로컬리 씨, 최소가공 무, 사과 주스), *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus* (최소가공 햄, 달걀), *Bacillus cereus* (포자 저항성)
- 공중보건제품 : 일회용 주방용품
- 가공식품 : 최소가공 무우, 단체급식용 어묵, 김밥, 냉동 치즈볼, 아이스크림

(3) 조사식품의 안전성 평가 분야

(가) 세부연구 분야

방사선 조사 식품의 안전성과 건전성에 대한 문제에 대한 연구로 Ames test, 아급성 독성 평가 및 SOS chromo test 등의 방법을 사용하여 평가한 논문이 주를 이루고 있다.

(나) 식품군별 분류

- 전통 발효 식품군 : 장류 물추출, 새우젓, 멸치액젓, 간장
- 육류 및 가금류 : 닭고기, 돼지고기
- 한약재 : 당귀, 어성초, 구기자, 감초, 진피, 시호, 황기, 백출, 생지황
- 기타 : 난백, 울무종자, 과메기, 곡류 분말, 송이버섯

(4) 방사선 조사식품 검역/검지 분야

(가) 세부연구 분야

최근 조사식품의 교역기회가 증대됨에 따라 관련 국가 및 국제기구를 중심으로 방사선 검역처리 표준화가 진행중이며 Thermoluminescence (TL), Electron spin resonance (ESR) 등의 분석이 이루어지고 있다.

(나) 검지방법, 식품 특성별 분류

- TL 이용 : 향신료, 땅콩, 건조 멸치류, 수삼, 복합조미료, 알로에 베라
- DNA comet assay 이용 : 돼지고기, 쇠고기, 닭고기, 콩류, 땅콩, 과일류, 감자, 마늘, 생강
- ESR 이용 : 어류, 계란, 향신료, 땅콩, 조개류, 한약재, 건조 멸치류, 건고추, 건조채소, 복합조미료, 알로에 베라, 양 뼈
- 점도 분석 : 밀가루, 감자 전분, 고구마 전분, 옥수수 전분, 후춧가루, 기장, 수수
- 휘발성 물질(Hydrocarbon류, 2-Alkylcyclobutanone류) 분석 : GC-MS를 이용하여 쇠고기, 잣, 중국산 두류, 홍삼 분말, 건조 멸치류, 참깨, 우롱차, 건고추, 난황 등 분석

- 효소면역 측정법 이용 : 계란, 새우
- PSL 이용 : 참깨, 들깨, 농산물, 조개, 복합조미료, 알로에 베라
- Free radical의 측정 이용 : 건조과일, 건조 채소류, 참깨, 들깨
- 발아 특성 이용 : 밀, 보리, 콩류, 과일류
- DEFT/APC 방법 이용 : 곡류, 한약재
- 지방 분해산물 분석 이용 : 건조 홍합, 건조 갑오징어

(5) 신기술 분야

(가) 세부연구 분야

이 분야는 2000년 이후로 본격적인 연구가 진행되는 것으로 나타났다. 녹차, 굴피 등에 감마선을 적용하여 천연 식물류에 있는 생리활성 성분의 항산화, 항노화 등 고부가가치 원료로 가공하는 목적과 식품 알레르기나 독성 물질 등을 제거하는 목적, 그리고 키토산, 알긴산 등의 고분자를 저분자화 하여 경제적 이점을 가지는 목적 등으로 연구되고 있다.

(나) 적용분야별, 목적별 분류

- 천연물의 생리활성 연구 : 마늘 단백질(allivin), 오미자 추출물, 굴피 추출물, 분리대두단백, 펙틴 용액, 감귤 정유, 부추, 비파 추출물, 복분자 추출물, 민들레 추출물, 코코아, 샤프란, 녹차 추출물, 강황 추출물
- 유해물질 저감화 연구 : Ovomucoid, Ovalbumin, phytic acid
- 생리활성 물질 저분자화 연구 : 알긴산, 돈피 콜라겐, 키토산
- 방사선 조사 관련 유전자 검색 및 분석 : HL60 세포주
- 돌연변이 분리 연구 : 김에서 방사선 저항성 세균 분리, 야콘
- 불용색소 제거 연구 : 녹차 추출물, 인동 추출물, 식용색소, 강황 추출물
- 특정 화합물 및 식품 성분 분석 : Quercetin, Vitamin B12, Ascorbic acid,

(6) 소비자 수용성 증진 및 홍보 분야

(가) 수용성 증진 연구동향

방사선 조사 기술의 국가별 이용 현황을 개괄하고 방사선 조사식품에 대한 소비자의 인식 및 수용도를 분석하여 방사선 조사의 활용 범위를 확대하기 위한 연구가 대부분을 차지하고 있다.

(나) 분야별 요약

- 방사선 조사의 이용현황 : 한국, 영국, 유럽연합, 브라질, 일본, 미국, 헝가리, 크로아티아, 남아프리카 등지의 현황, 우유 살균 및 ready-to-eat 식품의 방사선 조사 인식 조사
- 전자선 조사의 이용 확대
- 고선량 식품 조사의 적용 : 남아프리카 연구
- 방사선 조사의 규정 법안 : 한국, 유럽연합, 오스트레일리아, 미국, 아시아-태평양지역의 규정 실태, Codex의 새로운 기준 규정
- 방사선 조사식품의 표기
- 방사선 조사 식품에 대한 소비자 인식도 조사 : 한국, 터키

다. 국내·외 기술개발 동향 및 수준 요약

구분	기술개발동향	기술수준	문제점
선진국 (G7)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 방사선 식품·생명공학기술은 '90년대 초 반부터 안전성에 관한 과학적 뒷받침과 WHO/IAEA/FAO 등의 국제기구와 선진국 보건당국(FDA 등)의 주도에 의해 실용화 기반이 마련됨 ○ 방사선 식품생명공학기술은 미국, 캐나다, EU 등 선진국에서 본 기술의 연구개발 및 사업이 계속 증가 추세에 있음('05년 현재 선진국 포함 52개국에서 식품에 방사선 조사 허가 및 활용) ○ 최근 WTO/FTA에서는 국제식량교역의 검역분쟁 해결과 식품 위생화를 위해 방사선조사 기술의 사용을 수용하였고, UN 환경위원회에서도 환경 친화적 기술로서 적극 추천하고 있음 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 방사선 식품·생명공학 기술의 실용화 확대 및 새로운 응용을 위한 BT /NT 등과 의 기술 융합 분야 연구가 활발히 진행 중임 ○ 조사선량의 제한없이 고선량 조사의 실용화 연구가 진행 중임 ○ 방사선원별 다양한 연구로 식품 군별 특성에 맞는 방사선원 적용기술 개발이 진행 중이며, 일부 전자선/감마선 등이산업에서 이용 중임 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 소비자 수용성이 많이 개선되었으나 아직까지 미흡 ○ 소비자 수용성 및 국민이해 증진사업의 진행 필요 ○ 국제적 harmonized regulation이 없음
한국	<ul style="list-style-type: none"> ○ '87년 한국원자력연구소의 기술지원으로 민간기업에 의한 국내 최초 상업용 조사 시설 설치, 산업화 달성(26개 식품품목군 약 30여종에 대한 방사선 조사허가 취득) ○ 국내에서 본 기술을 이용한 '05년도 식품류 수출금액은 총액 2억 달러(한화 2,000 억원) ○ '07년 현재 한국원자력연구소는 식품·생명공학에 대한 방사선 이용의 국내 유일한 연구기관으로서 식품·생명산업의 핵심문제분야 대체기술 개발을 위한 RT/BT /NT 병용기술 연구가 수행 중에 있음 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 방사선 식품생명공학기술에서 식품의 위생화 및 저장가공기술의 일부는 선진국 수준에 도달 ○ 본 분야의 신물질/소재 개발연구 등 새로운 응용연구는 선진국 기술보다 우위를 선점한 상태로 계속적인 정부의 연구지원으로 2010년 G5 진입 계획 ○ 이를 위한 선원별/에너지준위별 특성에 대한 DB가 없어 시급히 수행되어야 할 것임 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 소비자 수용성이 많이 개선되었으나 아직까지 미흡 ○ 소비자 수용성 및 국민이해 증진사업의 진행 필요 ○ 정부 관계당국의 본 기술 활용확대를 위한 정책적 지원 필요

라. 현 기술상태의 취약성

선진국에서는 방사선 조사식품의 수용성과 실용화에 입각하여 이들 식품에 대한 건전성(안전성) 및 국제 교역에서의 실용화 연구가 오래 전부터 수행되어 많은 data base를 구축하고 있으나 국내에서는 미비하거나 매우 제한적인 연구에 국한되어 있다. 선진국형 위생적인 제품 생산과 세계적 시장개방화에 대비한 검역관리 기술 확보를 위한 Database 구축과 식품 및 보건 관련제품의 방사선 조사기술 적용 활성화를 위한 기반 조성이 취약한 실정이다. 본 분야의 국내 연구개발은 한국원자력연구원(방사선과학연구소)을 중심으로 기초/기반연구 및 실용화 연구가 수행하여 일부분의 기술은 현재 선진국 수준에 도달하였으나, 선진국의 기술개발 동향과 국제환경변화에 대응할 수준의 집중적이고 효율적인 기술개발이 시급히 수행되어야 한다.

□ 국내·외 기술수준 비교

핵심기술	비교국명	국내기술수준	
		현단계 ('07)	근거
- 방사선 이용 식량자원의 위해 안전성 및 저장 안정성 확보기술 개발	G7 (80%)	80%	- 본 기술관련 국외(SCI) 학술 논문 게재 및 발표 현황분석 결과
- 국제 식품교역의 검역기술로서 방사선 조사기술 개발 및 이용	G7 국가 중국, 인도 (60%)	20%	- ICGFI/RCA/WTO 등 국제기구 보고를 통한 국제적 동향/기술 정보 수집분석 결과

마. 앞으로의 전망

방사선 식품공학기술은 '80년대 초반부터 한국원자력연구원에서 기초/기반연구 수행 및 기술이전으로 '87년 국내 최초 상업적 감마선 조사시설 1기가 건설, 2001년 감마선 조사시설 1기 신규설치로 현재 2기의 상업용 다목적 방사선 조사시설이 가동중이며 '87, '91, '95, '04년 4차에 걸쳐 보건복지부로부터 26개 식품품목군 약 30여종 식품에 방사선 조사허가를 취득, 일부 품목들이 상업적으로 감마선 조사되고 있음. 이와 같이 본 기술은 일부분이 현재 선진국 수준에 도달되어 있고, 본 과제를 산·학·연이 연계하여 성공적으로 수행하게 되면 본 과제수행의 마지막 단계에서는 대부분의 기술이 선진국 수준으로 발전할 것으로 예상된다. 위생적 품질관리가 절대적으로 요구되는 가공식품의 대량생산체제에서 현실적으로 분말 및 건조식품과 수출용 가공식품에 적합한 살균, 살충 방법이 미비한 상황이므로 국내·외 식품산업에서 식품조사 처리 기술의 요구는 점차 증가되고 있다. 기존 검역관리 및 저곡 해충 방제에 훈증제로 사용하고 있는 methyl bromide 등이 오존층 파괴물질로 규정되어 몬트리올 환경협약에 의해 개발도상국

은 2005년까지 20%감축하고 2015년 전면 금지키로 하였으며, 선진국의 경우 1999년 25%, 2001년 50%, 2003년 70%, 2005년 전면 금지키로 하여 그 대체방법으로 방사선 조사기술의 이용이 급속하게 이루어질 전망이므로 그 수요는 크게 늘어날 전망이다. 기존 살균제나 방부제로 널리 쓰이고 있는 물질들이 인체 보건학적 측면에서 신경장애는 물론 발암성까지 일으켜 그 이용이 점차 줄어들고 있으며, 이에 대한 소비자들의 경각심으로 방부제 첨가된 식품은 점차 시장에서 도태되고 있는 실정이다. 특히 분말상태의 원료나 가공식품과 냉동·냉장식품은 살균처리에 있어 현재의 방법으로는 방사선 조사에 의한 살균처리 밖에 선택할 수 없는 상태이다. 따라서 무균공정이나 무방부제 제품 생산을 위한 필수 불가결한 방법으로 방사선 조사처리방법이 선택되리라는 것은 자명한 일이다. 현재 식품산업에서 방사선 조사는 화학살균제나 가열살균을 적용할 수 없는 제품을 중심으로 이용되고 있으며, 여기에는 특히 수출용 가공식품 생산업체나 HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point, 위해요소중점관리) 시스템을 도입하여 가공원료의 미생물 기준을 엄격하게 관리하는 업체에 납품하는 일부 식품가공원료 생산업체가 주를 이루고 있으며, 이들 식품의 연간 방사선 처리량은 약 2천여톤 정도이다. 최근에는 본 시설을 이용하는 업체수가 계속 증가하고 있는데, 이는 위생적 품질관리가 절대적으로 요구되는 가공식품의 대량생산체제에서 현실적으로 분말 및 건조식품과 수출용 가공식품에 적합한 살균, 살충방법이 미비한 상황이므로 국내외의 식품산업에서 방사선 조사기술의 수요가 증가하는 것은 당연한 현상이다. 현 식품산업에서의 문제핵심기술 해결과 WTO/FTA 대비를 위한 방사선 식품공학 기술의 이용확대 전망은 국내·외의 추세로 볼 때 크게 기대된다.

그 이유로는

- 1) 식품의 살균, 살충 등에 사용되는 화학훈증제의 사용이 세계적으로 점차 금지되고 있고, 국가간 교역에서도 품질규격이 더욱 엄격해질 것이기 때문임
- 2) 식품조사 시설은 의료용품, 화장품류, 식품포장용기 멸균 등 산업적으로 다용도로 활용될 수 있기 때문에 조사시설의 건설은 세계적으로 증가되고 있어[현재 세계 52개국에서 234여기 가동(2005년 IAEA, GIA Reoprt)], 언제든지 사용이 용이하기 때문임
- 3) 소비자들은 식품의 위생적 측면을 더욱 중요시할 것이고, 특히 개발도상국으로부터 원료를 주로 수입하여 가공/생산되는 편의식품과 수입식품에 대해 높은 수요를 보일 것으로 새로운 식품가공, 저장/위생화 기술의 필요성은 더욱 증대될 전망이기 때문임

식품산업에서 원자력 기술의 이용은 이들 산업의 건전한 발전을 위해 보다 적극적이고 긍정적인 자세로서 정부주도하의 충분한 예산, 인력지원으로 연구개발과 산업화 기반을 다져 나감으로써 국내기술 자립화와 식품산업분야에서 충분한 국제 경쟁력 확보 및 소비자와 생산자의 안전과 이익 보장은 을 다국민원으 향상에도 크게 이바지할 수 있고 나아가 우리의에도젠에 알맞은 신기술의 정착을 기대할 수 있을 것이다.

제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과

제 1 절 연구내용

1. 연구 내용 및 범위

가. 주요 교역국의 방사선 조사 실용화 실태, 검역관리 기준 규격 확보

- 1) 미, 중, 인도, EU 등 주요 수출입 교역국의 조사식품 현황 분석
- 2) 각국의 검역관리 실태 파악
- 3) 검역관리 표준화를 위한 국제 연구협력기반 조성

나. 국제기준(CODEX)에 맞는 방사선 조사 검역처리 표준 지침서(SOP) 발간

- 1) 주요 교역식품군(과채류, 향신료, 곡류, 가공식품류)의 SPS/TBT 해소를 위한 국내 표준(SOP) 설정
- 2) CODEX 기준에 부합하는 SOP 설계 및 협력국간 표준화 공동연구
- 3) 방사선 조사 검역관리 표준지침서(안) 발간

2. 연구 방법

- 1) 국제 방사선 식품조사 현황, 조사식품의 수출입 동향 및 식품 검역처리 자료 확보를 위해 참여연구원이 직접 주요국가(미국, 중국, 인도, 유럽[IAEA])에 방문하여 현지 실태 조사 및 국제 전문가를 통해 관련 정보를 수집하고, 국제기구 (IAEA-RCA)에서 주최하는 “방사선을 이용한 식품 검역처리 기술” 전문가 교육훈련(Internation Expert Training Course) 과정을 이수할 통해 세계 각국의 최신 자료 수집 및 정보 교환
- 2) 방사선 조사 식품 관련 주요 연구기관의 전문가를 초청하여, 수출입 식품 검역관리 기술에 대한 자문/세미나 개최 및 국내 검역기관, 대학 및 연구기관, 산업체 전문가 자문
- 3) 기타 본 연구와 관련된 국제기구(FAO/IAEA RCA, CODEX) 및 주요 교역대상국과 기타 연구기관을 통한 기초/최신 자료, 산업화 관련자료 및 기술정보 수집
- 4) 국제 정보 및 국내 수출입 식품류의 검역관리 체계 파악하여 국내 실정에 적합하고 WTO/FTA 체제에 부합하는 방사선 조사 수출입검역관리 표준(안) 마련

제 2 절 연구 결과

1. 국제 농산물 검역 환경의 변화

농산물의 검역기술로서 지금까지 이용되어온 훈증제(Fumigant) 등의 화학약품 처리는 효과, 비용, 건전성 및 환경적 측면으로 많은 문제점이 지적되면서 적용분야의 제한을 받기 시작했다(14). 훈증 방법에 의해서 식품에 오염된 곤충이나 해충의 알(卵)을 파괴 시킬 수 있으나 제품을 멸균시킬 수는 없다. 전통적으로 사용되고 있는 훈증방법에서는 ethylene oxide(EO)와 methyle bromide(MeBr)를 사용하는 것이다. EO는 발암 유발 물질로 알려져 1991년에 EU에서 사용이 금지되었고 미국에서는 검토 중이다. MeBr은 대기의 ozone을 파괴시키는 것으로 보고되었다(15). 또 하나의 훈증방법으로서 sulfur dioxide (SO₂) gas를 사용하는 것인데 이 방법은 아직도 시험 평가 중이다. 이와 같은 훈증 방법 사용에 따라 예상되는 건강장해는 대체 기술의 필요성을 강력히 시사하고 있다. 1986년 UNEP의 의결로 발효된 MeBr의 사용 규제는 농산물 교역에서 관리기술의 변화를 예고하였다(표 5).

표 5. Methyl Bromide의 사용 규제/금지 사항

국 가	규제량 (시행년도)
선진국	25% (1999)
	50% (2001)
	70% (2003)
	전면금지 (2005)
개발도상국	20% (2005)
	전면금지 (2015)

(UNEP, Montreal Protocol, 1986)

국내의 경우, 증가하는 수입 농산물의 미생물이나 해충을 제어하기 위한 방법으로 화학 훈증제를 사용하고 있으나 국제 규정에서 제시하였듯이 2015년 이후에는 훈증제의 사용이 금지되기 때문에 식물검역 분야에 대한 기술(Alternative technology)이 필요한 실정이다(14). 최근 IPPC은 식물검역에 방사선기술의 이용에 관한 국제기준에 관한 가이드라인을 제시함으로써 과일류 수출입 검역에서 훈증제나 화학보존제의 대체 기술로서 방사선기술이 농산물 무역에 유용이 사용될 것으로 전망된다(13).

Del Mante Foods, Philip Morris/Kraft 및 Mitsubishi와 같은 다국적 기업은 세계적 위치를 굳히기 위하여 방사선 조사를 선호하고 있다. 세계적 식품기업은 노동력이 싸고 농약을 많이 사용하지 않은 열대지역의 과실과 채소류에 주목하고 있다. 주요대상국은 중국, 브라질, 남아프리카, 필리핀, 칠레, 아르헨티나, 태국과 멕시코이며 선진국은 미국, 호주, 뉴질랜드 및 캐나다를 포함하여 방사선 식품조사에 대하여 큰 관심을 가지고 주목하고 있다. 수출용 과일에 대한 방사선 조사는 과일의 저장기간을 연장하고, 과일파리(Fruit fly)와 같은 유해한 해충을 제거하여 TBT로 되어 있는 유해 미생물의 반입을 차단할 수 있기 때문에 선진 검역기술로서 인정되어 방사선 조사된 과일이 세계 각국에 수출할 수 있게 된다. 이와 같은 기술은 식품 공급의 산업화와 관련기구 활성화를 촉진하며 세계적으로 식량 교역을 증가시키고 있다. 국내에서도 신선과채류의 편의성과 영양적 가치 때문에 그 소비가 해마다 증가하고 있고 부족한 공급과 다양한 소비자의 요구를 충족시키기 위해 미국, 남미, 중국을 비롯한 동남아시아 국가로부터 수입이 증가하고 있으나 훈증제 사용 금지 후 이를 대체할 기술이 준비되어 있지 않은 실정이다.

가. 방사선 식품조사 국제시장 규모 분석

2005년도 국제 방사선 식품조사 시장 동향 분석 결과에 따르면 방사선 조사된 식품 및 농산물은 총 405,000톤이고 경제적인 가치로는 24억 달러 규모였다(14). 이 중에서 45%(183,000톤)가 아시아와 오세아니아 지역에서 생산되었고 29%(116,000톤)가 미주지역에서, 22%(90,000톤)가 아프리카와 우크라이나 지역에서, 4%(15,000톤)가 EU지역에서 각각 생산되었다. 경제적 규모로는 미주지역이 16억 달러, 아시아와 오세아니아 지역에선 4억 7천만 달러, 아프리카와 우크라이나가 2억 달러, EU의 1억 달러에 해당한다. 또한 살균을 목적으로 방사선이 조사된 양념류나 건조된 야채류는 186,000톤(46%) 이었고 방사선을 조사하여 살균된 곡류나 과일류 그리고 육류나 생선의 양은 각각 82,000톤(20%)과 32,000톤(8%) 이었다. 마늘이나 감자의 경우는 88,000톤(22%)이 방사선이 조사되었고 건강보조식품, 버섯, 꿀과 같은 기타 식품 중 17,000톤(4%)이 방사선에 조사된 후 유통되었다(15).

나. 주요 농산물 수출국의 검역활용 사례

1) 미국

농산물 수출입 검역관리를 위한 방사선 조사는 하와이, 캘리포니아, 플로리다에서 주로 수행하고 있으며 방사선 조사시설(업체)과 관련 규정은 USDA 산하 미국 동식물검역소(APHIS)에 의해 관리되고 있다. 신선 과일류의 방사선 조사는 150 - 400 Gy의 흡수선량에서 실시하고 있다. 우수 방사선 조사 절차(Good Irradiation Practice, GIP)에 따른 조사선량의 정확성을 보증하기 위한 dosimetry와 검역관리 기준에 대한 정기 검사를 실시하여 방역과 검역 관리에 활용하고 있다.

2) 태국

2006년 태국은 방사선 조사한 과일류를 미국에 수출하기 시작하였다. 미국과의 수입 조건에서 과일은 곤충류와 식물 해충 구제를 위해 400 Gy로 방사선 조사하여 검역처리하고 수출하도록 계약하였으며, 미국 정부가 인증한 업체에서 실시하여야 한다. 식물위생 증명서에 따라 수출국 검사증명서에 부기하여 방사선 조사를 실시하고 litchi의 경우, litchi에 상해를 입히는 곰팡이 *Peronophythora litchii*가 제거되었음을 수출국 검사증명서에 기록하여야 한다.

3) 멕시코

2008년 멕시코 정부는 구아바, 감귤, 망고 등이 미국으로 수출할 수 있도록 수입 기준을 마련하였다. 구아바는 최소 400 Gy의 방사선 조사를 해야 하며 선적 물품은 멕시코 국립식물검역소 (NPPO)에 의해 검사를 받아야 한다.

4) 인도

2007년부터 미국으로 수출하기 시작한 인도산 망고는 400 Gy의 방사선 조사가 요구된다. *Cytosphaera mangiferae*, *Macrophoma mangifera* 같은 곰팡이류와 세균의 일종인 *Xanthomonas campestris* pv.의 미국 내의 유입되는 것을 막기 위한 추가적인 방법이 연구되고 있다.

다. 농산물 검역에서 방사선 조사기술의 전망

훈증제를 대체하기 위해 대안 제시를 위해 먼저 고려해야 할 사항은 경제성이다. 방사선 조사는 기존의 방법들보다 위생화 비용이 25 - 55 달러/Ton 으로 다른 처리방법들(50 - 600 달러/Ton)에 비해 경제적이다(16) (표 6).

표 6. 식물 위생화를 위한 경제성 비교

Treatments	US\$/Ton
Hot water	250
Steam treatment	200 - 250
Refrigeration	46 - 600
Controlled atmosphere	50 - 600
Irradiation	25 - 55

식물검역을 위한 방사선의 이용은 IPPC에 의해 현재 국제적으로 승인이 되어 있고(17), 농산물이 수입되기 전 저선량(<1 kGy)의 방사선 조사만으로 과일 또는 채소류에 상관없이 모든 유해

해충을 구제할 수 있으며 제품의 품질에 미치는 영향도 다른 살충방법과 달리 적다(표 7). 따라서 확실한 처리를 통해 해충을 미리 사멸시켜 놓으면 수입 통관 시 반복처리를 하지 않아도 되기 때문에 검역이 매우 빨리 진행된다(17, 18).

표 7. 방사선 조사가 이용되고 있는 농산물과 이용 선량

농산물	조사선량(Gy)	수출국가
Mangos	400	인도
Litchi, longan, rambutan mangosteen	400	태국
Dragon fruit		베트남
Guavas, mango	150	멕시코
Grape, strawberry, mushroom	<400	미국
Litchi, mango, papaya, logan	<250	호주

농산물의 안전 검역을 위한 방사선 조사기술의 이용을 확대하기 위해 FAO와 IAEA는 합동으로 국제 전문가 공동연구 사업을 수행하여 왔다. 이 활동을 중심으로 방사선 조사기술 적용에 관한 규정은 FAO/IAEA/WHO의 후원 하에 설립된 ICGFI에서 각국 정부에서 지정한 방사선 식품조사 전문가로 구성된 그룹이 방사선 식품조사 기술의 R&D 성과와 결과의 평가를 수행하였고, 회원국과 국제기구에 방사선 조사기술의 적용에 관해 권고하여왔다. 또한, 국제 기준에 맞게 회원국 간의 규정을 단일화하 간방사선 조사된 농산물의 교역을 원활하게 하기 위하여 과학적인 자료들을 수집하 간평가 분석한 정보를 제공하여 왔다(19). 우리나라도 1998년 FAO/IAEA Workshop(서울, 1998년 4월)에서 아시아 태평양 지역 IAEA 회원국과 Codex 기준에 맞게 자국내 규정을 일치하자 간합의하여 2004년 5월 식품공전의간방사선 조사식품 규정을 Codex 범주로 재편하였다. 그러나, 신선 야채와 과일과 같은 주요 교역대상 농산물에 대한 규정이 마련되어간의지 않아 WTO체제에서 동남아시아와 농산물 주요 수출국과의 FTA/DDA 통상교섭에서 매우 불리한 입장에간의를 수간의고, TBT 판정에간따른 불이익을 입을 수간의다. 따라서, 무조건적인 수입허용으로 인한 국내 농업기반을 붕괴시키지 않으면서, 우리 농산물을 보호하 간또한 우수간농산물을 수출할 수간의는 해안이 마련되어야 할 것이다. 2015년부터 시행할 MeBr 전면 규제에 따른 준비기간이 매우 짧다. 통상의 문제는 이제 농업, 식품 산업만의 문제가 아닌 국가 산업전체에 걸쳐 영향을 미칠 수 있기 때문에 준비가 철저해야 한다. 이제는 기술적 오해와 몰이해에서 벗어나 국제적 활용에 대해 냉정히 관찰하고 준비하여야 할 것이다. 방사선 조사기술은 완벽한 검역관리 기술은 아니다. 그러나, 앞으로 당면할 문제를 해결하는데 큰 역할을 담당할 수 있는 국가가 보유한 기술인 것이다.

라. 시사점

수입 농산물의 안전과 식량안보의 확립, 국제 교역에서 국익과 경제성, 화학 훈증제의 대체기술 마련으로 인해, 국제적으로 방사선 조사기술의 이용이 증가하고 있다. 하지만, 국내에 식물검역 분야에 이 기술을 적용하기 위한 규정이 마련되어 있지 않고 소비자 수용성도 낮기 때문에 농산물 교역에서 국제적 마찰이 우려된다. 물론 무작위로 수입 농산물을 받아들일 수만은 없다. 국내 농업기반의 안정을 꾀하면서, 국제 교역환경의 변화에 대응하기 위한 노력이 절실히 필요한 시점이다. 따라서 국제 환경변화에 대한 능동적인 대처를 위해 정보의 획득, 지속적인 연구개발, 실효성 있는 정책의 수립과 시행이 이루어져야 할 것이다. 방사선 조사기술과 같은 국제적인 요구에 부응하는 기술의 획득과 적용으로 국내의 우수 농산품을 수출할 수 있고, 그 시장은 넓게 펼쳐져 있다.

2. 수출입 식품류 검역에 관한 방사선 조사기술 기준

가. 국제식품규격위원회 (Codex)

1) Codex Standard Revision (2003)

- 최소 흡수선량은 기술적인 목적으로 이루어야 하고, 최고 흡수선량은 소비자의 안전성, wholesomeness 또는 기능적 특성 및 관능적 특성에 영향을 미치지 말아야 한다.
- 최고 흡수선량은 기술적인 목적을 위하여 10 kGy 이상을 초과해서는 안된다.

2) Codex General Standard for Irradiated Food

- 1983
 - Codex issued a World Wide General Standard for Irradiated Foods
 - Codex Recommended Code of Practice for the Operation of Radiation Facilities for the Treatment of Food
- 2003
 - 개정된 안을 발행
 - Codex Recommended International Code of Practice for Radiation Processing of Food

3) 보고 요구사항

- 조사 시설에서는 서면 보고서를 BFAD에 제출하여야 하며 다음을 기초로 작성해야 함
 - 이름과 시설

- 조사기간 (1~12월)
- 처리된 식품의 설명
- 시료 처리구 및 조사 날짜를 포함한 처리된 식품의 정보

나. International Plant Protection Convention (IPPC)

(1) 해충 유입을 막기 위한 방법

- 병해충이 발생하지 않았던 지역으로 농산물이 수입되기 전 가열, 냉장, 방사선 조사 및 훈증 처리와 같은 식물위생 처리를 통해 병해충의 숙주가 되는 농산물의 해충구제 작업
- 가열, 냉장, 훈증 처리가 농산물의 품질에 큰 영향을 미치는데 반해, 방사선 처리는 과일 또는 채소류에 상관없이 모든 해충들을 구제할 수 있고, 제품의 품질에 미치는 영향도 적다.
- 이온화 방사선은 농산물을 온도 변화 없이 빠르게 통과할 수 있고, 대부분의 농산물들은 병해충의 제어를 위해 필요한 선량 범위에 대해서 충분한 내성을 갖고 있기 때문에 효과적(Morris and Jessup, 1994, Thomas, 2001)
- 현재 가열, 냉장 및 훈증처리 방법들은 농산물의 품질에 대한 부작용을 최소화 하면서 병해충을 죽일 수 있는 쪽으로 개발되고 있다(Paull, 1994, Wall, 2008).

(2) 방사선 조사의 이용

- 다른 살충방법과 달리, 방사선은 안전한 검역을 확보하기 위해 현장에서 바로 조사처리할 필요가 없음
- 따라서 확실한 처리를 통해 해충을 미리 사멸시켜 놓으면 수입 할 때 반복처리를 하지 않아도 됨
- 그러나 허용된 선량으로 조사처리 되었다는 확인증만 포장 시 동봉하면 됨
- 방사선 처리 기술은 해충으로부터 안전성을 확보하기 위해 충분한 여유를 두되 허용 가능한 최소한의 선량으로 조사가 되어야 하며, 신뢰성 있는 데이터 확보가 중요
- 방사선 처리는 식물 위생 확보를 위해 보편적으로 사용되는 기술이 아니다(Follett and Neven, 2006). 예를 들어, 일본, 대만과 유럽연합은 식물 위생 처리 기술로서 방사선 조사를 불허용

(3) Phytosanitary measure로서의 이용

- 방사선은 International Plant Protection Convention에 의해 현재 국제적으로 승인이 되어 있다 (FAO, 2003).
- 그리고 현재 이용되는 처리법을 대체할 수 있는 기술로서 많이 이용되고 있는 실정

- 방사선 적용에 대해 개발된 몇 가지 기술들과 위험 요소 관리법들이 세계적인 기술로 사용되고 있으며, 특히 이 기술에 의해 신선 농산물의 거래가 촉진

(4) Radio tolerance of insects

- 곤충 중, 쌍시류(flies), 갑충류(beetles), 반시류(true bugs)들은 인시류(moths, butterflies)에 비해 방사선 저항성이 낮은 것으로 보고(Hallman, 2000, Bakri et al., 2005). 반시류(scales, mealybugs, aphids와 whiteflies), Thysanoptera(thrips)에 대한 연구는 거의 되어 있지 않다.
- 방사선 저항성 해충 : Indian meal moth, *Plodia interpunctella* 그룹과 Angoumois grain moth, *Sitotroga cerealella* 그룹은 저장된 곡식에서 생존하는 곤충(Ahmed, 2001, Ignatowicz, 2004). Angoumois grain moth는 500 Gy에서는 번식이 가능하지만, 600 Gy에서는 완전 사멸(Ignatowicz, 2004). 대부분의 곤충들은 300 Gy 이하의 선량에서 제어 가능. 진드기류의 실험에서 몇몇 종들이 이온화 방사선에 상대적으로 내성을 가진 것으로 나타남. 소수의 연구들에서 100% 사멸을 위한 예측 선량의 확인을 위해 대규모 실험이 진행(아래에서 논의).

(5) Methodology for developing irradiation quarantine treatments

- 식물 위생 처리로서 방사선 조사의 목적
 - 수입되는 농산물 또는 그 속에 존재하는 해충을 제어하기 위한 검역 안보의 제공
- 농산물 내 해충 번식을 제어하기 위한 방사선 조사의 이용
 - 만약 농산물에 다양한 종들의 해충들이 증식하고 있다면, 방사선 연구는 검역 대상인 해충들의 방사선 저항성에 관하여 심도 깊게 수행되어야 함
 - 또한 검역 안보를 위해 한 번의 조사로 완전 사멸 가능한 선량이 결정되어야 함
 - 농작물에 출현하는 해충들의 방제를 위한 연구 중, 성충의 발생 또는 번식을 막는 것이 목적이라면, 방사선 저항성 연구가 반드시 필요
 - larva(또는 nymph), pupa, 성충에 관한 연구가 많이 되어 있음

(6) 농산물에서의 성충

- 농산물에서 성충은 자주 발견(e.g. Follett, 2006a)
- 농산물에서 성충이 발견되는 시기에 해충의 저항성이 가장 강해지며, 살충을 위해 많은 노력이 필요
- 또한 해충들의 교배시기가 되어도 마찬가지임
- 수컷은 보통 암컷보다 저항성이 더 강함

- 살충에 필요한 선량보다 약간 낮은 선량으로 방사선 조사된 수컷, 비조사 수컷과 암컷을 비교해 보면 어느 쪽이 더 저항성이 강한지 알 수 있음(Follett and Lower, 2000).
- 광범위한 확인 실험에서, 수컷과 암컷을 조사처리 하기 전 교배시키고, 암컷이 알을 낳도록 함. 방사선 조사 처리를 한 후, 생존한 수컷과 암컷을 한 곳에 모아두고, 교배를 시키고. 성충인 암컷을 평균선량으로 조사를 하게 될 경우 종종 알을 부화(특히, 성충이 조사될 당시에 알을 품고 있을 경우). 그러나 해충의 알은 부화하지 않거나, 부화한 어린 유충들은 성장하지 못함(Follett and Taniguchi 2007). 무성생식을 하는 암컷에 모든 실험의 초점이 맞춰져 있음. 드문 경우이지만 방사선 조사된 해충은 회복될 것이고, 그러므로 해충이 사멸할 때 까지 실험을 끝까지 진행하는 것이 중요함
- 많은 해충들은 복잡한 testing methods에 기인한 생활사
 - diaspidid scale 곤충들은 부착성 생활사를 가진다(식품에 부착). 그리고 생명력이 길다. 몇몇 해충들은 생존하기 위해 살아있는 host material이 필요(Follett 2006 b, c)
- long lived semi sessile coccid scale, green scale (*Coccus viridis*)는 gardenia, coffee 와 hibiscus와 같은 살아있는 host material에서만 번식. 방사선 조사 후 식물의 빠른 품질 열화로 인해 이들 해충 실험을 하기는 매우 어려움(Hara et al., 2002). Diapausing과 non diapausing류의 해충들은 방사선에 대한 저항성이 다름. 그리고 서로 다른 bioassay methods가 필요(Hallman, 2003).

(7) 해충의 방사선 저항성

- 해충들의 방사선 저항성을 성숙도에 따라 결정하기 위해 모든 생육단계를 조사 선량별로 측정해야 함. 일반적으로 5개 선량에 대해 5반복으로 30-50종의 해충들을 실험에 사용. 이상적인 저항성 결정 방법은 발육 단계 또는 해충의 종에 대해 사멸 단계에 이를 수 있는 선량보다 조금 약하게 조사한 후 실험을 진행.
- 실험은 해충들의 생태학적인 측면을 고려해서 설계되어야 하고, 가능하다면 각각의 해충들은 자기가 좋아하는 농산물 내에서 실험되어야 함. 왜냐하면 저산소 조건에서 방사선 저항성이 증가하는데, 과일 내부는 저산소 조건이고 유충들의 대부분이 과일 내에서 번식하기 때문(Follett and Armstrong, 2004, Hallman, 2004).
- 만약 인위적으로 해충들을 농산물에 접종할 경우, 해충들을 자연스럽게 혹은 선호하는 부분에 접종해야 하고, 방사선량계도 해충이 위치한 곳에 정확하게 위치시켜 흡수선량을 측정하여야 함
- Once dose response tests는 완벽해야 하고, large scale tests는 100% 살충할 수 있는 선량으로 조사하되 저항성이 가장 강한 life stage에서 수행되어야 함. host material에 접종할 경우 자연적으로 기생하는 해충 수 만큼 접종해야 하고, 그 후에 방사선을 조사

하게 됨

- 대조구의 사멸률이 20% 이하라고 하지만, 야생 또는 농산물에 자연적으로 기생하게 되는 해충들의 사멸률은 조금 더 높음.
- poor hosts, control과 test insects는 treatment를 위해 host내부로 삽입되고, 그 때 생존률을 높이기 위한 diet를 공급한다.

(8) Covariance analysis

- stages 또는 종들 간의 반응을 비교하기 위해 사용
- 각각의 그룹에 대해 적합한 회귀방정식을 요구. 그래서 parallelism 시험(dose interaction effect)에 의한 nonsignificant stage 또는 species)은 stage 또는 species effects를 비교하기 전에 먼저 수행(e.g. Follett and Armstrong, 2004).

(9) 분석 예

- 정밀한 수준에서 검역 안보를 달성하기 위한 실질적인 선량은 소규모 dose response tests에서 구해진 선량을 초과. 예를 들면, 90 Gy의 선량(900마리의 해충들 중 100% 사멸)은 파파야 내에 처리된 adult melon flies의 번식을 막기 위해 구해진 선량(Follett and Armstrong, 2004). 그러나, 다음의 large scale testing에서 120 Gy의 조사는 third instars와 several partially emerged pupae를 사멸(50,000마리 중 1마리만 살아남음). 또한, 대규모 실험에서 150 Gy로 선량을 증가시키면 96,700 마리의 해충들이 100% 사멸(Follett and Armstrong, 2004). 이 사실은 선량의 확인을 위한 대규모 실험이 필요.

(10) 방사선량계를 이용 해충에 대한 방사선 조사 연구

- 이 연구의 목적은 dose uniformity ratio (DUR)을 최소화 하는 것. 그러므로 dose response tests에서 변이를 줄일 수 있을 것임. 이것은 과도하게 살충되지 않을 정도의 적정 선량을 구하는데 도움.
- Gammacell 220 types (MDS Nordion, Canada)와 같은 Small scale research irradiators는 small radiation chamber volume를 가짐. 그러므로 조사되는 동안 농산물 내 모든 지역은 source와 매우 가까운 거리가 되고, DURs는 최소화 될 수 있음(typically 1.2 미만)
- 일반적으로 large scale commercial irradiators는 높은 DURs 때문에 dose response research를 수행하는데 유용하지 않음(약 3:1 정도의 오차)
- High DURs은 농산물의 부피와 밀도의 결과이지 방사선 조사시설의 size와는 상관없음
- 상업적인 방사선 조사시설을 연구에 사용할 경우, 농산물의 깊이(e.g. individual fruits)

를 최소화해야 DURs를 최소로 줄일 수 있음. 예를 들면, Follett와 Armstrong (2004)는 전자선 가속기(5 MeV, model TB 5/15, SureBeam Corp., San Diego, California)가 장착된 상업적인 x ray facility을 사용하여 과파야 내 fruit fly larvae에 방사선 조사. 이때, DUR을 최소화하기 위해 해충이 접종된 과일을 beam에 수직 방향으로, 횡렬 종대로 조사를 실시

- 선행 연구에 의하면, metal carrier의 floor와 side에 가까울수록 조사 선량이 낮아짐. 따라서 과일이 담긴 tubs을 carrier의 정 중앙에 위치시켜 조사. 이 연구를 통해 DURs는 균일하게 1.2 미만으로 나오는 것을 확인(Follett와 Armstrong, 2004).

표 8. 2008 신선 과일의 식물 검역처리에 대한 방사선 처리 승인

수출국 (과일, 주)		수입국	선량 (Gy)
오스트레일리아	망고, 파파야	뉴질랜드	150, 250
미국 (하와이)	Abiu, Atemoya, 바나나, 빵나무, 오렴자, 감귤류, 용과, 바라밀, 리치, 용안, 망고, 망고스틴, 멜론, 파파야, 파인애플, 사포딜라	미국 본토	150, 400
인도	망고	미국	400
인도	망고	호주	400
멕시코	구아바, 감귤, 망고	미국	400
태국	리치, 용안, 람부탄, 망고, 망고스틴, 파인애플	미국	400
베트남	용과	미국	400

표 9. 아시아 태평양 지역에서 포도에서 검출될 수 있는 검역해충

종	과	이름
<i>Bactrocera dorsalis</i>	과실파리과	Oriental fruit fly
<i>Bactrocera neohumeralis</i>	과실파리과	Lesser Queensland fruit fly
<i>Bactrocera tryoni</i>	과실파리과	Queensland fruit fly
<i>Ceratitidis capitata</i>	과실파리과	Mediterranean fruit fly
<i>Epiphyas postvittana</i>	잎말이나방과	Light brown apple moth, Grape phylloxera

표 10. 아시아 태평양지역에서 litchi의 검역 해충

나라 종 (From, to)		과	이름
미국 본토	<i>Bactrocera dorsalis</i>	과실파리과	Oriental fruit fly
	<i>Ceratitis capitata</i>	과실파리과	Mediterranean Fruit fly
	<i>Cryptophlebia illepida</i>	잎말이나방과	Koa seedworm
	<i>Cryptoplebia ombrodelta</i>	잎말이나방과	Litchi fruit moth
	<i>Epiphyas postvittana</i>	잎말이나방과	Light brown apple moth
	<i>Criophyes litchi</i>	혹응애과	Litchi rust mite
대만 미국	<i>Bactrocera cucurbitae</i>	과실파리과	Melon fly
	<i>Bactrocera dorsalis</i>	과실파리과	Oriental fruit fly
	<i>Ceroplastes rubens</i>	밀깍지벌레	Red wax scale
	<i>Coccus viridis</i>	밀깍지벌레	Green scale
	<i>Conopomorpha sinensis</i>	잎말이나방과	Litchi stem end borer
	<i>Cryptoplebia ombrodelta</i>	잎말이나방과	Litchi fruit moth
	<i>Deudorix epijarbas</i>	부전나비과	
	<i>Dysmicoccus neobrevipes</i>	가루깍지벌레과	Grey pineapple mealybug
	<i>Planococcus lilacinus</i>	가루깍지벌레과	
<i>Planococcus minor</i>	가루깍지벌레과		

표 11. 아시아 태평양 지역의 longan의 검역해충

나라 종 (From To)		과	이름
미국 본토	<i>Bactrocera cucurbitae</i>	과실파리과	Melon fly
	<i>Bactrocera dorsalis</i>	과실파리과	Oriental fruit fly
	<i>Ceratitis capitata</i>	과실파리과	Mediterranean Fruit fly
	<i>Cryptoplebia ombrodelta</i>	잎말이나방과	Litchi fruit moth
	<i>Cysmicoccus neobrevipes</i>	가루깍지벌레과	Grey pineapple mealybug
	<i>Criophyes litchii</i>	혹응애과	Litchi rust mite
	<i>Maconellicoccus hirsutus</i>	가루깍지벌레과	Pink hibiscus mealybug
대만 미국	<i>Bactrocera correcta</i>	과실파리과	
	<i>Bactrocera dorsalis</i>	과실파리과	Oriental fruit fly
	<i>Ceroplastes rubens</i>	밀깍지벌레	Red wax scale
	<i>Conopomorpha sinensis</i>	잎말이나방과	Litchi stem end borer
	<i>Cryptoplebia ombrodelta</i>	잎말이나방과	Litchi fruit moth
	<i>Deudorix epijarbas</i>	부전나비과	
	<i>Drepanococcus chiton</i>	가루깍지벌레과	
	<i>Dysmicoccus neobrevipes</i>	가루깍지벌레과	Grey pineapple mealybug
	<i>Planococcus lilacinus</i>	가루깍지벌레과	
<i>Planococcus minor</i>	가루깍지벌레과		

표 12. 아시아 태평양 지역의 망고 검역 해충

나라 종 (From to)		과	이름
하와이 미국 본토	<i>Bactrocera dorsalis</i>	과실파리과	Oriental fruit fly
	<i>Ceratitis capitata</i>	과실파리과	Mediterranean fruit fly
	<i>Sternochetus mangiferae</i>	바구미과	Mango seed weevil
대만 미국	<i>Sternochetus frigidus</i>	바구미과	Mango pulp weevil
	<i>Sternochetus mangiferae</i>	바구미과	Mango seed weevil
	<i>Sternochetus olivieri</i>	바구미과	
	<i>Bactrocera carambolae</i>	과실파리과	Caribbean fruit fly
	<i>Bactrocera correcta</i>	과실파리과	
	<i>bactrocera cucurbitae</i>	과실파리과	Melon fly
	<i>bactrocera dorsalis</i>	과실파리과	Oriental fruit fly
	<i>Bactrocera papayae</i>	과실파리과	Papaya fruit fly
	<i>Bactrocera tuberculata</i>	과실파리과	
	<i>Bactrocera zonata</i>	과실파리과	Peach fruit fly
	<i>Ceroplastes rubens</i>	밀깍지벌레	Red wax scale
	<i>Coccus viridis</i>	밀깍지벌레	Green coffee scale
	<i>Aulacaspis tubercularis</i>	Diaspidididae	
	<i>Pseudaonidia trilobitiformis</i>	깍지벌레과	
	<i>Dysmicoccus neobrevipes</i>	가루깍지벌레과	Grey pineapple mealybug
	<i>Planococcus lilacinus</i>	가루깍지벌레과	
	<i>Maconellicoccus hirsutus</i>	가루깍지벌레과	Pink hibiscus mealybug
	<i>Nipaecoccus viridis</i>	가루깍지벌레과	
	<i>Planococcus lilacinus</i>	가루깍지벌레과	
	<i>Planococcus minor</i>	가루깍지벌레과	
<i>Rastrococcus spinosus</i>	가루깍지벌레과		
<i>Phomopsis mangiferae</i>	진균류		
호주 뉴질랜드	<i>Amblypelta lutescens</i>	허리노린재과	Banana spotting bug
	<i>Amblypelta nitida</i>	허리노린재과	Fruit spotting bug

<i>Aonidiella orientalis</i>	각지벌레과	Oriental yellow scale
<i>Aspidiotus destructor</i>	각지벌레과	Coconut scale
<i>Aulacaspis tubercularis</i>	각지벌레과	Common mango scale
<i>Bactrocera jarvisi</i>	과실파리과	Jarvis' fruit fly
<i>Bactrocera aquilonis</i>	과실파리과	Northern territory fruit fly
<i>Bactrocera cucumis</i>	과실파리과	Cucumber fruit fly
<i>Bactrocera frauenfeldi</i>	과실파리과	Mango fruit fly
<i>Bactrocera kraussi</i>	과실파리과	Krauss' fruit fly
<i>Bactrocera murrayi</i>	과실파리과	
<i>Bactrocera neohumeralis</i>	과실파리과	Lesser Queensland fruit fly
<i>Bactrocera opiliae</i>	과실파리과	False oriental fruit fly
<i>Bactrocera tryoni</i>	과실파리과	Queensland fruit fly
<i>Campylomma liebknechti</i>	장님노린재과	Apple dimpling bug
<i>Ceratitidis capitata</i>	과실파리과	Mediterranean fruit fly
<i>Ceroplastes rubens</i>	밀각지벌레	Red wax scale
<i>Chionophasma fimbriata</i>	독나방과	
<i>Clumetia euthysticha</i>	밤나방과	Small mango tipborer
<i>Chrysomphalus aonidum</i>	각지벌레과	Florida red scale
<i>Chrysomphalus dictyospermia</i>	각지벌레과	Dictyospermum scale
<i>Coccus viridis</i>	밀각지벌레	Green coffee scale
<i>colagaroides acuminata</i>	선녀벌레과	Mango planthopper
<i>Conogethes punctiferalis</i>	명나방과	Yellow peach moth
<i>Cryptoblabes adoceta</i>	명나방과	False blossom moth
<i>Cryptoptila immersana</i>	Tortricidae	Ivy leafroller
<i>Deanolis albizonalis</i>	명나방과	Mango fruit borer
<i>Dirioxa pornia</i>	과실파리과	Island fruit fly
<i>Dudua aprobola</i>	앞말이나방과	Leaf curling moth
<i>Eucyclodes pieroides</i>	자나방과	Bizarre looper
<i>Eudocima fullonia</i>	밤나방과	Fruit piercing moth
<i>Eudocima materna</i>	밤나방과	Fruit piercing moth

	<i>Eudocima salamina</i>	밤나방과	Fruit piercing moth
	<i>Eudocima tyrannus</i>	밤나방과	Fruit piercing moth
	<i>Frankliniella schultzei</i>	총채벌레과	Flower thrips
	<i>Helopeltis clavifer</i>	장님노린재과	Mosquito bug
	<i>Icerya aegyptiaca</i>	이세리아까지벌레과	Egyptian fluted scale
	<i>Idioscopus clypealis</i>	매미충과	Mango hopper
	<i>Idioscopus nitidulus</i>	매미충과	Mango hopper
	<i>Ischnaspis longirostris</i>	각지벌레과	Black thread scale
	<i>Isotenes miserana</i>	앞말이나방과	Orange fruitborer
	<i>Lobesia sp.</i>	앞말이나방과	European grape berry moth
	<i>Monolepta australis</i>	앞벌레과	Red shouldered leaf beetle
	<i>Monolepta divisa</i>	앞벌레과	Small monolepta beetle
	<i>Nipaecoccus vastator</i>	가루각지벌레과	Karoo thorn mealybug
	<i>Ophiussa tirhaca</i>	밤나방과	Fruit piercing moth
	<i>Penicillaria jocosatrix</i>	밤나방과	mango tipborer
	<i>Phenacaspis dilatata</i>	과실파리과	Mango scale
	<i>Planococcus citri</i>	각지벌레과	Citrus mealybug
	<i>Pseudaulacaspis cockerelli</i>	과실파리과	Cockerell's scale
	<i>Rastrococcus sp.</i>	가루각지벌레과	Rastrococcus mealybug
	<i>Rhyparida limbatipennis</i>	앞벌레과	Brown swarming leaf beetle
	<i>Saissetia miranda</i>	각지벌레과	Mexican black scale
	<i>Selenothrips rubrocinctus</i>	Tripidae	Redbanded thrips
	<i>Sternochetus mangiferae</i>	바구미과	Mango seed weevil
인도 미국	<i>Bactrocera caryeae</i>	과실파리과	
	<i>Bactrocera correcta</i>	과실파리과	
	<i>Bactrocera cucurbitae</i>	과실파리과	Melon fly
	<i>Bactrocera diversa</i>	과실파리과	
	<i>Bactrocera dorsalis</i>	과실파리과	Oriental fruit fly
	<i>Bactrocera tau</i>	과실파리과	Pumpkin fruit fly

	<i>Bactrocera zonata</i>	과실파리과	Peach fruit fly
	<i>Sternochetus frigidus</i>	바구미과	Mango pulp weevil
	<i>Sternochetus mangiferae</i>	바구미과	Mango seed weevil
	<i>Aulacaspis tubercularis</i>	각지벌레과	
	<i>Parlatoria crypta</i>	각지벌레과	
	<i>Pseudaonidia trilobitiformis</i>	각지벌레과	
	<i>Ceroplastes rubes</i>	밀각지벌레	Red wax scale
	<i>Coccus viridis</i>	밀각지벌레	Green coffe scale
	<i>Actinodochium jenkinsii</i>	균	
	<i>Cytosphaera mangiferae</i>	균	
	<i>Hendersonia creberrima</i>	균	
	<i>Macrophoma mangiferae</i>	균	
	<i>Phomopsis mangiferae</i>	균	
	<i>Xanthomonas campestris</i> <i>pv. mangiferaeindicae</i>	박테리아	
인도 호주	<i>Sternochetus frigidus</i>	바구미과	Mango pulp weevil
	<i>Sternochetus mangiferae</i>	바구미과	Mango seed weevil
	<i>Bactrocera caryeae</i>	과실파리과	
	<i>Bactrocera correcta</i>	과실파리과	Guava fruit fly
	<i>Bactrocera cucurbitae</i>	과실파리과	Melon fruit fly
	<i>Bactrocera dorsalis</i>	과실파리과	Oriental fruit fly EP
	<i>Bactrocera invadens</i>	과실파리과	Asian fruit fly
	<i>Bactrocera tau</i>	과실파리과	Pumpin fruit fly
	<i>Bactrocera zonata</i>	과실파리과	Peach fruit fly
	<i>Abgrallaspis cyanophylli</i>	각지벌레과	Cyanophyllum scale
	<i>Parlatoria crypta</i>	각지벌레과	Mango white scale
	<i>Ferrisia malvastra</i>	Pseudococcidae	Malvastrum mealybug
	<i>Ferrisia virgata</i>	Pseudococcidae	Striped mealybug
	<i>Planococcus lilacinus</i>	Pseudococcidae	Coffee mealybug
	<i>Rastrococcus iceryoides</i>	Pseudococcidae	Downy snowline mealybug

	<i>Rastrococcus invadens</i>	Pseudococcidae	Mango mealybug
	<i>Rastrococcus spinosus</i>	Pseudococcidae	Philippine mango mealybug
	<i>Orgyia postica</i>		Cocoa tussock moth
	<i>Deanolis sublimbalis</i>	명나방과	Red banded mango caterpillar
	<i>Rhipiphorothrips cruentatus</i>	총채벌레과	mango thrips
	<i>Elsinoe mangiferae</i>	균	Mango scab
	<i>Fusarium mangiferae</i>	균	Mango malformation

표 13. 아시아 태평양 지역의 망고스틴의 검역 해충

나라 종 (From to)		과	이름
미국 본토	<i>Bactrocera dorsalis</i>	과실파리과	Oriental fruit fly
	<i>Ceratitis capitata</i>	과실파리과	Mediterranean Fruit fly
	<i>Dysmicoccus neobrevipes</i>	가루깍지벌레과	Grey pineapple mealybug
	<i>Maconellicoccus hirsutus</i>	가루깍지벌레과	Pink hibiscus mealybug
	<i>Pseudococcus cryptus</i>	가루깍지벌레과	citrus mealybug
	<i>Thrips florum</i>	총채벌레	
대만 미국	<i>Bactrocera carambolae</i>	과실파리과	Caribbean fruit fly
	<i>Bactrocera dorsalis</i>	과실파리과	Oriental fruit fly
	<i>Bactrocera papayae</i>	과실파리과	Papaya fruit fly
	<i>Ceroplastes rubens</i>	밀깍지벌레	Red wax scale
	<i>Coccus viridis</i>	밀깍지벌레	Green scale
	<i>Aulocaspis tubercularis</i>	Diaspidididae	
	<i>Pseudaonidia trilobitiformis</i>	깍지벌레과	
	<i>Dysmicoccus neobrevipes</i>	가루깍지벌레과	Grey pineapple mealybug
	<i>Planococcus lilacinus</i>	가루깍지벌레과	
	<i>Maconellicoccus hirsutus</i>	가루깍지벌레과	Pink hibiscus mealybug
	<i>Nipaecoccus viridis</i>	가루깍지벌레과	
	<i>Planococcus lilacinus</i>	가루깍지벌레과	
	<i>Planococcus minor</i>	가루깍지벌레과	
	<i>Rastrococcus spinosis</i>	가루깍지벌레과	
<i>Phomopsis mangiferae</i>	균		
대만 오스트리아	<i>Bactrocera carambolae</i>	과실파리과	Caribbean fruit fly
	<i>Bactrocera dorsalis</i>	과실파리과	Oriental fruit fly
	<i>Bactrocera papayae</i>	과실파리과	Papaya fruit fly
	<i>Dolichoderus sp.</i>	개미과	Black ant
	<i>Dysmicoccus neobrevipes</i>	가루깍지벌레과	Grey pineapple mealybug
	<i>Pseudalaucaspis cryptus</i>	가루깍지벌레과	Cryptic mealbug
	<i>Tetromyrmex butteli</i>	개미과	Black ant

표 14. 아시아태평양 지역의 rambutan 검역 해충

나라 종 (From to)		과	이름
미국 본토	<i>Bactrocera dorsalis</i>	과실파리과	Oriental fruit fly
	<i>Ceratitidis capitata</i>	과실파리과	Mediterranean Fruit fly
	<i>Ceroplastes rubens</i>	밀깍지벌레	Red wax scale
	<i>Coccus viridis</i>	밀깍지벌레	Green scale
	<i>Dysimicoccus neobrevipes</i>	가루깍지벌레과	Grey pineapple mealybug
	<i>Frankliniella schultzei</i>	총채벌레과	Yellow flower thrips
	<i>Maconellicoccus hirsutus</i>	가루깍지벌레과	Pink hibiscus mealybug
대만 미국	<i>Bactrocera dorsalis</i>	과실파리과	Oriental fruit fly
	<i>Bactrocera papayae</i>	과실파리과	Papaya fruit fly
	<i>Cataenococcus hispidus</i>	가루깍지벌레과	
	<i>Ceroplastes rubens</i>	깍지벌레과	Red wax scale
	<i>Conopomorpha cramerella</i>	잎말이나방과	Cocoa pod borer
	<i>Dysimicoccus neobrevipes</i>	가루깍지벌레과	Grey pineapple mealybug
	<i>Maconellicoccus hirsutus</i>	가루깍지벌레과	Pink hibiscus mealybug
	<i>Paracoccus interceptus</i>	가루깍지벌레과	
	<i>Planococcus lilacinus</i>	가루깍지벌레과	
	<i>Palnococcus minor</i>	가루깍지벌레과	

(11) Probit 9 treatments

- 방사선 처리가 검역 안보를 제공해준다는 것을 증명하기 위한 연구에서 얼마나 많은 해충들이 사용되어야 하나? 농산물을 나라 간에 거래하는데 있어서 검역 시스템 개발을 위한 표준화된 연구 절차가 부족하기 때문에 상당한 문제
- dose response, large scale validation tests 그리고 다른 연구들에 있어서 필요한 해충들의 수는 pest, crop 및 country에 따라 달라질 수 있다.
- 미국에서는 수확 전 농산품에 대한 해충 검역을 높은 수준으로 하기 위하여 필수적으로 9가지의 평가 및 수행을 권장. probit analysis란 통계방식에서 유래된 선량상호관계에서 유래. 이 통계적 방법은 level 9에서 99.9968%의 유의수준.
- 미농무성(USDA)는 특히 tephritid 과일의 품목에서 이러한 통계방식을 사용. probit 9 제도는 적절한 품질관리를 제공하며, 문제되는 품목에 대한 검역을 관리 및 이용을 할 수 있는 가장 쉬운 방법 (Follett and Neven, 2006).
- probit 9의 93,613의 곤충 및 해충에 대한 95%의 신뢰 수준에서 이들을 사멸하고 제어하기 위해서는 생존 테스트를 필히 진행. 정량적인 방법을 통해서 적절한 방법의 신뢰 한계수를 계산하고 생존 해충이 없도록 해야 함 (Couey and Chew, 1986).

- probit 9의 testing의 안전성에 신뢰도가 없을 수 있지만, 넘쳐나는 생필품이나 수입품의 증가에 따라 probit 9의 필요는 필수적이라 할 수 있음(Mangan et al., 1997, Powell, 2003). 다른 나라에서(일본, 호주, 뉴질랜드)는 95% 신뢰수준에서 29956의 모든 해충 및 곤충을 사멸하고 제어하는데 효과적이라고 생각하며 이를 사용(Couey and Chew, 1986). 일본은 3월 4일 30000개의 테스트를 진행했으며(Sproul, 1976), 뉴질랜드는 10000개의 곤충에 대한 것을 실시했으며, 끝으로 호주의 경우 누적 30000개의 취급 (Heather and Corcoran, 1992).

(12) Alternative approaches

- 해충의 잠재력을 환경에 미치는 영향과 부합하여 도입해야 함. 즉 곤충에 대한 특성에 따라 probit 9를 개발하여 사용.
- 예를 들면 300 Gy의 방사선 조사는 망고 씨앗의 바구미, 해충 및 식품의 위생검사에서 망고에 오염된 monophagous 해충을 사멸할 목적으로 사용 (Follett and Gabbard, 2000). 또한 열매 및 식물에 대한 여러 해충의 오염된 알이나 곤충들의 제어 목적에 사용 (Seo et al., 1974, Heather and Corcoran, 1992, Follett, 2001).
- 그러나 방사선 조사는 일부 품목의 경우 품질에 부정적인 영향을 미칠 수 있음. 즉, 방사선 선량을 낮추어 필수 품목의 품질저하를 최소화 하는 방법들이 있음. 따라서 덜 위험한 농산품이나 제품의 경우 방사선 조사를 되도록 권하지 않음 (Landolt et al., 1984). 또는 해충이나 여러 오염물들의 저항성이 낮을 때 짝짓기나 대사의 악조건등을 이용하여 쉽게 이들을 제어하는 방법을 연구하여 하는 것이 probit 9의 분석법의 장점.
- 이러한 방사선 조사의 기능은 여러 환경요인에 차이를 보임(Vail et al., 1993, Yamamura and Katsumata, 1999, Follett and Neven, 2006). 9 probit의 경우 양적 또는 경제성 등에서 품질의 수확에 관련된 해충의 억제 및 사용에 중점을 둠.
- 9 probit의 사용은 검역해야할 수나 필수적 요소에 따라 적용이 다름 (Liquido et al., 1995, Follett and McQuate, 2001). 즉, 예를 들면, nectarines 나방을 제어하는 것은 본질적으로 저 소득의 사람을 위한 것이라 말할 수 있다. 3년된 어린 codling 나방(애벌레)의 경우 326,625만원 규모의 캘리포니아 샌 호 아킨 밸리의 품질에서 약 한달에 걸쳐 감염비율이 크게 증가 (Curtis et al., 1991). 이를 제어하기 위해 89600킬로그램의 과일을 걸리하고 probit 9의 방법으로 접근을 시도한 결과 유의적으로 이들에 의한 감염 및 피해 예방 가능
- 다시 말해 실제 이들의 나방을 제어하는데 95%의 신뢰성을 획득한 경우로 이들이 짝짓기에 probit 9의 경우를 도입하여 상당한 효과를 검증. 약 77.74%의 효과를 획득. 즉, 100의 출하량 중에 나방에 대한 probit 9 기법을 적용한다면 굉장히 낮은 확률로 위험을 방지하는 것이 가능. 또한 경리 기법 및 적절한 probit 9을 사용

한다면 과도한 예산의 낭비를 막을 수 있으며 능률적으로 이들을 제어 가능

- 낮은 감염의 비율인 경우, 수확할 경우, 또는 수확 후 유통 중 이들이 익어가는 것을 이용할 경우 probit 9 기법은 효과적으로 이들을 관리 및 제어하는 방법으로 사용. 즉 probit 9 기법의 추가적인 장점이라 할 수 있음(Follett and McQuate, 2001).
- probit 9 접근법에 맞는 시스템과 여러 절차를 동시에 사용하여 능률적인 효과를 얻을 수 있음(Jang and Moffitt, 1994). 예를 들어 과일의 운송 방식이나, 저선량의 방사선 또는 환경적 요인을 조절하는 방법 등을 통해 제한된 유통 기한 내 효과적으로 해충 및 애벌레 등의 유입 차단. 이처럼 probit 9의 방법은 해충을 억제하는 효과적인 시스템으로 사용 할 수 있음

(13) Genetic irradiation doses

- 일반적인 방사선의 처리는 넓은 범위에서는 품질에 영향을 주지 않고 해충의 여러 영향을 효과적으로 제어하는 방법으로 사용. 이와 같은 연구는 단번에 나타나 사용하는 것이 아니라 몇 년을 연구하여 이를 토대로 작성되어지고 사용되어지는 방법.
- 이러한 일반적 방사선 처리의 연구를 통해 해충을 검역하고 제어하는데 비용과 시간을 절약. 이러한 방사선은 코발트 60을 사용하며 이 특징은 쉽게 과일을 침투하여 표면에 있는 곤충을 상대로 효과적으로 제어. 또한 일반적인 저선량의 조사는 품질에 영향을 미치지 않는 것으로 알려짐.
- 해충이나 곤충들은 일반적으로 대사 및 활동을 통해 Taxonomic 또는 여러 좋지 못한 물질을 생성해 인간에게 해로운 영향을 미칠 수 있음. 예를 들어 대부분의 파리 유충(diptera), 과일파리(tephritidae) 또는 bactrocera 속 종류가 쉽게 과일을 오염시키거나 품질을 저하 시킬 수 있으나 방사선 조사 처리를 통해 이를 효과적으로 제어 가능. 따라서 이러한 방법은 효과적인 해충 제어 방법으로 사용 (Follett and Neven, 2006, Bakri and Hendrichs, 2004).
- 또한 방사선 조사를 이용한 해충이 제어는 여러 요건에 영향. 특히 곤충의 종류나 수에 따라 선량이 결정. 그러나 일반적인 조사는 taxon 곤충을 통해 곤충을 제어하고 효과적으로 이를 이용할.
- 최근에는 일반 방사선 조사를 과일에 처음으로 승인. 2006년 1월 27일부터 미 농무성에서 번데기 및 성인 나비목에 대한 구제를 목적으로 400 Gy 150 Gy를 각각 승인 (USDA APHIS, 2006). 아래의 표 2는 일반 특정 곤충에 대한 방사선 선량을 나타냈으며, anastrepha, bactrocera, ceratitis, 및 과일에 대한 17종의 유충을 연구하여 이를 제어하도록 조사를 승인 (Hallman and Loaharanu, 2002, Follett and Armstrong, 2004).

- 나비목과의 나방 중 성충을 제외한 모든 pupae와 곤충에 대한 400 Gy의 기본 선량을 권장 (Follett and Hallman unpublished report). 즉, 최소 선량으로 조사한 품목이 만약 하와이에서 미국 본토까지 수출이 된다면, 기본 선량으로 이를 제어하기에는 불충분하며 이를 검역할 추가적인 데이터가 필요.
- 즉 400 Gy의 기본 선량으로 고구마를 수출하는데 사용하였지만 (USDA APHIS, 2004) 연구를 통해 높은 선량이 필요 없다는 결론을 도출(Follett, 2006 a). 즉, 150 Gy 선량이면 충분한 것으로 판단. 또한 다른 오염된 곤충에 대한 선량은 250 Gy이며, 진드기는 300 Gy처럼 제어하고자 하는 해충에 대한 규제가 여러모로 연구되었으며 구체적으로 도식화 (Corcoran and Waddell, 2003).
- 이처럼 실용적이며 비용이 절감되도록 방사선 조사를 특정 해충과 오염충에 대해 하향 조절. 그러나 이러한 선량은 모두 인정되어지기는 힘들다. 즉, 고구마에 오염된 해충 중 150 Gy로 조사했을 때 다른 고선량을 요하는 해충은 제어가 되지 못하기 때문에 400 Gy의 선량을 기본 선량으로 하여 수출/입에 사용.
- 최근 연구에 의하면 흰 복숭아는 약 150 Gy에서 제어되어 사용. 즉, 많은 연구를 통해 흰 복숭아처럼 저 선량을 요하는 품목에 대해 정확한 선량을 구하여 수출/입에 있어 비용을 줄일 계획이다.

다. 미 국

미국에서 식품의 방사선 조사의 규제의 기본안은 Food Additives Amendment to the Food Drugs and Cosmetic Act (1958, Sep, 6)

표 15. Radiation Approvals in the USA

Food	Purpose	year
Wheat Flour	Mold Control	1963
White potatoes	Inhibit sprouting	1964
Pork	Kill parasites	1986
Fruit and Vegetables	Insect Control Increase Shelf life	1986
Herbs and spices	Sterilization	1986
Poultry	Bacterial reduction	1990
Meat	Bacterial reduction	1997
Bean sprouts and seed	Control of pathogens	2000
Shell eggs	Control of <i>Salmonella</i>	2000
Fresh or frozen mollusks	Control <i>Vibrio</i> spices and food borne pathogens	2005

(1) 방사선 조사선량

- 성장과 완숙의 억제를 위해, 신선 식품에서, not >1 kGy.
- 절지 동물의 해충, not >1 kGy
- 미생물 살균을 위해, 건조되거나 탈수된 효소, not > 10 kGy
- 미생물 살균을 위해, 건조되거나 탈수된 aromatic vegetable substances, not > 30 kGy
- *Trichinella spiralis*의 제어를 위해, 신선하거나 가열처리 되지 않은 돼지고기 잔해 at 0.3kGy and not >1 kGy.
- bean sprouts and seeds의 병원균의 제어를 위해 (8 kGy)
- 달걀에서의 Salmonella (0157:H7)의 제어를 위해 (3 kGy)
- 패류(e.g. oysters, mussels, clams, etc.)에서의 Vibrio species와 식중독 병원균의 제어를 위해; not > 5.5 kGy

(2) 방사선종

- Cobalt 60 또는 cesium 137의 밀봉된 감마선
- 10 MeV를 초과하지 않은 에너지 준위의 장치에서 발생하는 전자선
- 5 MeV를 초과하지 않은 에너지 준위의 장치에서 발생하는 X ray

(3) Labelling

- wholesale과 retail level에서 조사된 식품은 label 되어져야 한다고 규정



(4) FDA에서 허가된 포장재

Material	Max dose (kGy)
Paper Kraft	0.5
Paper, glassine, paper board	10
Cellophane	10
Polyolefin film, polystyrene	10
Rubber hydrochloride film	10
Nylon 11	10
Nylon 6	60
Polyethylene film	60

(5) Irradiation for fruit flies and seed weevils in imported fruit and vegetables

- APHIS는 방사선 조사 방법의 산업적 관심의 증가에 대한 대책으로서 방사선 조사 방법의 평가와 방사선 조사의 효율성에 관한 연구를 위한 정책을 설립
 - Generic 150 Gy fruit fly dose: Lower doses for specific fruit flies
 - Generic 400 Gy insect dose: Excludes mites and Lepidoptera adults/pupae
 - Hawaii regs (7 CFR 318.13) allows irradiation as an alternative to other treatments
 - Import regs (7 CFR 330) allow treatment on entry

Scientific name	Dose (Gy)
<i>Bactrocera dorsalis</i>	250
<i>Ceratitis capitata</i>	225
<i>Anastrepha fraterculus</i> ,	210
<i>A. suspensa, ludens, obliqua, serpentina,</i> <i>Bactrocera tryoni, jarvisi latifrons.</i>	150
<i>Stemochetus mangiferae</i>	300

○ Irradiation for certain plant pests in imported regulated articles

Scientific name	Dose (Gy)
<i>Rhagoletis pomonella</i>	60
<i>A. ludens, obliqua, suspensa</i>	70
<i>Conotrachelus nenuphar</i>	92
<i>A. serpentina, B.jarvisi, B. tryoni</i>	100
<i>Cytas formicarius elegantulus, Omphisa anastomosalis, other fruit flies</i>	150
<i>Cydia pomonela, Grapholita molesta</i>	200
<i>Crotophehiebla ombrodelta , Cryptophlebla illepida</i>	250
<i>Stenochelus mangiferae</i>	300
Fruit pests not listed above	400

라. 중 국

(1) 식품의 세계적 교역

- 생활 수준의 향상에 따른 고가의 식자재 소비와 중국내 부족한 식품 공급량을 낮추기위하여, 또한 저임금 노동력으로 생산된 농수산물의 수출을 위하여 WTO 가

입국과의 FTA 체결을 진행 중

- 국제적으로 원활한 식품 교역을 위하여 위생검역 (SPS)과 무역관련 기술 장벽 (TBT)을 대처할 수 있는 만족할 만한 검역 기준을 위한 새로운 방법의 필요성을 인식하게 됨
- 현재 자국내에서 수입되는 식품류의 위험성 있는 생물의 검역 방법의 보강과 수출을 위해 요구되는 국제적인 규격을 만족시킬 수 있는 기술을 확립하려고 함
- 또한 이전까지 검역에 사용되어져 왔던 메틸브로마이드 (methyl bromide)와 에틸렌옥사이드 (ethylene oxide) 등과 같은 화학적 훈증제의 사용이 국제적으로 금지됨에 따라 새로운 훈즈 대체 기술의 개발이 요구됨

(2) 식품의 방사선 기술 적용 목적

- 식품 소재에 존재하거나 가공 공정 과정에서 오염되었을 가능성이 있는 미생물들의 사멸을 통하여 식품의 안전성을 확보 할 수 있으며 또한 다른 멸균 방법에 비하여 식품의 이화학적, 관능적 변화를 최소화함으로써 품질을 향상 및 유지시킴
- 방사선 조사를 통하여 저장이나 운반 중에 부패 할 수 있는 식품의 손실을 줄임으로써 식품의 유용성을 증대시킬 수 있으며, 이를 통하여 식품 생산 비용의 안정화와 절감을 이룰 수 있음
- 식품의 저장 기간을 증대시킴으로써 보다 다양한 분야와 환경에서 식품의 이용이 가능하게 되며, 특히 극한 환경에서의 즉석 식품과 환자식과 같은 새로운 분야에 활용이 가능한 식품의 개발을 통하여 가치를 향상시키게됨
- 또한, 식품의 저장 기간에 따른 운송 거리의 한계를 초월 할수 있게됨으로써, 국제적으로 식품 교역이 가능하게 되었고, 이를 통하여 각 국가간의 경제적 이익의 획득이 가능하게 됨

(3) 식품 조사의 장점

- 식품의 방사선 조사를 이용한 처리 기술은 고온 살균, 저온 보관과 같은 종래의 미생물 제어 기술보다 간단한 공정임
- 또한 화학적 첨가제 등을 필요로하지 않으며, 식품 내의 온도나 촉매에 따른 반응을 포함하지 않기 때문에 잔여물을 남기기 않은 청정 기술임. 또한 화학적 훈증 처리 방법과는 달리 잔유 훈증물이 남지 않음
- 방사선 조사에 의한 식품내 미생물 제어는 방사선에 의한 영향만으로 이루어지기 때문에 고도의 숙련된 작업자가 필요하지 않고, 환경에 따라 변화가 적은 기술임
- 방사선의 높은 투과력으로 인하여 이미 포장된 식품 생산물의 처리가 가능하여 처리 후 2차 오염의 문제를 근원적으로 해결할 수 있는 기술임
- 방사선 조사 공정은 cold sterilization 방법으로서 고온 고압이나 저온에서의 작업

이 필요하지 않고 또한 처리 과정중에 이산화탄소의 발생 양이 없기 때문에 다른 식품 살균 방법과 경제적으로 경쟁 가능함

(4) 국제 기관의 승인

- 1984: 식품 조사에 있어 국제적인 활동을 협력하고 있는 Consultative Group on Food Irradiation (ICGFI)로부터 승인된 FAO, IAEA, WHO의 승인을 받음
- 1999: 40개국 이상의 나라들이 식품에 조사를 승인하였으며, 30개국 이상의 나라들이 상업적인 목적으로 처리를 허용

(5) 중국의 조사 식품 제어 및 안전관리 시스템

○ Net Chain Model

- 국제 법, 규정, 기준
- 관리 및 경영
- 실험적 점검
- 교육 선전
- 회사의 자주 관리

○ 규정 및 기준

- 관리 방법
- 조사 식품의 위생적 기준
- 바람직한 조사 운영의 기준
- 조사 기관 및 선량 기준
- 조사식품 확인 기준

○ 조사 식품의 위생관리 방법

- 1986년 건강을 위하여 Cleared Ministry에서 1996년 개정된 법안은 기관, 개인, 조사식품 등의 관리방법을 제시함

○ 조사 식품의 위생기준

- IAEA의 권고에 따라 Item by item 18 in 1980s, Classes 6 in 1990s

GB 14891. 3	1997	건조 견과류 및 과실
GB 14891. 4	1997	건조 향신료
GB 14891. 5	1997	과실 및 야채
GB 14891. 7	1997	냉동 포장육
GB 14891. 8	1997	곡류 및 곡류 제품
GB 14891.10	1997	조리된 고기류
GB 14891. 2	1994	Hygienic standards of irradiated pollen
GB 14891. 6	1994	Hygienic standards of irradiated hog carcass
GB 14891. 9	1994	Hygienic standards of irradiated sweet potato wine

○ 기관 및 선량 기준

GB 10252	1996	Standards for radiation protection and safety of Co 60 irradiation facility
GB/T15447	1995	Conversion method of absorbed doses in different materials irradiated by X, γ rays and electron beams
GB 16334	1996	Practical guide of dosimetry in a gamma irradiation facility for food processing
GB 17279	1998	Criteria for safe design of wet source storage gamma irradiators
GB 17568	1998	Regulations for design construction and use of gamma irradiation facilities

○ 조사처리 및 확인 기준

- 2001년에 식품 조사 처리에 관한 17가지 기준이 있음
- 최근 몇 년간 조사된 식품 확인: TLM, GC, GC MS, ESR methods 등

○ Cooperation and management

- 농림부의 품질검사와 조사식품 실험 센터
 - 다양한 센터/기관들의 증원 능력
 - 국제적/국내적 기준/동의안에 따른 기술의 전수 및 제어
 - 2002년 Application of Atomic Energy와 Chinese Academy of Agricultural Science의 MOU 체결에 대한 확립
 - 농림부와 국제적 측정 대리에 의한 기관
 - 중국 조사식품의 합법적인 검사 기관
- 농림부의 품질검사와 조사식품 시험 센터 설립 목적
 - 미생물학적, 관능적 분석
 - 조사된 식품의 확인
 - 조사선량 보정
 - 조사 기관의 안전
 - 방사선 선량계 점검
- China Isotope & Radiation Association (CIRA) 활동
 - 모임 조직, 심포지움 개최
 - 구성원들에게 새로운 Co-60의 정보 제공
 - IAEA의 지원을 받아 개최한 식품 조사의 국제 품질 보증 워크샵 개최
 - 전자선 가속기의 설계와 응용에 관한 연구 개최 (2006~2008)
 - 식품 조사의 품질 보증 시스템의 강화 (2006~2007)

○ 식품 조사의 확장 전망

- 식품 안전과 보안의 확립
- 간접 생산성과 비용 효율의 증가

- 화학적 훈증제와 첨가제의 대안 기술
- 사용의 편리성
- 국제적인 교역에서의 경제적인 이익
- 식품 조사의 확장 계획
 - 관련 규칙과의 조화
 - 진보적인 기술 요구의 넓은 선택권
 - 소비자의 기호도 향상
 - 공공건강의 증진
 - 식품조사 적용에 대한 연구 확대

마. 인 도

(1) 인도에서의 방사선 조사 허용 기준

- 인도에서 미국으로 수입되는 망고나무 열매는 신뢰 조건을 충족시켰을 때 허용
- 수입조건에서 망고나무 열매를 식물위생증명서에 명시되어 있는 과일에 400 Gy의 방사선 조사를 요구
- 방사선 조사는 곰팡이 *Cytosphaera mangiferae*, *Macrophoma mangifera*나 세균의 일종인 *Xanthomonas campestris* pv.의 사멸이 불확실 ; 이것의 미국 내의 유입 및 전이의 피해를 고려해야 하며 추가적으로 안전 방법을 제안

(2) 곰팡이 사멸을 위한 3가지 제안

- 망고나무 열매는 품질유지 처리를 위해 살충제에 담가야 함
- 인도의 미국동식물검역소(APHIS)와 국립식물검역소(NPPO)의 동의에 의해 과일이 재배되는 과수원은 수확이 시작된 시점부터 시간에 따라 조사를 결정하고 *Cytosphaera mangiferae*와 *Macrophoma mangiferae*이 발견되면 안됨
- 인도의 미국동식물검역소 (APHIS)와 국립식물검역소 (NPPO)의 동의에 의해 과수원의 과일이 자라는 시기에 살충제의 처리와 과수원의 수확이 시작되면서 시간에 따라 조사를 결정하고 *Cytosphaera mangiferae*와 *Macrophoma mangiferae*이 발견되면 안됨

- ### (3) 세균의 일종인 *Xanthomonas campestris* pv.의 사멸을 위해 우리는 선적품의 검역이 진행되는 과정에 조사하며 *X. campestris* pv.이 검출되면 안된다고 제안. 식물위생 증명서에는 위의 3가지 조건을 따라 수행되었는지와 박테리아에 대한 조사가 이루어졌는지 확인하여야 함

바. EU

- (1) 관련법규: Directive 1999/3/EC
- (2) 방사선이 조사된 재료가 식품에 사용된 경우 표기를 해야 함
- (3) 소수의 회원국에 제한되어 방사선조사가 허용됨
- (4) EU 회원국의 농산물 방사선조사현황

Product	Maximum dose (kGy)					
	벨기에	프랑스	이태리	네덜란드	폴란드	영국
냉동건조향신료	10	10				
감자	0.15		0.15		0.1	0.2
고구마						0.2
양파	0.15	0.075	0.15		0.06	0.2
마늘	0.15	0.075	0.15		0.15	0.2
샬롯	0.15	0.075				0.2
야채류	1					
콩류				1		
과일	2					2
딸기	2					
건조야채, 과일	1	1		1		
씨리얼	1					1
후레이크	10	10			1	
쌀가루	4	4				

3. 국제기구의 방사선조사에 관한 입장

가. WHO

- (1) 일반식품에 10 kGy 이하의 방사선 조사 시 영양학적 독성학적으로 안전함
- (2) 향신료나 건조 야채류의 경우 10 kGy 이상의 고선량 조사 허용하고 있고 영양학적 독성학적 안전성은 가열살균 식품과 동일함
- (3) 각 회원국의 방사선 조사규정 일치화 필요
- (4) 방사선 조사 허용 식품 및 선량: CAC/RCP 19 1979 규정

농산품	조사선량(kGy)	농산품	조사선량(kGy)
코코아	1 kGy - 5 kGy	쌀	<1 kGy
망고	<1 kGy	향신료	1 - 10 kGy
양파	<0.15 kGy	양파가루	1 - 10 kGy
파파야	<1 kGy	딸기	<3 kGy
감자	<0.15 kGy	밀	<1 kGy
콩류	<1 kGy		

나. FAO/IAEA

- (1) 방사선조사 식품은 영양학적 독성학적으로 안전함
- (2) 국제무역에서 농산물의 안전성을 확보와 저장성 향상을 위해 국가간 방사선 조사 규정 통일화 필요
- (3) 방사선 조사규정 통일화를 위해 회원국간 공동연구와 전문가교환 필요
- (4) 식품별 허용 조사선량

구분	조사선량(kGy)	농산품
저선량(<1 kGy)	0.05 0.15	감자, 양파, 마늘, 생강, 고구마
	0.15 0.5	씨리얼, 콩과류, 건조과일
	0.25 1.0	과일, 야채류
중선량(1 10 kGy)	1.0 3.0	딸기, 버섯
	2.0 7.0	포도, 건조야채류
고선량(10 50 kGy)	10 50	향신료

다. WTO, Sanitary and Phtosanitary (SPS) Agreement

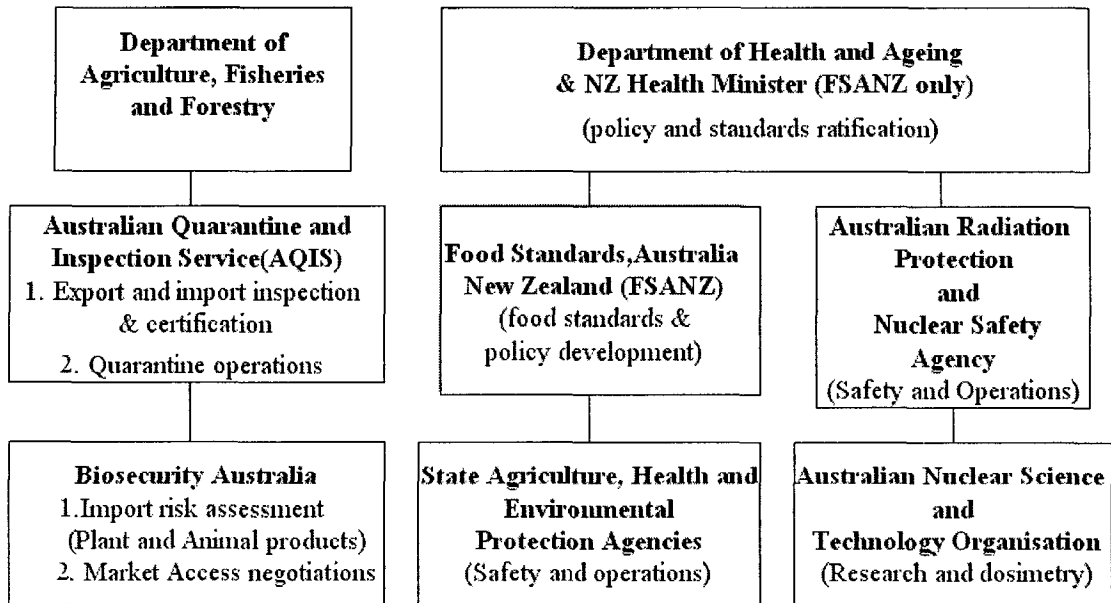
- (1) 방사선조사식품에 대한 위해분석(risk assessment)을 요구하지 않음
- (2) 방사선조사식품이 영양학적 독성학적으로 안전함
- (3) 식물검역에 대한 국제적으로 일치된 규정이 필요

4. Australia의 식물검역 기준

가. Australian Regulations and Activities

- (1) 신청자들은 기술적인 필요 또는 식품 위생화 목적을 설명해야함
- (2) 처리된 식품이나 미가공품들은 반드시 라벨을 붙여야 하며 식품에 대한 안전성이 어떠한 영양학적 영향에 대해서 증명해야 함
- (3) 방사선 조사는 병원균의 감소, 멸균, 해충 구제의 목적을 위해서 몇 가지 식품이나 비식품 소재의 수입을 위해서 Quarantine Act 1908에 의해 허가되어 있음
- (4) Australia는 감마선 조사 처리를 종자, 목재소재, 소비재, 허브, 향신료 등의 수입품에 대해 허가함
- (5) Australian Quarantine Inspection Service (AQIS)는 1998년 이 후 감마선 조사 처리된 식품의 수출을 허가함 (Export Control Act 982)

4. Australian Regulatory Agencies for Irradiation Issues



다. Australian Regulations and Activities

- (1) FSANZ 허가에 덧붙여서, Biosecurity Australia (BA)는 phytosanitary 목적을 위해 방사선 조사된 과일의 수입에 대한 모든 신청을 허가함
- (2) AQIS와 Biosecurity Australia는 NZ regulatory Authorities와 함께 방사선 조사된 열대 과일들의 market access conditions (ie dosage)를 협의
- (3) Australia는 IAEA/FAO, 산업체, 그리고 New Zealand와 산업적 방사선 조사시설과 협력하여 수궁할 수 있는 기준을 제공
 - Establishing Critical Control Points for irradiation.
 - Dose rates for various fruits.
 - Dosimetry verification procedures
 - Audit criteria for facilities

라. Current Australian Regulations on Irradiation as a Phytosanitary Treatment

- Standard 1.5.3 of the Australia New Zealand Food Standards Code was modified in 2003 to allow irradiation of the following commodities
=====
- | | | |
|------------------|-----------------|--|
| Bread fruit | Minimum: 150 Gy | Food may only be irradiated for the purposes of pest disinfestation for a phytosanitary objective. |
| Rambutan | Maximum: 1 kGy | |
| Carambola | | |
| Custard apple | | |
| Longan | | |
| Litchi | | |
| Mango | | |
| Mangosteen | | |
| Papaya (Paw paw) | | |
- =====

마. Other Phytosanitary Treatment Options

- Fumigation
- hot water dips /vapour heat treatments
- Cold treatments
- Non host status
- Insecticide dips and sprays

사. Australian Irradiation Activities ('06 - '08)

- (1) 여러 가지 목적의 Cobalt 60 감마선 조사 취급 설비들은 신선한 과일들을 취급하기 위하여 AQIS에서 공인
- (2) X-Ray 감마선 조사 설비의 설립에 관한 협의는 거의 완결
- (3) Australia는 2009 2013까지 계획된 Generic Irradiation Doses for Quarantine treatments 의 개발에 new IAEA Coordinated Research Project에 참여
- (4) Mango, papaya, litchi를 New Zealand로 수출하기 위한 protocol의 협의는 완결되었으며 무역 시작
- (5) Mango, longan, mangosteen, rambutan, custard apple, bread fruit를 위한 protocol 협의는 New Zealand, Malaysia, United States, RCA 국가들과 진행 중
- (6) Australian Mango Industry Association는 New Zealand에서 방사선 조사에 집중해서 Australian mangoes의 market potential에 관한 연구를 지원
- (7) 2007 2008사이에 약 300 tonnes의 방사선 조사된 망고와 약 6 tonnes의 papaya가 New Zealand로 수출
- (8) 2008년 시범적으로 mango가 Malaysia에 수출
- (9) 25개의 1차 생산품에 대한 방사선 조사의 허용을 위한 food safety authorities에 대한 제출이 개발
- (10) Australian internal plant quarantine authorities는 Australia 내에서 domestic market을 phytosanitary treatment로서의 방사선 조사의 적용을 현재 진행 중. 이 정책과 연속된 operational procedures는 현재 국제적 검역 조항들과 일치할 것임

아. Australian Exports to New Zealand

- (1) Mango Protocol
 - 250 Gy : Covers all arthropod pests
- (2) Papaya Protocol (Two options)
 - 250 Gy : Covers all arthropod pests, or
 - 150 Gy to control fruit fly plus the use of field controls for Yellow Peach Moth

3. 방사선 조사 검역처리 표준지침서 (안)

- 방사선 조사 검역처리 표준작업 지침서(안)는 국제적으로 규제되는 병해충의 식물처리 방법으로서 이온화 방사선의 활용을 위한 기술적 공정을 제공함
- 방사선 조사 검역처리 표준작업 지침서(안)는 FAO 국제식물보호협약 (IPPC, International Plant Protection Convention)의 국제식물검역표준지침 (ISPM, International Standards for Phytosanitary Measures)과 USDA의 농산물검역 관리지침(AQIM, Agricultural Quarantine Inspection Monitoring) 및 CODEX와 EU 등 국내외 방사선 조사식품 처리규정을 토대로 우리나라 실정에 맞게 작성하였음

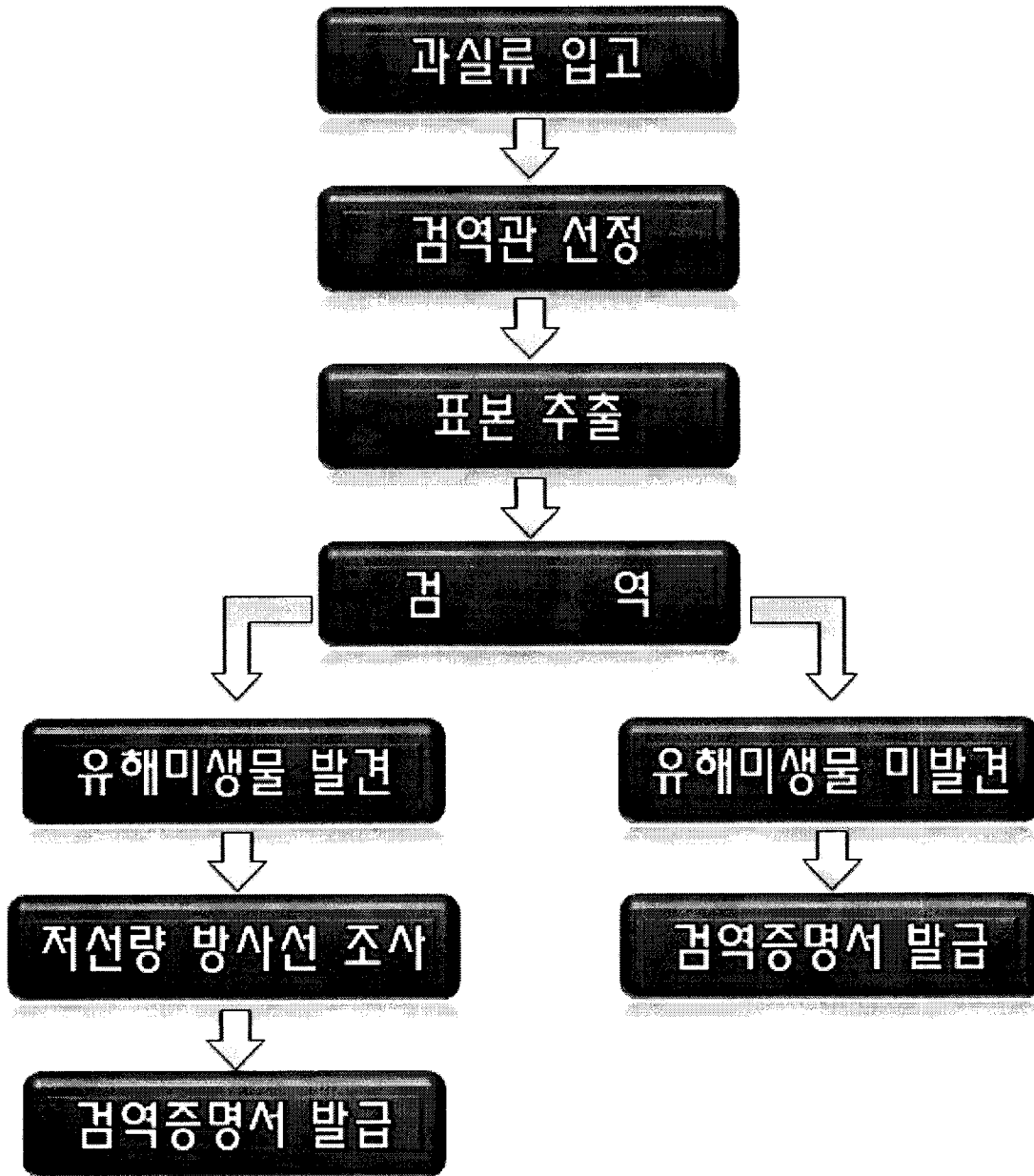
□ 식물검역지침 및 검역절차

- 식물검역을 위한 표본추출은 IPPC의 ISPM 표준절차에 의거 하여 실시한다.

- 식물검역관의 선정
 - 식물검역관은 아래와 같은 자격을 갖춘 자 이어야 한다.
 - 검역업무를 수행할 수 있는 권한이 있는 자
 - 유해미생물에 관한 풍부한 지식과 경험이 있는 자
 - 검역장비의 조작과 분석에 숙련된 자
 - 식물검역 국내외 규정에 관해 해박한 자

- 식물검역 시 고려사항
 - 검역대상의 종류 및 사용목적
 - 수입식물의 생산지역과 수출지역
 - 검역대상의 크기, 형태, 부피, 선적 횟수
 - 운송방법 및 포장방법
 - 수출 전 출하방법 및 가공방법
 - 수출 전 검역여부
 - 수출 전 검역절차의 효율성 여부

식물 검역 절차



표준작업지침서 : 식물검역

제 목 : 방사선을 이용한 수출입 식품 검역 지침서

제작부서 : 한국원자력연구원 방사선과학연구소

제 작 자 : 이주운, 변명우, 김재훈, 최종일, 송범석, 김왕근, 윤요한, 김동호, 김경표

개 정 일 :

가. 목 적

농산물이 수입되기 전 1 kGy 이하의 저선량 방사선을 이용한 식물 위생 처리를 통해 병해충의 숙주가 되는 농산물의 구제작업을 시행 할 수 있다. (단, 방사선 조사 대상 식품의 종류 및 목적에 따라 방사선 조사선량을 변경할 수 있다)

나. 조사선량의 결정

1) 조사선량 결정시 고려사항

- 농산물에서 성충이 발견되는 시기에 방사선에 대한 해충의 저항성이 가장 강하며 교배시기가 되어도 방사선에 대한 저항성이 강해지고 수컷은 보통 암컷보다 저항성이 더 강하다.
- 수컷과 암컷을 조사처리 하기 전 교배시키고, 암컷이 알을 낳도록 하고 알에 방사선이 조사된 경우 알이 부화할 수 있고 방사선 조사 처리를 한 후 생존한 수컷과 암컷을 한 곳에 모아두고, 교배를 시킨 후 성충인 암컷을 멸균선량으로 조사를 하게 될 경우 종종 알을 부화하기도 하고 드문 경우이지만 방사선 조사된 해충은 다시 살아나기 때문에 해충과 알이 완전 사멸할 때 까지 실험을 진행하는 것이 중요하다.
- 해충들의 방사선 저항성을 성숙도에 따라 결정하기 위해 모든 생육단계를 조사선량별로 측정해야 한다. 일반적으로 5개 선량에 대해 5반복으로 30-50종의 해충들을 실험에 사용하고 이상적인 저항성 결정 방법은 발육 단계 또는 해충의 종에 대해 사멸 단계에 이를 수 있는 선량보다 조금 약하게 조사한 후 실험을 진행해야 한다.
- 실험은 해충들의 생태학적인 측면을 고려해서 설계되어야 하고, 가능하다

면 각각의 해충들은 자기가 좋아하는 농산물 내에서 실험되어야 한다. 그 이유는 저산소 조건에서 방사선 저항성이 증가하는데, 과일 내부는 저산소 조건이고 유충들의 대부분이 과일 내에서 번식하기 때문이다.

- 조사선량결정 실험은 완벽해야 하고, 100% 살충할 수 있는 선량으로 조사하되 저항성이 가장 강한 생육단계에서 수행되어야 하며 숙주에 접촉할 경우 자연적으로 기생하는 해충 수만큼 접촉하고, 그 후에 방사선을 조사해야 한다.

2) 선량측정(Dosimetry)

- 선량측정은 조사대상에 조사된 정확한 선량을 계산하는데 그 목적이 있다.
- 선량측정기의 보정(calibration)은 ISO/ASTM 51261(Guide for Selection and Calibration of Dosimetry Systems for Radiation Processing) 표준지침서에 기준한다.
- 선량측정기의 안정성은 빛, 온도, 습도, 저장기간에 따라 편차가 있으므로 이에 따른 안정성이 평가되어야 한다.
- 선량측정은 측정대상의 크기, 부피, 포장방법, 형태, 구정물질에 따라 편차가 있으므로 측정대상에 대한 고유의 선량측정 매핑(mapping)이 이루어져야 한다.

3) 분석 예

- 정밀한 수준의 검역을 확보하기 위한 실질적인 선량은 소규모 선량결정 실험에서 구해진 선량보다 높아야 한다. 예를 들면, 90 Gy의 선량(900마리의 해충들 중 100% 사멸)은 파파야 내에 처리된 멜론해충 성충의 번식을 막기 위해 구해진 선량이다. 그러나, 120 Gy의 선량은 대규모 선량결정 실험에서 탈피중인 해충과 번데기를 사멸(50,000마리 중 1마리만 살아남음)시킬 수 있는 선량이다. 또한, 150 Gy로 선량을 증가시키면 96,700마리의 해충들이 100% 사멸시킬 수 있다. 이 사실은 선량의 결정을 위한 대규모 실험의 필요성을 입증한다.

다. 조사선원

감마선 (Co-60), 전자선

라. 국가별 한계선량 예시

: 대부분 500 Gy 이하

수출국 (과일, 주)		수입국	선량 (Gy)
오스트레일리아	망고, 파파야	뉴질랜드	150, 250
미국 (하와이)	Abiu, Atemoya, 바나나, 빵나무, 오렴자, 감귤류, 용과, 바라밀, 리치, 용안, 망고, 망고스틴, 멜론, 파파야, 파인애플, 사포딜라	미국 본토	150, 400
인도	망고	미국	400
인도	망고	오스트레일리아	400
멕시코	구아바, 감귤, 망고	미국	400
태국	리치, 용안, 람부탄, 망고, 망고스틴, 파인애플	미국	400
베트남	용과	미국	400

마. 검역 적용 대상 (예)

1) 포도의 검역 대상 해충

종	과	이름
<i>Bactrocera dorsalis</i>	과실파리과	Oriental fruit fly
<i>Bactrocera neohumeralis</i>	과실파리과	Lesser Queensland fruit fly
<i>Bactrocera tryoni</i>	과실파리과	Queensland fruit fly
<i>Ceratitidis capitata</i>	과실파리과	Mediterranean fruit fly
<i>Epiphyas postvittana</i>	잎말이나방과	Light brown apple moth Grape phylloxera

2) 여지(Litchi)의 검역대상 해충

종	과	이름
<i>Bactrocera dorsalis</i>	과실파리과	Oriental fruit fly
<i>Ceratitidis capitata</i>	과실파리과	Mediterranean Fruit fly
<i>Ceroplastes rubens</i>	밀깍지벌레	Red wax scale
<i>Cryptophlebia illepida</i>	잎말이나방과	Koa seedworm
<i>Cryptoplebia ombrodelta</i>	잎말이나방과	Litchi fruit moth
<i>Epiphyas postvittana</i>	잎말이나방과	Light brown apple moth
<i>Criophyes litchi</i>	혹응애과	Litchi rust mite
<i>Bactrocera cucurbitae</i>	과실파리과	Melon fly
<i>Coccus viridis</i>	밀깍지벌레	Green scale
<i>Conopomorpha sinensis</i>	잎말이나방과	Litchi stem-end borer
<i>Deudorix epijarbas</i>	부전나비과	
<i>Dysmicoccus neobrevipes</i>	가루깍지벌레과	Grey pineapple mealybug
<i>Planococcus lilacinus</i>	가루깍지벌레과	
<i>Planococcus minor</i>	가루깍지벌레과	

3) 용안(Longan)의 검역대상 해충

종	과	이름
<i>Bactrocera cucurbitae</i>	과실파리과	Melon fly
<i>Bactrocera dorsalis</i>	과실파리과	Oriental fruit fly
<i>Ceratitidis capitata</i>	과실파리과	Mediterranean Fruit fly
<i>Cryptoplebia ombrodelta</i>	잎말이나방과	Litchi fruit moth
<i>Cysmicoccus neobrevipes</i>	가루깍지벌레과	Grey pineapple mealybug
<i>Criophyes litchii</i>	혹응애과	Litchi rust mite
<i>Maconellicoccus hirsutus</i>	가루깍지벌레과	Pink hibiscus mealybug
<i>Bactrocera correcta</i>	과실파리과	
<i>Bactrocera dorsalis</i>	과실파리과	Oriental fruit fly
<i>Ceroplastes rubens</i>	밀깍지벌레	Red wax scale
<i>Conopomorpha sinensis</i>	잎말이나방과	Litchi stem-end borer
<i>Cryptoplebia ombrodelta</i>	잎말이나방과	Litchi fruit moth
<i>Deudorix epijarbas</i>	부전나비과	
<i>Drepanococcus chiton</i>	가루깍지벌레과	
<i>Dysmicoccus neobrevipes</i>	가루깍지벌레과	Grey pineapple mealybug
<i>Planococcus lilacinus/monor</i>	가루깍지벌레과	

4) 망고(Mango)의 검역대상 해충

종	과	이름
<i>Bactrocera dorsalis</i>	과실 파리과	Oriental fruit fly
<i>Ceratitis capitata</i>	과실 파리과	Mediterranean fruit fly
<i>Sternochetus mangiferae</i>	바구미과	Mango seed weevil
<i>Sternochetus frigidus</i>	바구미과	Mango pulp weevil
<i>Sternochetus mangiferae</i>	바구미과	Mango seed weevil
<i>Sternochetus olivieri</i>	바구미과	
<i>Bactrocera carambolae</i>	과실 파리과	Caribbean fruit fly
<i>Bactrocera correcta</i>	과실 파리과	
<i>bactrocera cucurbitae</i>	과실 파리과	Melon fly
<i>bactrocera dorsalis</i>	과실 파리과	Oriental fruit fly
<i>Bactrocera papayae</i>	과실 파리과	Papaya fruit fly
<i>Bactrocera tuberculata</i>	과실 파리과	
<i>Bactrocera zonata</i>	과실 파리과	Peach fruit fly
<i>Ceroplastes rubens</i>	밀깍지벌레	Red wax scale
<i>Coccus viridis</i>	밀깍지벌레	Green coffee scale
<i>Aulacaspis tubercularis</i>	Diaspidididae	
<i>Pseudaonidia trilobitiformis</i>	깍지벌레과	
<i>Dysmicoccus neobrevipes</i>	가루깍지벌레과	Grey pineapple mealybug
<i>Planococcus lilacinus</i>	가루깍지벌레과	
<i>Maconellicoccus hirsutus</i>	가루깍지벌레과	Pink hibiscus mealybug
<i>Nipaecoccus viridis</i>	가루깍지벌레과	
<i>Planococcus lilacinus</i>	가루깍지벌레과	
<i>Planococcus minor</i>	가루깍지벌레과	
<i>Rastrococcus spinosus</i>	가루깍지벌레과	
<i>Phomopsis mangiferae</i>	진균류	
<i>Amblypelta lutescens</i>	허리노린재과	Banana spotting bug
<i>Amblypelta nitida</i>	허리노린재과	Fruit spotting bug
<i>Aonidiella orientalis</i>	깍지벌레과	Oriental yellow scale
<i>Aspidiotus destructor</i>	깍지벌레과	Coconut scale

<i>Aulacaspis tubercularis</i>	각지벌레과	Common mango scale
<i>Bactrocera jarvisi</i>	과실파리과	Jarvis' fruit fly
<i>Bactrocera aquilonis</i>	과실파리과	Northern territory fruit fly
<i>Bactrocera cucumis</i>	과실파리과	Cucumber fruit fly
<i>Bactrocera frauenfeldi</i>	과실파리과	Mango fruit fly
<i>Bactrocera kraussi</i>	과실파리과	Krauss' fruit fly
<i>Bactrocera murrayi</i>	과실파리과	
<i>Bactrocera neohumeralis</i>	과실파리과	Lesser Queensland fruit fly
<i>Bactrocera opiliae</i>	과실파리과	False oriental fruit fly
<i>Bactrocera tryoni</i>	과실파리과	Queensland fruit fly
<i>Campylomma liebknechti</i>	장님노린재과	Apple dimpling bug
<i>Ceratitis capitata</i>	과실파리과	Mediterranean fruit fly
<i>Ceroplastes rubens</i>	밀각지벌레	Red wax scale
<i>Chionophasma fimbriata</i>	독나방과	
<i>Clumetia euthysticha</i>	밤나방과	Small mango tipborer
<i>Chrysomphalus aonidum</i>	각지벌레과	Florida red scale
<i>Chrysomphalus dictyospermia</i>	각지벌레과	Dictyospermum scale
<i>Coccus viridis</i>	밀각지벌레	Green coffee scale
<i>colagaroides acuminata</i>	선녀벌레과	Mango planthopper
<i>Conogethes punctiferalis</i>	명나방과	Yellow peach moth
<i>Cryptoblabes adoceta</i>	명나방과	False blossom moth
<i>Cryptoptila immersana</i>	Tortricidae	Ivy leafroller
<i>Deanolis albizonalis</i>	명나방과	Mango fruit borer
<i>Dirioxa pornia</i>	과실파리과	Island fruit fly
<i>Dudua aprobola</i>	잎말이나방과	Leaf curling moth
<i>Eucyclodes pieroides</i>	자나방과	Bizarre looper
<i>Eudocima fullonia</i>	밤나방과	Fruit-piercing moth
<i>Eudocima materna</i>	밤나방과	Fruit-piercing moth
<i>Eudocima salaminia</i>	밤나방과	Fruit-piercing moth
<i>Eudocima tyrannus</i>	밤나방과	Fruit-piercing moth
<i>Frankliniella schultzei</i>	총채벌레과	Flower thrips

<i>Helopeltis clavifer</i>	장님노린재과	Mosquito bug
<i>Icerya aegyptiaca</i>	이세리아깍지벌레과	Egyptian fluted scale
<i>Idioscopus clypealis</i>	매미충과	Mango hopper
<i>Idioscopus nitidulus</i>	매미충과	Mango hopper
<i>Ischnaspis longirostris</i>	깍지벌레과	Black thread scale
<i>Isotenes miserana</i>	앞말이나방과	Orange fruitborer
<i>Lobesia sp.</i>	앞말이나방과	European grape berry moth
<i>monolepta australis</i>	잎벌레과	Red-shouldered leaf beetle
<i>Monolepta divisa</i>	잎벌레과	Small monolepta beetle
<i>Nipaecoccus vastator</i>	가루깍지벌레과	Karoo thorn mealybug
<i>Ophiussa tirhaca</i>	밤나방과	Fruit piercing moth
<i>Penicillaria jocosatrix</i>	밤나방과	mango tipborer
<i>Phenacaspis dilatata</i>	과실파리과	Mango scale
<i>Planococcus citri</i>	깍지벌레과	Citrus mealybug
<i>Pseudaulacaspis cockerelli</i>	과실파리과	Cockerell's scale
<i>Rastrococcus sp.</i>	가루깍지벌레과	Rastrococcus mealybug
<i>Rhyparida limbatipennis</i>	잎벌레과	Brown swarming leaf beetle
<i>Saissetia miranda</i>	깍지벌레과	Mexican black scale
<i>Selenothrips rubrocinctus</i>	Tripidae	Redbanded thrips
<i>Sternochetus mangiferae</i>	바구미과	Mango seed weevil
<i>Bactrocera caryeae</i>	과실파리과	
<i>Bactrocera correcta</i>	과실파리과	
<i>Bactrocera cucurbitae</i>	과실파리과	Melon fly
<i>Bactrocera diversa</i>	과실파리과	
<i>Bactrocera dorsalis</i>	과실파리과	Oriental fruit fly
<i>Bactrocera tau</i>	과실파리과	Pumpkin fruit fly
<i>Bactrocera zonata</i>	과실파리과	Peach fruit fly
<i>Sternochetus frigidus</i>	바구미과	Mango pulp weevil
<i>Sternochetus mangiferae</i>	바구미과	Mango seed weevil
<i>Aulacaspis tubercularis</i>	깍지벌레과	
<i>Parlatoria crypta</i>	깍지벌레과	

<i>Pseudaonidia trilobitiformis</i>	각지벌레과	
<i>Ceroplastes rubes</i>	밀각지벌레	Red wax scale
<i>Coccus viridis</i>	밀각지벌레	Green coffe scale
<i>Actinodochium jenkinsii</i>	균	
<i>Cytosphaera mangiferae</i>	균	
<i>Hendersonia creberrima</i>	균	
<i>Macrophoma mangiferae</i>	균	
<i>Phomopsis mangiferae</i>	균	
<i>Xanthomonas campestris</i>	박테리아	
<i>Sternochetus frigidus</i>	바구미과	Mango pulp weevil
<i>Sternochetus mangiferae</i>	바구미과	Mango seed weevil
<i>Bactrocera caryeae</i>	과실파리과	
<i>Bactrocera correcta</i>	과실파리과	Guava fruit fly
<i>Bactrocera cucurbitae</i>	과실파리과	Melon fruit fly
<i>Bactrocera dorsalis</i>	과실파리과	Oriental fruit fly EP
<i>Bactrocera invadens</i>	과실파리과	Asian fruit fly
<i>Bactrocera tau</i>	과실파리과	Pumpin fruit fly
<i>Bactrocera zonata</i>	과실파리과	Peach fruit fly
<i>Abgrallaspis cyanophylli</i>	각지벌레과	Cyanophyllum scale
<i>Parlatoria crypta</i>	각지벌레과	Mango white scale
<i>Ferrisia malvastra</i>	Pseudococcidae	Malvastrum mealybug
<i>Ferrisia virgata</i>	Pseudococcidae	Striped mealybug
<i>Planococcus lilacinus</i>	Pseudococcidae	Coffee mealybug
<i>Rastrococcus iceryoides</i>	Pseudococcidae	Downy snowline mealybug
<i>Rastrococcus invadens</i>	Pseudococcidae	Mango mealybug
<i>Rastrococcus spinosus</i>	Pseudococcidae	Philippine mango mealybug
<i>Orgyia postica</i>		Cocoa tussock moth
<i>Deanolis sublimbalis</i>	명나방과	Red-banded mango caterpillar
<i>Rhipiphorothrips cruentatus</i>	총채벌레과	mango thrips
<i>Elsinoe mangiferae</i>	균	Mango scab
<i>Fusarium mangiferae</i>	균	Mango malformation

5) 람부탄(Rambutan)의 검역대상 해충

종	과	이름
<i>Bactrocera dorsalis</i>	과실파리과	Oriental fruit fly
<i>Ceratitis capitata</i>	과실파리과	Mediterranean Fruit fly
<i>Ceroplastes rubens</i>	밀깍지벌레	Red wax scale
<i>Coccus viridis</i>	밀깍지벌레	Green scale
<i>Dysimicoccus neobrevipes</i>	가루깍지벌레과	Grey pineapple mealybug
<i>Frankliniella schultzei</i>	총채벌레과	Yellow flower thrips
<i>Maconellicoccus hirsutus</i>	가루깍지벌레과	Pink hibiscus mealybug
<i>Bactrocera dorsalis</i>	과실파리과	Oriental fruit fly
<i>Bactrocera papayae</i>	과실파리과	Papaya fruit fly
<i>Cataenococcus hispidus</i>	가루깍지벌레과	
<i>Ceroplastes rubens</i>	깍지벌레과	Red wax scale
<i>Conopomorpha cramerella</i>	잎말이나방과	Cocoa pod borer
<i>Dysmicoccus neobrevipes</i>	가루깍지벌레과	Grey pineapple mealybug
<i>Maconellicoccus hirsutus</i>	가루깍지벌레과	Pink hibiscus mealybug
<i>Paracoccus interceptus</i>	가루깍지벌레과	
<i>Planococcus lilacinus</i>	가루깍지벌레과	
<i>Planococcus minor</i>	가루깍지벌레과	

식물검역증명서(예)

Model Phytosanitary Certificate

No. _____

Plant Protection Organization of:

TO: Plant Protection Organization(s) of:

I. Description of Consignment

Name and address of exporter:

Declared name and address of consignee:

Number and description of packages:

Distinguishing marks:

Place of origin:

Declared means of conveyance:

Declared point of entry:

Name of produce and quantity declared:

Botanical name of plants:

This is to certify that the plants, plant products or other regulated articles described herein have been inspected and/or tested according to appropriate official procedures and are considered to be free from the quarantine pests specified by the importing contracting party and to conform with the current phytosanitary requirements of the importing contracting party, including those for regulated non-quarantine pests.

They are deemed to be practically free from other pests.*

II. Additional Declaration

III. Disinfestation and/or Disinfection Treatment

Date:

Duration and temperature:

Irradiation dose:

Additional information:

Place of issue:

(Stamp of Organization) Name of authorized officer:

Date _____ (Signature)_____

No financial liability with respect to this certificate shall attach to (name of Plant Protection Organization) or to any of its officers or representatives.*

* Optional clause

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

1. 목표 달성도

본 연구를 통하여 최종목표에 부합하는 다음과 같은 성과를 얻었다.

- WTO/FTA 대응 국가 식량자원의 안전 확보/가격안정 및 위생적 품질보증에 기여
- 수출입 식량자원의 효율적인 검역관리 기술 표준화로 교역분쟁 해소 및 수출 경쟁력 확보
- 방사선 식품조사 분야 국가경쟁력 향상을 위한 국제협력기반 조성 및 공동연구 인프라 확립

가. 기술적 측면

- 식품류의 국가간 품질규격이 더욱 엄격해지고 있고, 지금까지 살균·살충에 사용되어온 화학훈증제(EO, MeBr 등), 화학첨가물(방부제 등) 등의 폐해를 예방하기 위해 국제기구와 선진국이 권고하는 방사선 조사기술의 국내 이용 확대와 타 기술보다 월등히 수출입 식품류의 검역관리에서 방사선 조사기술의 실용화 확대에 기여
- 국민들은 생활수준의 향상으로 식품 및 보건관련 산물의 위생적 측면을 더욱 중시하고 있음. 따라서 방사선기술을 이용한 식품 및 공중보건 제품의 위생화 기술개발은 식품가공 원료 및 제품에서 기인되는 질병예방과 위생적 제품생산 기반을 확립하므로 국민보건 향상과 경제적 생산성 증대를 도모함
 - 화학훈증제(EO, MeBr 등), 화학첨가물(방부제 등) 등의 많은 문제점으로 국가 간 교역에서 품질규격이 더욱 엄격해짐 따라 방사선 조사기술의 실용성이 증대되고 있음
- 최근 선진국에서는 식품 및 보건관련 산업에서 방사선 조사기술을 이용한 위생적인 제품 생산과 세계적 시장개방화에 대비한 검역관리 기술 확보에 적극 노력하고 있음은 방사선을 이용한 식품/의료·제약 산업에서 조사기술의 중요성과 개발 잠재력을 충분히 뒷받침 해주고 있음
- 현대의 식품 안전성, 편의성과 기능성의 중요시 되는 시점에서, 대부분의 식재료를 수입하고 있는 현실에서 위생적으로 생산, 가공된 신선한 식품을 편리하게 이용할 수 있는 방법이 요구되고 있어 ready-to-eat, ready-to-cook foods의 가공·저장 및 위해 안전성 확보에 방사선 조사 검역관리 기술의 적용으로 시장요구에 부합하는 제품 공급이 가능함

나. 경제·산업적 측면

- WTO/FTA(DDA) 체제에서 우리 농수산물의 수출증대와 국제경쟁력 제고, 수입식품류의 안전 검역관리를 위한 에너지 절약형 검역처리기술의 실용화가 요구되는 시점에서 방사선기술을 기반으로 한 우리 농수산물의 고품질 상품화와 시장 확대를 위한 품질인증 시스템 확립과 산업생산성 향상을 도모할 수 있음 ○ 방사선 조사시설은 식품가공·저장 및 제약·보건관련 산물 멸균 등 산업적으로 다용도로 활용될 수 있고 조사시설의 건설은 세계적으로 증가하고 있으며, 또한 언제든지 조사시설의 이용이 용이하기 때문에 국내의 방사선 조사시설 건설 확대를 위해 폭넓은 핵심기술개발과 상용화 실증연구가 수행되면 관련 산업의 성장을 꾀할 수 있음
 - 현재 국내 2개 시설이 24시간 가동 중에 있으며, 추가로 1개 시설이 건설 계획 중에 있음
- 병원성 유기체에 의한 질병발생으로부터 오는 경제적 손실과 생산성 저하 방지 대책으로 방사선기술이 주요한 수단으로 고려되면서 산업 생산성도 증가하고 있음
 - 최근 미국에서 *E.coli* O157:H7에 의한 발병 및 사망으로 연간 7,000~20,000명이 피해, 그에 따른 경제적 손실은 1억7천만~4억6천만불이고, 미국정부는 방사선 기술을 적극 도입하여 식인성 질병으로부터 발생하는 경제적 손실을 크게 감소시키고 있음
 - 따라서 국제적 기준에 맞는 기술의 적용으로 직접적 경제 손실뿐만 아니라 사회간접자본의 절감을 기대할 수 있음
- 우리 농수산물의 수출증대와 국제경쟁력 제고를 위한 에너지 절약형 검역처리기술 개발이 필요시 되는 시점에서 방사선기술을 기반으로 한 우리 농수산물의 고품질 상품화와 시장 확대를 위한 품질인증시스템 연구수행으로 산업생산성 향상을 도모할 수 있음

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

1. 성과 활용 계획

식품 및 의료, 제약, 화장품 등 공중보건관련 산업에서 방사선 조사기술의 확대 적용을 통한 기대 효과는 다음과 같다. 첫째, 식량자원의 장기 안전 저장을 통한 식량간접증산 및 가격 안정화. 둘째, 식품 및 공중보건산물의 안전성 확보로 국민 질병예방과 품질경쟁력 향상에 따른 국가 생산성 향상. 셋째, 화학 훈증제 사용 금지에 따른 대체기술. 넷째, 이용의 다양성 및 완전 밀봉포장 상태로 살균·살충할 수 있는 편리성. 다섯째, 국제교역에 있어서 법률의 조화 및 경제적 측면 등이다.

식품·생명공학 산업에서 관련 제품의 생물학적 위해요소를 사전에 차단할 수 있는 방사선 조사기술은 1960년대에 우주인 식품의 HACCP 프로그램에 본격 도입된 이래 지금까지 어떠한 식품 및 의료, 제약, 화장품 등 공중보건관련 산업의 위생화 기술보다 가장 방대하고 체계적이며 심도 있게 연구되어 왔으며, 과학적이면서도 객관적으로 그 안전성이 확실하게 입증된 상황이다. WHO, FAO, IAEA 그리고 CI등은 1992년 제네바 회의를 통해 방사선 조사는 건강에 해로움을 초래하는 식품성분의 변화를 생성하지 않는다고 결론지었다.

상기에서 언급한 바와 같이 국제적으로 40여년 동안 식품 및 공중보건관련 산업에서 방사선 조사기술을 이용한 위생화 연구결과는 제때적으로 이용되어 오던 타 방법의 많은 문제점을 보완하거나 해결하기 위한 대체방안으로서의 그 안전성과 경제성이 인식되어지고 있다. 그러나 본 기술의 실용화는 소비자의 이해가 선행되어야 하므로 무엇보다도 현행 위생화 방법의 장단점과 방사선 조사기술의 특징이 사실에 입각하여 정확하게 비교 홍보되어야 할 것이며 정부 관계당국에서도 본 기술의 사용을 위한 법적 근거 마련이 필요시 된다. 또한 지금까지 본 기술의 연구는 정부주도 하에서 추진되었으나, 앞으로는 소비자나 기업에게 자유로운 기술선택의 기회를 제공하기 위한 공동참여 연구와 방사선 조사제품의 관리 및 적절한 홍보 등의 협력이 요구된다. 따라서 식품 및 공중보건관련 산업에서 원자력기술의 이용은 이들 산업의 건전한 발전을 위해 보다 적극적이고 긍정적인 자세로서 연구개발과 산업화 기반을 다져 나감으로써, 소비자와 생산자의 안전과 이익 보장은 물론 국민보건과 국가경제 향상에도 크게 이바지할 수 있고 나아가 우리의 실정에 알맞은 새로운 기술의 정착을 기대할 수 있을 것이다.

본 연구보고서는 방사선 식품조사기술의 국제 식품류 교역에서 검역관리 활용에 대한 동향을 제공하고 있다. 많은 부분이 미진함에도 불구하고 방사선 식품조사 분야의 산업은 매년 35%의 신장률로 발전하고 있고, 이에 따른 관련분야의 연구활동도 활발하게 수행되는 것으로 판단되었다.

- 본 연구사업을 통하여 방사선 조사기술을 식품류 수출입의 원활한 수행을 위한 국가 검역관리 시스템에 적용함으로써 WTO/FTA에 대비하고, 국가 식량자원 중장기 수급계획에 활용하고, 국내 원자력기술(방사선기술)의 우수성을 홍보하고 국제공동연구기반 조성 및 국제공동연구사업 활성화에 활용할 수 있음
- 국가 검역관리 시스템에 활용
 - 본 연구 수행을 통하여 WTO/NR 대비 국제 식량교역에서 수출입 식품의 생물학적, 화학적 유해성을 해소할 수 있는 표준화된 검역관리 지침서 제안
- 국가 식량자원 중장기 수급계획에 활용
 - 안정된 식량자원의 공급·유통으로 국가 식량 안보계획을 효율적으로 수립하고 운영할 수 있는 기초자료 제공
- 국내 식품 방사선 조사기술 우수성 홍보
 - 식품생명공학분야에서 국내 기술의 우수성 홍보 및 동북아 기술 선도국으로 위상 정립
- 한·인도, 한·중국 등 국가간 원자력위원회 의결 사항 후속조치 시행에 활용
 - ‘원자력의 평화적 이용을 위한 한·중 공동기술협력체계 구축’ 협약(‘03. 10) 중 “방사선 조사기술 이용 식품 안보와 안전성 확보” 공동연구를 위한 자료 제공

2. 산업체 참여시기 및 방법

본 연구사업 결과로 수출입 식품류에 제한 방사선 조사 검역관리 표준(안)이 마련되면 관련 법규의 개정 및 입법을 통해 산업적 실용화를 단계적으로 추진할 것임. 특히, **방사선기술개발사업(고선량 방사선적용 식품공학 융합기술개발)**과 연계하여 방사선 조사대상 식품에 대한 안전성과 실용성 연구가 진척된다면 품목의 다양화와 타당성 시험에 산업체가 참여하여 상업적 규모의 방사선 조사와 시험시판 등을 공동으로 추진하여 소비자의 수용성을 넓혀 나갈 것이며, 제 3의 상업용 방사선 조사시설의 건설이 현재 논의 중에 있어서 산업화는 더욱 가속될 것이다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

인도

<http://www.tamu.edu/ebeam/workshops/powerpoint/Pandey.ppt#261,8>,
Food Irradiation in India

중국

http://tc.iaea.org/tcweb/abouttc/strategy/thematic/pdf/presentations/food_irradiation/Regulation_Application_%20FoodIrradiation_China.pdf

호주

<http://www.foodstandards.gov.au/foodmatters/foodirradiation.cfm>

Codex

http://acd.ufrj.br/consumo/disciplinas/tt_cxirradiacaonorma.pdf

EU

<http://eur-lex.europa.eu/JOHtml.do?uri=OJ:C:2006:112:SOM:en:HTML>

IPPC

<https://www.ippc.int/IPP/En/default.jsp>

USDA

http://www.fsis.usda.gov/Fact_Sheets/Irradiation_and_Food_Safety/index.asp

WHO

<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2003/pr53/en/print.html>

APPS

<http://apps.who.int/bookorders/WHP/dartprt1.jsp?sesslan=1&codlan=1&codcol=10&codcch=890>

제 7 장 참고문헌

Canadian Food Inspection Agency. Recommended Canadian code of practice for food irradiation (2002).

Cuero RG, Smith JE, Lacey J. Interaction of water activity, temperature and substrate on mycotoxin production by *Aspergillus flavus*, *Penicillium viridicatum* and *Fusarium graminearum* in irradiated grains. Trans. Brit. Mycol. Soc. 89: 221-226 (1987).

European Commission, Statement of the Scientific Committee on Food on a Report on 2-alkylcyclobutanone (expressed on 3 July 2002), SCF/CS/NF/IRR/26 ADD 3 Final.

FAO. Guidelines for the use of irradiation as a phytosanitary measures. International Plant Protection Convention, ISPM No. 18, Rome, Italy (2003).

FAO/IAEA. Irradiation for food safety.

Food Standards Agency-Irradiated food. Available at: http://www.food.gov.uk/safereating/rad_in_food/irradfoodqa/. Retrieved on 2008-01-26.

Global Industry Analysts. Food Irradiation Trends. *A global Strategic Business Report*. Global Industry Analysts, Inc., San Jose, California, (2005)

India seeks early breakthrough for mango exports to US, Japan. Available at: <http://webetc.info/IYNC/03-19-06.mango-irradiation.pdf>

IPPC. International standards for phytosanitary measures (2008).

Ito H, Islam MS. Effect of dose rate on inactivation of microorganisms in spices

- by electron-beams and gamma-rays irradiation. *Radiat. Phys. Chem.* 43: 545-550 (1994).
- Jo C, Lee JI, Ahn DU. Lipid oxidation, color changes and volatiles production in irradiated pork sausage with different fat content and packaging during storage. *Meat Sci.* 51: 355-361 (1999).
- Kume T, Furuta M, Todoriki S, Uenoyama N, Kobayashi Y. Quantity and economic scale of food irradiation in the world. *Radioisotopes.* 58: 25-35 (2009).
- Kume T, Furuta M, Todoriki S, Uenoyama N, Kobayashi Y. Status of food irradiation in the world. *Radiation Physics and Chemistry.* 78: 222-226 (2009).
- Kim JK. Hepatoprotective effects of low molecular weight hyaluronic acid prepared by gamma irradiation. Ph.D dissertation. Korea University (2008).
- Lee, JW. Application and prospect of food irradiation for providing the safe food materials. *Food Industry and Nutrition*, 11(3), 12-20 (2006)
- Loaharanu P. Irradiation as a cold pasteurization process of food. *Vet. Parasitol.* 64: 71-98 (1996).
- Morris SC, Jessup AJ. Irradiation. pp. 163-190, In: Paull RE, Armstrong JW (ed) *Insect pests and fresh horticultural products: Treatments and responses.* CAB International, Wallingford, UK (1994).
- Thayer DW, Boydm G, Foxm JB, Lakritzm L, Hampton JW. Variations in radiation sensitivity of foodborne pathogens associated with the suspending meats. *J. Food Sci.* 60: 63-67 (1994).

WHO. High-dose Irradiation: Wholesomeness of Food Irradiated with Doses Above 10 kGy, Report of a joint FAO/IAEA/WHO Study Group, WHO Technical Report Series 890, Geneva, 1999.

WHO. International consultative group on food irradiation. Available at: <http://www.afro.who.int/des/fos/links.html>.

WTO. Technical barriers to trade. Available at: http://www.wto.org/english/tratop_E/tbt_e/tbt_e.htm

유재복, 오정훈, 이주운. 원자력분야 특허기술 동향분석을 위한 Patent Map 작성 및 활용방안에 관한 연구, KAERI/RR-2691/2006 (2006)

[부록 I. 세계 식품조사 허가 현황]

No	허가국명	No	허가국명
1.	알제리 [ALGERIA]	29.	이탈리아 [ITALY]
2.	아르헨티나 [ARGENTINA]	30.	일본 [JAPAN]
3.	호주 [AUSTRALIA]	31.	한국 [KOREA, REP. OF]
4.	오스트리아 [AUSTRIA]	32.	리비아 [LIBIYA]
5.	방글라데쉬 [BANGLADESH]	33.	룩셈부르크 [LUXEMBOURG]
6.	벨기에 [BELGIUM]	34.	멕시코 [MEXICO]
7.	브라질 [BRAZIL]	35.	네덜란드 [NETHERLANDS]
8.	불가리아 [BULGARIA]	36.	뉴질랜드 [NEW ZEALAND]
9.	캐나다 [CANADA]	37.	노르웨이 [NORWAY]
10.	칠레 [CHILE]	38.	파라과이 [PARAGUAY]
11.	중국 [CHINA]	39.	페루 [PERU]
12.	코스타리카 [COSTA RICA]	40.	필리핀 [PHILIPPINES]
13.	크로아티아 [CROATIA]	41.	폴란드 [POLAND]
14.	쿠바 [CUBA]	42.	포르투갈 [PORTUGAL]
15.	체코 [CZECH REPUBLIC]	43.	러시아 연방 [RUSSIAN FEDERATION]
16.	덴마크 [DENMARK]	44.	사우디아라비아 [SAUDI ARABIA]
17.	이집트 [EGYPT]	45.	남아프리카 [SOUTH AFRICA]
18.	핀란드 [FINLAND]	46.	스페인 [SPAIN]
19.	프랑스 [FRANCE]	47.	스웨덴 [SWEDEN]
20.	독일 [GERMANY]	48.	시리아 [SYRIA]
21.	가나 [GHANA]	49.	태국 [THAILAND]
22.	그리스 [GREECE]	50.	튀니지 [TUNISIA]
23.	헝가리 [HUNGARY]	51.	터어키 [TURKEY]
24.	인도 [INDIA]	52.	우크라이나 [UKRAINE]
25.	인도네시아 [INDONESIA]	53.	미국 [USA]
26.	이란 [IRAN]	54.	우루과이 [URUGUAY]
27.	아일랜드 [IRELAND]	55.	베트남 [VIETNAM]
28.	이스라엘 [ISRAEL]	56.	잠비아 [ZAMBIA]

[Source : June 2009, IAEA website www.iaea.org/icgfi]

허가국명	허가 식품군	허가갯 수	허가국명	허가 식품군	허가갯 수
1. 알제리	8	16	29. 이탈리아	2	6
2. 아르헨티나	5	11	30. 일본	1	1
3. 호주	3	15	31. 한국	6	24
4. 오스트리아	1	3	32. 리비아	4	7
5. 방글라데쉬	7	15	33. 룩셈부르크	1	3
6. 벨기에	8	25	34. 멕시코	8	17
7. 브라질	8	16	35. 네덜란드	5	19
8. 불가리아	1	3	36. 뉴질랜드	3	18
9. 캐나다	3	4	37. 노르웨이	1	3
10. 칠레	6	18	38. 파라과이	8	15
11. 중국	6	11	39. 페루	8	19
12. 코스타리카	6	18	40. 필리핀	8	22
13. 크로아티아	8	19	41. 폴란드	3	7
14. 쿠바	8	16	42. 포르투갈	1	3
15. 체코	8	26	43. 러시아	6	16
16. 덴마크	1	3	44. 사우디아라비아	8	17
17. 이집트	2	7	45. 남아프리카	8	21
18. 핀란드	3	4	46. 스페인	1	2
19. 프랑스	7	17	47. 스웨덴	1	2
20. 독일	2	4	48. 시리아	7	18
21. 가나	8	20	49. 태국	6	25
22. 그리스	1	3	50. 튀니지	3	7
23. 헝가리	1	3	51. 터어키	8	18
24. 인도	6	16	52. 우크라이나	6	16
25. 인도네시아	4	8	53. 미국	8	18
26. 이란	1	1	54. 우루과이	1	1
27. 아일랜드	1	3	55. 베트남	7	19
28. 이스라엘	6	13	56. 잠비아	8	16

활용목적 설명코드(Explanations for Codes)	
1. 속도 및 생리적 숙성 지연(Delay ripening/physiological growth)	
2. 살충(Disinfestation)	3. 미생물 통제(Microbial control/load)
4. 검역처리(Quarantine treatment)	5. 저장기간 연장(Shelf-life extension)
6. 발아억제(Sprouting inhibition)	
7. 선모충/기생충 통제(Trichina/parasite control)	
8. 병원 환자용 무균식(Sterile meals for hospital patients)	
9. 멸균(Sterilization)	10. 기타(Unstated)

1. 알제리 [ALGERIA]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	어류 및 수산식품 (Fish and seafood)	제한없음 (Any)	3, 5, 7	11.04.05	10.00
2	가금육 (Raw poultry and meat)	제한없음 (Any)	3, 5, 7	11.04.05	10.00
3	신선 과일 및 채소 (Fresh fruits and vegetables)	제한없음 (Any)	1, 2, 4, 5	11.04.05	10.00
4	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	제한없음 (Any)	2	11.04.05	10.00
5	건조 식육 (Dried food of animal origin)	제한없음 (Any)	2	11.04.05	10.00
6	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	제한없음 (Any)	2, 3	11.04.05	10.00
7	혼합 식품 (Miscellaneous foods)	제한없음 (Any)	3	11.04.05	10.00
8	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	제한없음 (Any)	6	11.04.05	10.00

2. 아르헨티나 [ARGENTINA]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	신선 과일 및 채소 (Fresh fruits and vegetables)	Asparragus	1	02.08.94	2.00
		Mushrooms	1	02.08.94	3.00
		Strawberries	5	03.04.89	2.50
2	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	Dried fruits(any)	2	09.12.92	1.00
		Dried vegetables(any)	2	09.12.92	1.00
		Nuts	2	09.12.92	1.00
3	건조 식육 (Dried food of animal origin)	Condiments	3	09.12.90	30.00
4	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Spices	3	09.12.91	30.00
5	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	Galic	6	02.03.89	0.15
		Onion	6	02.03.89	0.15
		potato	6	02.03.89	0.15

3. 호주 [AUSTRALIA]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	신선 과일 및 채소 (Fresh fruits and vegetables)	Breadfruit	4	27.02.03	1
		Litchi	4	27.02.03	1
		Longan	4	27.02.03	1
		Mango	4	27.02.03	1
		Mangosteen	4	27.02.03	1
		Papaya(pawpaw)	4	27.02.03	1
		Rambutan	4	27.02.03	1
2	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Herbal infusions	2, 3, 6	20.09.01	6, 6, 10
		Spices and herbs	2, 3, 6	20.09.01	6, 30, 6
		Herbs(dried)	3	20.09.00	10
		Spices	3	20.09.00	10
		Vegitable seasoning(dried)	3	20.09.00	10
3	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	Carambola	4	27.02.03	1
		Custard apple	4	27.02.03	1

4. 오스트리아 [AUSTRIA]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Herbs(dried)	3	20.09.00	10
		Spices	3	20.09.00	10
		Vegitable seasoning(dried)	3	20.09.00	10

5. 방글라데시 [BANGLADESH]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	어류 및 수산식품 (Fish and seafood)	제한없음 (Any)	7, 10	01.06.05	2, 5
			5		2.5
2	가금육 (Raw poultry and meat)	제한없음 (Any)	7, 10,	01.06.05	3, 7
			5		2.5
3	신선 과일 및 채소 (Fresh fruits and vegetables)	제한없음 (Any)	1, 2, 4,	01.06.05	1
			5		2.5
4	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	제한없음 (Any)	2	01.06.05	1
5	건조 식육 (Dried food of animal origin)	제한없음 (Any)	2	01.06.05	1
6	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	제한없음 (Any)	2, 10	01.06.05	1, 10
7	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	제한없음 (Any)	6	01.06.05	0.2

6. 벨기에 [BELGIUM]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	어류 및 수산식품 (Fish and seafood)	Fish, Shellfish (crustaceans, molluscs)	3	08.06.04	3
		Shirimps(frozen)	3	08.06.04	5
2	가금육 (Raw poultry and meat)	Frog legs(frozen)	3	08.06.04	5
		Offal of poultry	3	08.06.04	5
		Poultry meat(domestic, fowl, geese, ducks, pigeons, guinea fowl, quail, turkey)	3	08.06.04	7
		Poultry meat(mechanically separated, minced, crushed, broken)	3	08.06.04	5
3	신선 과일 및 채소 (Fresh fruits and vegetables)	Fruits	5	08.06.04	2
		Strawberries(fresh)	5	08.06.04	2
		Vegetables	2, 4	08.06.04	1
4	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	Cereals and pulses	2, 4	08.06.04	1
		Cereals flakes	3	08.06.04	10
		Rice flour	3	08.06.04	4
5	건조 식육 (Dried food of animal origin)	Dehydrated blood, plasma, coagulates	3	08.06.04	10
6	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Deep frozen aromatic herbs	3	08.06.04	10
		Herbs(dried)	3	08.06.04	10
		Spices & vegetable seasonings(dried)	3	08.06.04	10
7	혼합 식품 (Miscellaneous foods)	Arabic gum	3	08.06.04	3
		Casein, caseinates	3	08.06.04	6
		Egg white	3	08.06.04	3
8	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	Onion	6	08.06.04	0.15
		Shallots(dormant)	6	08.06.04	0.15
		Store garlic	6	08.06.04	0.15
		Store potatoes(raw, unpeeled)	6	08.06.04	0.15

7. 브라질 [BRAZIL]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	어류 및 수산식품 (Fish and seafood)	제한없음 (Any)	7, 10, 5	30.01.01	*
2	가금육 (Raw poultry and meat)	제한없음 (Any)	7, 10, 5	30.01.01	*
3	신선 과일 및 채소 (Fresh fruits and vegetables)	제한없음 (Any)	1, 2, 4, 5	30.01.01	*
4	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	제한없음 (Any)	2	30.01.01	*
5	건조 식육 (Dried food of animal origin)	제한없음 (Any)	2	30.01.01	*
6	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	제한없음 (Any)	2, 10	30.01.01	*
7	혼합 식품 (Miscellaneous foods)	제한없음 (Any)	3	30.01.01	*
8	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	제한없음 (Any)	6	30.01.01	*

8. 불가리아 [BULGARIA]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Herbs(dried)	3	28.03.02	10
		Spices	3	28.03.02	10
		Vegetable sesonnigs(dried)	3	28.03.02	10

9. 캐나다 [CANADA]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	Wheat & wheat products	2	25.02.69	0.75
2	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Dry vegetables sesonnings spices	3	03.10.84	10
3	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	Onions	6	09.11.60	0.15
		Potatoes	6	09.11.60	0.15

10. 칠레 [CHILE]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	어류 및 수산식품 (Fish and seafood)	Fish(teleosteos) and fish products	2,3,5	29.12.82	2.20
2	가금육 (Raw poultry and meat)	Chicken	3, 5	29.12.82	2.20
3	신선 과일 및 채소 (Fresh fruits and vegetables)	Date	2	29.12.82	1
		Mango	1,2,5	29.12.82	1
		Papaya	1,2	29.12.82	1
		Strawberries	5	29.12.82	3
4	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	Rice, wheat & wheat products	2	29.12.82	1
		pulse(cocoa beans)	2	29.12.82	1
5	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Spices and condiments	2, 3	29.12.82	10
6	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	Potato	6	29.12.82	0.15

11. 중국 [CHINA]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	가금육 (Raw poultry and meat)	Beef and poultry meat (frozen)	3	10.06.96	2.50
		Pork	7	23.02.94	0.65
2	신선 과일 및 채소 (Fresh fruits and vegetables)	제한없음 (Any)	5	10.06.97	1.50
3	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	Beans	2	10.06.97	0.20
		Cereal grains(rice, wheat)	2	10.06.97	0.60
		Dried nuts and fruits	2	10.06.97	0.40
4	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Spices	3	10.06.97	10
5	혼합 식품 (Miscellaneous foods)	Cooked meat food for livestock and poultry	3	10.06.97	8
		Pollen	3	23.02.94	10
		Sweet potato wine	3	23.02.94	4
6	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	제한없음 (Any)	6	10.06.97	1.50

12. 코스타리카 [COSTA RICA]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	어류 및 수산식품 (Fish and seafood)	Fish(teleosteos) and fish products	2,3,5	07.07.94	2.20
2	가금육 (Raw poultry and meat)	Chicken	3,5	07.07.94	2.20
3	신선 과일 및 채소 (Fresh fruits and vegetables)	Dates	2	07.07.94	1
		Mango	1,2,5	07.07.94	1
		Papaya	1,2	07.07.94	1
		Strawberries	5	07.07.94	3
4	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	Rice	2	07.07.94	1
		Pulses(cocoa beans)	2	07.07.94	1
		Wheats and wheat products	2	07.07.94	1
5	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Spices and condiments	2, 3	07.07.94	10
6	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	Onions, potatoes	6	07.07.94	1

13. 크로아티아 [CROATIA]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	어류 및 수산식품 (Fish and seafood)	Any	7,10,5	21.06.94	5
		Frog legs	2	21.06.94	8
2	가금육 (Raw poultry and meat)	제한없음 (Any)	7,10,5	21.06.94	7
3	신선 과일 및 채소 (Fresh fruits and vegetables)	제한없음 (Any)	1,2,4,5	21.06.94	3
4	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	Any	2	21.06.94	1
		Dried fruits	3	21.06.94	10
5	건조 식육 (Dried food of animal origin)	제한없음 (Any)	2, 3	21.06.94	3, 30
6	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	제한없음 (Any)	2,10	21.06.94	30
7	혼합 식품 (Miscellaneous foods)	Meals for immunosuppressed patients, arabic gum, enzymes, eggs and egg products	3	21.06.94	45
8	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	제한없음 (Any)	6	21.06.94	0.50

14. 쿠바 [CUBA]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	어류 및 수산식품 (Fish and seafood)	Fish(dried)	2	01.05.93	1
		Fish(fresh)	5	01.01.91	3
		Seefood	5	01.01.91	3
2	가금육 (Raw poultry and meat)	Meat	3	01.08.91	5
		Meat products	3	01.03.90	4
3	신선 과일 및 채소 (Fresh fruits and vegetables)	Avocados	1	01.08.92	0.25
		Mangoes	1	01.07.92	0.75
4	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	Oil seed(sesame seeds)	2	01.10.93	2
		Pulses(cocoa beans)	2	01.01.88	0.50
5	건조 식육 (Dried food of animal origin)	Animal blood(dried)	2	01.01.90	2
6	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Spices	2	01.08.90	5
7	혼합 식품 (Miscellaneous foods)	Casings(hog)	3	01.10.88	7
8	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	Garlics	6	01.04.87	0.08
		Onions	6	01.04.87	0.06
		Potatoes	6	01.04.87	0.10

15. 체코 [CZECH REPUBLIC]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	어류 및 수산식품 (Fish and seafood)	Any	7,10,5	12.03.04	2,5,3
		Flog legs(frozen)	3		5
2	가금육 (Raw poultry and meat)	Poultry	7	12.03.04	3
		Poultry meat	10, 5	12.03.04	7
3	신선 과일 및 채소 (Fresh fruits and vegetables)	제한없음 (Any)	2,4,5	12.03.04	1,1,2
4	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	Cereal and their milled products	2,3	12.03.04	1
		Dried fruits	2,3	12.03.04	1
		Pulses	2,3	12.03.04	10
5	건조 식육 (Dried food of animal origin)	Casein, caseinates	3	12.03.04	6
		Coagulates	2	12.03.04	10
		Dehydrated blood	2	12.03.04	10
		Plasma	2	12.03.04	10
6	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	제한없음 (Any)	2,10	12.03.04	1, 10
7	혼합 식품 (Miscellaneous foods)	Egg white	3	12.03.04	3
		Gum arabic	3	12.03.04	3
8	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	제한없음 (Any)	1,6	12.03.04	1,0.20

16. 덴마크 [DENMARK]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Herbs(dried)	3	23.12.85	10
		Spices	3	23.12.85	10
		Vegetable seasonings	3	23.12.85	10

17. 이집트 [EGYPT]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Dried garlic and onions	3	22.10.97	10
		Herbs	3	22.10.97	10
		Spices	3	22.10.97	10
2	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	Garlic	6	09.01.01	0.20
		Onions & potatoes	6	09.01.01	0.20

18. 핀란드 [FINLAND]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Herbs(dried)	3	20.09.00	10
		Spices	3	13.11.87	10
		Vegetable seasonings(dried)	3	20.09.00	10
2	혼합 식품 (Miscellaneous foods)	Sterile meals	3	13.11.87	10
3	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	Yarms	6	09.01.01	0.20

19. 프랑스 [FRANCE]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	어류 및 수산식품 (Fish and seafood)	See food(shrimps)	3	10.10.91	5
2	가금육 (Raw poultry and meat)	Meat and their products	3	23.03.85	5
		Poultry	3	01.09.90	5
3	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	Cereal flakes	3	16.06.85	10
		Cereal germs	3	17.05.85	10
		Dried fruits	2	13.01.88	1
		Pulses	2	01.09.90	5
		Rice flour	3	13.01.88	10
4	건조 식육 (Dried food of animal origin)	Casein, caseinates	3	21.07.91	6
		Dry food for origin(animal blood dried: Plasma and blood products)	3	04.12.86	10
		Spices	3	10.02.83	10
		Vegetable seasoning(dried)	3	20.09.00	10
5	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Herbs(dried)	3	22.08.90	10
6	혼합 식품 (Miscellaneous foods)	Arabic gum	3	16.06.85	3
7	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	Garlic, Onion	6	12.07.84	0.75
		Shallots	3	12.07.84	0.75

20. 독일 [GERMANY]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	어류 및 수산식품 (Fish and seafood)	Frog legs(frozen)	3	15.06.06	5
2	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Herbs(dried)	3	20.09.00	10
		Spices	3	20.09.00	10
		Vegetable seasoning(dried)	3	20.09.00	10

21. 가나 [GHANA]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	어류 및 수산식품 (Fish and seafood)	제한없음 (Any)	7, 10, 5	15.01.97	2, 5, 3
2	가금육 (Raw poultry and meat)	제한없음 (Any)	7, 10, 5	15.01.97	2, 7, 3
3	신선 과일 및 채소 (Fresh fruits and vegetables)	제한없음 (Any)	1, 2, 4 5	15.01.97 15.01.97	1 2.50
4	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	제한없음 (Any)	2, 10	15.01.97	1, 5
5	건조 식육 (Dried food of animal origin)	제한없음 (Any)	3,2	15.01.97	10, 1
6	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	제한없음 (Any)	2, 10	15.01.97	1, 10
7	혼합 식품 (Miscellaneous foods)	제한없음 (Any)	4, 10, 9	25.02.98	10
8	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	제한없음 (Any)	6	15.01.97	0.20

22. 그리스 [GREECE]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Herbs(dried)	3	20.09.00	10
		Spices	3	20.09.00	10
		Vegetable seasoning(dried)	3	20.09.00	10

23. 헝가리 [HUNGARY]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Herbs(dried)	3	20.09.00	10
		Spices	3	20.09.00	10
		Vegetable seasoning(dried)	3	20.09.00	10

24. 인도 [INDIA]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	어류 및 수산식품 (Fish and seafood)	제한없음 (Any)	2, 3, 5	02.05.01	6
2	가금육 (Raw poultry and meat)	제한없음 (Any)	3, 5	06.04.98	4
3	신선 과일 및 채소 (Fresh fruits and vegetables)	Mango	1, 2	06.04.98	0.75
4	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	Dried fruits(dates, figs raisins)	2	06.04.98	0.75
		Pulses	2	02.05.01	1.00
		Rice	2	06.04.98	1.00
		Weat and wheat products	2	06.04.98	1.00
5	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Spices	3	09.08.94	14
6	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	Garlic, ginger	6	06.04.98	0.15
		Onion	6	06.04.98	0.09
		Potato	6	09.08.94	0.15

25. 인도네시아 [INDONESIA]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	어류 및 수산식품 (Fish and seafood)	Fish(dried)	2	10.02.85	5.00
		Frog legs(frozen)	3	10.02.95	7.00
		Shellfish(frozen shrimps)	3	10.02.85	5.00
2	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	Cereals	2	29.12.87	1.00
		Dried fruits	2	10.02.95	1.00
		pulses	3	10.02.95	5.00
3	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Spices	3	29.12.87	5.00
4	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	제한없음 (Any)	6	29.12.87	0.15

26. 이란 [IRAN]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Spices	3	09.07.90	10.00

27. 아일랜드 [IRELAND]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Herbs(dried)	3	20.09.00	10
		Spices	3	20.09.00	10
		Vegetable seasoning(dried)	3	20.09.00	10

28. 이스라엘 [ISRAEL]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	가금육 (Raw poultry and meat)	Raw poultry and poultry sections	3, 5	17.02.87	7.00
2	신선 과일 및 채소 (Fresh fruits and vegetables)	제한없음 (Any)	1, 2	17.02.87	1.00
3	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	제한없음 (Any)	2	17.02.87	1.00
4	건조 식육 (Dried food of animal origin)	Animal feed	3	19.07.73	15
5	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Dried vegetables Spices	3 3, 5	17.02.87 17.02.87	10 7.00
6	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	Garlic, onion, shallots Potatoes	6 6	06.03.85 30.07.67	0.15 0.15

29. 이탈리아 [ITALY]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Herbs(dried) Spices Vegetable seasoning(dried)	3 3 3	18.07.96 18.07.96 20.09.00	10 10 10
2	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	Galics Onions, potatoes	6 6	30.08.73 30.08.73	0.15 0.15

30. 일본 [JAPAN]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	Potatoes	6	30.08.72	0.15

31. 한국 [KOREA, REP. OF]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	신선 과일 및 채소 (Fresh fruits and vegetables)	Mushrooms	2	16.10.87	1.00
2	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	Cereals of legumes and their powders as ingredients of food products	2, 3	24.05.04	5.00
		Chestnuts	2	16.10.87	0.25
3	건조 식육 (Dried food of animal origin)	Animal origin(meat, fish, shellfish)	3	14.12.91	7.00
		Egg powder	3	24.05.04	5.00
4	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Dried vegetables	3	19.05.95	7.00
		Spices(dried)	3	13.09.88	10
		Tea	3	24.05.04	10
		Vegetable seasoning(dried)	3	19.05.95	7.00
5	혼합 식품 (Miscellaneous foods)	Algae food	3	24.05.04	7.00
		Aloe	3	24.05.04	7.00
		Enzyme preparations	3	24.05.04	7.00
		Other powdered products (Doenjang, kochujang, kanjang)	3	14.12.91	7.00
		Sauces	3	24.05.04	10
		Soy beans and red pepper paste	3	14.12.91	7.00
		Starch as ingredient of food products	3	14.12.91	5.00
		Sterile meals(for 2nd pasteurization)	3	19.05.95	10
Yeast powder	3	24.05.04	7.00		
6	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	Garlic	6	14.12.91	0.15
		Ginseng	3	24.05.04	7.00
		Onion, potatoes	6	16.10.87	0.15

32. 리비아 [LIBYAN ARAB JAMAHIRIYA]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	가금육 (Raw poultry and meat)	Poultry meat	3, 5	01.01.89	4.00
2	신선 과일 및 채소 (Fresh fruits and vegetables)	Dates	2	01.01.89	1.00
3	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Spices	3	01.01.89	10
4	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	Garlic	6	01.01.89	0.04
		Onion	6	01.01.89	0.08
		Potato	6	01.01.89	1.00

33. 룩셈부르크 [LUXEMBOURG]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Herbs(dried)	3	20.09.00	10
		Spices	3	20.09.00	10
		Vegetable seasoning(dried)	3	20.09.00	10

34. 멕시코 [MEXICO]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	어류 및 수산식품 (Fish and seafood)	제한없음 (Any)	5,7,10	06.09.05	10
2	가금육 (Raw poultry and meat)	제한없음 (Any)	5,7,10	06.09.05	10
3	신선 과일 및 채소 (Fresh fruits and vegetables)	제한없음 (Any)	1,4,5	06.09.05	10
4	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	제한없음 (Any)	2	06.09.05	10
5	건조 식육 (Dried food of animal origin)	제한없음 (Any)	2	06.09.05	10
6	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	제한없음 (Any)	2,10	06.09.05	10
7	혼합 식품 (Miscellaneous foods)	제한없음 (Any)	10	06.09.05	10
8	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	제한없음 (Any)	6	06.09.05	10

35. 네덜란드 [NETHERLANDS]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	어류 및 수산식품 (Fish and seafood)	Frog legs	10		5
		Prawns, shrimps	10		3
2	가금육 (Raw poultry and meat)	Poultry meat	5, 10		7
3	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	Cereal flakes	2	01.08.92	75
		Dried fruits	2	01.08.92	1
		Pulses	2		1
4	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Dried vegetables	2, 10	01.08.92	10
		Herbs	2, 10	01.08.92	10
		Spices	2, 10	01.08.92	10
		Vegetable seasonings	2, 10	20.09.00	10
5	혼합 식품 (Miscellaneous foods)	Arabic gum	3, 10	01.08.92	75
		Deep frozen meals	3, 10	01.08.92	1

36. 뉴질랜드 [NEW ZEALAND]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	신선 과일 및 채소 (Fresh fruits and vegetables)	Carambola	4	27.02.03	1.00
		Custard apple	4	27.02.03	1.00
		Litch, longan, mango	4	27.02.03	1.00
		Mangosten, papaya, rambutan	4	27.02.03	1.00
2	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Herbal infusions	2, 3, 6	20.09.01	6, 10, 10
		Herbs	2, 3, 6	20.09.01	6, 30, 6
		Spices	2, 3, 6	20.09.01	6, 30, 6
3	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	Breadfruit	4	27.02.03	1.00

37. 노르웨이 [NORWAY]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Herbs(dried)	3	20.09.00	10
		Spices	3	20.09.00	10
		Vegetable seasoning(dried)	3	20.09.00	10

38. 파라과이 [PARAGUAY]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	어류 및 수산식품 (Fish and seafood)	제한없음 (Any)	5, 10	31.01.00	3, 5
2	가금육 (Raw poultry and meat)	제한없음 (Any)	5, 10	31.01.00	5.00
3	신선 과일 및 채소 (Fresh fruits and vegetables)	제한없음 (Any)	1, 4, 5	31.01.00	1.00
			2	31.01.00	2.00
4	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	제한없음 (Any)	2	31.01.00	1.00
5	건조 식육 (Dried food of animal origin)	제한없음 (Any)	2	31.01.00	1.00
6	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	제한없음 (Any)	2, 10	31.01.00	1, 10
7	혼합 식품 (Miscellaneous foods)	제한없음 (Any)	3, 10	31.01.00	10
8	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	제한없음 (Any)	6	31.01.00	0.20

39. 페루 [PERU]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	어류 및 수산식품 (Fish and seafood)	제한없음 (Any)	7,10	05.12.01	2, 5
			5	05.12.01	3.00
2	가금육 (Raw poultry and meat)	제한없음 (Any)	7,10	05.12.01	2,7
			5	05.12.01	3.00
3	신선 과일 및 채소 (Fresh fruits and vegetables)	제한없음 (Any)	1,2	05.12.01	1
			5	05.12.01	2.50
4	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	제한없음 (Any)	2	05.12.01	1
5	건조 식육 (Dried food of animal origin)	제한없음 (Any)	2, 3	05.12.01	1, 3
6	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	제한없음 (Any)	2, 10	05.12.01	1,10
7	혼합 식품 (Miscellaneous foods)	제한없음 (Any)	3	05.12.01	10
8	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	제한없음 (Any)	6	05.12.01	0.20

40. 필리핀 [PHILIPPINES]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	어류 및 수산식품 (Fish and seafood)	제한없음 (Any)	7,10,5	01.03.04	2,7,3
2	가금육 (Raw poultry and meat)	제한없음 (Any)	7,10,5	01.03.04	2,7,3
3	신선 과일 및 채소 (Fresh fruits and vegetables)	제한없음 (Any)	1,4	01.03.04	1
			5	01.03.04	2.50
4	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	제한없음 (Any)	2	01.03.04	1
			3,10	01.03.04	5
			6	01.03.04	0.25
5	건조 식육 (Dried food of animal origin)	제한없음 (Any)	2, 3	01.03.04	1, 3
			10	01.03.04	7
6	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	제한없음 (Any)	2,10	01.03.04	1,30
7	혼합 식품 (Miscellaneous foods)	제한없음 (Any)	4,9,10	01.03.04	*
8	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	제한없음 (Any)	6	01.03.04	0.2

41. 폴란드 [POLAND]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	신선 과일 및 채소 (Fresh fruits and vegetables)	Mushrooms	5	04.07.03	2.5
2	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Dried mushrooms	3	04.07.03	10
		Dried vegetable	3	04.07.03	10
		Spices & herbs	3	04.07.03	10
3	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	Garlics	6	04.07.03	0.25
		Onions	6	04.07.03	0.06<
		Potatoes	6	04.07.03	0.10

42. 포르투갈 [PORTUGAL]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Herbs(dried)	3	26.12.01	10
		Spices	3	26.12.01	10
		Vegetable seasoning(dried)	3	26.12.01	10

43. 러시아 연방 [RUSSIAN FEDERATION]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	가금육 (Raw poultry and meat)	Rabbit meat and their products	5	11.07.64	8.00
		Pork meat and their products	5	11.07.64	8.00
		Red meat and their products	5	01.02.67	8.00
		Poultry	5	04.07.64	6.00
2	신선 과일 및 채소 (Fresh fruits and vegetables)	제한없음 (Any)	1,2,4,5	11.07.64	0.03
3	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	Grains(corn,wheat)	2	01.01.59	0.30
		Rice	2	01.01.59	0.70
4	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Dried vegetables	2,10		4.00
5	혼합 식품 (Miscellaneous foods)	Food concentrates(dried)	2	06.06.66	0.70
		Pudding(dried)	2		0.70
6	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	Onion	6	17.07.64	0.06
		Potato	6		0.03

44. 사우디아라비아 [SAUDI ARABIA]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	어류 및 수산식품 (Fish and seafood)	제한없음 (Any)	5,7,10	07.01.02	*
2	가금육 (Raw poultry and meat)	제한없음 (Any)	5,7,10	07.01.02	*
3	신선 과일 및 채소 (Fresh fruits and vegetables)	제한없음 (Any)	1,2,4,5	07.01.02	*
4	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	제한없음 (Any)	2	07.01.02	*
5	건조 식육 (Dried food of animal origin)	제한없음 (Any)	2	07.01.02	*
6	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	제한없음 (Any)	2,10	07.01.02	*
7	혼합 식품 (Miscellaneous foods)	제한없음 (Any)	3,10	07.01.02	*
8	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	제한없음 (Any)	6	07.01.02	*

45. 남아프리카 [SOUTH AFRICA]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	어류 및 수산식품 (Fish and seafood)	제한없음 (Any)	5,7,10	29.10.02	-
2	가금육 (Raw poultry and meat)	제한없음 (Any)	5,7,10	29.10.02	-
3	신선 과일 및 채소 (Fresh fruits and vegetables)	제한없음 (Any)	1,2,4,5	29.10.02	-
4	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	제한없음 (Any)	2	29.10.02	-
5	건조 식육 (Dried food of animal origin)	제한없음 (Any)	2	29.10.02	-
6	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	제한없음 (Any)	2,10	29.10.02	-
7	혼합 식품 (Miscellaneous foods)	제한없음 (Any)	5,10	29.10.02	-
8	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	제한없음 (Any)	3,4,6,9, 10	29.10.02	-

46. 스페인 [SPAIN]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Herbs(dried)	3	20.09.00	10
		Spices	3	20.09.00	10

47. 스웨덴 [SWEDEN]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Herbs(dried)	3	20.09.00	10
		Spices	3	20.09.00	10
		Vegetable seasoning(dried)	3	20.09.00	10

48. 시리아 [SYRIA]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	어류 및 수산식품 (Fish and seafood)	제한없음 (Any)	7, 10	02.08.96	2, 5
			5	02.08.96	3
2	가금육 (Raw poultry and meat)	제한없음 (Any)	7, 10	02.08.96	3, 7
			5	02.08.96	3
3	신선 과일 및 채소 (Fresh fruits and vegetables)	제한없음 (Any)	1, 2, 4	02.08.96	1
			5	02.08.96	2.50
4	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	제한없음 (Any)	2, 3	02.08.96	1, 5
			5	02.08.96	5
5	건조 식육 (Dried food of animal origin)	제한없음 (Any)	2, 3	02.08.96	1, 3
6	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	제한없음 (Any)	2, 10	02.08.96	1, 10
7	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	제한없음 (Any)	6	02.08.96	0.2

49. 태국 [THAILAND]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	어류 및 수산식품 (Fish and seafood)	Fish (dried)	2	04.12.86	1.00
		Fish products	3, 5	04.12.86	2.20
		Shellfish(shripms)	3	04.12.86	5.00
2	가금육 (Raw poultry and meat)	Specific sausages : nham and moo yor	7	04.12.86	5.00
		Chicken	3, 5	04.12.86	7.00
		Sausages	3, 5	04.12.86	5.00
3	신선 과일 및 채소 (Fresh fruits and vegetables)	Mango	1, 2, 3	04.12.86	1.00
		Papaya	1, 2	04.12.86	1.00
		Strawberry	5	04.12.86	3.00
4	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	Wheat and wheat products	2	04.12.86	1.00
		Dried fruits(jujuba)	2	04.12.86	1.00
		Fermented cocoa	3	04.12.86	5.00
		Rice	2	04.12.86	1.00
5	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Spices and condiments	2, 3	04.12.86	1, 10
6	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	Garlic, onion, potato	6	04.12.86	0.15

50. 튀니지 [TUNISIA]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	Dried fruits	2	24.05.02	1.00
		Pulse and dried fruits	2	24.05.02	1.00
2	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Spices	3	24.05.02	10.00
		Vegetable sesonings(dried)	3	24.05.02	10.00
3	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	Garlic, onion, potato	6	24.05.02	0.15

51. 터키 [TURKEY]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	어류 및 수산식품 (Fish and seafood)	제한없음 (Any)	5,7,10	06.11.99	3,2,5
2	가금육 (Raw poultry and meat)	제한없음 (Any)	5,7,10	06.11.99	3,3,7
3	신선 과일 및 채소 (Fresh fruits and vegetables)	제한없음 (Any)	1,2,4	06.11.99	1.00
			5	06.11.99	2.50
4	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	제한없음 (Any)	2,5,3	06.11.99	1,5,5
5	건조 식육 (Dried food of animal origin)	제한없음 (Any)	2, 3	06.11.99	1, 3
6	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	제한없음 (Any)	2, 10	06.11.99	1,10
8	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	제한없음 (Any)	6	06.11.99	0.20

52. 우크라이나 [UKRAINE]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	가금육 (Raw poultry and meat)	Pork meat and pork meat	5	11.07.64	8.00
		Rabbit meat and rabbit meat	5	11.07.64	8.00
		Red meat and red meat	5	01.02.67	8.00
		Poultry	5	04.07.66	6.00
2	신선 과일 및 채소 (Fresh fruits and vegetables)	제한없음 (Any)	1,2,4,5	11.07.64	0.03
3	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	Grains(corn,wheat)	2	01.01.59	0.30
		Rice	2	01.01.59	0.70
4	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Dried vegetables	2,10	11.07.64	4.00
5	혼합 식품 (Miscellaneous foods)	Food concentrates(dried)	2	06.06.66	0.70
		Pudding(dried)	2	06.06.66	0.70
6	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	Onion	6	17.07.64	0.06
		Potato	6	17.07.64	0.03

53. 미국 [UNITED STATES OF AMERICA]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	어류 및 수산식품 (Fish and seafood)	Shellfish(fresh or frozen)	10	16.08.05	5.50
2	가금육 (Raw poultry and meat)	Pork meat	7	22.07.85	1
		Poultry meat and their products	5, 10	02.05.90	3
		Red meat and red meat	5, 10	03.12.97	7
3	신선 과일 및 채소 (Fresh fruits and vegetables)	Any	1,2	18.04.86	1
		Any	4	23.10.02	1
		Seeds for sprouting	3	30.10.00	8
4	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	Wheat and wheat powder	2	21.08.63	0.50
5	건조 식육 (Dried food of animal origin)	Animal feed and pet food	3	28.09.95	25
6	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	Herbs, Spices	3	22.07.85	30
		Vegetable seasonings	3	18.04.86	30
7	혼합 식품 (Miscellaneous foods)	Enzyme prepatations(dried or dehydttated)	3	10.06.85	10
		Fresh shell eggs	10	21.07.00	3
8	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	Potatoes(white)	6	08.07.64	0.15

54. 우루과이 [URUGUAY]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	Potato	6	23.06.70	0.15

55. 베트남 [VIET NAM]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	어류 및 수산식품 (Fish and seafood)	제한없음 (Any)	5,7,10	09.11.04	3,2,7
2	가금육 (Raw poultry and meat)	제한없음 (Any)	5,7,10	09.11.04	3,2,7
3	신선 과일 및 채소 (Fresh fruits and vegetables)	제한없음 (Any)	1,2,4	06.11.99	1
			5	06.11.99	2.50
4	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	제한없음 (Any)	2,3	09.11.04	1,5
			5	09.11.04	5
5	건조 식육 (Dried food of animal origin)	제한없음 (Any)	2,3	09.11.04	1,3
			10	09.11.04	7
6	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	제한없음 (Any)	2,10	09.11.04	1,10
7	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	제한없음 (Any)	6	06.11.99	0.20

56. 잠비아 [ZAMBIA]

No	식품군 (Food Class)	제품 (Product)	활용목적 (Code)	허가일자 (Date)	선량(Dose) (Max, kGy)
1	어류 및 수산식품 (Fish and seafood)	제한없음 (Any)	5,7,10	-	3, 2, 5
2	가금육 (Raw poultry and meat)	제한없음 (Any)	5,7,10	-	3, 2, 7
3	신선 과일 및 채소 (Fresh fruits and vegetables)	제한없음 (Any)	1,2,4 5	-	1 2.50
4	곡류 및 곡류 가공품 (Cereals and their milled products)	제한없음 (Any)	2,3	-	1,5
5	건조 식육 (Dried food of animal origin)	제한없음 (Any)	10,3	-	1,3
6	건조 채소 및 향신료 (Dried vegetables and spices)	제한없음 (Any)	2,10	-	1,10
7	혼합 식품 (Miscellaneous foods)	제한없음 (Any)	4,9,10	-	10
8	구근류 (Bulbs, roots and tubers)	제한없음 (Any)	6		0.2

[부록 II. 국가별 감마선 조사시설 현황]

국가명	선종	Facility	Unit
Arg	Co60	IONICS SA	IONICS SA
Argentina	Co60	Comisióió	Planta de Irradiacion Semi-Industrial
Australia	Co60	Steritech Pty. Ltd.	IAEA-NR 11
Australia	Co60	Steritech Pty. Ltd.	Dandenong -
Australia	Co60	Steritech Pty. Ltd.	Wetherill Park -
Australia	Co60	Steritech Pty. Ltd.	Narangba -
Bangladesh	Co60	Bangladesh Atomic Energy Commission	Research Irradiator
Belgium	Co60	Sterigenics Belgium	Gammir 2
Belgium	Co60	Sterigenics Belgium	Gammir 1
Brazil	Co60	CBE-Companhia Brasileira de Esterilizacao	CBE Companhia Brasileira de Esterilizacao
Brazil	Co60	Embrarad Empresa Brasileira de Radiacoes Ltda..	JS9600
Brazil	Co60	Embrarad Empresa Brasileira de Radiacoes Ltda..	JS7500
Brazil	Co60	IPEN (Instituto de Pesquisas Energé-ã	Multipurpose gamma irradiator CTR/IPEN
BULGARIA	Co60	Gitava Ltd	Gamma Irradiation facility "Kalina"
Canada	Co60	MDS Nordion - CIC	Canadian Irradiation Center
Chile	Co60	Chilean Nuclear Energy Comission	Multipurpose Irradiation Plant
China	Co60	Atomic Agriculture Institute of Hunan	-
China	Co60	Beijing Yongzhu Mayak Rad. New Technique Co. Ltd.	-
China	Co60	DLIAT of CNNC in Dalian	Irradiation Center
China	Co60	Guangzhou Irradiation Technology Institute	Gamma Radiation Processor
China	Co60	Suzhou CNNC Huadong Radiation Co.,LTD	Suzhou CNNC Huadong Radiation Co.,LTD

China	Co60	Yunnan Nuclear Technology Application Co. Ltd.	-
China	Co60	Hongyisifang Rad. Technique Co. Ltd.	suspending conveyer
Colombia	Co60	Instituto Colombiano de Geologí	Facilidad Gamma
CROATIA	Co60	Ruder Boskovic Institute	Ruder Boskovic Institute
Cuba	Co60	Centro de Irradiacion de Alimentos	Centro de Irradiacion de Alimentos
Egypt	Co60	National Center for Rad. Research & Technology	Mega Gamma-1, National Center for Rad. Research
Españ	Co60	ARAGOGAMMA S.A	ARAGOGAMMA
France	Co60	Isotron France	Gammaster Provence SA
Germany	Co60	Isotron Deutschland GmbH	Isotron Deutschland GmbH
Ghana	Co60	Ghana Atomic Energy Commission	Radiation Technology Centre
Hungary	Co60	Agroster Irradiation Co Ltd.	Agroster Irradiation Co Ltd.
Hungary	Co60	Institute of Isotopes Co., Ltd.	SLL-01 Gamma Irradiator
India	Co60	Board of Radiation & Isotope Technology	Spice Irradiation Plant
India	Co60	A. V. Processors Pvt. Ltd.	A. V. Processors Pvt. Ltd.
India	Co60	Bhabha Atomic Research Centre, BARC	Krushni Utpadan & Sanrakshan Kendra (KRUSHAK)
India	Co60	Board of Radiation & Isotope Technology	ISOMED
India	Co60	Gamma Agro-Medical Processings Pvt Ltd	GAMMA AGRO-MEDICAL PROCESSINGS PVT LTD
India	Co60	Shriram Institute for Industrial Research	Shriram Applied Radiation Center (SARC)
Indonesia	Co60	Pt. Rel-ion Sterilization Services	Pt. Rel-ion Sterilization Services
Iran	Co60	Nuclear Science & Technology Research Institute, Atomic Energy Organization of Iran	Radiation Application Research School (formerly Ga
Israel	Co60	Sor-Van Radiation Ltd.	Sor-Van Radiation Ltd.

Italy	Co60	Gammarad Italia SPA	GAMMA 2 - Italia SPA
Korea	Co60	Advanced Radiation Technology Institute,	Gamma Phytotron
Korea	Co60	Advanced Radiation Technology Institute	Wet Storage Irradiator
Korea	Co60	Greenpia Technology Inc	Greenpia Technology Inc
Malaysia	Co60	Malaysian Institute for Nuclear Technology Research	MINTec-SINAGAMA
Mexico	Co60	Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares	Departamento del Irradiator Gamma
Mexico	Co60	Sterigenics	NGS Enterprises
Netherlands	Co60	Isotron	Isotron Nederland bv
Nigeria	Co60	Sheda Science and Technology Complex	Gamma Irradiation facility (GIF)
Pakistan	Co60	Universal Medicap Ltd.	Universal ISO-MED
Peru	Co60	Instituto Peruano de Energia Nuclear (IPEN)	Planta de Irradiacion Multiuso (PIMU)
Philippines	Co60	Philippine Nuclear Research Institute	PNRI Multipurpose Irradiation facility
Poland	Co60	Technical University of Lodz, Institute of Applied Radiation Chemistry	irradiation chamber
Portugal	Co60	ITN -	UTR -
Serbia	Co60	Institute of Nuclear Sciences Vinca.	Institute of Nuclear Sciences Vinca.
South Africa	Co60	Isotron South Africa (Pty) Ltd	Isotron South Africa (Pty) Ltd
Syrian Arab Republic	Co60	Atomic Energy Commission of Syria	Gamma Radiation Sterilization Facility
Thailand	Co60	Isotron (Thailand Ltd.)	Isotron (Thailand Ltd.)
Thailand	Co60	Office of Atomic Energy for Peace	Thai Irradiation Centre, OAEP Demonstration Irradi
Turkey	Co60	Gamma-Pak Sterilizasyon San. ve TIC A.S.	Gamma-Pak Sterilizasyon San. ve TIC A.S.
Turkey	Co60	Turkish Atomic Energy Authority	Turkish Atomic Energy Authority Gamma Irradiation

Venezuela	Co60	Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas	PEGAMMA
Vietnam	Co60	: Research and Development Center for Radiation Technology	VINAGAMMA
Vietnam	Co60	Binh Duong Irradiation Joint-Stock Company	TBI-140
Vietnam	Co60	Institute for Nuclear Science and Technology (INST)	RPP-150B

[부록 Ⅲ. 국가별 전자선 조사시설 현황]

1. 오스트리아 [AUSTRIA]

No	업체/기관명 (Organization)	가공제품 (Processing Product)	보유기수 (No. of Units)	에너지 범위(Mev)	운전개시년 (Start up)	X선 변환 (X ray Conversion)
1	Gebauer & Griller Kabelwerke GesmbH	Wire & Cable	1	0.8	2006	×
2	Mediscan GmbH & CoKG	Semiconductor Sterilisation Flue gases/Wastewater	2	10.0	1996	×
3	Mediscan GmbH & CoKG	Semiconductor Sterilisation Flue gases/Wastewater Crosslinking polymer	2	10.0	1999	×

2. 벨기에 [BELGIUM]

No	업체/기관명 (Organization)	가공제품 (Processing Product)	보유기수 (No. of Units)	에너지 범위(Mev)	운전개시년 (Start up)	X선 변환 (X ray Conversion)
1	Molynlycke Health Care AB	Sterilisation of medical devices	1	10.0	1991	×

3. 브라질 [BRASIL]

No	업체/기관명 (Organization)	가공제품 (Processing Product)	보유기수 (No. of Units)	에너지 범위(Mev)	운전개시년 (Start up)	X선 변환 (X ray Conversion)
1	IPEN - DNEN / SP (Brazilian National Nuclear Energy Commission, Institute for Nuclear and Energy Research)	Wire and cable R&D Shrink tube R&D Shrink film R&D Surface curing R&D Semiconductors commercial 15% R&D Food R&D Sterilisation comm 85% R&D Tire components R&D The gases/wastewater R&D Other : polymer modifications R&D	2	0.75-1.5	1979	×
2	IPEN - CNEN / SP (Brazilian National Nuclear Energy Commission, Institute for Nuclear and Energy Research)	Wire and cable comm 90% R&D Shrink tube R&D Shrink film R&D Other : polyethylene foam comm 10% R&D	2	0.75-1.5	1996	×

4. 불가리아 [BULGARIA]

No	업체/기관명 (Organization)	가공제품 (Processing Product)	보유기수 (No. of Units)	에너지 범위(Mev)	운전개시년 (Start up)	X선 변환 (X ray Conversion)
1	National Electric Company	Flue gases commercial 95%	3	0.8	2003	○

5. 캐나다 [CANADA]

No	업체/기관명 (Organization)	가공제품 (Processing Product)	보유기수 (No. of Units)	에너지 범위(Mev)	운전개시년 (Start up)	X선 변환 (X ray Conversion)
1	Iontron Industries Canada Inc.	Semiconductors commercial 5% R&D Sterilization of Medical devices commercial 35% R&D Other Misc 50% Other crosslink 10%	1 operating, 2 under development	10	1993	×

6. 중국 [CHINA]

No	업체/기관명 (Organization)	가공제품 (Processing Product)	보유기수 (No. of Units)	에너지 범위(Mev)	운전개시년 (Start up)	X선 변환 (X ray Conversion)
1	Anhui Ningguoshuanjin Company	Chemical Industry(Film)	1	0.35	2006	
2	Anhui Tianchang Wires Company	Wire and Cable	1	3	2007	
3	Anhui Wuhu Cables Factory	Wire and Cable	1	2	1993	
4	Baosheng Technology Innovation Company	Wire and Cable	1	2	Under construction	
5	Beijing Atomic Golden Company	Chemical industry	1	10	Under construction	
6	Beijing Institute of High Energy Physics	Sterilization	2	10	Under construction	
7	Beijing Institute of High Energy Physics	Industry CT	2	6	2004	
8	Beijing Third Thermoelectricity Plant	Flue gases remove sulfur	2	0.8	Under construction	
9	Beijing Third Thermoelectricity Plant	Flue gases remove sulfur	2	0.8	Under construction	

No	업체/기관명 (Organization)	가공제품 (Processing Product)	보유기수 (No. of Units)	에너지 범위(Mev)	운전개시년(S tart up)	X선 변환 (X ray Conversion)
10	China Institute of Atomic Energy	Wire and Cable	3	2	1996	
11	China Institute of Atomic Energy	Sterilization	3	10	Under construction	
12	China Institute of Atomic Energy	Chemistry industry	3	10	2004	
13	China Institute of Radiation Protection	Wire and Cable Heat shrinkable Foam	1	2.5	1995	
14	Circumstance Protection Center of China Institute of Physics	Flue gases remove sulfur	1	0.4	2002	
15	Dubang China Limited Company	Chemical industry	1	10	2004	
16	Environmental Protection Center of China Institute of Physics	Flue gases remove sulfur	1	0.8	1999	
17	Fujian Nanping wires Factory	Wire and Cable	1	10	Under construction	
18	Gansu Tianshui Railway Cables Factory	Wire and Cable	1	2.2	1989	
19	Golden Boluo Company	Electronics	1	2	Under construction	
20	Guangdong Cales Factory	Wire and Cable	1	2.5	1995.1	
21	Guangdong Dongguang Jinbolo Company	Heat shrinkable Wire and Cable	1	2	2002	
22	Guangdong Foshan Plastics Group Jing Wei Company	Heat shrinkable	1	3	2003	
23	Guangdong Shenzhen Changbao Company	Heat shrinkable	2	2.5	2001.4	
24	Guangdong Shenzhen Changbao Company	Heat shrinkable	2	3	2004	
25	Guangdong Shenzhen Changyuan Company	Heat shrinkable	1	1	1993	
26	Guangdong Shenzhen Hongshang Heat Shrinkable Material Factory	Wire and Cable	1	2.5	Under construction	

No	업체/기관명 (Organization)	가공제품 (Processing Product)	보유기수 (No. of Units)	에너지 범위(Mev)	운전개시년 (Start up)	X선 변환 (X ray Conversion)
27	Guangdong Shenzhen Woer Company	Heat shrinkable	3	3.5	2004	
28	Guangdong Shenzhen Woer Company	Heat shrinkable	3	1.5	2004	
29	Guangdong Shenzhen Woer Company	Heat Shrinkable	3	1.5	2005	
30	Guangdong Shenzhen Woll Company	Shrinkable	4	2.5	2006	
31	Guangdong Shenzhen Woll Company	Shrinkable	4	2.5	2006	
32	Guangdong Shenzhen Woll Company	Shrinkable	4	2.5	2006	
33	Guangdong Shenzhen Woll Company	Shrinkable	4	2.5	2006	
34	Guangzhou Kaiheng Company	Shrinkable Wire and Cable	8	2.5	2004	
35	Guangzhou Kaiheng Company	Shrinkable Wire and Cable	8	2.5	2004	
36	Guangzhou Kaiheng Company	Shrinkable Wire and Cable	8	1.2	2005	
37	Guangzhou Kaiheng Company	Shrinkable Wire and Cable	8	1.2	2007	
38	Guangzhou Kaiheng Company	Shrinkable Wire and Cable	8	2.5	2004	
39	Guangzhou Kaiheng Company	Shrinkable Wire and Cable	8	2.5	2004	
40	Guangzhou Kaiheng Company	Shrinkable Wire and Cable	8	1.2	2005	
41	Guangzhou Kaiheng Company	Shrinkable Wire and Cable	8	1.2	2007	
42	Guangzhou Nanyang Cables Factory	Wire and Cable	2	2.5	2007	
43	Guangzhou Nanyang Cables Factory	Wire and Cable	2	2.5	2007	
44	Hebei Hejian Xinhua Wire and Cable Group	Heat shrinkable Wire and Cable	2	2.5	1996	
45	Hebei Hejian Xinhua Wire and Cable Group	Heat shrinkable Wire and Cable	2	1.2	1996	
46	Hebei Tangshang Huatong Cables Company	Wire and Cable	1	3	Under constructi on	
47	Hebei Zunhua Wires Factory	Wires and heat shrinkable	1	2.5-3.0	2000	
48	Heilongjiang Institute of Technical Physics	Heat shrinkable	1	1.2	1999.8	

No	업체/기관명 (Organization)	가공제품 (Processing Product)	보유기수 (No. of Units)	에너지 범위(Mev)	운전개시년(S tart up)	X선 변환 (X ray Conversion)
49	Henan Institute of Isotope	Chemical industry	1	0.5	Under construction	
50	Henan Luohe Food Factory	Sterilization	1	10	Under construction	
51	Henan Zhengzhou Cables Factory	Wire and Cable	1	2.5	2000	
52	Henna Zhoukou Zhongke Radiation Company	Wire and Cable	1	3	Under construction	
53	Hubei Huangshi Cables Group Company	Heat shrinkable Wire and Cable	1	2.5	1995.12	
54	Hunan Zhuzhou Institute of Electromotor	Semiconductor	1	10	1996	
55	Institute of Nuclear Energy, Tsinghua University	Flue gases remove sulfur	1	0.6	2004	
56	Jiangsu Suzhou Radiation Product Factory	Wire and Cable	1	0.5	1978	
57	Jiangsu Baosheng Company	Wire and Cable	1	2	2005	
58	Jiangsu Changshu Wires Factory	Heat shrinkable Wire and Cable	2	3	1994	
59	Jiangsu Changshu Wires Factory	Wire and Cable	2	2.5	2002	
60	Jiangsu Dashen Company	Shrinkable	2	1.5	Under construction	
61	Jiangsu Dashen Company	Shrinkable	2	1.5	2007	
62	Jiangsu Dasheng Heat Shrinkable Material Co. Ltd	Heat shrinkable	1	3	2004	
63	Jiangsu Huai'an Bafang Wires Factory	Wire and Cable	1	2.5	1997	
64	Jiangsu Liyang Shangshang Cables Group	Wire and Cable	1	2.5	1994.3	
65	Jiangsu Ronghua Cables Group	Wire and Cable	1	2	1993	
66	Jinagxi Ji'an Cables Factory	Wire and Cable	1	2	1996	

No	업체/기관명 (Organization)	가공제품 (Processing Product)	보유기수 (No. of Units)	에너지 범위(Mev)	운전개시년(S tart up)	X선 변환 (X ray Conversion)
67	Jilin Changchun Heat Shrinkable Material Stock Co.Ltd.	Heat Shrinkable	4	1.2	1992	
68	Jilin Changchun Heat Shrinkable Material Stock Co. Ltd.	Heat Shrinkable	4	1.2	1995	
69	Jilin changchun Heat Shrinkable Material Stock Co. Ltd.	Heat Shrinkable	4	2	1995	
70	Jilin Changchun Heat Shrinkable Material Stock Co. Ltd.	Heat shrinkable	4	1.2	2001	
71	Jilin Liaoyuan Cables Factory	Wire and Cable Heat Shrinkable	1	2.5	1991.11	
72	Jiling Radiation Chemistry Industry Compay	Heat shrinkable	1	3	1985	
73	J i n t a n g j i n l u company	Wire and Cable	1	2.5	2007	
74	National Institute of Metric	Laboratory	1	10	Under construction	
75	Ningbo Super Energy	Food irradiation	1	10	2006	
76	Qingdao Xiyinmen	Chemical industry	1	6	2006	
77	Radial Application Center of Shanghai University	Heat Shrinkable PE	1	0.3	1986	
78	Shandong Lanfu Company	Sterilization	1	10	Under construction	
79	Shandong Qingdao Qingmai Radiation Company	Wire and Cable	1	20	1993	
80	Shandong Qufu Luneng Cables Factory	Wires and heat shrinkable	1	2.5	2002.8	
81	Shangdong Lijin	Flue gases remove sulfur	1	0.8	Under construction	
82	Shangdong Yantai Cables Factory	Wire and Cable	1	3	1991.3	

No	업체/기관명 (Organization)	가공제품 (Processing Product)	보유기수 (No. of Units)	에너지 범위(Mev)	운전개시년(S tart up)	X선 변환 (X ray Conversion)
83	Shanghai Anting Jinkai Electorn Company	Wire and Cable	1	2.5	2001	
84	Shanghai Cables Factory	Wire and Cable	2	2	1987	
85	Shanghai Cables Factory	Wire and Cable	2	2.5	1994	
86	Shanghai Changbao Company	Heat shrinkable Wire and Cable	1	1.2	2001.1	
87	Shanghai Changbao Radiation Factory	Wire and Cable Heat Shrinkable	1	2	1988	
88	Shanghai Fuxin Electron Company	Sterilization	1	10	2006	
89	Shanghai Pioneer E l e c t r o m o t o r Factory	Heat Shrinkable	1	2	1987	
90	S h a n g h a i R a d i a t i o n T e c h n o l o g y Generalize and Application Center	Wire and Cable Heat shrinkable	1	1	1994	
91	Shanghai Sinsheng Electron Factory	Heat shrinkable Wire and Cable	1	2.2	1998	
92	S h a n g h a i University	Chemical industry	1	2	2003	
93	Shanging Institute of Angriculture	Food irradiation	1	10	2006	
94	Shanxi Nothwest Institute of Nuclear Technology	Heat Shrinkable Wire and Cable	1	2	1994	
95	Shenyang Special Cables Factory	Wire and Cable	1	2	1995	
96	Shenzhen Changyuan	Shrinkable	2	1.5	Under construction	
97	Shenzhen Changyuan	Shrinkable	2	3	Under construction	
98	Shenzhen Hengshang	Wire and Cable	1	2.5	Under construction	
99	Shenzhen Qifurui	Chemical industry	1	2.5	2004	
100	Sichuan Chengdu Shuangliu Heat Shrinkable Product Factory	Heat Shrinkable	2	3	2002.1	

No	업체/기관명 (Organization)	가공제품 (Processing Product)	보유기수 (No. of Units)	에너지 범위(Mev)	운전개시년(S tart up)	X선 변환 (X ray Conversion)
101	Sichuan Chengdu Shuangliu Heat Shrinkable Product Factory	Heat shrinkable	2	2	1991.3	
102	Sichuan Chengdu Thermoelectricity Factor	Flue gases remove sulfur	2	0.8	1997	
103	Sichuan Chengdu Thermoelectricity Factor	Flue gases remove slufur	2	0.8	1997	
104	Sichuan Institute of Nuclear Technology	Chemical industry	1	2	2005	
105	Sichuan Jiuquan Electric Co. Ltd	Wire and Cable R&D Shrink film R&D Flue Gases/Wastewater R&D	3	0.8	1999	×
106	Sichuan Jiuquan Electric Co. Ltd	Wire and Cable R&D Shrink Film R&D	3	0.35-0.5	1999	×
107	Sichuan Jiuquan Electric Co. Ltd	Flue gases/Wastewater R&D	3	1.5-1.2	2006	×
108	Sichuan Mianyang Ninth Institute Science City	Heat shrinkable	2	10	1994	
109	Sicuan Mianyang Ninth Institute Science City	Heat shrinkable	2	3	1987	
110	Sichuan Mingxin Cables Company	Wire and Cable	2	3	Under construction	
111	Sichuan Mingxin Special Cables Company	Wire and Cable	2	3	Under construction	
112	Sichuan Sadian Company	Heat Shrinkable Wire and Cable	1	2	1993	
113	Sichuan Tianyi Communication Equipments Company	Wire and Cable	1	2	1995.12	
114	Sinkiang Institute of Physics, CAS	Electronic product	1	2	2004	
115	Sterigenics China	Food -5% com Sterilization+80% com Semiconductors10% com	1	10	2005	×

No	업체/기관명 (Organization)	가공제품 (Processing Product)	보유기수 (No. of Units)	에너지 범위(Mev)	운전개시년(S tart up)	X선 변환 (X ray Conversion)
116	Suzhou CNNC Huadong Radiation Company	Sulfuration latex	1	0.3	Under construction	
117	Suzhou Huaneng heat shrinkable material Company	Heat shrinkable	1	3	2004	
118	The Beijing Institute of Automation Machine Industry	Sterilization	1	10	Under construction	
119	Tianjin Institute of Technical Physics	Heat shrinkable	1	1.5	1999	
120	Tianjin Shuhong	Chemical industry	1	2	Under construction	
121	Tianjing Jingshan Wire and Cable Factory	Wire and Cable	1	3	1996	
122	Tientsin Special Cables Company	Wire and Cable	1	2	2001.9	
123	Tsinghua Tongfang Weishi Company	Industry CT	2	5	Under construction	
124	Tsinghua Tongfang Weishi Company	Industry CT	2	9	Under construction	
125	Tsinghua University Science Park	Food Commercial 100%	2	0-2	2006	×
126	Wenzhou High-tech Atomic Irradiation Company	Chemical industry	2	3	Under construction	
127	Wenzhou High-tech Atomic Irradiation Company	Chemical industry	2	1.5	Under construction	
128	Wuxi Elpont Polymer Co. Ltd	Sterilization	3	5	Under construction	
129	Wuxi Elpont Polymer Co. Ltd	Heat shrinkable Wire and Cable	3	1.5	2002	
130	Wuxi Elpont Polymer Co. Ltd	Sterilization	3	0.5	Under construction	
131	Wuxi Jiangnan Wire and Cable Company	Wire and Cable	1	2.5	Under construction	

No	업체/기관명 (Organization)	가공제품 (Processing Product)	보유기수 (No. of Units)	에너지 범위(Mev)	운전개시년(S tart up)	X선 변환 (X ray Conversion)
132	Xiyingmen Company	Chemical industry	1	2.5	2005	
133	Xuchang Cigarette Factory	Sterilization	1	10	2005	
134	Yunnan Kunming Wires Factory	Wire and Cable	1	3	1996.3	
135	Zhejiang Hangzhou Thermoelectricity Factory	Flue gases remove sulfur	2	0.8	2003	
136	Zhejiang Hangzhou Thermoelectricity Factory	Flue gases remove slufur	2	0.8	2003	
137	Zhejiang Institute of Technical Physics	Heat shrinkable Wire and Cable Chips	1	1.5	2004	
138	Zhejiang Jiashan Zhongda Plastic Factory	Heat shrinkable	1	1.5	2004	
139	Zhejiang Lanxi Cross-linking Cables Corporation	Wire and Cable Foam	1	2.5	1997.9	
140	Zhejiang Ninbo Super Energy Company	Food	2	10	Under construction	
141	Zhejiang Ninbo Super Energy Company	Food hygiene Sterilization	2	10	2000.1	
142	Zhejiang Xinxing Radiation Cables Company	Wire and Cable	1	2	1996	
143	Zhejiang Yixing Xinyuandong Wires Factory	Wire and Cable	1	2.5	Under construction	

7. 덴마크 [DENMARK]

No	업체/기관명 (Organization)	가공제품 (Processing Product)	보유기수 (No. of Units)	에너지 범위(Mev)	운전개시년 (Start up)	X선 변환 (X ray Conversion)
1	Sterigenics Denmark	Shrink tube comm 5% Sterilixation medical devices comm 95%	1	10	2003	×

8. 에콰도르 [ECUADOR]

No	업체/기관명 (Organization)	가공제품 (Processing Product)	보유기수 (No. of Units)	에너지 범위(Mev)	운전개시년 (Start up)	X선 변환 (X ray Conversion)
1	Escuela Politecnica Nacional	Wire and cable comm Food R&D 10%	1	6-10	1982	○

9. 프랑스 [FRANCE]

No	업체/기관명 (Organization)	가공제품 (Processing Product)	보유기수 (No. of Units)	에너지 범위(Mev)	운전개시년 (Start up)	X선 변환 (X ray Conversion)
1	Electron Nord	Sterilisation	1	7.7-9.8	1999	○

10. 독일 [GERMANY]

No	업체/기관명 (Organization)	가공제품 (Processing Product)	보유기수 (No. of Units)	에너지 범위(Mev)	운전개시년 (Start up)	X선 변환 (X ray Conversion)
1	Gamma Services Produktbestrahlung GmbH	Wire and Cable R&D Shrink tube comm 25% Semiconductors comm 5% Sterilisation comm 50% crosslinking pipes comm 20%	1	3	2002	×
2	H e r o t r o n Technologies GmbH	Wire and cable comm R&D Shrink tube comm R&D Semiconductors comm R&D Sterilisation comm R&D Tire components comm R&D	2	20	2003	×
3	H e r o t r o n Technologies GmbH	Wire and Cable comm R&D Shrink tube comm R&D Semiconductors comm R&D Sterilisation comm R&D Tire components comm R&D	2	10	2006	×

11. 헝가리 [HUNGARY]

No	업체/기관명 (Organization)	가공제품 (Processing Product)	보유기수 (No. of Units)	에너지 범위(Mev)	운전개시년 (Start up)	X선 변환 (X ray Conversion)
1	FE-MA Kft., Welding E q u i p m e n t Manufacturing and Trading Ltd	Shrink tube comm 70% Sterilisation of medical devices comm 30%	2	5-8	1979	×
2	FE-MA Kft., Welding E q u i p m e n t Manufacturing and Trading Ltd	Wire and Cable comm 30% Shrink tube comm 20% Sterilisation of medical devices comm	2	1-2.5	1985	○
3	Institute of Isotopes, Hungarian Academy of Science	Flue gases.wastewater R&D	1	3-5	1983	×

12. 인도 [INDIA]

No	업체/기관명 (Organization)	가공제품 (Processing Product)	보유기수 (No. of Units)	에너지 범위(Mev)	운전개시년 (Start up)	X선 변환 (X ray Conversion)
1	Board of Radiation and Isotope Technology	Polymer gaskets comm 30% Diamond comm 30% Polymer blends Wire & Cable Tire R&D 40%	1	1-2	1988	×
2	NICCO Corporation Ltd	Wire and cable comm 60% R&D 10% Shrink tube comm 5% R&D 1% Semiconductor comm 3% Sterilization of medical products comm 10% R&D 1% Other comm 10%	1	3	2002	×
3	Radiant Electron Beam Technology Centre(a division of Radiant Corporation ltd)	Wire and cable comm 60% R&D 10% Shrink tube comm 5% R&D 1% Semiconductor comm 3% Sterilisation comm 10% R&D 1% Other comm 10%	2	1-1.25	2006	×
4	Radiant Electron Beam Technology Centre(a division of Radiant Corporation ltd)	Wire and cable comm 72% Shrink tube comm 7% Other comm 6% R&D 15%	2	1.5-3	1999	×

13. 이스라엘 [ISRAEL]

No	업체/기관명 (Organization)	가공제품 (Processing Product)	보유기수 (No. of Units)	에너지 범위(Mev)	운전개시년 (Start up)	X선 변환 (X ray Conversion)
1	Golan Cable of Zion	Pipes 100%	1	3	2002	×

14. 이탈리아 [ITALY]

No	업체/기관명 (Organization)	가공제품 (Processing Product)	보유기수 (No. of Units)	에너지 범위(Mev)	운전개시년 (Start up)	X선 변환 (X ray Conversion)
1	Consiglio Nazionale delle Ricerche(CNR)	Food R&D Sterilisation of medical devices R&D	1	6.5-11.5	1972	○
2	Gambro Dasco Spa	Sterilisation of medical devices comm 98% R&D 2%	1	10	1997	○

15. 일본 [JAPAN]

No	업체/기관명 (Organization)	가공제품 (Processing Product)	보유기수 (No. of Units)	에너지 범위(Mev)	운전개시년 (Start up)	X선 변환 (X ray Conversion)
1	Hogy Medical co Ltd	Sterilization of medical devices comm 90%	1	10	1995	×

16. 폴란드 [POLAND]

No	업체/기관명 (Organization)	가공제품 (Processing Product)	보유기수 (No. of Units)	에너지 범위(Mev)	운전개시년 (Start up)	X선 변환 (X ray Conversion)
1	Institute of Nuclear Chemistry and Technology	Food comm 80% Other(cosmetics, packaging materials, natural polymers) comm R&D 20%	1	10	1993	×

17. 포르투갈 [PORTUGAL]

No	업체/기관명 (Organization)	가공제품 (Processing Product)	보유기수 (No. of Units)	에너지 범위(Mev)	운전개시년 (Start up)	X선 변환 (X ray Conversion)
1	Coficab Portugal	Wire and Cable	1	0.65	2004	○

18. 한국 [KOREA]

No	업체/기관명 (Organization)	가공제품 (Processing Product)	보유기수 (No. of Units)	에너지 범위(Mev)	운전개시년 (Start up)	X선 변환 (X ray Conversion)
1	Advanced Radiation Technology Institute - Korea Atomic Energy Research Institute(KAERI)	Wire and Cable R&D Shrink tube R&D Shrink film R&D Surface curing R&D Semiconductors R&D Food R&D Sterilization R&D Tire components R&D Flue Gases	2	0.3	2006	×
2	Advanced Radiation Technology Institute - Korea Atomic Energy Research Institute(KAERI)	Wire and Cable R&D Shrink tube R&D Shrink film R&D Surface curing R&D Semiconductors R&D Food R&D Sterilization R&D Tire components R&D Flue Gases	2	10	2005	×

19. 러시아 [RUSSIA]

No	업체/기관명 (Organization)	가공제품 (Processing Product)	보유기수 (No. of Units)	에너지 범위(Mev)	운전개시년 (Start up)	X선 변환 (X ray Conversion)
1	Budker Institute of Nuclear Physics, Siberian Branch of Russian Academy of Science	Sterilisation R&D Flue Gases/Wastewater R&D High temperature processes R&D	1	1-1.4	1985	○

20. 남아프리카 [South Africa]

No	업체/기관명 (Organization)	가공제품 (Processing Product)	보유기수 (No. of Units)	에너지 범위(Mev)	운전개시년 (Start up)	X선 변환 (X ray Conversion)
1	HEPRO CAPE (PTY) Ltd (High Energy Processing Cape (Pty) Ltd	Food comm 60% Sterilisation comm 15% Other (packaging, quarantine goods) 25%	1		1986	

21. 스페인 [SPAIN]

No	업체/기관명 (Organization)	가공제품 (Processing Product)	보유기수 (No. of Units)	에너지 범위(Mev)	운전개시년 (Start up)	X선 변환 (X ray Conversion)
1	Eserline	Wire and cable comm 3% R&D 3% Food comm 10% R&D 3% Sterilisation comm 50% R&D 1% Other comm 20% R&D 5%	4	10	2006	Planned
2	Eserline	Wire and cable comm 3% R&D 3% Food comm 10% R&D 3% Sterilisation comm 50% R&D 1% Other comm 20% R&D 5%	4	10	2006	Planned
3	Eserline	Wire and cable comm 3% R&D 3% Food comm 10% R&D 3% Sterilisation comm 50% R&D 1% Other comm 20% R&D 5%	4	10	2006	Planned
4	I o n m e d Esterilizacion S.A.	Food comm 5% R&D Sterilisation comm 30% R&D Other (Fibber, automotion, food animal, cosmetic, veterinary, plaque control) R&D 65%	1	10	1996	×

22. 영국 [UK]

No	업체/기관명 (Organization)	가공제품 (Processing Product)	보유기수 (No. of Units)	에너지 범위(Mev)	운전개시년 (Start up)	X선 변환 (X ray Conversion)
1	Isotron plc	Gemstones 100%	5	23	1977	×
2	Isotron plc	Wire and cable comm 50% Shrink tube comm 50%	5	1.5	1980	×
3	Isotron plc	Wire and cable comm 50% Shrink tube comm 45% Semiconductors comm 5%	5	1.5-4.5	1985	×
4	Isotron plc	Semiconductors comm 35% Sterilisation comm 60% Gemstones 5%	5	7-12	1994	×
5	Isotron plc	Sterilisation of medical devices comm 100%	5	10	2001	×

23. 미국 [USA]

No	업체/기관명 (Organization)	가공제품 (Processing Product)	보유기수 (No. of Units)	에너지 범위(Mev)	운전개시년 (Start up)	X선 변환 (X ray Conversion)
1	E-Beam Services Inc	Wire and Cable comm R&D Shrink tube comm R&D 20% Polymer comm R&D 20%	4	0.75-1.5	1970	×
2	E-Beam Services Inc	Wire and Cable R&D 10% Shrink tube comm R&D 10% Semicondurtors comm R&D 10% Sterilisation comm R&D Sheet comm R&D 10% Polymer comm R&D 30%	4	1-4.5	1986	×
3	E-Beam Services Inc	Semiconductors comm 10% Sterilisation comm R&D 50% Polymer comm R&D 40%	4	10	1993	×
4	E-Beam Services Inc	Wire and Cable comm R&D 10% Shrink tube comm R&D 30% Semiconductors comm R&D 10% Sterilisation comm R&D 30% Sheet comm R&D 10% Polymer comm R&D 10%	4	1.75-5	1999	×
5	Hawaii Pride LLC	Food commercial 100% (fruits and produce)	1	5	2000	○
6	Hydrogel Design systems		1	1.5	1992	×
7	Kent State University	PE tubing (90%) Wire and cable R&D Food R&D Semiconductors R&D	1	0.7-5	2000	×
8	National Center for Electron Beam Food Research	Wire and Cable R&D Shrink tube R&D Shrink film R&D Food comm 90% R&D Sterilization R&D	3	10	2002	○
9	Sadex Corporation	Food comm 50% R&D Agricultural based products : feed and ingredients, pet treats, vet supplies, cosmetics and consumer products(plastics, hygiene, packaging)	2	10	1999	×
10	Sadex Corporation	Food comm 50% R&D Agricultural based products : feed and ingredients, pet treats, vet supplies, cosmetics and consumer products (plastics, hygiene, packging)	2	10	2000	×

[부록 IV. 방사선 식품 검역 관련 해외 자료]

**INTERNATIONAL STANDARDS FOR
PHYTOSANITARY MEASURES**

ISPM No. 18

***Guidelines for the use of irradiation
as a phytosanitary measure***

(2003)

Produced by the Secretariat of the International Plant Protection Convention

ENDORSEMENT

This standard was endorsed by the Interim Commission on Phytosanitary Measures in April 2003.

INTRODUCTION

SCOPE

This standard provides technical guidance on the specific procedures for the application of ionizing radiation as a phytosanitary treatment for regulated pests or articles. This does not include treatments used for:

- the production of sterile organisms for pest control;
- sanitary treatments (food safety and animal health);
- the preservation or improvement of commodity quality (e.g. shelf life extension); or
- inducing mutagenesis.

REFERENCES

- Export certification system*, 1997. ISPM No. 7, FAO, Rome.
- Guidelines for phytosanitary certificates*, 2001. ISPM No. 12, FAO, Rome.
- Glossary of phytosanitary terms*, 2003. ISPM No. 5, FAO, Rome.
- Guidelines for PestRiskAnalysis*, 1996. ISPM No. 2, FAO, Rome.
- International Plant Protection Convention*, 1997. FAO, Rome.
- Pest Risk Analysis for quarantine pests including analysis of environmental risks*, 2003. ISPM No. 11 Rev. 1, FAO, Rome.
- Principles of plant quarantine as related to international trade*, 1995. ISPM No. 1, FAO, Rome.
- The use of integrated measures in a systems approach for pest risk management*, 2002. ISPM No. 14, FAO, Rome.

DEFINITIONS

Definitions of phytosanitary terms used in the present standard can be found in ISPM No. 5 (*Glossary of phytosanitary terms*).

OUTLINE OF REQUIREMENTS

Treatment with ionizing radiation (irradiation) may be used for pest risk management. NPPOs should be assured that the efficacy of the treatment is scientifically demonstrated for the regulated pest(s) of concern and the required response. Application of the treatment requires dosimetry and dose mapping to ensure that the treatment is effective in particular facilities and with specific commodity configurations. The NPPO is responsible for ensuring that facilities are appropriately designed for phytosanitary treatments. Procedures should be in place to ensure that the treatment can be conducted properly and commodity lots are handled, stored and identified to ensure that phytosanitary security is maintained. Recordkeeping by the treatment facility and documentation requirements for the facility and NPPO are required, and should include a compliance agreement between facility operator and the NPPO stipulating in particular the specific requirements for phytosanitary measures.

GUIDELINES FOR THE USE OF IRRADIATION AS A PHYTOSANITARY MEASURE

1. Authority

The NPPO is responsible for the phytosanitary aspects of evaluation, adoption and use of irradiation as a phytosanitary measure. To the extent necessary, it is the NPPO's responsibility to cooperate with other national and international regulatory agencies concerned with the development, approval, safety and application of irradiation, or the distribution, use or consumption of irradiated products. Their respective responsibilities should be identified to avoid overlapping, conflicting, inconsistent or unjustified requirements.

2. Treatment of Objective

The objective of using irradiation as a phytosanitary measure is to prevent the introduction or spread of regulated pests. This may be realized by achieving certain responses in the targeted pest(s) such as:

- mortality;
- preventing successful development (e.g. non-emergence of adults);
- inability to reproduce (e.g. sterility); or
- inactivation.

Phytosanitary uses of irradiation also include the devitalization of plants (e.g. seeds may germinate but seedlings do not grow; or tubers, bulbs or cuttings do not sprout).

2.1 Efficacy

The required treatment efficacy should be specifically defined by the NPPO of the importing country. It consists of two distinct components:

- a precise description of required response;
- the statistical level of response required.

It is not sufficient to only specify a response without also describing how this is to be measured.

The choice of a required response is based on the risk as assessed through PRA, considering in particular the biological factors leading to establishment and taking into account the principle of minimal impact. A response such as mortality may be appropriate where the treatment is for the vector of a pathogen, whereas sterility may be an appropriate response for pest(s) that are not vectors and remain on or in the commodity.

If the required response is mortality, time limits for the effect of the treatment should be established.

A range of specific options may be specified where the required response is the inability of the pest to reproduce. These may include:

- complete sterility;
- limited fertility of only one sex;
- egg laying and/or hatching without further development;
- altered behaviour; and
- sterility of F_1 generation.

3. Treatment

Ionizing radiation may be provided by radioactive isotopes (gamma rays from cobalt-60 or cesium-137), electrons generated from machine sources (up to 10 MeV), or by x-rays (up to 5 MeV) (limits set by Codex Alimentarius). The unit of measurement for absorbed dose should be gray (Gy).

Variables to consider when implementing treatments include the dose rate, treatment time, temperature, humidity, ventilation, and modified atmospheres; these should be compatible with treatment effectiveness. Modified atmospheres may reduce treatment efficacy at a prescribed dose.

Treatment procedures should also ensure that the minimum absorbed dose (D_{min}) is fully attained throughout to provide the prescribed level of efficacy. Owing to the differences in configuration of treatment lots, higher doses than D_{min} may be required to ensure that the D_{min} is achieved throughout the consignment or lot. The intended end use of the product should be considered when conducting irradiation treatments.

Because mortality will rarely be technically justified as the required response, live target pests may be found. Therefore it is essential that the irradiation treatment ensures they are unable to reproduce. In addition, it is preferable that such pest(s) are unable to emerge or escape from the commodity unless they can be practically distinguished from non-irradiated pest(s).

3.1 Application

Irradiation can be applied:

- as an integral part of packing operations;
- to bulk unpackaged commodities (such as grain moving over a belt);
- at centralized locations such as the port of embarkation.

When safeguards are adequate and transit movement of the untreated commodity is operationally feasible, treatment may also be performed at:

- the point of entry;
- a designated location in a third country;
- a designated location within the country of final destination.

Treated commodities should be certified and released only after dosimetry measurements confirm that the D_{min} was met. Where appropriate, re-treatment of consignments may be allowed, provided that the maximum absorbed dose is within the limits allowed by the importing country.

The purpose of Annex 1 [to be completed] is to list the doses for specific approved

treatments as part of this ISPM. Appendix 1, which is attached for information only, provides some published information on absorbed dose ranges for certain pest groups.

According to the pest risks to be addressed and the available options for pest risk management, irradiation can be used as a single treatment or combined with other treatments as par to fa systems approach to meet the level of efficacy required (see ISPM No.14: *The use of integrated measures in a systems approach for pest risk management*).

4. Dosimetry

Dosimetry ensures that the required Dmin for a particular commodity was delivered to all parts of the consignment. The selection of the dosimetry system should be such that the dosimeter response covers the entire range of doses likely to be received by the product. In addition, the dosimetry system should be calibrated in accordance with international standards or appropriate national standards (e.g. Standard ISO/ASTM 51261 *Guide for Selection and Calibration of Dosimetry Systems for Radiation Processing*).

Dosimeters should be appropriate for the treatment conditions. Dosimeters should be evaluated for stability against the effects of variables such as light, temperature, humidity, storage time, and the type and timing of analyses required.

Dosimetry should consider variations due to density and composition of the material treated, variations in shape and size, variations in orientation of the product, stacking, volume and packaging. Dose mapping of the product in each geometric packing configuration, arrangement and product density that will be used during routine treatments should be required by the NPPO prior to the approval of a facility for the treatment application. Only the configurations approved by the NPPO should be used for actual treatments.

4.1. Calibration of components of the dosimetry system

All components of the dosimetry system should be calibrated according to documented standard operating procedures. An independent organization recognized by the NPPO should assess performance of the dosimetry system.

4.2. Dose mapping

Dose mapping studies should be conducted to fully characterize the dose distribution within the irradiation chambers and commodity, and demonstrate that the treatment consistently meets the prescribed requirements under defined and controlled conditions. Dose mapping should be done in accordance with documented standard operating procedures. The information from the dose mapping studies is used in the selection of locations for dosimeters during routine processing.

Independent dose mapping for incomplete (partially-filled) as well as first and last process loads is required to determine if the absorbed-dose distribution is significantly different from a routine load and to adjust the treatment accordingly.

4.3. Routine dosimetry

An accurate measurement of absorbed dose in a consignment is critical for determining and monitoring efficacy and is part of the verification process. The required number, location and frequency of these measurements should be prescribed based on the specific equipment, processes, commodities, relevant standards and phytosanitary requirements.

5. Approval of Facilities

Treatment facilities should be approved by relevant nuclear regulatory authorities where appropriate. Treatment facilities should also be subject to approval (qualification, certification or accreditation) by the NPPO in the country where the facility is located prior to applying phytosanitary treatments. Phytosanitary approval should be based on a common set of criteria plus those specific to the site and commodity programmes (see Annex 2).

Phytosanitary re-approval should be done on an appropriate regular basis. Documented dose mapping should be done following repairs, modifications or adjustments in equipment or processes that affect the absorbed dose.

6. Phytosanitary System Integrity

Confidence in the adequacy of an irradiation treatment is primarily based on assurance that the treatment is effective against the pest(s) of concern under specific conditions and the treatment has been properly applied and the commodity adequately safeguarded. The NPPO of the country where the facility is located is responsible for

ensuring system integrity, so that treatments meet the phytosanitary requirements of the importing country.

Efficacy research and dosimetry provide assurance that only effective treatments are used. Well-designed and closely monitored systems for treatment delivery and safeguarding assure that treatments are properly conducted and consignments protected from infestation, reinfestation or loss of integrity.

6.1 Phytosanitary security measures at the treatment facility

Because it is not usually possible to visually distinguish irradiated from non-irradiated products, treated commodities should be adequately segregated, clearly identified, and handled under conditions that will safeguard against contamination and/or infestation, or misidentification.

A secure means of moving the commodity from receiving areas to treatment areas without misidentification or risk of cross-contamination and/or infestation is essential. Appropriate procedures specific to each facility and commodity treatment programme should be agreed upon in advance. Commodities that are unpackaged or exposed in packaging require safeguarding immediately following treatment to ensure that they are not subject to infestation, reinfestation or contamination afterwards.

Packaging prior to irradiation may be useful to prevent reinfestation if irradiation is done prior to export, or to prevent the accidental escape of target pest(s) if treatment is done at the destination.

6.2 Labelling

Packages should be labelled with treatment lot numbers and other identifying features allowing the identification of treatment lots and trace-back (i.e. packing and treatment facility identification and location, dates of packing and treatment).

6.3 Verification

The adequacy of treatment facilities and processes should be verified through monitoring and audit of facility treatment records that include, as necessary, direct treatment oversight. Direct, continuous supervision of treatments should not be necessary provided treatment programmes are properly designed to ensure a high degree of system integrity for the facility, process and commodity in question. The level of oversight should be sufficient to detect and correct deficiencies promptly.

A compliance agreement should be concluded between the facility and the NPPO of the country where the facility is located. Such an agreement may include the following elements:

- approval of the facility by the NPPO of the country where the facility is located;
- the monitoring programme as administered by the NPPO of the country where treatments are conducted;
- audit provisions including unannounced visits;
- free access to documentation and records of the treatment facility; and
- corrective action to be taken in cases of non-compliance.

7. Documentation by the Treatment Facility

The NPPO of the country where the facility is located is responsible for monitoring recordkeeping and documentation by the treatment facility and ensuring that records are available to concerned parties. As in the case of any phytosanitary treatment, trace-back capability is essential.

7.1 Documentation of procedures

Documented procedures help to ensure that commodities are consistently treated as required. Process controls and operational parameters are usually established to provide the operational details necessary for a specific authorization and/or facility. Calibration and quality control programmes should be documented by the facility operator. At a minimum, an agreed written procedure should address the following:

- consignment handling procedures before, during and after treatment;
- orientation and configuration of the commodity during treatment;
- critical process parameters and the means for their monitoring;
- dosimetry;
- contingency plans and corrective actions to be taken in the event of treatment failure or problems with critical treatment processes;
- procedures for handling rejected lots;
- labelling, recordkeeping, and documentation requirements.

7.2 Facility records and traceability

Packers and treatment facility operators should be required to keep records. These records should be available to the NPPO for review, e.g. when a trace-back is

necessary.

Appropriate treatment records for phytosanitary purposes should be kept by the irradiation facility for at least one year to ensure traceability of treated lots. The facility operator should keep all records for every treatment. Dosimetry records should be kept by the treatment facility for at least one full year after treatment. In most cases, these records are required under other authorities, but these records should also be available to the NPPO for review. Other information that may be required to be recorded includes:

- identification of facility and responsible parties;
- identity of commodities treated;
- purpose of treatment;
- target regulated pest(s);
- packer, grower and identification of the place of production of the commodity;
- lot size, volume and identification, including number of articles or packages;
- identifying markings or characteristics;
- quantity in lot;
- absorbed doses (target and measured);
- date of treatment;
- any observed deviation from treatment specification.

8. Inspection and Phytosanitary Certification by the NPPO

8.1 Export inspection

Inspection to ensure the consignment meets the phytosanitary requirements of the importing country should include:

- documentation verification; and
- examination for non-target pests.

Documentation is checked for completeness and accuracy as the basis for certifying the treatment. Inspection is done to detect any non-target pests. This inspection may be done before or after the treatment. Where non-target pests are found, the NPPO should verify whether these are regulated by the importing country.

Live target pests may be found after treatment but should not result in the certification being refused except when mortality is the required response. Where mortality is required, live target pests may be found during the period immediately following the treatment application depending on the specification for efficacy (see section 2.1). If live pests are found, certification could be based on audit checks which confirm that mortality will be attained. When mortality is not the required response, it is more likely that live target pests may persist in the treated consignment. This should also not result in the certification being refused. Audit checks, including laboratory analyses, may be undertaken to ensure that the required response is achieved. Such checks may be part of the normal verification programme.

8.2 Phytosanitary certification

Certification in accordance with the IPPC validates the successful completion of a treatment when required by the importing country. The Phytosanitary Certificate or its associated documentation should at least specifically identify the treated lot(s), date of treatment, the target minimum dose and the verified Dmin.

The NPPO may issue Phytosanitary Certificates based on treatment information provided to it by an entity approved by the NPPO. It should be recognized that the Phytosanitary Certificate may require other information supplied to verify that additional phytosanitary requirements have also been met (see ISPM No. 7: *Export certification system* and ISPM No.12: *Guidelines for Phytosanitary Certificates*).

8.3 Import inspection

When mortality is not the required response, the detection of live stages of target pests in import inspection should not be considered to represent treatment failure resulting in non-compliance unless evidence exists to indicate that the integrity of the treatment system was inadequate. Laboratory or other analyses may be performed on surviving target pest(s) to verify treatment efficacy. Such analyses should only be required infrequently as part of monitoring unless there is evidence to indicate problems in the treatment process. Where mortality is the required response, this may be confirmed. Where mortality is required, live target pests may be found when transport times are short, but should not normally result in the consignment being refused, unless the established mortality time has been exceeded.

The detection of pests other than target pest(s) on import should be assessed for the

risk posed and appropriate measures taken, considering in particular the effect the treatment may have had on the non-target pest(s). The consignment may be detained and any other appropriate action may be taken by the NPPO of the importing country. NPPOs should clearly identify the contingency actions to be taken if live pests are found:

- target pests—no action to be taken unless the required response was not achieved;
- non-target regulated pests:
 - no action if the treatment is believed to have been effective;
 - action if there is insufficient data on efficacy or the treatment is not known to be effective;
- non-target non-regulated pests—no action, or emergency action for new pests.

In case of non-compliance or emergency action, the NPPO of the importing country should notify the NPPO of the exporting country as soon as possible (see ISPM No. 13: *Guidelines for the notification of non-compliance and emergency action*).

8.4 Verification methods for treatment efficacy in export and import inspection

Verification methods, including laboratory tests or analysis to determine if the required response has been achieved should be described by the exporting country at the request of the importing country.

8.5 Administration and documentation by the NPPO

The NPPO should have the ability and resources to evaluate, monitor, and authorize irradiation undertaken for phytosanitary purposes. Policies, procedures and requirements developed for irradiation should be consistent with those associated with other phytosanitary measures, except where the use of irradiation requires a different approach because of unique circumstances.

The monitoring, certification, accreditation and approval of facilities for phytosanitary treatments is normally undertaken by the NPPO where the facility is located, but by cooperative agreement may be undertaken by:

- the NPPO of the importing country;
- the NPPO of the exporting country; or
- other national authorities.

Memoranda of Understanding (MOUs), compliance agreements, or similar documented agreements between the NPPO and the treatment applicator/facility should be used to specify process requirements and to assure that responsibilities, liabilities and the consequences of non-compliance are clearly understood. Such documents also strengthen the enforcement capability of the NPPO if corrective action may be necessary. The NPPO of the importing country may establish cooperative approval and audit procedures with the NPPO of the exporting country to verify requirements.

All NPPO procedures should be appropriately documented and records, including those of monitoring inspections made and Phytosanitary Certificates issued, should be maintained for at least one year. In cases of non-compliance or new or unexpected phytosanitary situations, documentation should be made available as described in ISPM No.13:*Guidelines for the notification of non-compliance and emergency action*.

9. Research

Appendix 2 provides guidance on undertaking research for the irradiation of regulated pests.

ANNEX I

SPECIFIC APPROVED TREATMENTS

This annex is a prescriptive part of the standard. Its purpose is to list irradiation treatments that may be approved for specified applications. Treatment schedules to be added as agreed by the ICPM in future.

CHECKLIST FOR FACILITY APPROVAL

This annex is a prescriptive part of the standard. The following checklist is intended to assist persons inspecting or monitoring facilities seeking to establish/maintain facility approval and certification of irradiated commodities for international trade. The failure to receive an affirmative response to any item should result in the refusal to establish, or the termination of, an approval or certification.

Criteria	Yes	No
<i>1. Premises</i>		
Irradiation facility meets the approval of the NPPO as regards phytosanitary requirements. The NPPO has reasonable access to the facility and appropriate records as necessary to validate phytosanitary treatments		
Facility buildings are designed and built to be suitable in size, materials, and placement of equipment to facilitate proper maintenance and operations for the lots to be treated		
Appropriate means, integral to the facility design, are available to maintain non-irradiated consignments and/or lots separate from treated consignments and/or lots		
Appropriate facilities are available for perishable commodities before and after treatment		
Buildings, equipment, and other physical facilities are maintained in a sanitary condition and in repair sufficient to prevent contamination of the consignments and/or lots being treated		
Effective measures are in place to prevent pests from being introduced into processing areas and to protect against the contamination or infestation of consignments and/or lots being stored or processed		
Adequate measures are in place to handle breakage, spills, or the loss of lot integrity		
Adequate systems are in place to dispose of commodities or consignments that are improperly treated or unsuitable for treatment		
Adequate systems are in place to control non-compliant consignments and/or lots and when necessary to suspend facility approval		

<i>2. Personnel</i>		
The facility is adequately staffed with trained, competent personnel		
Personnel are aware of requirements for the proper handling and treatment of commodities for phytosanitary purposes		
<i>3. Product handling, storage and segregation</i>		
Commodities are inspected upon receipt to ensure that they are suitable for irradiation treatment		
Commodities are handled in an environment that does not increase the risk of contamination from physical, chemical or biological hazards		
Commodities are appropriately stored and adequately identified. Procedures and facilities are in place to ensure the segregation of treated and untreated consignments and/or lots. There is a physical separation between incoming and outgoing holding areas where required		
<i>4. Irradiation treatment</i>		
Facility is able to perform required treatments in conformity with a scheduled process. A process control system is in place providing criteria to assess irradiation efficacy		
Proper process parameters are established for each type of commodity or consignment to be treated. Written procedures have been submitted to the NPPO and are well known to appropriate treatment facility personnel		
Absorbed dose delivered to each type of commodity is verified by proper dosimetric measurement practices using calibrated dosimetry. Dosimetry records are kept and made available to the NPPO as needed		
<i>5. Packaging and labeling</i>		
Commodity is packaged (if necessary) using materials suitable to the product and process		
Treated consignments and/or lots are adequately identified or labelled (if required) and adequately documented		
Each consignments and/or lot carries an identification number or other code to distinguish it from all other consignments and/or lots		
<i>6. Documentation</i>		
All records about each consignment and/or lot irradiated are retained at the facility for the period of time specified by relevant authorities and are available for inspection by the NPPO as needed		
The NPPO has a written compliance agreement with the facility		

This appendix is for reference purposes only and is not a prescriptive part of the standard. The list is not exhaustive and should be adapted to specific circumstances. The references here are widely available, easily accessible and generally recognized as authoritative. The list is not comprehensive or static; nor is it endorsed as a standard under this ISPM.

ESTIMATED MINIMUM ABSORBED DOSES FOR CERTAIN RESPONSES FOR SELECTED PEST GROUPS

The following table identifies ranges of minimum absorbed dose for pest groups based on treatment research reported in the scientific literature. Minimum doses are taken from many publications that are in the references listed below. Confirmatory testing should be done before adopting the minimum dose for a specific pest treatment.

To ensure the minimum absorbed dose is achieved for phytosanitary purposes, it is recommended to seek information about the Dmin for a particular target species and also to take into consideration the note in Appendix 2.

Pest group	Required response	Minimum dose range (Gy)
Aphids and whiteflies (Homoptera)	Sterilize actively reproducing adult	50-100
Seed weevils (Bruchidae)	Sterilize actively reproducing adult	70-300
Scarab beetles (Scarabidae)	Sterilize actively reproducing adult	50-150
Fruit flies (Tephritidae)	Prevent adult emergence from 3rd instar	50-250
Weevils (Curculionidae)	Sterilize actively reproducing adult	80-165
Borers (Lepidoptera)	Prevent adult development from late larva	100-280
Thrips (Thysanoptera)	Sterilize actively reproducing adult	150-250
Borers (Lepidoptera)	Sterilize late pupa	200-350
Spider mites (Acaridae)	Sterilize actively reproducing adult	200-350
Stored product beetles (Coleoptera)	Sterilize actively reproducing adult	50-400
Stored product moths (Lepidoptera)	Sterilize actively reproducing adult	100-1,000
Nematodes (Nematoda)	Sterilize actively reproducing adult	~4,000

References

International Atomic Energy Agency. 2002. International Database on Insect Disinfestation and Sterilization. (availableat).

Hallman, G. J. 2001. Irradiation as a quarantine treatment. *In*: Molins, R.A. (ed.) *Food Irradiation Principles and Applications*. NewYork:J.Wiley&Sons.p.113-130.

Hallman, G. J. 2000. Expanding radiation quarantine treatments beyond fruit flies. *AgriculturalandForestEntomology*.2:85-95.

<http://www.iaea.org/icgfi> is also a useful website for technical informationonfoodirradiation.

This appendix is for reference purposes only and is not a prescriptive part of the standard.

RESEARCH PROTOCOL

Research materials

It is recommended to archive samples of the different developmental stages of the pests studied in order to, among other reasons, resolve possible future disputes on identification. The commodity to be used should be of normal commercial condition.

To perform treatment research to control quarantine pests it is necessary to know its basic biology as well as define how the pests used in the research will be obtained. The experiments with irradiation should be carried out on the commodity infested naturally in the field and/or with laboratory-reared pests that are used to infest the commodity preferably in a natural form. The method of rearing and feeding should be carefully detailed.

Note: Studies done with pests *invitro* are not recommended because the results could be different from those obtained when irradiating the pests in commodities unless preliminary testing indicates that results from *invitro* treatments are no different than *insitu*.

Dosimetry

The dosimetry system should be calibrated, certified and used according to recognized international standards. The minimum and maximum doses absorbed by the irradiated product should be determined striving for dose uniformity. Routine dosimetry should be conducted periodically.

International ISO Guidelines are available for conducting dosimetry research on food and agricultural products (see Standard ISO/ASTM 51261 *Guide for Selection and Calibration of Dosimetry Systems for Radiation Processing*).

Estimation and confirmation of minimum absorbed dose for treatment

Preliminary Tests

The following steps should be carried out to estimate the dose required to ensure quarantine security:

- Radiosensitivity of the different stages of development of the pest in question that may be present in the commodity that is marketed must be established with the purpose of determining the most resistant stage. The most resistant stage, even if it is not the most common one occurring in the commodity, is the stage for which the quarantine treatment dose is established.
- The minimum absorbed dose will be determined experimentally. If pertinent data do not already exist, it is recommended to use at least five (5) dose levels and a control for each developmental stage, with a minimum of 50 individuals where possible for each of the doses and a minimum of three (3) replicates. The relationship between dose and response for each stage will be determined to identify the most resistant stage. The optimum dose to interrupt the development of the most resistant stage and/or to avoid the reproduction of the pests needs to be determined. The remainder of the research will be conducted on the most radiotolerant stage.
- During the period of post-treatment observation of the commodities and associated pests, both treated and control, must remain under favorable conditions for survival, development, and reproduction of the pests so that these parameters can be measured. The untreated controls must develop and/or reproduce normally for a given replicate for the experiment to be valid. Any study where the control or check mortalities are high indicates that the organisms were held and handled under sub-optimal conditions. These organisms may give misleading results if their treatment mortality is used to predict an optimum treatment dose. In general, mortality in the control or check should not exceed 10%.

Large Scale (Confirmatory) Tests

- To confirm if the estimated minimum dose to provide quarantine security is valid, it is necessary to treat a large number of individuals of the most resistant stage of the organism while achieving the desired result, be it prevention of pest development or sterility. The number treated will depend on the required level of confidence. The level of efficacy of the treatment should be established between the exporting and importing countries and be technically justifiable.
- Because the maximum dose measured during the confirmatory part of the research will be the minimum dose required for the approved treatment, it is recommended

to keep the maximum-minimum dose ratio as low as possible.

Record keeping

Test records and data need to be kept to validate the data requirements and should upon request be presented to interested parties, for example the NPPO of the importing country, for consideration in establishing an agreed commodity treatment.

GENERAL STANDARD FOR IRRADIATED FOODS

CODEX STAN 106-1983, REV.1-2003

1. SCOPE

This standard applies to foods processed by ionizing radiation that is used in conjunction with applicable hygienic codes, food standards and transportation codes. It does not apply to foods exposed to doses imparted by measuring instruments used for inspection purposes.

2. GENERAL REQUIREMENTS FOR THE PROCESS

2.1 Radiation Sources

The following types of ionizing radiation may be used:

- a) Gamma rays from the radionuclides ^{60}Co or ^{137}Cs ;
- b) X-rays generated from machine sources operated at or below an energy level of 5 MeV;
- c) Electrons generated from machine sources operated at or below an energy level of 10 MeV.

2.2 Absorbed Dose

For the irradiation of any food, the minimum absorbed dose should be sufficient to achieve the technological purpose and the maximum absorbed dose should be less than that which would compromise consumer safety, wholesomeness or would adversely affect structural integrity, functional properties, or sensory attributes. The maximum absorbed dose delivered to a food should not exceed 10kGy, except when necessary to achieve a legitimate technological purpose.¹

2.3 Facilities and Control of the Process

- 2.3.1 Radiation treatment of foods should be carried out in facilities licensed and registered for this purpose by the competent authority.
- 2.3.2 The facilities shall be designed to meet the requirements of safety, efficacy and good hygienic practices of food processing.
- 2.3.3 The facilities should be staffed by adequate, trained and competent personnel.
- 2.3.4 Control of the process within the facility should include the keeping of adequate records including quantitative dosimetry.
- 2.3.5 Facilities and records should be open to inspection by appropriate authorities.
- 2.3.6 Control should be carried out in accordance with the Recommended International Code of Practice for Radiation Processing of Foods (CAC/RCP 19-1979, Rev.1-2003).

3. HYGIENE OF IRRADIATED FOODS

- 3.1 The irradiated food should be prepared, processed, and transported hygienically in accordance with the provisions of the Recommended International Code of Practice – General Principles of Food Hygiene (CAC/RCP 1-1969, Rev. 3-1997), including the application of the seven principles of Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) system where applicable for food safety purposes. Where appropriate, the technical requirements for the raw materials and end product should comply with applicable hygienic codes, food standards, and transportation codes.
- 3.2 Any relevant national public health requirement affecting microbiological safety and nutritional adequacy applicable in the country in which the food is sold should be observed.

4. TECHNOLOGICAL REQUIREMENTS

4.1 General Requirement

The irradiation of food is justified only when it fulfils a technological requirement and/or is beneficial for the protection of consumer health. It should not be used as a

substitute for good hygienic and good manufacturing practices or good agricultural practices.

4.2 Food Quality and Packaging Requirements

The doses applied shall be commensurate with the technological and public health purposes to be achieved and shall be in accordance with good radiation processing practice. Foods to be irradiated and their packaging materials shall be of suitable quality, acceptable hygienic condition and appropriate for this purpose and shall be handled, before and after irradiation, according to good manufacturing practices taking into account the particular requirements of the technology of the process.

5. RE-IRRADIATION

5.1 Except for foods with low moisture content (cereals, pulses, dehydrated foods and other such commodities) irradiated for the purpose of controlling insect reinfestation, foods irradiated in accordance with Sections 2 and 4 of this standard should not be re-irradiated.

5.2 For the purpose of this standard, food is not considered as having been re-irradiated when: (a) the irradiated food is prepared from materials which have been irradiated at low dose levels for purposes other than food safety, e.g. quarantine control, prevention of sprouting of roots and tubers; (b) the food, containing less than 5% of irradiated ingredient, is irradiated; or when (c) the full dose of ionizing radiation required to achieve the desired effect is applied to the food in more than one increment as part of processing for a specific technological purpose.

5.3 The cumulative maximum absorbed dose delivered to a food should not exceed 10 kGy as a result of re-irradiation except when it is necessary to achieve a legitimate technological purpose, and should not compromise consumer safety or wholesomeness of the food.

6. POST IRRADIATION VERIFICATION

6.1 When required and where applicable, analytical methods for the detection of irradiated foods may be used to enforce authorization and labeling requirements. The analytical methods used should be those adopted by the Codex Commission.

7. LABELLING

7.1 Inventory Control

For irradiated foods, whether prepackaged or not, the relevant shipping documents shall give appropriate information to identify the registered facility which has irradiated the food, the date(s) of treatment, irradiation dose and lot identification.

7.2 Prepackaged Foods Intended for Direct Consumption

The labelling of prepackaged irradiated foods should indicate the treatment and in all aspects should be in accordance with the relevant provisions of the Codex General Standard for the Labelling of Prepackaged Foods (CODEX STAN 1-1985, Rev.2-1999).

7.3 Foods in Bulk Containers

The declaration of the fact of irradiation should be made clear on the relevant shipping documents. In the case of products sold in bulk to the ultimate consumer, the international logo and the words “irradiated” or “treated with ionizing radiation” should appear together with the name of the product on the container in which products are placed.



Australian Government

Australian Quarantine and Inspection Service

AQIS GAMMA IRRADIATION OFFSHORE TREATMENT PROVIDERS SCHEME

The Australian Quarantine and Inspection Service (AQIS) accepts offshore gamma irradiation treatment for a number of commodities in accordance with the requirements outlined in the AQIS Import Conditions Database (ICON). The following document provides guidelines on the Gamma Irradiation Offshore Treatment Providers Scheme. Organisations and/institutions (overseas government authorities for example) wishing to participate in the Scheme will be required to agree to the terms and conditions contained in this document.

Applications to register with the Gamma Irradiation Offshore Treatment Providers Scheme (the Scheme) are subject to approval by AQIS (Canberra Office) and will be assessed on their individual merits with consideration being given to the quarantine risk.

Application evaluations will include two main factors:

- an assessment of the applicant's capacity to operate in accordance with relevant AQIS requirements, based on supporting documentary evidence; and
- an assessment of the physical structures and operational procedures used by the applicant with a view to determining their effectiveness in addressing quarantine risks.

Applications to enter the Scheme are to be provided in hard copy to:

Offshore Development Unit

Cargo Management and Shipping

Australian Quarantine and Inspection Service

GPO Box858

Canberra ACT 2601

AQIS is under no obligation to accept an organisation as an approved offshore gamma irradiation treatment provider. Such acceptance is subject to the outcome of the AQIS assessment. Acceptance of the organisation as an approved offshore gamma irradiation treatment provider does not limit any rights or obligations of AQIS under the *Quarantine Act 1908*. Except as required by law, AQIS shall not be liable for any loss, damage, expense or cost incurred by any person or body arising out of any procedures associated with the acceptance of approved offshore treatment providers.

Applications to register with the Scheme must be accompanied with documentary evidence of the applicant's ability to meet International Codes of Practice and Standards relevant to performing a gamma irradiation treatment, including but not limited to:

- Codex Recommended International Code of Practice for Radiation Processing of Food (cac/rcp 19-1979, rev. 2-2003);
- ANZFA Food Standard A17: Irradiation of Food – (Food Standards Australia)

Documentary assessment of the company's treatment procedures, as well as the procedures for handling, transport and storage of goods (both prior to treatment and after treatment) will be carried out by either an AQIS officer or a suitable third party assessor.

Once documents are assessed as sufficient assurance that the applicant is potentially capable of operating within relevant AQIS requirements, an on-site inspection of the procedures and facility will be required.

An on-site assessment of procedures and facilities is a mandatory requirement of the Scheme.

AQIS conducts on-site assessments to confirm the applicant's capacity to ensure equipment and operating protocols meet AQIS requirements.

Either an AQIS officer or a third party assessor (accompanied by an AQIS officer where necessary), with an appropriate level of expertise, will conduct the on-site assessment.

The on-site assessment procedure will include, but is not limited to, the assessment of the following critical areas:

- *Equipment and site*

All measuring equipment must be calibrated to the manufacturer's specifications.

- *Cleanliness and hygiene*

All applicants must be able to demonstrate the continued quarantine integrity of commodities being imported into Australia. All facilities must be kept clean at all times.

- *Management structure to support activity*

All applicants must be able to demonstrate that their employees are familiar with the required operating procedures and follow them at all times. Applicants must be able to demonstrate that a suitable training program has been established and that employees are suitably trained and properly supervised.

- *Occupational health and safety*

AQIS will not make an assessment of the applicant's occupational health and safety standard. However, the person making the assessment has a duty of care to notify the applicant of any unsafe conditions and practices. Such matters will be noted in the report and an assessment made on whether this would affect the applicant's ability to perform activities to AQIS requirements.

Where appropriate, it is the responsibility of the applicant to ensure that the premises and all operations comply with all domestic regulations and the relevant environmental protection agency requirements.

For the on-site assessment of the facility, the party must provide a safe working environment for the assessor(s). Prior to the assessor(s) entering the treatment area, the party must provide evidence that the work area is safe in terms of residue or radiation level and work activity has been suspended to allow inspection.

Once an application to participate in the Scheme has been approved, the offshore party will be allocated an AQIS Identification Number (AIN). The AIN is to be recorded on all treatment certification and correspondence to AQIS.

Approvals for offshore gamma irradiation facilities will be granted for a period of three years. Offshore parties are required to re-apply for approval by means of an audit by a minimum of six months prior to the end of their approval term. In considering a renewal application, AQIS will conduct an assessment inline with the original approval process as outlined above.

AQIS is to be notified in writing three months prior to changes in ownership, operating procedures/arrangements relating to quarantineable items or where modifications to those parts of the premises where quarantineable goods are stored or treated are contemplated. If the quarantine integrity cannot be guaranteed, AQIS may withdraw the approval.

The types of audits outlined below are designed to measure the performance of offshore parties against the procedures outlined in the Scheme.

The Scheme will require an on-site assessment of procedures and facilities as a mandatory component of the assessment of process.

To ensure the ongoing quarantine integrity of approved offshore treatment providers the facility will need re-approval every three years.

Treatment and procedure records must be maintained and should be sufficient to assist in determining the offshore party's capacity to operate within the Scheme. Records must be made available to AQIS as requested.

Reinstatement audits will be scheduled and conducted by AQIS (or other relevant party) following a period of suspension. If, during the reinstatement audit, the offshore party is unable to demonstrate compliance with the Scheme, the suspension will continue and the offshore party will be asked to show cause as to why it should not be removed from the scheme.

Audits will be charged as set out in Section 8 of this document.

AQIS may monitor and verify consignments shipped under the Scheme. In the event that AQIS detects an ineffective treatment or any quarantine risk associated with a quarantine consignment, AQIS will direct the consignment for inspection and further treatment in accordance with the requirements of the *Quarantine Act 1908*.

Consignments shipped under the Scheme remain subject to other relevant requirements of the *Quarantine Act 1908*.

AQIS may withdraw or suspend its acceptance of an offshore treatment provider organisation at any time for failure to perform gamma irradiation treatments to a standard acceptable to AQIS.

An offshore party will be suspended from the Scheme when:

- an item of quarantine concern is detected and the offshore party is determined to be at fault;
- during the course of an on-site audit, the offshore party is unable to demonstrate compliance with the Scheme; or
- if the offshore party has not re-registered at the completion of their approval term (every 3 years).

During this time, AQIS will invite the offshore party to show cause as to why it should not be removed from the Scheme. The offshore party must provide evidence or details of corrective actions taken to ensure that the matter has been addressed.

Failure to comply with all quarantine directions and relevant AQIS import permit conditions may result in immediate suspension from the Scheme.

The offshore party may be cancelled from the Scheme if:

- they are suspended on three separate occasions from the Scheme; or
- during an on-site audit, they are unable to demonstrate compliance with the Scheme. (Fraud or lack of cooperation during an audit is also considered as not complying with the Scheme); or
- the Director of Quarantine or delegate considers this course of action justified after one or more significant detections of items of quarantine concern; or
- there is a breach under the *Quarantine Act 1908*.

If the offshore party believes that there were extenuating circumstances in respect of the detection of items of quarantine concern, they may appeal against AQIS's subsequent actions. Compliance action will remain in place while the appeal is being considered.

AQIS is to notify the offshore party, in writing, within 10 working days of the detection of an item of quarantine concern and provide advice as to subsequent actions to be taken by AQIS.

Appeals by offshore parties must be made in writing within 10 working days from the date of notification. The offshore party must clearly set out their reasons for appeal.

The offshore party should forward their appeal to:

The Manager
Offshore Development Unit
Cargo Management and Shipping
Australian Quarantine and Inspection Service
GPOBox858
Canberra ACT 2601

AQIS will acknowledge receipt of the appeal within 10 working days of its receipt, and will endeavour to make a decision on the appeal, in writing, within 10 working days of the receipt of all available facts relating to the matter.

· *Australian Quarantine and Inspection Service*

The Manager, Offshore Development Unit will consider appeals on a case-by-case basis. The Manager, Cargo Management and Shipping, will consider any subsequent appeals to the original appeal.

· *Judicial Review*

The AQIS appeals policy does not affect any right that a person may have to a judicial review by the federal court.

The Scheme is subject to regular internal AQIS review. AQIS reserves the right to discontinue the Scheme due to changes in government policy at any time.

The results of such reviews will be made available to both participating parties and Australian Industry.

In cases where there are regular widespread quarantine and administrative failures in the system, AQIS may consider re-assessing the risk and viability of the system. AQIS may also choose to review a single part of the Scheme (e.g. the administrative system) at any time.

These review activities will be conducted in consultation with participants and in some cases wider industry to ensure there is adequate stakeholder consultation.

All direct costs associated with application assessments and audits will be charged to the offshore party. These costs will include, but are not limited to:

- airfares (business class);
- Visa costs;
- airport taxes/duties and insurance;
- accommodation costs staying at 4 star accommodation or equivalent where security is of an acceptable level;
- transport to and from site of inspection;
- incidentals (meal and other cost allowances);
- interpreter/representative if required; and
- consultancy fees.

Document lodgement and monitoring activities will be subject to AQIS's normal fee for service arrangements. For details of AQIS fees, refer to Attachment 1 of this document or the AQIS website.

- the accumulated time spent performing the Services per week day exceeds 7 hours 30 minutes;
- the Services are performed on a day other than a week day; or
- the Services are performed on a national Australian public holiday.
- 7 hours 30 minutes of work on a week day; or

- a callout period on a weekend; or
- a callout period on a national Australian public holiday.
- there is a break in the performance of the Services and the quarantine officer is required to return to work after 7 hours 30 minutes of work on a week day; or
- the quarantine officer is required to return to work on a weekend; or
- the quarantine officer is required to return to work on a national Australian public holiday.

Category	Description	Unit	Current Price
Application	Assessment for an application for performance of a service offshore	Per application	A\$120
Fee For Service	Daily Rate (week days)	Day	A\$714
Fee For Service	Weekly Rate (5 day week)	Week	A\$2,486
Fee For Service	1st ½ hour or part there of	½ hr	A\$80
Fee for Service	After 1st ½ hour	¼ hr	A\$40
Overtime	Weekday	¼ hr	A\$15
Overtime	Weekday	Minimum 3 hour callout	A\$135
Overtime	Saturday	Minimum 3hour callout	A\$140
Overtime	Saturday	¼ hr	A\$20
Overtime	Sunday	Minimum 3 hour callout	A\$176
Overtime	Sunday	¼ hr	A\$23
Overtime	Australian National Public Holiday	Minimum 3 hour callout	A\$200
Overtime	Australian National Public Holiday	¼ hr	A\$25

Good Irradiation Practices for Irradiation Facilities

Gary Luckman

Consultant, International Atomic Energy Agency,
Vienna, Austria

December 2008

Treatments

Ionizing radiation may be provided by radioactive isotopes (gamma rays from cobalt-60 or cesium-137), electrons generated from machine sources (up to 10 MeV), or by x-rays (up to 5 MeV) (limits set by Codex Alimentarius). The unit of measurement for absorbed dose should be gray (Gy).

Variables to consider when implementing treatments include the dose rate, dose uniformity ratio (maximum/minimum dose; D_{max}/D_{min}), treatment time, temperature, humidity, ventilation, and modified atmospheres; these should be compatible with treatment effectiveness. Modified atmospheres, particularly low oxygen, may reduce treatment efficacy at a prescribed dose and must be considered during treatment efficacy testing. The intended end use of the product should be considered when conducting irradiation treatments.

Treatment procedures should ensure that the D_{min} is fully attained throughout the commodity to provide the prescribed level of efficacy. Owing to the differences in the configuration of treatment lots, higher doses than the D_{min} may be required to ensure that the D_{min} is achieved throughout the configured consignment or lot. The limit for D_{max} is set at 1 kGy in the United States, Australia and other countries, and D_{max} should be minimized to avoid exceeding this dose and to maintain product quality.

Application

Irradiation can be applied:

When safeguards are adequate and transit movement of the untreated commodity is operationally feasible, treatment may also be performed at:

Treated commodities should be certified and released only after dosimetry measurements confirm that the D_{min} was met. Where appropriate, re-treatment of consignments may be allowed, provided that the maximum absorbed dose is within the limits allowed by the importing country.

Generic treatments, a single radiation dose for a broad group of pests, may be applied if approved by the importing country.

According to the pest risks to be addressed and the available options for pest risk management, irradiation can be used as a single treatment or combined with other treatments as per to systems approach to meet the level of efficacy required (see ISPM No. 14: *The use of integrated measures in a systems approach for pest risk management*).

Dosimetry

Dosimetry ensures that the required minimum absorbed dose (D_{min}) for a particular commodity was delivered to all parts of the consignment. The selection of the dosimetry system should be such that the dosimeter response covers the entire range of doses likely to be received by the product. In addition, the dosimetry system should be calibrated in accordance with international standards or appropriate national standards (e.g. Standard ISO/ASTM51261 *Guide for Selection and Calibration of Dosimetry Systems for Radiation Processing*).

Dosimeters should be appropriate for the treatment conditions. Dosimeters should be evaluated for stability against the effects of variables such as light, temperature, humidity, storage time, and the type and timing of analyses required.

Dosimetry should consider variations due to density and composition of the material treated, variations in shape and size, variations in orientation of the product, stacking, volume and packaging. Dose mapping of the products in each geometric packing configuration, arrangement and product density that will be used during routine treatments should be required by the NPPO prior to the approval of a facility for the treatment application. Only the configurations approved by the NPPO should be used for actual treatments.

Calibration of components of the dosimetry system

All components of the dosimetry system should be calibrated according to documented standard operating procedures. An independent organization recognized by the NPPO should assess performance of the dosimetry system.

Dose mapping

Dose mapping studies should be conducted to fully characterize the dose distribution within the irradiation chambers and commodity, and demonstrate that the treatment consistently meets the prescribed requirements under defined and controlled conditions. Dose mapping should be done in accordance with documented standard operating procedures. The information from the dose mapping studies is used in the selection of locations for dosimeters during routine processing.

Independent dose mapping for incomplete (partially-filled) as well as first and last process loads is required to determine if the absorbed-dose distribution is significantly different from a routine load and to adjust the treatment accordingly.

Routine dosimetry

An accurate measurement of absorbed dose in a consignment is critical for determining and monitoring efficacy and is part of the verification process. The required number, location and frequency of these measurements should be prescribed based on the specific equipment, processes, commodities, relevant standards and phytosanitary requirements.

Approval of Facilities

Treatment facilities using radioactive isotopes as a source should be approved by relevant nuclear regulatory authorities where appropriate. E-beam and x-ray facilities do not use radioactive isotopes as a source of ionizing energy and may be regulated by another authority (e.g., Department of Health). Treatment facilities should also be subject to approval (qualification, certification or accreditation) by the NPPO in the country where the facility is located prior to applying phytosanitary treatments. Phytosanitary approval should be based on a common set of criteria plus those specific to the site and commodity programmes.

Phytosanitary re-approval should be done on an appropriate regular basis. Documented dose mapping should be done following repairs, modifications or adjustments in equipment or processes that affect the absorbed dose.

Phytosanitary System Integrity

Confidence in the adequacy of an irradiation treatment is primarily based on assurance that the treatment is effective against the pest(s) of concern under specific conditions and the treatment has been properly applied and the commodity adequately safeguarded. The NPPO of the country where the facility is located is responsible for ensuring system integrity, so that treatments meet the phytosanitary requirements of the importing country.

Efficacy research and dosimetry provide assurance that only effective treatments are used. Well-designed and closely monitored systems for treatment delivery and safeguarding assure that treatments are properly conducted and consignments protected from infestation, reinfestation or loss of integrity.

Phytosanitary security measures at the treatment facility

Because it is not usually possible to visually distinguish irradiated from non-irradiated products, treated commodities should be adequately segregated, clearly identified, and handled under conditions that will safeguard against contamination and/or infestation, or misidentification.

A secure means of moving the commodity from receiving areas to treatment areas without misidentification or risk of cross-contamination and/or infestation is essential. Appropriate procedures specific to each facility and commodity treatment programme should be agreed upon in advance. Commodities that are unpackaged or exposed in packaging require safeguarding immediately following treatment to ensure that they are not subject to infestation, reinfestation or contamination afterwards.

Packaging prior to irradiation may be useful to prevent reinfestation if irradiation is done prior to export, or to prevent the accidental escape of target pest(s) if treatment is done at the destination.

Labeling

Packages should be labeled with treatment lot numbers and other identifying features allowing the identification of treatment lots and trace-back (i.e. packing and treatment facility identification and location, dates of packing and treatment).

Verification

The adequacy of treatment facilities and processes should be verified through

monitoring and audit of facility treatment records that include, as necessary, direct treatment oversight. Direct, continuous supervision of treatments should not be necessary provided treatment programmes are properly designed to ensure a high degree of system integrity for the facility, process and commodity in question. The level of oversight should be sufficient to detect and correct deficiencies promptly.

A compliance agreement should be prepared between the facility and the NPPO of the country where the facility is located. Such an agreement may include the following elements:

Documentation by the Treatment Facility

The NPPO of the country where the facility is located is responsible for monitoring record keeping and documentation by the treatment facility and ensuring that records are available to concerned parties. As in the case of any phytosanitary treatment, trace-back capability is essential.

Documentation of procedures

Documented procedures help to ensure that commodities are consistently treated as required. Process controls and operational parameters are usually established to provide the operational details necessary for a specific authorization and/or facility. Calibration and quality control programmes should be documented by the facility operator. At a minimum, an agreed written procedure should address the following:

Facility records and traceability

Packers and treatment facility operators should be required to keep records. These records should be available to the NPPO for review, e.g. when a trace-back is necessary.

Appropriate treatment records for phytosanitary purposes should be kept by the irradiation facility for at least one year to ensure traceability of treated lots. The facility operator should keep all records for every treatment. Dosimetry records should be kept by the treatment facility for at least one full year after treatment. In most cases, these records are required under other authorities, but these records should also be available to the NPPO for review. Other information that may be required to be recorded includes:

Inspection and Phytosanitary Certification by the NPPO

Export inspection

Inspection to ensure the consignment meets the phytosanitary requirements of the importing country should include:

Documentation is checked for completeness and accuracy as the basis for certifying the treatment. Inspection is done to detect any non-target pests. This inspection may be done before or after the treatment. Where non-target pests are found, the NPPO should verify whether these are regulated by the importing country.

Guidelines for Irradiation as a Phytosanitary Treatment of Grapes, Litchi, Longan, Mango, Mangosteen, and Rambutan, in the Asia-Pacific Region

Peter Leach

Queensland Department of Primary Industries, Cairns, Australia

Peter Follett

USDA-ARS, U.S. Pacific Basin Agricultural Research Center, PO Box 4459, Hilo,
Hawaii 96781

Gary Luckman

Consultant, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria

December 2008

SCOPE

These guidelines provide technical guidance on the specific procedures for the application of ionizing radiation as a phytosanitary treatment for regulated pests of grapes, litchi, longan, mango, mangosteen, and rambutan and associated good manufacturing practices for irradiation facilities and producers.

These guidelines follows the format of ISPM No. 18: Guidelines for the Use of Irradiation as a Phytosanitary Measure (2003).

In some sections content is reproduced verbatim, whereas in other sections content is modified to improve relevance to the crops in question. At the end of the guidelines, specific export protocols, good agricultural practices, quarantine pest lists for the crops, requirements for preparation of commodity risk assessments are presented.

References

Guidelines for pest risk analysis, 1995. ISPM No. 2, FAO, Rome.

Export certification system, 1997. ISPM No. 7, FAO, Rome.

International Plant Protection Convention, 1997. FAO,Rome.

Guidelines for phytosanitary certificates, 2001. ISPM No. 12, FAO,Rome.

The use of integrated measures in a systems approach for pest risk management, 2002. ISPM No. 14, FAO,Rome.

Pest risk analysis for quarantine pests, including analysis of environmental risks and livingmodifiedorganisms,2004.ISPMNo.11,FAO,Rome.

Phytosanitary principles for the protection of plants and the application of phytosanitary measures in international trade, 2006. ISPM No. 1, FAO,Rome.

Glossary of phytosanitary terms, 2006. ISPM No. 5, FAO,Rome.

Background

Ionizing radiation is effective in killing or sterilizing organisms that may contaminate and do harm to commodities or ecosystems to which the commodities move. Ionizing energy can thus be authorized for use in the treatment of regulated pests. Treatment may be mandatory, as a condition for the entry or movement of consignments, or it may be prescribed, based on the detection of regulated pests in commodities intended for transport.

Alternatively, importers or exporters may voluntarily subject commodities to irradiation treatments in order to prolong their acceptability and desirability (e.g., shelf-life extension, sprouting control). Irradiation may thus be a treatment option, or it may be the only treatment which is approved for the pest and commodity in question.

As with all mitigation treatments, the objective is to minimize the risk of pest introduction through the use of exclusionary measures. The minimization of pest risk may be achieved through the use of treatments that have an acceptable level of efficacy. Treatments are approved that minimize the impact on the commodity and its ultimate use. The purpose of the treatment is to minimize the pest risk and maximize the safety associated with the movement and use of the commodity. Treatment and associated procedures are based upon science, and are no more restrictive than necessary to protect agricultural health.

The source of ionizing energy may be gamma-emitting isotopes cobalt-60 or cesium-137, or machine-generated sources including X-rays or electron beams. Application of the treatment requires dosimetry and dose mapping to ensure that the

treatment is effective in particular facilities and with specific commodity configurations. The National Plant Protection Organization (NPPO) is responsible for ensuring that facilities are appropriately designed for phytosanitary treatments.

Procedures should be in place to ensure that the treatment can be conducted properly and commodity lots are handled, stored and identified to ensure that phytosanitary security is maintained. Recordkeeping by the treatment facility and documentation requirements for the facility and NPPO are required, and should include a compliance agreement between facility operator and the NPPO stipulating in particular the specific requirements for phytosanitary measures.

The NPPO is responsible for the phytosanitary aspects of evaluation, adoption, and use of irradiation as a phytosanitary measure. To the extent necessary, it is the NPPO's responsibility to cooperate with other national and international regulatory agencies concerned with the development, approval, safety and application of irradiation, or the distribution, use or consumption of irradiated products. Their respective responsibilities should be identified to avoid overlapping, conflicting, inconsistent or unjustified requirements.

Treatment Objective

The objective of using irradiation as a phytosanitary measure is to prevent the introduction or spread of regulated pests. This may be realized by achieving certain responses in the targeted pest(s) such as:

Phytosanitary uses of irradiation may also include the devitalization of plants (e.g. seeds may germinate but seedlings do not grow; or tubers, bulbs or cuttings do not sprout). Pathogens may be included as actionable pests associated with a commodity, but are not controlled at the radiation doses used to control arthropod pests and will require alternative mitigation measures.

Efficacy

The required treatment efficacy should be specifically defined by the NPPO of the importing country. It consists of two distinct components:

In most cases, multiple quarantine pests must be controlled in a traded commodity and the required response may differ among the regulated pests. The radiation dose

required to control the most tolerant quarantine pest becomes the minimum absorbed dose applied to the commodity to ensure quarantine security.

The statistical level of quarantine security is established by the importing country. Commodity treatments for pests requiring a high degree of quarantine security, such as tephritid fruit flies, are commonly referred to as probit 9 treatments. A response at the probit 9 level results in 99.9968% efficacy. The required response may be mortality, sterility, or prevention of maturity. A probit 9 treatment usually provides adequate quarantine security, and developing the treatment frequently proves to be the quickest and most easily accepted method for overcoming phytosanitary restrictions.

To achieve probit 9 mortality at the 95% confidence level, a minimum of 93,613 insects must be tested with no survivors after exposure to the treatment. Quantitative methods have been developed to calculate the number of test insects and confidence limits for other levels of precision and treatment efficacy, with and without survivors. Some countries accept quarantine treatment efficacy for fruit flies at 99.99% (at the 95% confidence level), which is obtained by treating 29,956 (nominally 30,000) insects with no survivors. Lower statistical levels of response may be acceptable depending on the pest and pest risk factors. For countries that do not accept Probit 9 an acceptable level of protection is set by the importing country based on IPPC guidelines.

Phytosanitary certification

Certification in accordance with the IPPC validates the successful completion of a treatment when required by the importing country. The Phytosanitary Certificate or its associated documentation should at least specifically identify the treated lot(s), date of treatment, the target minimum dose and the verified Dmin.

The NPPO may issue Phytosanitary Certificates based on treatment information provided to it by an entity (treatment facilities, etc) approved by the NPPO. It should be recognized that the Phytosanitary Certificate may require other information supplied to verify that additional phytosanitary requirements have also been met (see ISPM No. 7: *Export certification system* and ISPM No. 12: *Guidelines for Phytosanitary Certificates*).

Import inspection

The detection of pests other than target pest(s) on imports of fruit should be assessed for the risk posed and appropriate measures taken, considering in particular the effect the treatment may have had on the non-target pest(s). The consignment may be detained and any other appropriate action may be taken by the NPPO of the importing country. NPPOs should clearly identify the contingency actions to be taken if live pests are found:

- § no action if the treatment is verified by an NPPO to be effective;
- § action if there is insufficient data on efficacy or the treatment is not known to be effective;

In case of non-compliance or emergency action, the NPPO of the importing country should notify the NPPO of the exporting country as soon as possible (see ISPM No. 13: *Guidelines for the notification of non-compliance and emergency action*).

Administration and documentation by the NPPO

The NPPO should have the ability and resources to evaluate, monitor, and authorize irradiation undertaken for phytosanitary purposes. Policies, procedures and requirements developed for irradiation should be consistent with those associated with other phytosanitary measures, except where the use of irradiation requires a different approach because of unique circumstances such as non emergence or sterility rather than mortality.

The monitoring, certification, accreditation and approval of facilities for phytosanitary treatments is normally undertaken by the NPPO where the facility is located, but by cooperative agreement may be undertaken by the NPPO of the importing country or other national authorities.

Memoranda of Understanding (MOUs), compliance agreements, or similar documented agreements between the NPPO and the treatment applicator/facility should be used to specify process requirements and to assure that responsibilities, liabilities and the consequences of non-compliance are clearly understood. Such documents also strengthen the enforcement capability of the NPPO if corrective action may be necessary. The NPPO of the importing country may establish cooperative approval and audit procedures with the NPPO of the exporting country to verify requirements.

All NPPO procedures should be appropriately documented and records, including those of monitoring inspections made and Phytosanitary Certificates issued, should be maintained for at least one year. In cases of non-compliance or new or unexpected phytosanitary situations, documentation should be made available as described in ISPM No.13:*Guidelines for the notification of non-compliance and emergency action*.

Research

Appendix II provides practical guidance on undertaking research to develop phytosanitary radiation treatments for quarantine pests.

Appendix I

Requirements for Commodity Pest Risk Assessments

Addresses, telephone and fax numbers, and e-mail addresses of the national plant protection organization of the country from which the commodity would be exported

A description and/or map of the specific areas in the exporting country where the commodity is produced

The scientific name (including genus, species, and author names), synonyms, and taxonomic classification of the commodity

Identification of the particular plant or plant part (i.e. fruit, leaf, root, entire plant, etc.) and any associated plant part proposed for importation

The proposed end use of the imported commodity (e.g., propagation, consumption, milling, decorative, processing, etc.)

The months of the year when the commodity would be produced, harvested, and exported

Detailed information as to the projected quantity and weight/volume of the proposed importation, broken down according to varieties where applicable

Method of shipping in international commerce and under what conditions, including type of conveyance, and type, size, and capacity of packing boxes and/or shipping containers

Scientific name (including genus, species, and author names) and taxonomic classification of arthropods, fungi, bacteria, nematodes, viruses, viroids, mollusks, phytoplasmas, spiroplasmas, etc., attacking the crop

Plant part attacked by each pest, pest life stages associated with each plant part

attacked, and location of pest (in, on, or with commodity)

Overview of agronomic or horticultural management practices used in the production of the commodity, including methods of pest risk mitigation or control programs

Identification of parties responsible for pest management and control

It is helpful to also provide as much of the following information as possible to assist in preparation of the pest risk assessment:

APPENDIX II take from IPPC

Irradiation Research Methods for Postharvest Control of Quarantine Insects

Introduction

World trade in agricultural commodities continues to grow. As agricultural trade is increasing, the risk of introducing exotic insects into new areas where they may become plant pests will increase. The establishment of new pests can be costly due to increased crop damage, control programmes, and quarantine restrictions on trade. Quarantine treatments or systems eliminate, sterilize, or kill regulatory pests in exported commodities to prevent their introduction and establishment into new areas. As exclusion is the goal for quarantine pests, the tolerance for the pest in the commodity is essentially zero (Follett and Neven, 2006).

Quarantine or phytosanitary treatments such as heat, cold, irradiation, and fumigation disinfest host commodities of insect pests before they are exported to areas where the pests do not occur. Whereas development of heat, cold, and fumigation treatments involves generating data for each commodity and pest combination, irradiation treatments are developed for a pest species irrespective of the fruit or vegetable host.

This is possible because ionizing radiation penetrates commodities quickly without

changing the commodity's temperature, and most commodities can tolerate irradiation at doses that control the pest (Morris and Jessup, 1994, Thomas, 2001). Developing heat, cold and fumigation treatments, on the other hand, involves finding a balance between killing the pest and minimizing the adverse effects of the treatment process on commodity quality (Paull, 1994, Wall 2008).

Unlike other disinfestation techniques, irradiation does not need to kill the pest immediately to provide quarantine security, and therefore live (but sterile or not viable) insects may occur with the exported commodity making inspection for the target pests redundant as a confirmation of treatment application and efficacy. This places an added level of importance on the certification and standard operating procedures for irradiation facilities and proper documentation accompanying export shipments confirming treatment at approved doses.

It also places an added responsibility on researchers to ensure that the minimum absorbed dose approved for each quarantine pest has an adequate margin of safety. Irradiation technology is not universally accepted as a phytosanitary treatment (Follett and Neven, 2006). For example, Japan, Taiwan, and the European Union have not approved the use of irradiation as a phytosanitary treatment.

However, irradiation as a phytosanitary measure is now approved internationally by the International Plant Protection Convention (FAO, 2003), and may provide an alternative for replacing current treatment methods. Herein, several recent developments in the application of irradiation and risk management are discussed that should expand the use of the technology worldwide and facilitate trade in agricultural commodities, particularly fresh commodities.

Radio-tolerance of insects

Arthropod groups vary in their tolerance to irradiation. Among insects, Diptera (flies), Coleoptera (beetles), Hemiptera (true bugs) tend to be less radiotolerant than Lepidoptera (moths and butterflies), although there is considerable variation among the species that have been tested in these groups (Hallman, 2000, B tri *et al.*, 2005). Estimates for Hemiptera (scales, mealybugs, aphids and whiteflies) and Thysanoptera (thrips) are based on a small number of studies.

Two of the most radiotolerant insects are the Indian meal moth, *Plodia interpunctella*,

and the Angoumois grain moth, *Sitotrogacerealella*, both stored products pests (Ahmed, 2001, Ignatowicz, 2004). The An goumoisgrainm othre produced at 500 but not 600Gy (Ignatowicz, 2004). Most insects are controlled at doses below 300 Gy. Several species of mites have been tested and they appear to be relatively tolerant of ionizing radiation. Few studies have conducted the large-scale validation tests needed to confirm the efficacy of an irradiation dose predicted to give 100% mortality (discussed below).

Methodology for developing irradiation quarantine treatments

The goal of irradiation as a phytosanitary treatment is to provide quarantine security for any regulated pests residing in or on the exported commodity. This is most often accomplished by preventing development to the reproductive stage or sterilizing the reproductive stage of the insect.

If multiple species on a commodity are regulated pests, irradiation studies begin by comparing the tolerance of the quarantine pests, then, in-depth studies focus on the most tolerant stage of the most tolerant species, to arrive at a single dose providing quarantine security for the commodity.

Typically the most advanced developmental stage of the insect occurring in the commodity is the most tolerant when the goal is preventing adult emergence or reproduction. The most advanced stage may be the larva (or nymph), pupa, or adult.

When larval development is completed in the host but the insect pupates outside the host, irradiation is applied to prevent adult emergence. In the case of tephritid fruit flies, preventing adult emergence is the desired response required for regulatory purposes because it prevents the emergence of adult flies that could be trapped and trigger regulatory actions, despite being sterile. When the insect pupates in the host, preventing adult emergence may be difficult so adult sterility is the goal.

Often adults occur with the commodity (e.g. Follett, 2006a). When the adult stage can occur in the commodity and is the most tolerant stage, the measure of treatment efficacy is the level of sterility. For sexually reproducing species, sterilizing one sex may be sufficient to prevent reproduction but both sexes must be sterilized if mating status is unknown as is usually the case. Males are often but not always more tolerant than females. Reciprocal crosses between irradiated and control males and

females at several sub-sterilizing doses are useful to determine the more tolerant sex (Follett and Lower, 2000).

In large-scale validation tests, males and females should be mated before treatment and females should have begun ovipositing. After irradiation treatment, surviving males and females are combined and allowed to mate and reproduce to determine the successful mate dose. Adult females irradiated at a sterilizing dose will often oviposit (particularly if mated were gravid before irradiated) but eggs will not hatch or hatching neonates do not develop (Follett and Taniguchi 2007). With asexual species, the female is the focus of most tests. In rare cases irradiated insects will recover so it is important to continue tests until all insects have died.

Many insect species have life history attributes that complicate testing methods. For example, diaspidid scale insects are sessile (attached to the plant) and long-lived, and so experiments must use host material (e.g. pumpkin) that does not deteriorate after irradiation treatment and before the insects die (Follett 2006 b,c). Some species require live host material to survive.

The long-lived semi-sessile coccid scale, green scale (*Coccus viridis*) only survives on live host material such as gardenia, coffee and hibiscus, which complicates testing since irradiation treatment causes rapid plant deterioration (Hara *et al.*, 2002). Diapausing and non-diapausing strains of insects may have different tolerances to radiation, and may require different bioassay methods (Hallman, 2003).

To determine the most tolerant stage for a species, all stages are treated with a range of irradiation doses. Generally five doses should be selected and five replicates of at least 30-50 insects should be used. In some cases a single diagnostic dose is used to separate tolerance among stages or species. The ideal diagnostic dose causes only moderate mortality in the stage or species predicted to be most tolerant. This improves the chances that statistical tests can be used to separate mean responses among groups.

Tests should be designed with the biology of the insect in mind, and insects should always be tested in the commodity of interest if possible. For example, pupae may be inherently more tolerant of irradiation than larvae but because they only occur at the surface of the fruit they may be easier to sterilize than larvae that feed at the center

of the fruit where hypoxic conditions exist (low oxygen can increase radio-tolerance) (Follett and Armstrong, 2004, Hallman, 2004).

If artificial inoculation is used, insects should be placed where they occur naturally or allowed time to redistribute to preferred feeding sites in the commodity. Dosimeters should be placed where the insects occur to accurately measure absorbed doses.

Once dose response tests are completed, large-scale tests are conducted with the most tolerant life stage at a dose predicted to cause 100% mortality. The dose determined to provide quarantine security from testing large numbers of insects is often higher than that predicted from small-scale dose response tests to give 100% mortality. Insects are irradiated in the commodity after inoculation with a known number of insects or in naturally infested host material.

For internal feeding insects naturally infesting the commodity, the number of viable insects treated is estimated by the number of insects successfully emerging in paired samples of untreated controls. Untreated control insects are always included in tests with irradiated insects so that mortality can be adjusted for natural variation and to guard against changes in experimental conditions over the course of testing that cause higher than normal mortality.

While control mortality $\leq 20\%$ is desirable, higher mortality may be normal when using wild insects and naturally infested commodities. For poor hosts, control and test insects may be inserted into the host for treatment then transferred to diet to maximize the chance of survival.

Probit analysis is the standard method to evaluate dose response data, but other models (e.g. logit) should be used if they provide a better fit to the data (Robertson *et al.*, 1994). These analyses are used to compare radiotolerance among lifestages or species, and to help identify a target dose for large-scale testing. Covariance analysis is an alternative to compare response among stages or between species. Covariance analysis requires the slopes of the regression lines fitted to each group to be parallel, so the test of parallelism (nonsignificant stage or species by dose interaction effect) is tested before comparing stage or species effects (e.g. Follett and Armstrong, 2004).

As mentioned, the actual dose to achieve quarantine security at a given level of

precision may exceed the dose predicted from small-scale dose response tests. For example, the dose predicted to prevent emergence of adult melon flies treated as *trypa* from dose response data was 90 Gy (0 survivors es 900 tested insects) (Follett and Armstrong, 2004); however, subsequent large-scale testing at 120 Gy resulted es 1 survivor out of 50,000 treated third instars and several partially emerged pupae. Increasing the dose for large-scale testing to 150 Gy resulted in 0 survivors in 96,700 treated insects and no partial pupal emergence (Follett and Armstrong, 2004). This demonstrates the need for large-scale testing to verify a dose.

Accurate dosimetry is critical to the success of insect irradiation studies. The objective in research is to minimize the dose uniformity ratio (DUR) (also called the $D_{max}:D_{min}$ ratio), thus reducing variation in dose response tests. This allows the researcher to more accurately pinpoint an efficacious dose without excessive overkill. The maximum dose measured during large-scale testing becomes the minimum dose for a treatment (Heather, 2004). Dose rate decreases with the square of the distance from the source (e.g. if distance from source is doubled, dose rate decreases by a factor of 4).

Small scale research irradiators such as the Gammacell 220 types (MDS Nordion, Canada) have a small radiation chamber volume and hence all locations in the product during irradiation are short distance from the source and DUR can be minimized (typically <1.2). It is generally accepted that large-scale commercial irradiators are not useful for conducting dose response research because of high DURs, sometimes in the range of 3:1. High DURs are the result of product volume and density, not the size of the irradiator.

When using commercial irradiators for research applications, DURs can be minimized by presenting product of minimal depth (e.g. individual fruits) and irradiations, product in a forward then reverse orientation. For example, Forward then reverse o (2004) irradiation of fruit larvae in papayas at a commercial x-ray facility using an electron linear accelerator (5 MeV, model TB-5/ti, SureBeam Corp., San Diego, California) to minimize the DUR, infestations were placed upright in plastic tubs in a single row perpendicular to the beam.

Dose mapping demonstrated that doses were sometimes lower near the sides and floor of the metal carrier, so the tubs with fruit were elevated by placement on a

cardboard box and positioned in the exact center of the carrier. Each carrier passes in front of the beam in a forward then reverse orientation. DURs in this study were consistently <1.2 (Follett and Armstrong, 2004).

Probit 9 treatments

The question always arises: How many insects must be tested during research to demonstrate that a treatment provides quarantine security? Future trade between countries in a commodity that is potentially infested by a quarantine pest can be slowed by the lack of a standardized research protocol for developing a quarantine treatment or system. The exporting country must often initiate research on a crop or quarantine pest without full knowledge of the commitment of time and resources involved because the importing country has not published or explicitly outlined a research protocol. The number of insects to treat in dose-response and large-scale validation tests and other research requirements can vary dramatically depending on the pest, the crop, and the country.

In the U.S, post-harvest commodity treatments for pests requiring a high degree of quarantine security are commonly referred to as probit 9 treatments. The reference originates from the statistical method (probit analysis) used for deriving the dose-response relationship. A response at the probit 9 level results in 99.9968% efficacy. The required response may be mortality, sterility, or prevention of maturity.

The United States Department of Agriculture (USDA) has used 99.9968% efficacy as the basis for approving many quarantine treatments, particularly for tephritid fruit flies. A probit 9 treatment usually provides adequate quarantine security, and developing the treatment frequently proves to be the quickest and most easily accepted method for overcoming phytosanitary restrictions (Follett and Neven, 2006).

To achieve probit 9 mortality at the 95% confidence level, a minimum of 93,613 insects must be tested with no survivors after exposure to the treatment. Quantitative methods have been developed to calculate the number of test insects and confidence limits for other levels of precision and treatment efficacy, with and without survivors (Couey and Chew, 1986).

Although probit 9 testing seems like a comfortable level of safety, given a highly infested commodity or a high enough volume of infested commodity imports, even

probit 9 security could be overwhelmed (Mangan *et al.*, 1997, Powell, 2003). Other countries (Japan, Australia, New Zealand) accept quarantine treatment efficacy at 99.99% (at the 95% confidence level), which is obtained by treating 29,956 insects with no survivors (Couey and Chew, 1986). Japan requires a total of 30,000 individuals in 3-4 trials (Sproul, 1976), New Zealand requires three replicates of 10,000 test insects, and Australia accepts a cumulative total of 30,000 treated insects with no survivors (Heather and Corcoran, 1992).

Alternative approaches

In certain cases, less-than-probit 9 numbers of insects may be acceptable during quarantine treatment development if the potential economic and environmental impact of the pest should it be introduced is low.

For example, irradiation treatment with a dose of 300 Gy was accepted for the mango seed weevil, *Sternochetus mangiferae* (F.) by Animal and Plant Health Inspection Service, USDA (USDA-APHIS, 2002), a monophagous pest of mangos, based on evidence for the weevil's limited potential impact on U.S. agriculture (Follett and Gabbard, 2000), and cumulative data from several studies with a few thousand insects showing prevention of adult emergence from the fruit at this dose and sterilization at lower doses (Seo *et al.*, 1974, Heather and Corcoran, 1992, Follett, 2001).

Irradiation negatively affects commodity quality in some cases. Lowering the irradiation dose may reduce the undesirable effects on the commodity. Landolt *et al.* (1984) pointed out that the standard may be too stringent for commodities that are rarely in the irradiation process, and hence a less severe post-harvest treatment may still provide quarantine service. The less-than-probit 9 is an alternative at rare in the approach ensures risks the ability to qualify a moment in pair of reproductive in the population surviving in a shipment.

This will be a function of many biological, operational, and environmental factors (Vail *et al.*, 1993, Yamamura and Katsumata, 1999, Follett and Neven, 2006). The main quantitative argument for deviating from probit 9 treatment efficacy is low infestation rate of the commodity, resulting from poor host status, early harvesting, or effective pre-harvest pest suppression.

A number of quarantine pest-commodity systems are amenable to the less-than-probit

9 approach (Liquido *etal.*, 1995, Follett and McQuate, 2001). For example, nectarines are an inherently poor host for codling moth, *Cydia pomonella*(L.). Only three live codling moths (larvae) were found infesting 326,625 packed nectarines sampled from packinghouses in the San Joaquin Valley of California for an infestation rate of 9.2×10^{-6} (Curtis *etal.*, 1991). In an average shipment of 16,000 kg (89,600 fruits), the probability of one or more mating pairs surviving after a probit 9-level quarantine treatment is 1.7×10^{-10} .

The actual mortality level required from a quarantine treatment to prevent a mating pair of codling moths in a single shipment of nectarines with 95% confidence is 77.74% (probit 5.65). Hypothetically, if 100 shipments arrived at the same location the probability of one or more codling moth mating pairs surviving in nectarines after a probit 9-level quarantine treatment is still extremely small (1.7×10^{-6}).In this case, a probit-9 treatment provides a high level of overkill and a less severe treatment might be developed that provides adequate quarantine security while minimizing any negative effects of the treatment on commodity quality.

Low infestation rate at harvest can also be the result of effective pest management before harvest and/or the harvest of climacteric fruit (those that continue to ripen after harvest) at a less susceptible or non-preferred maturity stage. An additional advantage to use of the less-than-probit 9 approach is that fewer insects may be needed during research to develop quarantine treatments, which would make new treatments available on a more timely basis (Follett and McQuate, 2001).

The less-than-probit 9 approach fits with the systems approach where multiple procedures are used to cumulatively provide quarantine security while maintaining quality in a commodity that is sensitive to a particular quarantine treatment (Jang and Moffitt, 1994). For example, a less-than-probit 9 irradiation dose for a fruit fly might be part of a systems approach that included effective pest suppression in the crop, poor host status, fruit cutting and inspection, limited distribution period (winter months), and limited geographic area for distribution (i.e. to non-fruit fly supporting areas).

Generic irradiation doses

A generic treatment, a single treatment that controls a broad group of pests without affecting the quality of a wide range of commodities, is the ultimate discovery sought

after by quarantine entomologists, albeit seldom found. Most quarantine treatments are developed for one pest and one commodity at a time, and research may take several years.

Generic treatments for broad groups of pests and commodities accelerate the research, shorten treatment development, and save resources. Irradiation is the ideal technology for developing generic treatments because radiation—from an isotope source such as cobalt-60, or x-rays—penetrates fruit easily and is effective against insects at doses that generally do not injure the commodity.

A generic treatment for a group of insects could be applied at many taxonomic levels, e.g. to all Diptera (flies), or to flies in the family Tephritidae (fruit flies), or to tephritid fruit flies in the genus *Bactrocera*. A generic irradiation dose is recommended after information has accumulated on effective quarantine irradiation doses for a wide range of insects within the taxon or for the important economic pests within the taxon (Follett and Neven, 2006, Bakri and Hendrichs, 2004).

The rationale is that related species are likely to be similar in their radio-tolerance, and therefore data for a limited number of species can be extrapolated to other related species to arrive at a generic dose. Before a generic treatment can be recommended, information is needed on effective irradiation doses for a wide range of insects within the taxon or for the important economic pests within the taxon.

Recently, generic irradiation treatments were approved for the first time. On January 27, 2006, USDA-APHIS approved generic doses of 150Gy for tephritid fruit flies and 400 Gy for all insects except pupa and adult Lepidoptera (USDA-APHIS, 2006). The rule also included lower doses for a number of well-studied quarantine insect species (Table 2). The generic and specific irradiation doses apply to all agricultural commodities. The generic dose for tephritid fruit flies of 150 Gy was based on data for 17 species of *Anastrepha*, *Bactrocera*, *Ceratitis*, and *Rhagoletis* fruitflies (Hallman and Loaharanu, 2002, Follett and Armstrong, 2004).

The default dose of 400 Gy for all insects except pupae and adults of Lepidoptera was recommended after critical analysis of the literature (Follett and Hallman unpublished report). The default dose was first used for sweet potatoes exported from Hawaii to the U.S. mainland. With default dose approach, an irradiation dose is set at

the upper limit of what is believed to control the insect groups that infest a commodity without specific data for the quarantine species.

A default dose of 400 Gy was used for Hawaii sweetpotato (USDA-APHIS, 2004) until research later demonstrated that 150 Gy was sufficient (Follett, 2006a). New Zealand prepared a rule to allow import of tropical fruits from Australia using generic irradiation treatments of 150 Gy for fruitflies, 250 Gy for other insects, and 300 Gy for mites (Corcoran and Waddell, 2003). Any country negotiating trade in fresh fruits and vegetables with the U.S. can use the generic irradiation treatments, and adoption of these or other generic irradiation doses for tephritid fruit flies and other insect groups by other countries is anticipated.

The generic irradiation doses can be lowered for specific pests and commodities if this is practical. For example, papayas exported from Hawaii to the U.S. mainland are routinely irradiated at a minimum dose of 400 Gy to control white peach scale (*Pseudaulacaspis pentagona*) in addition to fruit flies because no information was available on the radiotolerance of this scale.

Recent studies demonstrated that white peach scale is controlled at 150 Gy (Follett, 2006c). Hence, an irradiation treatment with a minimum absorbed dose of 150 Gy should provide quarantine security for white peach scale in addition to fruit flies on exported papaya. Lowering the dose will significantly reduce costs of treatment and increase capacity of the treatment facility.

The availability of generic dose treatments makes irradiation an attractive option compared with other quarantine treatments. Developing irradiation treatments for taxonomic groups or guilds of insects and groups of commodities rather than for individual pests and commodities helps avoid unnecessary research, and regulatory and trade bottlenecks. Generic irradiation treatments will accelerate the approval of irradiation quarantine treatments for specific crops and expedite new trade in agricultural products.

서 지 정 보 양 식

수행기관보고서번호	위탁기관보고서번호	표준보고서번호	INIS 주제코드
KAERI/RR-3032-2009			
제목 / 부제	수출입 식품류의 방사선 조사 검역관리 기술의 표준화 방안 연구		
연구책임자 및 부서명	이주운, 방사선전략기술개발부		
연구자 및 부서명	변명우, 김재훈, 최종일, 송법석, 윤요한, 김동호, 김왕근, 김경표		
출판지	대전	발행기관	한국원자력연구원
페이지	192 p.	도표	있음(O), 없음()
발행년월	2009. 8.		
크기	A4		
참고사항			
공개여부	공개(O), 비공개()	보고서종류	연구보고서
비밀여부	대외비(), — 급비밀		
연구위탁기관		계약번호	
초록 (15-20줄내외)	<p>○ 본 연구는 점차 증가하고 있는 수출입 식품의 생물학적, 화학적 위해 안전성을 확보하고, FTA (DDA) 대비 수출입 식품류 품질보증을 위한 방사선 조사 검역관리 기술에 관한 국내법규의 국제적 기준설정 및 적용 방안 확립하기 위해 수행됨</p> <p>○ 국제 방사선 식품조사 현황, 조사식품의 수출입 동향 및 식품 검역처리 자료 확보를 위해 주요국가 방문 현지 실태조사, 국제기구에서 주최하는 전문가 교육훈련 참석, 국내외 전문가 자문/세미나 개최 및 국제기구를 통해 관련 최신 자료 및 정보를 수집함</p> <p>○ 국내외 수출입 식품류의 검역관리 체계 분석을 통해 SPS/TBT 해소 및 CODEX 기준에 부합하는 국내 표준(SOP) 설정하고, 협력국간 표준화를 위한 공동연구를 수행하였으며, 최종적으로 국내 실정에 적합하고 WTO/FTA 체제에 부합하는 방사선 조사 검역관리 표준지침서(안)를 마련함</p> <p>○ 이상의 결과는 주요 교역대상 국가간 협력연구를 통하여 안전하고 효과적인 검역처리 기술로서 국제 식량교역에서 그 이용이 증가하고 있는 방사선 조사기술의 활용을 통해 수출입 식품류의 안정적인 교역과 국가간 무역 분쟁을 해소하고 국민 건강과 관련산업 선진화에 기여할 것으로 기대됨</p>		
주제명키워드 (10단어내외)	방사선 조사기술, 식품류, 국제교역, 검역관리		

BIBLIOGRAPHIC INFORMATION SHEET

Performing Org. Report No.	Sponsoring Org. Report No.	Standard Report No.	INIS Subject Code
KAERI/RR-3032-2009			
Title/ Subtitle	International Cooperation to Establish Standard Operating Procedure (SOP) for Quarantine Management of Irradiated Foods in International Trade		
Project Manager and Department	JW Lee (Radiation Research Center for Innovative Technology)		
Researcher and Department	MW Byun, JH Kim, JI Choi, BS Song, YH Yoon, DH Kim, WG Kim, KP Kim		
Publication Place	Daejon	Publisher	KAERI
Page	192 p.	Ill. & Tab.	Yes(O), No ()
Publication Date	2009. 8.		
Size	A4		
Note			
Open	Open(O), Closed ()		Report Type
Classified	Restricted(), ___Class Document		Research Report
Performing Org.			Contract No.
Abstract (15-20 Lines)	<p>○ Development of SOPs through various research activities such as building international cooperations, and analysing current status of food irradiation in domestic and international markets, export and import, international market size, and of R&D</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analysis of examples for quarantine management in agricultural product exporting countries and use of irradiation technology for agricultural product quarantine, and changes in international quarantine management - Analysis of SOPs for food irradiation quarantine in international organizations (CODEX, IPPC, WHO), U.S, EU, China, India, and Australia. - Collaborative researches of India/Korea and China/Korea entered into an agreement for market trials <p>○ Publishment of irradiation quarantine management SOPs agreed to CODEX standards</p> <ul style="list-style-type: none"> - Collaborative researches for quarantine management, avoiding Technical Barrier to Trade (TBT), and Sanitary Phytosanitary Measures were conducted, and advanced SOPs agreed with WTO/FTA system were published 		
Subject Keywords (About 10 words)	Irradiation Technology, Food & Agricultural Commodities, International Trade, Quarantine Management		

수정·보완요구사항 반영내역

과제명 : 수출입 식품류의 방사선 조사 검역관리 기술의 표준화 방안 연구

주관연구기관(책임자) : 한국원자력연구원 (이주운)

전문기관의 수정·보완요구사항	수정·보완요구사항 반영내용 요약	적용 페이지
1. ‘방사선조사 검역처리 표준지침서(안)’에 대한 구체적인 설명 및 근거자료를 보완 요망	<ul style="list-style-type: none"> - ‘방사선 조사 검역처리 표준지침서(안)’은 다양한 국제기준 및 규정을 토대로 국내 실정에 부합하도록 작성하였음 - 보고서에 작성한 표준지침서(안)의 부연설명 자료 및 근거를 수정보완 하였음 	p. 75 - 86
2. ‘방사선조사 검역처리 표준지침서(안)’에서 1 kGy 이하의 저선량 방사선조사를 한계치로 정하고 있으나, WHO/IAEA/FAO에서 10 kGy 이하까지 허용하는 바, 1 kGy 기준설정에 대한 사유를 제시 요망	<ul style="list-style-type: none"> - 보고서에 작성한 ‘표준지침서(안)’은 과실류 검역을 위한 방사선 조사선량으로 다른 식품류의 방사선 조사를 위한 허가선량은 품목에 따라 변경될 수 있음 - 상기의 내용을 ‘표준지침서(안)’에 부가적인 해설을 추가로 삽입하였음 	p. 77
3. 연구원의 파견·출장과 해외과학자 초빙을 통해 입수한 정보를 첨부 요망	<ul style="list-style-type: none"> - 연구원 해외파견 및 해외과학자 초빙을 통해 입수한 방사선 식품검역 관련 주요 정보자료를 첨부(부록 IV)하였음 	p. 138 - 192

주 의

1. 이 보고서는 교육과학기술부에서 시행한 원자력국제협력기반조성사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 교육과학기술부에서 시행한 원자력국제협력기반조성사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가 과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개 하여서는 아니됩니다.