

방사선 조사식품의 수입관리

권 중 호 / 경북대학교 식품공학과 교수

I. 서 언

FAO와 WHO의 발표에 의하면 「세계적으로 식량의 25% 이상이 수확 후 해충, 미생물 등에 의해 손실되며, 이를 효과적으로 줄이기 위한 연구개발은 식량의 수요증가에 대처하는 가장 현실적인 방안」이라고 하였다. 또한 「식인성 질병(foodborne disease)에 의한 건강 위협과 이에 따른 경제적 손실을 감안하고, 특히 WTO 체제하에서 교역증대를 예상한다면 보다 안전한 살균·살충기술의 확보가 시급한 실정」이라고 하였다.

식품가공산업의 경쟁력은 균일하고 값싼 가공원료의 안정적 확보와 위생적 제품생산을 바탕으로 하고 있다. 따라서 최근 관련 업계에서는 저렴한 가공원료를 확보하기 위하여 해외로부터 반가공된 형태의 건조농산물을 대량 반입하는 경향이며, 이는 시장개방화 추세를 감안한다면 점차 확대될 것으로 전망된다. 따라서 우리나라의 식량자급률과 빈번한 세계적 기상 이변, 시장개방의 가속화 등을 예상한다면 식량교역에

적용될 저장·가공기술의 확보는 국내 농업과 식품산업의 경쟁력 확보에 핵심적인 과제가 될 것이다. 특히 WHO 국제무역체제에서 식물위생검역조치의 적용에 관한 협정(SPS)이 채택되고 무역의 기술적 장해에 관한 협정(TBT)이 도입됨에 따라, 식품의 안전과 동식물 검역에 관한 기준의 일원화와 함께 국제적으로 통용될 수 있는 위생화 기술의 확보가 요구되고 있다.⁽¹⁾

본 자료에서는 새로운 식품 저장·가공처리로서 기술적 타당성과 안전성이 인정된 식품의 방사선조사기술^(2~9)과 관련하여, 방사선 조사식품의 유통과 교역 증진을 위한 몇 가지 기술적 내용을 식품조사기술의 이해, 검역관리의 중요성, 방사선 검역/품질보증 처리의 필요성, 방사선처리 농산물의 수입관리 체계 등으로 구분하여 정리하였다.

II. 식품 방사선 조사기술의 개념^(10~13)

1. 이용 에너지 및 기본 공정

식품의 방사선 조사는 식품조사(食品照射, food irradiation)라고 하며, 넓은 의미에서는 광합성 현상에서부터 천일 건조, 숯불구이, 전기구이, 마이크로웨이브 가열, 자외선 살균, X선/전자선/ γ 선 조사 등 모든 형태의 방사선 조사를 포함하게 된다.⁽⁶⁾ 그러나 전문적인 의미에서의 식품조사는 단파장의 γ 선, 전자선(electron beam) 및 X선에 의한 식품처리를 말한다.^(2,6) 그러면 식품조사기술이란 식품 또는 식품재료를 본래의 상태에 가깝게 보존하거나 위생적 품질을 개선할 목적으로 특정의 방사선 에너지를 식품(피조사체)에 일정시간 노출시켜 살균, 살충, 성장조절, 물성개선 등의 효과를 거두는 기술이라고 할 수 있다. 방사선 에너지는 피조사체를 통과할 때 물질의 원자나 원자단, 분자 등을 전리시켜 이온을 생성하게 되며, 이 같은 성질을 지닌 방사선을 전리방사선(ionizing radiation)이라 한다. 일상 생활에서 접하게 되는 γ 선, X선, 전자선, 자외선(UV) 등은 이에 포함되며, 현재 관련 국제기구(FAO/IAEA/WHO)와 Codex식품규격위원회에서 식품조사에 안전하게 이용될 수 있다고 밝힌 방

사선은 γ 선, 전자선 및 X선이다.^(2,7) 그리고 식품조사에서 피조사체 식품에 대한 방사선 조사량은 흡수선량(absorbed dose)으로 나타내며, 그 단위는 그레이(gray, Gy)가 사용된다(1 Gy= 100 rad= 1 joule/kg). 여기서 1 rad(radiation absorption dose)는 피조사체의 종류에 관계없이 물질 1 g당 100 erg의 방사선 에너지를 흡수하였을 때를 의미한다(1 rad=100 erg/g).

2. 피조사체 식품/농산물에 대한 생물학적 작용

전리방사선의 생물학적 작용은 살균, 살충, 성장조절 등이 있으며(표 1),^(6,7) 교역대상 농수축산물이나 식품의 검역 및 위생화 처리는 이와 같은 생물학적 효과에 의해 달성될 수 있다. 일반적으로 식품 및 생체에 대한 방사선의 작용은 직접작용과 간접작용이 동시에 일어나는 것으로 이해되며, 따라서 피조사체의 수분함량(건조상태), 생리적 상태(속도, 저장기간), 공존물질, 조사온도, 조사분위기 등에 의해 방사선의 생물학적 작용이 상이하게 나타날 수 있다.

표 1. 식품 및 식품재료에 대한 전리방사선의 생물학적 작용

미생물 살균	해충/기생충 관리	성장 억제
부패균 부분살균	저장 해충 살충	발아 억제
병원균 살균	과일/채소류 해충	발근 억제
완전 살균	기생충 살충	속도 조정

방사선부분살균(radurization, radiopasteurization)은 축육(가공품), 선어, 수산가공품, 딸기 등에 오염되어 있는 세

균, 효모, 곰팡이 등 부패관련 미생물의 수를 감소시켜 보존기간 또는 냉장기간을 연장시키는 방법이다.⁽⁶⁾ 국내에서는

닭고기, 튀김생선어묵, 수삼, 딸기 등에 대하여 연구를 시도하여 효과를 확인한 바 있으며, 이 분야는 최근 cold chain의 보급에 따라 식품공업에서 활용이 기대된다. 방사선 병원균 살균(radicidation)은 닭고기, 쇠고기, 어패류, 가공식품 등 동물성(가공)식품에 오염된 병원성 미생물(식중독균, 경구전염병균, 무아포성 등)들을 적정선량의 방사선 조사에 의해 사멸시키는 분야이다. 방사선완전 살균(radappertization)은 피조사체 식품에 오염된 virus를 제외한 모든 미생물을 사멸시키는 분야이다. 미생물의 오염농도에 따라 10~50 kGy의 고선량 조사가 요구되며, 장기보관용 군용 햄, 베이컨 등 밀봉포장식품과 국내에서도 허가된 병원환자용 무균식, 즉 면역기능이 약화된 환자용 식품 등이 해당된다. 또한 실험동물용 무균사료(specific pathogens-free, SPF 또는 germ-free

등) 제조나 우주식품등은 완전 무균상태가 요구되므로 선진국에서는 이미 오래 전부터 우주계획에서도 감마선 조사 식품이 활용되고 있다.^(4,6,7)

3. 방사선 조사공정의 에너지 종류별 특징

식품조사에 이용될 수 있는 방사선 에너지의 특징을 살펴보면 먼저 표 2에 나타난 바와 같이 현재 이용률이 가장 높은 γ 선은 우수한 투과력을 지니고 있어서 식품을 포장된 상태에서도 살균·살충 효과를 가져올 수 있고, 또한 포장된 제품을 연속적으로 처리할 수 있으므로 재(再)포장에 따른 2차 오염의 위험이 없다. 그리고 전자가속기(electron accelerator)에서 발생하는 전자선은 γ 선에 비해 투과력이 약하여 적용범위가 제한되나 곡류, 분말식품, 육류 등의 표면살균에 이용이 가능하다.^(6,7)

표 2. Co-60 감마선과 전자빔의 특성 비교

특 성	⁶⁰ Co 감마선	전자빔
에너지	1.33 MeV + 1.17 MeV	~ 12 MeV
에너지 효율	낮음 (~30 %)	높음 (~85 %)
투과력	높음 (~12 g / cm ²)	낮음 (~0.35 g / cm ² /MeV)
용량(power)	작음 (1 Mci = 약 15 kW)	큼 (100~150 kW /Unit)
기 타	연속적 에너지 발생 선원의 주기적 교체	전원의 on/off

특히 전자선은 에너지 발생이 전원(電源)에 의해 조절되고 공정제어, 신속성, 에너지 효율성, 소비자 수용성 등의 측면에서 장점이 있으므로 선진국에서는 전자선의 이용에 대한 연구개발이

활발히 추진되고 있다. 그러나 X선은 에너지 발생효율이 낮아 실제적인 이용에 제한을 받고 있다. 따라서 식품조사에 실제 활용되고 있는 방사선 에너지는 γ 선이며, 최근에는 국내에서도 전자선

의 이용연구가 일부 추진되고 있다.

이와 같이 감마선 등의 방사선 에너지는 식품의 살균·살충 목적으로 사용되고 있는 훈증제나 보존제와는 달리 처리 후 잔류성분이 남지 않고 연속처리 공정이 가능하다. 특히 처리공정에서는 처리시간과 피조사체의 밀도를 제외한 기타 공정인자에는 거의 영향을 받지 않는다. 또한 방사선 살균기술은 건열·습열살균, 가스살균 등 타 가공방법에 비해 에너지 소요량이 적고 처리식품의 품은 상승이 거의 없어(10 kGy 처리시 2.4°C 상승) 영양성분의 파괴나 관능적 품질 변화를 최소화할 수 있는 냉온처리(cold treatment) 또는 비열처리(non-thermal treatment)의 특징을 지니고 있다.⁽²⁾

4. 방사선 조사식품의 실용화와 표시 규정

방사선 조사식품의 안전성과 관련하여 지난 40여년간 국제기구 및 선진국의 주도로 체계적인 연구가 추진된 결과, FAO/WHO/IAEA에서는 10 kGy 이하⁽²⁾로 조사된 모든 식품의 안전성 공인뿐 아니라 10 kGy 이상⁽⁴⁾의 고선량 조사식품의 안전성과 건전성에 대한 기술보고서를 각국 정부에 배포한 바 있다. 이상의 결론과 더불어 식품조사기술의 기술적 타당성이 과학적으로 입증됨에 따라 Codex 식품규격위원회에서는 방사선 조사식품 및 처리시설에 대한 Codex 일반규격 및 운영규정을 채택하고 각국의 활용을 권장하고 있다(표 3).^(7,14) 2000년 현재 방사선 식품 조사와 관련된 이용현황은 42개국에서 230여 식품(군)에 대하여 방사선조사기

술의 이용이 허가되었고, 연간 수 십만 톤 이상의 식품 및 농축수산물이 방사선 처리되어 국내외적으로 유통, 수출입 되고 있는 실정이다.⁽¹⁴⁾

방사선 조사식품에 대한 Codex 규격에 따르면 식품조사는 허가식품에 대하여 허가시설에서만 실시하며, 조사식품을 수송할 경우에는 송장(送狀)에 조사시설 명, 조사 년 월 일, 품목 확인번호, 수량 등이 기록되어야 하며, 포장식품의 경우에는 규정에 따라 표시(labeling)를 의무화하고 있다. 국내에서도 유사하게 감마선 조사가 허가·고시되면서 조사식품에 대하여 용기 또는 포장에 그림 1과 같은 도안을 직경 5 cm 이상의 크기로 표시하도록 규정하고,⁽¹⁵⁾ 조사업자는 처리식품의 조사 년 월 일, 시간, 처리량, 조사선량, 선량보증, 조사목적 등의 기록을 2년간 보존토록 하고 있다.^(7,15)



그림 1. 방사선 조사식품의 국제적 표시(symbol)

또한 개정 고시 안은 조사식품에 대한 감마선 재조사는 허용되지 않는다고 규정하고 조사식품은 용기에 넣거나 포장하여 판매되어야 한다고 규정하였다.⁽¹⁵⁾ 미국 FDA의 조사식품에 대한 표시규정을 보면 소매단계에서는 그림 1과 같은 마크와 “treated with radiation” 또는 “treated by irradiation”을 함께 기

표 3. WHO/FAO/IAEA, ICGFI 및 Codex의 식품 방사선 조사 국제적 합의 규격

식 품 군	방사선 조사 목적	기술적 선량 범위 (kGy)		ICGFI 문서번호
		(min)	(max)	
Class 1 : 구근류, 근채류, 껍질식물	저장 중 발아억제	0.1	0.2	8
Class 2 : 생과일 및 신선야채류	a) 속도지연	0.3	1.0	6
	b) 해충구제	0.3	1.0	3, 7, 17
	c) 저장성 연장	1.0	2.5	6
	d) 검역관리*	0.15	1.0	7, 13, 17
Class 3 : 곡류 및 그 분말류, 견과류, 유지종자, 두류, 건조과일	a) 해충구제	0.3	1.0	3, 20
	b) 미생물 감균	1.5	5.0	3, 20
	c) 발아억제(밤)	0.1	2.0	
Class 4 : 어류, 해산물, 개구리다리, 민물 및 육생 무척추 동물 (신선 및 냉동)	a) 병원성 미생물 감균**	1.0	7.0	10
	b) 저장성 연장	1.0	3.0	10
	c) 기생충 감염 관리**	0.1	2.0	10
Class 5 : 가금육과 적색육 및 그 육제품 (신선 및 냉동)	a) 병원성미생물 감균**	1.0	7.0	4
	b) 저장성 연장	1.0	3.0	4
	c) 기생충 감염 관리**	0.5	2.0	4
Class 6 : 건조채소류, 향신료, 양념류, 동물사료, 전약재 또는 약용차	a) 병원성미생물 감균**	2.0	10.0	5, 19
	b) 해충 구제	0.3	1.0	5, 19
Class 7 : 동물 근원의 건조 식품	a) 해충 구제	0.3	1.0	9
	b) 곰팡이 억제	1.0	3.0	9
	c) 병원성미생물의 감소	2.0	7.0	
Class 8 : 전통식품과 기타 식품 - 건강 식품, 환자식용 전통식품, 아라비아검 및 기타 증량제, 군 식량, 꿀, 우주식량, 특수 향신료, 액상란(卵)	a) 미생물 감균		***	
	b) 멸균		***	
	c) 검역 관리		***	

* 최소선량은 특정 해충이나 병원균에 대해 정해질 수 있다.

** 최소선량은 식품의 위생적 품질을 보장하기 위해 처리목적에 고려하여 정할 수 있다.

*** 특정 목적과 식품원료에 대해 정해지는 최대선량

※ 현재 방사선 조사식품에 대한 허가는 국제기관 및 세계 각국에서 품목별 허가 보다는 식품군별(food class)로 허가하는 추세임.

재하도록 하고, 도매단계에서는 “treated with radiation-do not irradiate again” 또는 “treated by irradiation-do not irradiate again”을 필수적으로 표시하도록 규정하고 있다.⁽¹⁶⁾

5. 새로운 살충 및 살균기술의 필요성

지금까지 식품의 고품질 저장 및 가공에는 건조, 가열, 발효, 냉장, 냉동, CA, MA, 첨가물, 훈증제, 마이크로웨이브, 막분리 기술 등이 이용되어 왔지만 기술적, 경제적 및 안전성 측면에서 새로운 보완기술의 개발이 요구되고 있다. 또한 최근에는 처리식품의 품질을 고려한 비열가공기술의 연구개발이 활발히 진행되고 있다. 그러나 세계적으로 농업 및 식품산업의 당면과제는 건조식품(재료) 및 냉동식품의 살균·살충과 신선농산물의 살충이라 할 수 있다. 이상의 과제들에 대한 새로운 기술은 특히 국가 간 교역에서 수출입 식품/농수축산물의 검역 및 품질보증 처리에 요구되는 살균·살충법으로서 그 안전성과 환경친화적 특성을 필요로 하고 있다.

식품에 대한 방사선의 이용 연구 및 실용화는 지난 반세기 동안 괄목할만한 발전을 거듭하였다. 즉, 1940년대에는 식품조사에 대한 원리가 밝혀졌고, 1950년대에는 선진국에서 식품조사연구가 본격 시작되었다. 1960년대에는 세계 60여 개국에서 이 분야의 연구가 활발히 진행되었으며, 1970년대에는 방사선 조사식품의 안전성이 국제적으로 평가되어 10 kGy 이하로 조사된 식품의 안전성이 인정되었다. 또한 1980년대에는 조사식품의 안전성에 대한 국제적 평가를

바탕으로 여러 나라에서 식품조사기술의 실용화에 필요한 관련 규정이 마련되었으며, 1990년대 이후에는 방사선 조사식품의 상업적 생산과 국제교역에 대한 사항이 당면한 과제로 대두되고 있다.^(17~26)

Ⅲ. 검역의 중요성과 수출입 농산물 검역현황

1. 검역의 개념

검역(檢疫, quarantine)이란 어원은 원래 인간에 전염되는 전염병을 미리 막기 위한 조치에서 비롯되었다. 그러나 현대적 개념에서 검역이란 관련법과 제도에 근거하여 식물병해충과 동물성 병원 유기체의 국내외 이동을 방지하기 위한 모든 노력을 포함하는 용어가 되었다. 이상의 검역 대상이 되는 유기체의 국내 침입경로는 i) 기주 동식물과 그 생산물에 잠복하여 동식물성 재료의 수입에 따라 침입·정착하거나, ii) 포장 재료와 같은 무생물에 부착되어 이동되거나, iii) 매개 곤충이나 조류의 이동에 의해 자연적으로 유입되거나, iv) 바람에 의해 기류에 따라 이동되는 경우로 크게 구분할 수 있다. 이상의 네 가지 경로 중 iii)과 iv)는 사람의 힘으로 막을 수 없는 자연적인 유입경로이지만, i)과 ii)는 동식물 검역 절차에 의해서 관리가 가능한 분야이다.⁽²⁷⁾

2. 검역의 중요성

WTO 체제는 국내 산업의 국제화를 가속화시켜 농수산물의 교역도 크게 확대시킬 전망이므로 우리 농축수산물의

수출증대를 위한 첨단기술의 개발은 국제경쟁력 제고에 필수적인 과제가 되고 있다. 특히 수출용 농산물은 수입국의 품질기준과 검역규제장벽을 극복해야 하고, 검역대상 유기체의 경우 수입 전 제조조건으로 제시된 경계해충이나 위생 지표 미생물에 대하여 완전박멸 방제기술(quarantine treatment)이 요구된다. 교역 농산물의 검역처리 방법으로 ethylene dibromide (EDB)의 사용이 금지된 이후(US EPA, 1984), methyl bromide (MeBr)/ethylene oxide(EtO) 혼증법, 저온처리, 열처리 등 물리적, 생물학적 방법 등이 부분적으로 대체 사용되고 있으나 효과가 불완전하고 처리시간이 길어 새로운 기술개발이 요구된다.^(28~33)

이상과 같이 최근 농산물시장의 개방이 확대됨에 따라 수출입 농산물의 종류, 물량, 교역국 수 등이 나날이 증가되고 있다. 이와 같이 농림수산물 및 가공품의 국제적 교역 증가와 수송 수단의 발달로 교역 물품을 통한 검역 대상 및 경계 동식물 유기체의 유입 기회가 크게 늘어나고 있는 실정이다. 따라서 선진국에서는 자국 농업 및 관련산업의 보호를 위하여 농산물의 수입을 규제하기 위한 수단으로 엄격한 검역관리체제를 구축해 가면서 외래 병해충과 병원성 유기체의 반입을 적극 방지하고 있다. 이상의 결과를 종합하여 검역처리의 필요성을 요약해 보면,

1) 과일류, 곡류 및 일부 농산물들은 수확 및 유통과정에서 해충이 오염되므로, 이들 농산물이 수출입될 경우에는 반드시 적절한 검역처리가 필요하다.

2) 농산물 수입국에서는 자국에 존재

하지 않는 외래병해충이나 전염성 질병을 발생시키는 병원성 유기체의 유입을 금지하므로 검역처리가 필요하다.

3) 지금까지 살충 및 살균 목적으로 광범위하게 사용되어 오던 화학혼증제(EDB, EtOH, MeBr 등)가 작업자 및 소비자의 안전을 위해하고 환경공해를 야기 시켜 점차 사용이 금지되고 있는 추세이므로, 이에 대한 효과적인 대체방안이 요구되고 있다.

4) EDB의 사용이 금지된 이후 파파야와 같은 열대 및 아열대 과일의 검역처리로서 열처리가 사용되고 있으나 처리시간(1.5~6 hr)이 길고, 품질에 나쁜 영향을 미치며 처리비용이 고가인 점 등이 사용에 제한을 가져오고 있다.⁽³⁴⁾

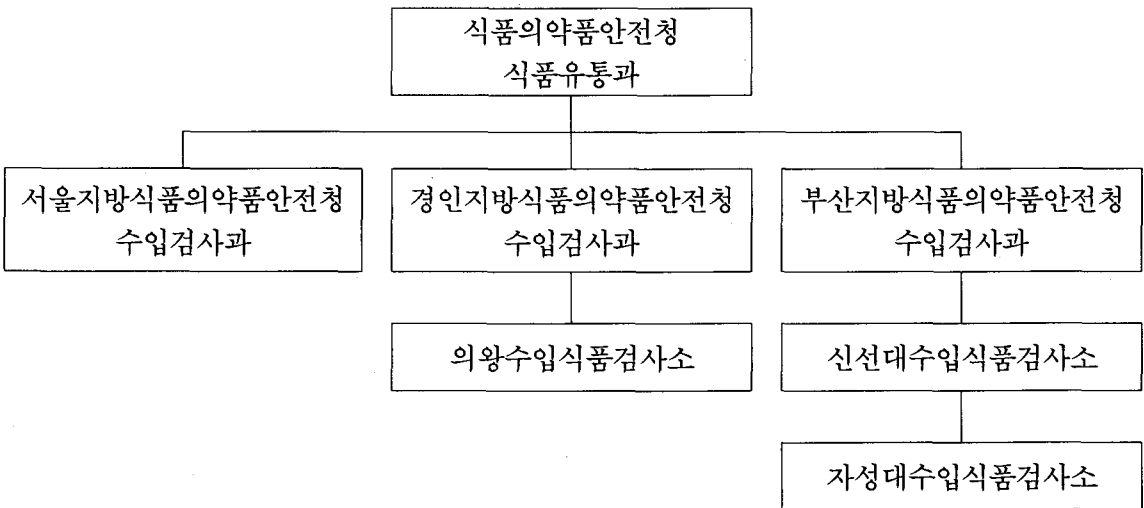
3. 수입식품 및 농축수산물의 검역/검사 행정체계

수입식품 등의 검사는 식품의약품안전청, 식품의약품안전청 소속기관인 지방식품의약품안전청과 보건복지부 산하 국립검역소에서 이루어지고 있다. 동물검역과 식물검역은 국립수의과학검역원과 국립식물검역소에서 담당하고 있다. 다만 식품 등 검사대상 중 수산물은 행정권한 위임위탁규정에 의하여 해양수산부 국립수산물검사소(지소)에서 이루어지고 또한 축산물(식육), 축산가공식품의 검사는 국립수의과학검역원(지원포함)에서 각각 수행하고 있다. 각 부처 별 업무 내용을 알아보면 다음과 같다.⁽³⁵⁾

부처별	식품의약품안전청	보건복지부	농림부	해양수산부
관련법령	식품위생법	식품위생법	식물방역법 축산물가공처리법	식품위생법
관련부서	서울,경인,부산지방청의 수입검사과 및 3개 지소	10개의 국립검역소	국립식품검역소 국립수의과학검역원	국립수산물검사소

가. 식품의약품안전청

1) 수입식품 관련 조직도 및 업무내용



(1) 식품유통과의 수입식품관련 사항

- ① 식품 등의 수출입제도에 관한 총괄
- ② 식품 등의 수입검사에 관한 지도·감독 및 조정
- ③ 수출식품의 인증에 관한 사항
- ④ 외국식품위생검사기관의 인증 및 관리에 관한 사항
- ⑤ 수입부적합제품의 반송·폐기처분 등 사후조치에 관한 사항
- ⑥ 식품 등의 수입검사전산망의 운용 및 관리에 관한 사항
- ⑦ 식품관련 국제통상에 관한 업무지원

(2) 각 지방청 수입검사과 및 그 지소

- ① 수입식품 등의 신고수리·검사 및 관리
- ② 수입식품 등의 수거
- ③ 수입부적합제품의 반송·폐기처분 등 사후조치에 관한 사항
- ④ 식품 등의 수입검사전산망의 운용 및 관리에 관한 사항

2) 수입식품의 분석

각 지방청의 시험분석실에서 담당(각 지방청 수입검사과 및 지소와 국립검역소 의뢰물품에 대하여 검사)하고 있으며 수입신고인의 검사요청이 있을 경우 식품위생검사기관에 검사의뢰

(1) 검사대상

- ① 가공식품(수산물, 축산물 제외) : 식품공전의 검사항목
- ② 농산물(자연산물) : 잔류농약
- ③ 수산물 : 식품공전상의 검사항목
 - 수산동·식물을 원료로 하여 첨가물이나 다른 원재료를 사용하여 제조, 가공 등의 과정을 거친 수산통·병조림, 어육연제품, 조미수산물, 어유, 해조가공품 등
 - 수산동·식물 원료를 원형을 알아볼 수 없도록 분쇄처리한 해조분, 어분 등
 - 위탁범위에 해당되지 않는 수산물은 우리 부의 국립검역소에서 수입신고 및 검사업무를 처리함.
- ④ 축산물 - 식품공전상의 검사항목(원료육 함량이 50% 이하인 제품)

나. 농림부

1) 농산물 검사 (국립식물검역소 및 출장소)

(1) 직 무

- ① 수출입식물의 검역과 검사
- ② 국내식물의 검사
- ③ 제 1호 및 제 2호의 사무에 필요한 시험·조사 및 연구

(2) 식물검역

- ① 식물검역소에서는 유해병해충 유무만 검사(안전성검사는 식품의약품안전청에서 검사)
- ② 국립식물검역소에서는 식물방역법에 의거 수출입농산물을 포함한 식물과 그 용기·포장에 대하여 식물에 해를 주는 병해충

의 부착 여부를 검사하고, 식물 유해병해충이 부착된 식물은 소독, 폐기, 반송 등 검역조치를 취하므로써 외래병해충의 국내 유입을 방지하여 국내농업의 안정적 생산 및 자연생태계를 보전하는 업무를 담당하고 있다.

2) 축산물 검사(국립수의과학검역원 및 출장소)

(1) 직 무

- ① 수출입동물·축산물 및 사료(수출입동물에 수반하는 것에 한함)의 검역과 검사
- ② 축산물에 대한 검사
- ③ 가축·가금의 질병에 관한 방역·시험·연구 및 생물학적 제재의 개발
- ④ 동물용 의약품의 검사 및 수의기구의 검사

(2) 검역검사와 업무사항

- ① 수출입동물·축산물의 검역·검사기본계획의 수립
- ② 수출입동물·축산물의 검역시행장 및 해외작업장의 관리
- ③ 수출입동물·축산물의 검역·검사에 관한 통계
- ④ 수출입동물·축산물의 검역·검사에 관한 해외정보 수집

(3) 축산물검사부의 업무사항

- ① 국내축산물의 검사 및 위생관리
- ② 수출입동물·축산물 및 사료(수출입동물에 수반하는 것에 한함)의 검역·검사
- ③ 동물용 의약품의 검사 및 수의기구의 검사

(4) 검사대상(유가공품, 식육가공품, 알가공품)

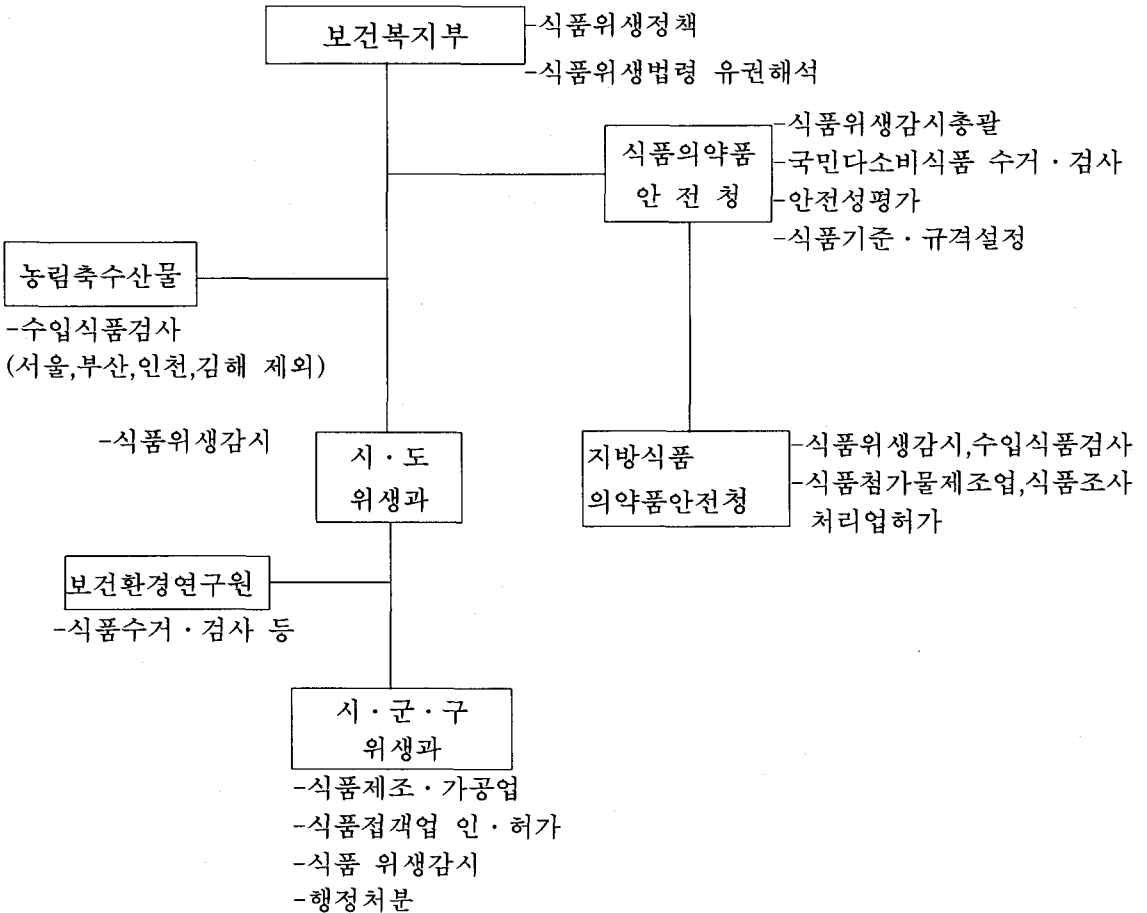
다. 해양수산물부 (국립수산물검사소)

수입수산물 신고 및 검사업무 위탁규정에 의하여 위탁 수산동·식물에 대하여 검역/검사한다. 즉, 다음에서 정하는 수산동·식물에 한함 (첨가물이나 다른 원료를 사용하지 아니하고 원형을 알아볼 수 있는 정도로 단순히 절단, 가열, 숙성, 건조, 염장한 수산동·식물을 포함한다.)

- ① 활어패류 - 생활력이 있는 어패류
- ② 신선·냉장품 - 얼음이나 소금으로 신선상태를 유지하거나 또는 동결되지 않도록 10℃이하로 냉장처리한 어패류

- ③ 냉동품 - 빙점이하로 동결시킨 어패류
- ④ 건제품 - 자연적으로 함유된 수분을 건조한 어패류 및 해조류
- ⑤ 염장품 - 단순히 식염에 절였거나 또는 침지한 어패류 및 해조류
- ⑥ 어란 - 어패류의 알을 단순히 냉동, 냉장, 건조, 염장한 것
- ⑦ 혼제품 - 어패류를 식물의 연기에 그을렸거나 그 물질에 침지한 것
- ⑧ 해조류(첨가물이나 다른 원료를 사용하였거나 또는 원형을 알아볼 수 없도록 분쇄 등의 처리를 한 것은 제외)

라. 식품행정관리 체계



4. 검역처리 관련기술의 동향

농수산물의 교역과 관련하여 검역관련 유기체의 사멸/방제를 위하여 미국, 일본, EU 등 선진국에서는 가스훈증법(MeBr, EDB, EtO, phosphine 등), 물리적방법(저온처리, 열처리, 환경기체 조성 조절 등), 생물학적 방법(host susceptibility, inspection 등) 등이 연구개발되고 있으며, 이들 방법들은 대부분 대상 농수산물과 용도에 따라 선택적으로 활용되고 있다.^(36~44)

그러나 이상의 처리방법 중 EDB와 EtO는 안전성의 문제로 이미 사용이 금지되었고(미국, 일본 등), 현재 대부분 사용되고 있는 MeBr도 Montreal 의정서 협약에서 오존층 파괴물질로 판명되어 주요 국가들에 의해 사용이 규제되고 있다.⁽²⁸⁾ 우리나라에서도 최근에는 신선 과채류 등 신선농산물에는 이미 사용을 금지시킨 바 있으며, 2000년대 초에는 국제적으로 사용이 불가능하게 될 전망이므로 이에 대한 대체방안이 시급히 요구된다. 따라서 MeBr의 대체기술 확보를 위하여 UN Environment Committee 즉, 23개국 대표자들로 구성된 Methyl Bromide Technical Options Committee(1993~1995)에서는 물리·생물학적 방법, 훈증제, 살충약제 등의 안전성과 기술적 타당성을 체계적으로 검토한 결과, 농축수산물의 수확 후 비약제(non-chemical) 처리 방안으로서 방사선조사(irradiation)나 저온처리 등의 연구개발을 권장하고 있다.⁽²⁸⁾

IV. 검역처리/품질보증기법으로서 食品照射

1. 방사선 검역처리/품질보증의 필요성

이미 설명된 바와 같이 농림산물 교역시 검역 병해충의 주요 박멸기술로 사용되고 있는 MeBr 훈증법이 점차 규제되고 있다. 국내에서도 최근 신선과채류 등 신선농산물에는 이미 사용을 금지시킨 바 있으며, 2005년 경에는 선진국을 중심으로 사용이 금지될 전망이다. 그 대체기술로서는 열처리, 생물학적 방법, 기타 훈증처리(phosphine 가스 등) 등이 일부 이용되고 있으나, 효과의 불완전, 품질열화, 안전성, 환경공해성, 경제성 등의 측면에서 문제점이 지적되고 있다. 또한 훈증제의 경우 안전성 측면과 함께 곤충류의 내성(耐性)을 고려해 본다면 새로운 대체방안이 시급히 요구된다. 따라서 MeBr의 대체기술 확보를 위해 UN Environment Committee에서는 물리·생물학적 방법, 훈증제, 살충제 등의 안전성과 기술적 타당성을 체계적으로 검토한 결과, 농림산물의 검역해충 박멸에 필요한 수확 후 비약제 처리방안으로서 방사선 조사나 저온처리 등의 연구개발을 권장하고 있다.⁽²⁸⁾

특히, 방사선 살충기술은 우리나라를 포함한 세계 30여 개국에서 이미 사용이 허가되어 있다. 또한 US FDA 및 USDA에서도 1 kGy 이하의 방사선 조사를 해충 검역처리 및 숙도 지연방법으로 승인하였고, 현재 일부 농산물(Hawaiian papaya)에 대하여 검역처리를 목적으로 방사선을 조사하고 미국

본토에 반입하여 Chicago 등지에서 성공리에 시판한 것으로 알려지고 있다.⁽⁴⁵⁾ 또한 방사선 조사기법은 훈증제의 단점이라고 할 수 있는 잔류성이 없으므로 효과적인 대체방안이 될 수 있다.

비교적 저선량의 방사선조사(0.2~2.0 kGy)에 의해 신선농산물의 검역해충 박멸은 물론 건조 농축수산물의 해충발생을 충태를 고려하여 방지할 수 있다 (그림 2).

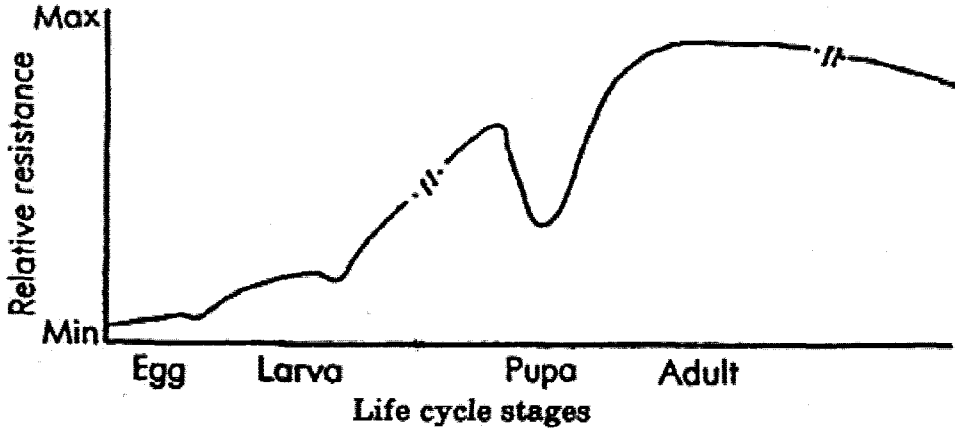


그림 2. 해충의 충태 별 일반적인 방사선저항성

그러므로, 방사선 조사기법은 재오염 방지가 가능한 포장재를 사용하게 되면 즉각적인 살충효과는 물론 저장 중 해충의 피해를 방지할 수 있다. 이와 같이 방사선 조사의 경우 처리 공정이 간편하고 처리효과가 분명할 뿐 아니라 경제적이다. 또한 환경 친화적이며 무공해성인 장점이 있으므로 앞으로 농림산물의 검역처리기술로서 적극적 개발이 필요하다. 이상과 같은 국제적 상황을 감안하여 볼 때, 안전성과 경제적 타당성이 공인되고 우수한 살충, 살균 효과를 지닌 방사선 조사기법을 주요 수출입 농축수산물에 적용·개발한다면 국제교역에서 통용될 수 있는 새로운 검역처리 방안이 될 것으로 생각된다.

검역처리기법으로서 방사선 조사는 이상의 어떠한 문제점도 수반하지 않음

면서, 처리시간이 짧고(<1 hr), 처리효과가 완전하며 잔류성이 없다. 또한 방사선 처리된 과실은 정상적으로 숙성하거나 다소 속도가 지연될 수 있으며, 고유한 품질에 변화를 초래하지 않는다.^(9,16,34,36,46,47)

2. 방사선 검역처리/품질보증의 개념

방사선 검역처리의 목적은 수출입 식품 및 농산물의 교역에서 외래병해충이나 전염성 병원유기체들이 비발생 지역(국가)에 유입되거나 발생을 막기 위한 수단이라 할 수 있다. 따라서 소기의 목적을 달성하기 위한 최소량의 방사선을 사용함으로써 처리 농산물의 품질을 최대한 원래대로 유지하고, 처리시 비용과 시간도 절약하여 효과를 극대화하

는 것이 필수적인 요건이다. 그러므로 방사선의 생물학적 작용을 바탕으로 방사선 해충검역은 다음과 같은 기본 개념을 전제로 하고 있다.^(48,49)

1) Sexual sterility(웅성불임) : 방사선 조사에 의한 해충의 웅성불임 효과는 과일파리가 발생하는 신선과일에 0.15 kGy 범위의 낮은 선량을 조사하였을 경우 충태에 관계없이 웅성불임 현상이 나타난다. 검역처리로써 이와 같은 웅성불임개념은 ICGFI 및 USDA의 APHIS에서 공식 인정하고 있다.

2) Profit 9 security : 하와이에 생존하는 3종의 과일파리에 대하여 99.9968%의 사망률을 거둘 수 있는 최저 조사선량 (0.26 kGy)의 사용 개념

3) Total mortality (완전치사) : 과일파리(알)의 충태에 관계없이 100%의 치사율을 가져 올 수 있는 조사선량으로 0.40~0.70 kGy 범위의 선량이 필요하다는 개념

3. 검역처리/품질보증기법으로서 방사선 조사의 선택 요건

- 1) 수출입 식품 및 농산물에 대한 완전한 검역처리/품질보증 효과
- 2) 처리시간 및 처리조건 (온도, 시설 등)
- 3) 처리 식품 및 농산물의 품질유지
- 4) 작업자 및 소비자의 안전 및 환경 공해 여부
- 5) 처리 비용

4. 국제교역에서 방사선 검역처리의 이점과 한계

수출입 식품 및 농산물의 검역처리기

법으로서 방사선 조사의 기술적 타당성은 장기간의 연구결과로 입증되었다. 국제 식량교역에서 방사선 검역처리의 필요성은 화학훈증법의 사용금지, 열처리의 부적격, 검역유기체의 유입금지 등의 당면 문제에 기인된다고 볼 수 있다. 그러나 국제식량교역에 있어서 방사선 검역처리의 실용화에는 다음과 같은 이점이 기대되는 반면 많은 과제를 안고 있다. 먼저 방사선 검역처리의 이점으로서는;

- 1) 농산물 수입국들은 검역관련 유기체의 유입을 막을 수 있다.
- 2) 수출국들은 안전한 검역처리로 수출시장을 확대해 나갈 수 있다.
- 3) 소비자들은 보다 안전하고 우수한 품질의 식품(상품)을 제공받을 수 있다.
- 4) 병원성 유기체의 유입을 막음으로써 공중보건의 향상과 이종 병해충 발생을 방지하여 농업생산성을 유지할 수 있다.

한편 해결되어야 할 과제 즉, 전제조건으로는 i) 교역국 간의 무역협약체결, ii) 검역관련기준의 일치/일원화, iii) 방사선 조사시설의 등록 및 공인이용, iv) 산업계의 관심, v) 자본의 투자, vi) 소비자의 수용 및 교육 등이다.

5. 응용 분야

식품산업에서 방사선 조사기술의 응용분야는 실용화 관점에서 볼 때, 건조식품의 살균·살충, 곡류 및 과실·채소류 등의 해충 살충, 돼지고기, 생선, 채소류 등의 기생충 살충, 동물성 식품의 병원성 유기체 사멸, 부패미생물 살균 등으로 나눌 수 있다.^(6,9,13,22)

가. 건조식품의 살균·살충

건조식품 및 건조 농수축산물들의 살균·살충 처리를 위해서는 여러가지 방법들이 이용될 수 있으나 식품의 특성, 처리효과, 경제적 타당성 등을 고려한다면 이용방법에 제한이 따른다. 먼저 향신료, 건조 과일·채소류, 혼합조미료, 건조축산물, 건조수산물 등의 살균공정에 광범위하게 사용되어 오던 EtO 훈증제가 EU(1991.1.1), 한국(1991.7.1) 등 여러 나라에서 사용이 금지되었고, 최근에는 그 잔류량이 엄격히 규제됨에 따라 방사선 조사기법은 훈증제의 효과적인 대체방안으로 사용되고 있다. 특히 방사선 조사에 의한 향신료, 건채조미료, 기타 가공부원료 등의 위생화 처리는 가장 대표적인 응용분야이다. 현재 steaming, 고압, extrusion 등의 방법이 대두되고 있으나 적용분야, 처리효과, 실용성 등에서 한계가 있다.

나. 곡류, 과채류 등의 해충 살충

곡류, 두류, 견과류, 건조 농산물, 선과채류 등에는 저장해충뿐만 아니라 식량교역시 검역대상이 되는 해충이 오염되어 있다. 따라서 이들 해충은 주로 화학훈증제(EDB, MeBr, phosphine(AIP), EtO 등)나 농약살포에 의해 방제되어 왔으나 이들 화학약제들이 인체장해 및 환경오염의 원인물질로 밝혀짐에 따라 점차 사용이 금지되고 있다. 이에 대한 여러 가지 대체방법 가운데 감마선 조사기법은 1~2 kGy 이하의 저선량에 의해서도 해충의 생육단계(알, 애벌레, 번데기, 성충)에 관계없이 사멸이 가능

하다. 국내외적으로도 이 분야의 활용은 매우 적극적이며, 특히 WTO 체제하에서는 식량교역시 검역해충 박멸기술로써 감마선 조사기법의 등장이 전망된다. 그러나 과실이나 채소류는 방사선에 대한 저항성이 서로 상이하므로 충분한 고려가 필요하다.

다. 돼지고기, 생선, 채소류 등의 기생충 사멸

야채류나 돼지고기 등에 혼입된 장내 기생충과 선모충(*trichinella spiralis*)을 포함한 선충류는 0.25~1.0 kGy의 방사선에 의해 완전히 사멸시킬 수 있다. 이 때 이용되는 조사선량은 아주 낮아 식품의 영양성분이나 물리적 특성에는 거의 영향을 주지 않는 방법이다. 미국 FDA는 돼지고기의 기생충(선모충) 구제를 위하여 1.0 kGy 이하의 감마선 조사를 허가하였으며, 육류 가공업에 필수적인 처리과정으로 인식되어 가고 있다. 이 분야의 기술은 최근 위생적 품질이 강조되고 있는 고급 채소류, 생선, 날고기 등의 소비가 증가됨에 따라 실용화를 위한 연구개발이 기대된다.

라. 동물성 식품의 병원성 유기체 사멸

식인성질병은 국민 보건 및 생산성에 큰 영향을 미치고 있다. 닭고기, 쇠고기, 어패류, 가공식품 등 동물성(가공)식품에 오염된 병원성 미생물들은 적정선량 범위의 방사선 조사에 의해 사멸이 가능하다. 이는 식중독균, 경구전염병균, 무아포성 등을 사멸시키는 방사선 병원균 살균분야이다. 식인성 질병은

식품을 매체로 전염될 수 있으며, 특히 가금육은 *Salmonella*, *Campylobacter* 등 병원성 미생물의 오염도가 매우 높아 식인성 질병의 대표적인 원인식품이 되고 있다. 최근 WHO 보고에 의하면 미국에서는 매년 7종의 병원균, 즉 *Campylobacter jejuni*, *Clostridium perfringens*, *E. coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Toxoplasma gondii* 등에 의하여 330~1,230만 여명의 환자가 발생되고, 이 중 3,900여명이 목숨을 잃으며 이로 인한 경제적 손실은 매년 65~349억불에 이른다고 한다. 또한 식인성 질병에 대한 실상은 보고된 내용의 350배 이상이라고 WHO가 밝히고 있다.

특히 미국 및 일본에서의 *Escherichia coli* O157 : H7 오염사건 이후 미국 FDA는 1997년 12월 쇠고기 등 red meat에 대하여 방사선 조사를 허가하기에 이르렀으며, 자국내 육류가공산업에서의 방사선 조사기술의 이용을 서두르고 있다. 뒤이어 USDA에서는 식품산업의 보호와 국민 위생수준의 향상을 위하여 2000년 2월 22일부터 본 기술의 사용을 재 승인하였다. Table 6은 *E. coli* O157 : H7 등 몇 가지 병원성 미생물에 대한 방사선 감수성을 나타낸 것으로서, 병원균은 일반 미생물에 비해 방사선에 대단히 민감하여 국제적으로 사용이 허가된 선량보다 훨씬 낮은 선량으로도 사멸이 가능한 것으로 밝혀지고 있다.^(50~54)

표 6. 병원성 미생물의 방사선 감수성 비교

병원성 미생물	온도(°C)	기 질	D ₁₀ value ¹⁾ (kGy)	참고자료
<i>Aeromonas hydrophila</i>	2	Beef	0.14~0.19	
<i>Campylobacter jejuni</i>	0~5	Beef	0.16	
<i>Escherichia coli</i> O157:H7	5	Beef	0.28	Adopted from D.W. Thayer. (1995)
<i>Listeria monocytogenes</i>	2~4	Chicken	0.77	
<i>Salmonella spp.</i>	2	Chicken	0.36~0.77	
<i>Staphylococcus aureus</i>	0	Chicken	0.36	

¹⁾Decimal reduction dose for the initial microbial populations.

이상과 같이 방사선 병원균 살균효과에 의하여 식품에 오염된 식중독균, 경구전염병균, 무아포성 병원균 등을 중선량의 감마선 조사에 의해 사멸시키는 분야이다. 식인성 질병(foodborne disease)은 식품을 매체로 전염될 수 있으며,

특히 가금육은 *Salmonella*, *Campylobacter* 등 병원성 미생물의 오염도가 매우 높아 식인성 질병의 대표적인 원인식품이 되고 있다. 식인성 질병의 발생은 대부분의 국가에서 국민보건 및 생산성에 큰 영향을 미치고 있다.

WHO(1991)는 식품에 오염된 비브리오 콜레라균의 사멸을 위해 감마선 조사방법을 추천한 바 있다. 또 최근 소비량이 급증하고 있는 치즈, 가공육, 샐러드 등의 즉석식품에도 *Listeria monocytogenes*의 오염이 확인된 바 있어 listeriosis의 발병예방에 깊은 관심이 요구되고 있다. 특히 1993년 9월부터 감마선 조사된 가공육은 위생적 품질을 보증할 수 있는 식품으로 인식되면서 Florida 및 Illinois의 소매가게에서 성공적으로 판매된 이후 최근에는 병원, 레스토랑 및 일반 유통단계에 까지 보급되고 있다. 이와 같이 병원성 미생물들은 감마선에 대하여 비교적 저항성이 낮아 3~7 kGy 범위의 조사선량에 의해서도 완전사멸이 가능하므로 위생적 식품생산에 적극적인 활용이 기대되는 분야이다.

마. 동식물성 (가공)식품, 딸기 등의 부패균 잠균

방사선 부분살균 효과에 의해 여러 가지 식품 즉, 선어, 수산가공품, 축육(가공품), 딸기 등에 다양하게 오염되어 있는 세균, 효모, 곰팡이 등 부패성 미생물의 수를 효과적으로 감소시켜 보존기간 또는 냉장기간을 연장시키는 방법으로서 0.5~5 kGy 범위의 방사선 조사선량이 요구된다. 국내에서는 닭고기, 튀김생선어묵, (건)어류, 수삼 등에 연구를 시도하여 상당한 효과를 확인한 바 있으며, 이 분야는 최근 cold chain의 보급에 따라 식품공업에서 크게 활용될 전망이다.

식품조사기술의 세계적 실용화를 뒷

받침하기 위하여 설립된 식품조사국제자문그룹(International Consultative Group on Food Irradiation, ICGFI)에서는 「가까운 미래에는 우리 인간은 어떠한 방법에 의해서도 특정 병원성 미생물이나 기생충이 전혀 오염되지 않은 날고기 즉, 가공육, 돼지고기 등을 생산할 수 없을 것이며, 이는 인류의 공중보건에 큰 위협이 될 것이다. 따라서 식인성 질병의 예방을 위한 방사선 살균·살충법의 이용은 신중히 고려되어야 한다는 것이다」라는 발표를 한 바 있다. 전문가들은 또한 방사선 조사기술은 밀봉 포장된 식품에 대해서도 완벽한 살균·살충이 가능하지만, 현재로서는 어떠한 다른 방법도 이와 같은 기술적 우수성과 경제적 타당성을 지닌 방법으로 발전될 가능성이 없다고 지적하고 있다.

5. 이용 전망

농수산물의 교역에서 현행 검역해충사멸기술인 MeBr 훈증법의 대체방안에 대한 UN Environment Committee의 검토·권장에 의하면 「다양한 활용도를 갖춘 단일기술의 개발·이용은 현실적으로 어려운 실정이다. 그러나 농수산물의 검역처리 방법으로서 비공해성이고 효과가 분명한 방사선 조사법 또는 병용 방법 등이 새로운 기술로 개발될 전망이다」, 특히 본 방사선 조사기법은 처리산물의 유통 수명을 연장시킬 수 있는 방안이 될 수 있으므로 21세기 농수산물의 교역증진에 핵심적인 역할을 담당하게 될 것으로 전망하였다.

특히 US FDA 및 USDA에서는 신선 농산물에 대해서는 검역처리 및 숙

도지연 방법으로 1 kGy 이하를, 가금육과 육류 (red meats)는 3~7 kGy 범위를, 건조 향신·향초류는 30 kGy까지의 방사선조사를 승인하였으며, 현재 일부 처리 농축산물이 시판되고 있는 단계이다.

이상과 같은 국제적 상황을 감안하여 볼 때 안전성과 경제적 타당성이 공인되고 우수한 살충, 살균 및 선도연장 효과를 지닌 방사선조사와 포장기법을 주요 수출입 농축수산물에 적용·개발한다면, 국제교역에 통용될 수 있는 첨단 검역처리 방안이 될 것이다. 특히

방사선 조사기술은 WTO 무역 체제 하에서 위생식품검역조치의 적용에 관한 협정(SPS)과 무역기술장해에 관한 협정(TBT)에 따라 교역 농수축산물의 검역 및 위생화 처리의 필요성이 더욱 증가되고 있다.

세계적으로 가동 중이거나 건설 중인 감마선 조사시설은 42개 국에서 200여기 이상이며(표 7), 이들 시설의 활용은 점차 증가되고 있으므로 국가간 교역에서 방사선 조사식품의 출현 기회는 크게 늘어날 전망이다.⁽¹⁴⁾

표 7. 감마선 조사시설의 세계적 현황

국 명	시설 수	국 명	시설 수	국 명	시설 수
중 국	54	일 본 ²⁾	14	미 국	55
영 국	7	독 일	11	러시아	7
브라질 ¹⁾	4	프랑스	6	남아프리카	5
덴마크	3	이탈리아	6	스웨덴	3
캐나다	3	말레이시아	5	스리랑카	2
호 주	2	인 도	4	스위스	2
벨기에	2	아일랜드	4	태 국	2
칠 레	1	인도네시아	2	싱가포르	2
불가리아	1	이스라엘	2	스코틀랜드	1
체 코	1	헝가리	2	사우디아라비아	1
방글라데시	1	한 국 ¹⁾	1	노르웨이	1
이집트	1	멕시코	2	파키스탄	1
크로아티아	1	네덜란드	1	스페인	1
오스트리아	1	그리스	1	페 루	1
아르헨티나	1	이 란	1	대 만	1

¹⁾조사시설 1기, ²⁾조사시설 수기 건설 중

IAEA의 공식보고에 의하면 중국의 경우 감마선 조사시설이 11기이다. 그러나 성(省) 단위에서 관리되고 있는 30만 큐리(Ci) 이상의 조사시설은 1995년 현재 48기이며, 만약 30만 큐리 이하의 시설을 합한다면 154여 기에 이르고 있다. 그러므로 중국으로부터 수입

되는 식품 및 식품재료들은 품목에 따라 방사선 처리될 가능성이 있다고 판단된다. 이와 같이 향후 각국에서는 자국내 유통식품의 안전성 확보와 수출품목의 품질보증을 위하여 방사선 조사기술의 이용 허가와 실용화를 확대할 것으로 전망된다(표 8).

표 8. 식품에 대한 방사선 조사 허가 국가 및 품목 수

국 명	허가품목 수	국 명	허가품목 수
아르헨티나	13	멕시코	102
방글라데시	21	네델란드	19
벨기에	11	노르웨이	3
브라질	27	파키스탄	87
이집트	4	필리핀	3
캐나다	7	폴란드	5
칠레	20	남아프리카공화국	89
중국	23	스페인	2
쿠바	18	시리아	20
체코	2	태국	25
덴마크	2	터키	92
핀란드	2	영국	43
프랑스	41	우루과이	1
헝가리	13	미국	47
인도	23	베트남	8
인도네시아	22	유고	23
이란	1	일본	1
이스라엘	47	한국	15
이탈리아	6	러시아연방	52
코스타리카	12	우쿠라이나	47
크로아티아	72	가나	172
WHO/FAO/IAEA, Codex		모든 식품 허가	

그러나 방사선 조사기술의 실제적 활용을 위해서는 소비자의 수용성을 높이기 위한 국가적 차원에서의 홍보노력과 기업들의 자유로운 기술선택 기회를 제공하기 위한 공동참여 연구 등을 통하여 이해 증진 노력도 필요하다고 본다. 더욱이 조사식품의 교역에 대비한 검지기술(identification/detection methods)의 개발과 자립적인 실용화 방안의 마련은 조사식품의 수용성 증대에 새로운 전기를 마련하게 될 것이며, 관련 규정의 harmonization도 선결되어야 할 것이다.

V. 방사선 처리 농산물의 수입 관리 검지기술

1. 수입농산물의 검지관리 필요성

농산물시장의 개방이 가속화됨에 따라 국가간 교역이 증가되고 있다. 특히 중국은 최대의 농산물 수출국으로서 최근 국내 수입량은 1999년 11월 현재 1,841,210 톤에 달하며, 이를 금액으로 환산하면 약 4억 5천만 달러에 해당된다. 이들 수입농산물은 일반 건채류와 비축 양념 채소류를 포함한 식물성 식품원료와 유채종실류 등이 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 즉, 중국산 건조채소류의 경우 그림 3과 같이 1993년에 19,127톤에 불과하던 것이 1996년에는 41,645톤 그리고 1999년에는 106,761톤에 달하고 있으며, 참깨와 들깨의 수입량은 1999년 11월 현재 각각 35,323톤(3천백만 달러)과 9,411톤(4백만 달러)에 이르고 있다.⁽⁵⁵⁾

이러한 농산물의 수입량 증가를 고려

할 때 농산물, 식품 등에 오염된 부패·병원성 미생물과 검역해충에 대하여 살균·살충 효과가 뛰어나고 농산물의 선도유지효과를 지닌 방사선 조사기술의 활용은 당연한 것으로 판단된다. 더욱이 중국은 건조농산물, 채소류 등 25개 식품群에 대하여 최고 10 kGy까지의 방사선처리를 허가하고 있고, 현재 50기 이상의 감마선조사시설이 가동중에 있으며, 최근에는 건채류, 향신료 등 다양한 농산물이 상업적 규모(약 5백만 cubic feet)로 처리되고 있음이 확인되고 있다(표9). 특히 이같이 방사선 처리된 농산물은 대부분 아무런 표시(labeling)도 없이 수입되고 있는 실정임을 감안할 때 정부차원에서의 기술적 대책이 필요하다.⁽⁵⁶⁾

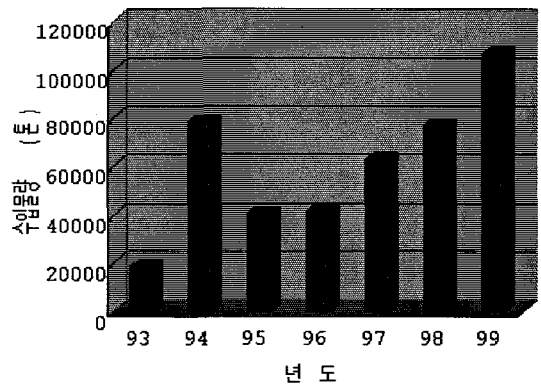


그림 3. 연도별 건조농산물 (채소류) 수입 현황(중국)

식품의 방사선 조사는 세계 42개 국에서 허가 및 검지 규정을 가지고 있으며, 현재 30여 개국에서 상업적으로 실용화되고 있다. 본 방사선 조사기술은 농수축산물 및 식품류에 대한 살균·살충효과가 뛰어나 「위생화 품질보증기술」로 인식되면서 국내외적으로 기술수요

가 큰 증가 추세를 보이고 있다. 이로써 본 기술은 내수상품 뿐만 아니라 다양한 수출상품에 대해서도 이용량이 매

년 크게 증가됨에 따라 경제·산업적 파급효과는 대단히 크다고 할 수 있다.

표 9. 주요 지역에서의 농산물에 대한 방사선 처리 품목 (中國)

照射 施設	방사선 처리 품목
상해 照射 센타	건조채소류(건파, 건당근 등), 향신료, 어패류분말 등
청도 照射 센타	건조채소류(건파, 건당근, 건양파, 건양배추 등), 향신료, 어패류분말 등
친진 照射 센타	한약재, 다대기양념류, 건조채소류 및 향신료 등
대련 照射 센타	어패류, 건조채소 및 향신료 등
심양 照射 센타	화분, 한약재, 건조채소 및 향신료 등

그러나 방사선 조사기술의 산업화와 교역에서의 활용을 위해서는 소비자 신뢰성을 높이기 위한 표시규정의 준수, 교역국 간의 합의규정 (harmonized regulation) 마련 및 방사선처리 수출품에 대한 조사기록(document)의 첨부이 필수적으로 요구된다. 특히 국가 간 기술 경쟁 차원에서는 피조사체 식품의 조사 여부 검지와 조사선량(absorbed dose)의 예측기술 확보는 수입농산물의 기술적 통제뿐만 아니라 국내 식품산업에서 생산성을 높이기 위한 기술기반 확보에 시급한 과제라 할 수 있다.

방사선 조사기술의 연구 개발에서 가장 관심의 대상이 되었던 방사선 조사식품의 안전성이 공인되고, 조사식품 Codex 일반규격이 채택됨에 따라 식품의 방사선 식품조사는 세계적으로 실용화가 확대되고 있다. 그러나 최근 방사선 조사식품의 실용화에 있어서 소비자

들의 논란의 대상이 되고 있는 것은 무엇보다도 조사식품의 엄격한 유통관리와 소비자들에게 선택의 권리를 보장하게 될 照射마크(labeling)의 부착이라 할 수 있다. 이같이 국내외적으로 방사선 조사식품 및 농산물의 생산이 크게 늘어나고 있는 현 상황에서 방사선 조사식품의 표시규정 (labeling requirements) 준수, 조사식품과 농산물의 불법 수출입 및 불법 유통 등의 체계적 관리에 시급히 필요한 검지기술의 확보가 절실히 요구되고 있다.

2. 관련기술의 현황과 문제점

방사선 조사식품이 상업적 규모로 생산되기 시작함에 따라 유통 및 수출입에서 방사선 조사식품의 기술적인 관리 필요성이 대두되고 있다. 방사선 조사식품의 검지/확인에 관한 연구는 1980

년대 중반 이후 식품조사기술의 산업화가 세계적으로 추진되고 방사선 조사식품의 交易이 예상되면서 본격 시작되었다. 특히 검지기술의 개발 연구는 세계 소비자연맹 (IOCU)의 요구와 더불어 독일, 미국, 영국 등 선진국에 의해서 먼저 시작되고 있으나 검지방법의 기본 요건인 “i) 방사선 조사에만 특이적일 것, ii) 정확하고 재현성이 있을 것, iii) 다양한 식품에 적용이 가능하고 조작과 측정이 간편할 것, iv) 저렴하고 방사선 조사선량 측정이 가능할 것 등”의 조건들을 모두 충족시키는 방법은 개발되지 못한 실정이나 독일, 핀란드, 영국 등 일부 국가에서는 부분적인 실용화를 시도하고 있다(표 10).⁽⁵⁷⁾

우리나라는 1980년대 이후 산업화를 위한 감마선 이용 연구가 활발히 이루어졌다. 그 결과 20여 개 식품군에 대하여 감마선 조사가 허가되었고, 일부 품목의 상업적 조사가 이루어지고 있다. 그러나 방사선 조사식품의 국내 실용화와 농산물 교역에서 문제시된 기술분야는 수입농산물의 방사선 조사 검지와 흡수선량 예측기술의 확보라고 할

수 있다. 방사선 조사식품의 검지기술에 관련된 국내의 연구는 1990년대 중반 이후부터 신선 육류, 일부 두류, 곡류 등에 대하여 감마선 조사여부 검지 연구가 열발광분석(thermoluminescence, TL), 광자극발광분석(photostimulated luminescence, PSL), 유리기 측정(ESR), GC-MS에 의한 hydrocarbon 및 2-cyclobutanone 분석, DNA comet assay, viscosity 측정 등의 방법에 의해 현재 3~4개 연구실에서 개별적인 연구가 수행되고 있으며, 일부 품목에 대해서는 검지가능성에 대한 연구결과가 발표되고 있다. 그리하여 조미분말류, 수프류, 견과류, 근채류 등에 대한 TL 및 ESR 검지조건이 1차 확립되어 blind test에서 신뢰성을 확인한 바 있고, 육류 등에 대한 hydrocarbon류 분석도 실용가능성을 보여주고 있다.^(58~70) 또한 수입 농산물에 대한 방사선 처리 여부 확인을 위하여 이상의 검지방법들을 다중으로 활용하는 다중검지체계 연구가 본 발표자의 연구실에서 독일연방연구소 및 인도원자력연구소(BARC)와 협동연구로 추진되고 있다.

표 10. 방사선 조사식품 검지기술 개발수준 비교

검 지 방 법	선진국 (독일·영국 외)	한 국
TL, PSL & ESR 검지법	실용화 연구 단계	연구 중기 단계
Hydrocarbon & Cyclobutanone GC 검지법	실용화 연구 단계	연구 중기 단계
DNA comet assay	적용 연구 단계	연구 중기 단계
기 타 방 법	연구 초기 단계	연구 준비 단계

3. 방사선 조사식품의 수입관리 전망과 과제

앞으로 농림산물 및 식품의 교역은 크게 증가될 전망이다. 또한 방사선 조사식품의 생산 및 수출입이 확대됨에 따라 유통관리를 위한 기술적 시스템의 확보가 요구된다. 방사선 조사기술은 광범위한 산업 분야에서 핵심기술로 인정되고 있으므로 점차 기술수요는 크게 증가될 전망이다. 그러나 방사선 조사기술은 원자력과 관련된 특수성 때문에 소비자와 국민의 이해 증진을 위한 기반 확보가 요구된다. 따라서 방사선 처리 공정의 엄정한 관리와 조사식품의 유통 안전을 위한 검지기술의 개발이 시급히 요구되며, 나아가 이 분야의 전문기술인력의 수요에도 적극 대응해야 할 시점이라고 생각된다. 이 같이 방사선 처리 식품의 조사여부와 나아가 흡수선량을 확인할 수 있는 신속한 기술이 확보된다면, 국내적으로는 방사선 조사식품에 대한 정부의 기술적 관리 감독이 가능해질 것이다. 대외적으로는 국가간 식량 교역에서 안전성이 확보되지 않은 불법 방사선 조사식품의 수입을 방지할 수 있는 기술적 기반이 구축될 것이며, 이로써 우리 농업과 식품산업의 대외경쟁력 제고에도 중요한 역할을 기대할 수 있을 것이다.

농림산물은 지역 생산성과 각국의 식량 및 가공원료 수급의 특수성으로 인하여 해외기술의 도입은 많은 문제점을 초래하게 된다. 특히 각국의 방사선 이용 기준에는 허가품목, 허가조건 등이 서로 상이하고 국가 간 관리체제도 상이하므로, 타국에서 개발된 기술

의 국내 적용은 불가능 할 것이다. 특히 기술 수입국으로서 농업 및 식품산업 분야는 대외경쟁력을 잃게 될 것이다. 그러므로 시장개방화 시대에는 자국의 농업과 농림산물의 국제경쟁력을 높이기 위한 능동적인 기술개발이 요구된다.

VI. 결 언

최근 소비자들의 식품구매성향은 신선하고 위생적인 식품을 언제든지 구입하고 싶어한다. 이와 같이 최대한 신선하고 위생적인 식품이 공급되기 위해서는 수입식품의 증가와 효과적인 저장·가공기술의 이용이 필수적이라 하겠다.

방사선 조사기술은 식품저장·가공기술의 하나이지만 응용 분야가 광범위하고 처리효과가 분명한 장점을 지니고 있어서 21세기의 신기술로 전망되고 있다. 이와 같은 기대는 소비자 의식조사, 시험판매, 식품마케팅 경향 및 「혁신의 확산(Diffusion of Innovation)」이론연구에서도 뒷받침되고 있다. 특히 본 기술은 우수한 살균·살충효과를 바탕으로; i) 위생적 품질이 향상된 식품을 공급하게 됨으로써 식인성 질병의 발생을 줄일 수 있고, ii) 수확된 식품재료의 저장손실을 줄여 이용률 및 부가가치를 증대시킬 수 있으며, iii) 식량교역에서 동식물 검역처리 기술(quarantine treatment)로서 활용이 가능하므로 지역 간 다양한 식품의 공급과 우리 농수산물의 시장경쟁력 확대를 가능하게 할 것이다.

이상과 같이 식품조사기술은 식량의 수확 후 손실감소/이용률 증대, 식품의 위생적 품질확보 및 일부 식품의 교역

증대를 위한 효과적인 검역/품질보증기술로 인식되면서 국내외적으로 관심사가 되고 있다. 특히 비열처리 특성과 투과성을 지닌 살균·살충기술로서 특히 동물성 식품의 병원성 미생물의 완전한 사멸기술로서 그 효과가 인정되어 실용화가 추진되고 있으며, 살균·살충용 훈증제(EtO, MeBr 등)의 대체방안으로서 식품의 안전과 환경보전을 위해 매우 중요한 의의를 지니고 있다.

지금까지 국내의 방사선 식품조사연구는 발아억제, 선도유지, 위생처리 등에 치중되었으나, 21 C에는 농축수산물의 교역이 크게 증가될 전망이므로 검역/품질보증처리기술로서의 개발연구가 절실히 요구되고 있다. 이와 동시에 방사선 조사식품의 교역에 있어서는 검역/검사관리를 위한 인프라 구축이 요구되므로 주요 수출입 농수산물에 대한 교역국 간의 예비수송시험도 필요하다. 이와 더불어 주요 품목별 검지기술의 확보와 전문인력의 양성에도 관심을 가져야 할 것이다. 특히 방사선 조사식품의 수입관리를 위한 검지/검사체계의 구축을 위해서는 정부기관, 검역소, 대학, 연구소 등이 공동으로 참여하는 실증연구와 해외 전문기관과의 공인절차를 거쳐 독자적인 검사기술체계를 마련해야 할 것이다.

VII. 참고문헌

1. 송인상 : SPS협정 및 TBT협정에 대한 이해와 대응방안. 식품과학과 산업, 30(4), 56~63 (1997)
2. WHO : Wholesomeness of irradiated food. Report of a joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee. *Technical Report Series-659*, 34 (1981)
3. WHO. Safety and nutritional adequacy of irradiated food. p.161 (1994)
4. WHO. Review of data on high dose(10~70 kGy) irradiation of food. *International Consultative Group on Food Irradiation*. WHO, Food Safety Unit (1997)
5. Peter J.G.N. Practical implications of developments in legislation on food irradiation in the European Union. *Radiat. Phys. Chem.* 57, 215 (2000)
6. Josephson, E.S. and Peterson, M.S. : *Preservation of Food by Ionizing Radiation*, Vol. I~III, CRC Press Inc., Boca Raton, Florida (1983)
7. Codex Alimentarius Commission : Codex general standard for irradiated foods and recommended international code of practice for the operation of radiation facilities used for the treatment of foods. *CAC/VOL. XV*. FAO, Rome (1984)
8. FDA : Irradiation in the production, processing, and handling of food, Final Rule. Department of Health and Human Services Part III, *Federal Register*, 21 CFR Part 179, 18 April (1986)
9. WHO/FAO : Food irradiation : A technique for preserving and improving the safety of food. WHO, Geneva (1988)
10. 권중호 : 식품에 대한 방사선의 이

- 용(I) 원리와 응용. 식품공업, 93(3), 77~85(1988)
11. 권중호 : 식품에 대한 방사선의 이용 (II) 안전성 평가. 식품공업, 94(5), 58~69(1988)
 12. 권중호 : 식품에 대한 방사선의 이용(III) 실용화와 시설. 식품공업, 96(9), 60~72 (1988)
 13. 권중호 : 전리방사선의 식품에의 이용. 식품과학과 산업, 22(2), 74~83 (1989)
 14. IAEA : Food and Environmental Protection Newsletter, 1(1)~3(1), (1998-2000)
 15. 식품의약품안전청 : 식품 방사선 조사기준, 식품공전, p. 116 (2000)
 16. FDA : Irradiation in the production, processing and handling of food. Food and Drug Administration. *Fed. Reg.* 51, 13376~13399 (1986)
 17. 권중호 : 식품산업과 원자력 기술. 식품공업, 106, 41~51 (1990)
 18. 권중호 : 식품산업에 있어서 방사선 조사기술의 이용. 식품산업, 106(11), 110~127 (1991)
 19. 권중호 : 식품 방사선 조사기술의 세계동향과 전망. 기술관리, 94(12), 38~43 (1994)
 20. 권중호 : 한국에 있어서 식품조사기술의 진보와 식품산업에서의 역할. 식품위생안전성연구, 9(1), 35~49 (1994)
 21. 권중호 : 방사선 조사식품과 소비자 수용성. 식품공업, 131(9), 25~43 (1995)
 22. 권중호, 김광수 : 식품의 저장 및 품질개선을 위한 감마선 에너지의 이용과 실용화 현황. 식품산업과 영양, 1(2), 37~48 (1996)
 23. 권중호 : 비열처리에 의한 축산식품의 가공-식품가공에 있어서 방사선 조사기술의 이용. 축산식품학회 특별강연 자료, 97(2), 41~54 (1997)
 24. 변명우. 식품 산업에서 감마선 조사기술의 이용과 전망. 식품과학과 산업 30(1), 89~100 (1997)
 25. 변명우. 식품조사기술의 국내 연구 현황. 식품과학과 산업 31(2), 19~24 (1998)
 26. 권중호, 정형욱 : Food irradiation의 과학적 근거와 연구과제. 식품과학과 산업, 31 (2), 31~49 (1998)
 27. 홍인식 : WTO 체제하의 수입농산물 검역방법과 그 실제. 식품과학화 산업, 30(4), 23~30 (1997)
 28. UNEP : Montreal protocol on substances that deplete the ozone layer. *1994 Report of the Methyl Bromide Technical Options Committee* (1995)
 29. 변명우, 권중호, 차보숙, 정규희, 조한옥 : 곡류의 해충구제를 위한 감마선의 이용. 한국농화학회지, 31(2), 143~146 (1988)
 30. 권용정, 허엽엽, 권중호, 변명우 : 수출입 농산물의 검역현황과 방사선 조사기술의 이용 전망. 식품과학과 산업, 32(2), 80~90 (1999)
 31. 권중호, 권용정, 박인환, 허은엽, 권용순, 노미정, 정형욱, 이장은, 박난영, 서수정, 정효정, 정연승, 김수진 : 방사선 이용 수출입 농산물의 검역처리기술개발. KAERI/CM-289/98, p.172 (1998)

32. 권중호, 권용정, 허은엽, 권용순, 강호진, 정형욱, 노미정, 서수정, 김수진 : 방사선 이용 수출입 농산물의 검역처리기술개발. KAERI/CM-332/99, p. 153 (1999)
33. 국립식물검역소 : 식물검역정보, 90, 12 (2000)
34. USDA : Irradiation phytosanitary treatment of imported fruits and vegetables. *Fed. Reg.* 65(103), 34113~34125 (2000)
35. 대한민국법전 : 정부 각 부처와 그 소속기관 직제 및 시행규칙 (1998~2000)
36. IAEA : Roles of irradiation as a phytosanitary (quarantine) treatment of fresh fruits and vegetables. FAO/IAEA/WHO International Conference on Ensuring Safety and Quality of Food through Radiation Processing, Antalya, Turkey, 19~22 October 1999, Food and Environmental Protection Newsletter, 2(2), 10~16 (1999)
37. Landolt, P. J., Chambers, D.L. and Chew, V. : Alternative to the use of probit 9 mortality as a criterion for quarantine treatment of fruit fly(*Dipera: Tephritidae*) infested fruit. *J. Econ. Entomol.*, 77, 285~287 (1984)
38. United States Environmental Protection Agency, Office of Pesticide Programs, Ethylene dibromide : Amendment of notice to cancel registration of pesticide products containing ethylene dibromide. *Fed. Regist.*, 49, 4182~4185 (1984)
39. Garry, V. F. : Human genotoxicity - Pesticide applicators and phosphine, *Science*, 246, 251~255 (1989)
40. Delate, K. M., Brecht, J. K. and Coffelt, J. A. : Controlled atmosphere treatments for control of sweet potato weevil(*Coleoptera: Curculionidae*) in stored tropical sweet potatoes. *J. Econ. Entomol.*, 83, 461~465 (1990)
41. Gould, W. P. and sharp, J. L. : Cold-storage quarantine treatment for carambolas infested with the Caribbean fruit fly(*Diptera: Tephritidae*), *J. Econ. Entomol.*, 83, 458~460 (1990)
42. Couey, M. : Heat treatment for control of postharvest diseases and pest pests of fruits. *Hortiscience*, 24, 198~202 (1989)
43. 권중호, 김수진, 정형욱, 권용정, 변명우 : 감마선과 methyl bromide 처리가 도토리 증실의 해충사멸과 이화학적 품질에 미치는 영향. 농산물 저장유통학회지, 5(3), 199~206 (1998)
44. 박병원, 김영일, 이성호, 김범술 : 외국의 사과에 대한 식물검역(소독) 처리. 국립식물검역소, p.52~60 (1995)
45. United States Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service : Use of irradiation as a quarantine treatment for fresh fruits of papaya from Hawaii, *Fed. Regist.*, 54, 387~393 (1989)
46. Ralph T. R. et al. Food irradiation in the United States: irradiation

- as a phytosanitary treatment for fresh fruit and vegetables and for the control of microorganisms in meat and poultry. *Radiat. Phys. Chem.* 57, 211 (2000)
47. FAO/IAEA. RCA project Co-ordination meeting on irradiation as a sanitary and phytosanitary treatment of foods, Dalian, China, 1~3 September 1999, *Food and Environmental Protection Newsletter* 2, 5 (1999)
 48. Moy, J.H. Irradiation as a quarantine treatment: Benefits and limitations in international trade. Presented at the FAO/IAEA/RCA Workshop on Commercializaion of Food Irradaiation, Shanghai, 8~12 January 1990
 49. ICGFI. Irradiation as a quarantine treatment of fresh fruits and vegetables. A Report of the Working Group Convened by ICGFI, USDA, Washington, D.C., U.S.A., 22~25 March 1994
 50. Thayer, D.W. : Use of irradiation to kill enteric pathogens on meat and poultry. *J. Food Safety*, 15, 181~192(1995)
 51. Lutter, R. Food Irradiation-The neglected solution to foodborne illness. *Science*. 286 (5448), 2275 (1999)
 52. ICGFI : Irradiation of red meat, *A compilation of technical data for its authorization and control*. IAEA-TECDOC, IAEA, p.6~44 (1995)
 53. WHO : Foodborne diseasespossibly 350 times more frequent than reported. *Press Release WHO/58*, 13 August 1997.
 54. Adams, P. Where's the beef? An update on meat irradiation in the USA. *Radiat. Phys. Chem.*, 57, 231 (2000)
 55. 농수산물유통공사 수입통계자료 (2000)
 56. 그린피아기술(주) : '97~'99 방사선 조사관련 자료 (2000)
 57. 정형욱, 헨리델린세, 권중호 : 방사선 조사식품의 검지방법 연구. *식품공업*, 148, 55~71 (1999)
 58. Kwon, J.H., Chung, H.W., Byun, M.W. and Kang, I.J. : Thermoluminescence detection of Korean traditional foods exposed to gamma and electron-beam irradiation. *Rad. Phys. Chem.*, 52, 151~156 (1998)
 59. Kwon, J.H., Chung, H.W. and Byun, M.W. : ESR spectroscopy for detecting gamma-irradiated vegetables and estimating absorbed doses. *Radiat. Phys. Chem.*, 57, 319~324 (2000)
 60. 정형욱, 권중호 : Thermoluminescence 측정에 의한 감자와 마늘의 방사선 조사유무 확인. *한국식품과학회지*. 30(2), 283~287 (1998)
 61. 황금택, 엄태봉, UTe Wagner, Georg, A. Schreiber : 열발광기를 이용한 양파와 마늘의 방사선 조사 여부 검지. *한국식품영양과학회지*. 27(1), 63~68 (1998)
 62. 정형욱, Henry Delincee, 권중호 :

- 방사선 조사 백사분말의 PSL-TL 다중검지법. 한국식품과학회지. 32(2), 265~270 (2000)
63. 정형욱, 정재영, 권중호 : ESR spectroscopy를 이용한 방사선 조사 효소분말의 검지와 흡수선량 예측. 한국식품과학회지. 31(5), 1159~1163 (1999)
64. 양재승, 김충기, 이해정 : 닭고기, 돼지고기 및 쇠고기의 방사선 조사 유무 판별을 위한 ESR spectroscopy의 활용. 한국식품과학회지. 31(3), 606~611 (1999)
65. 정형욱, 정재영, 권중호 : 점도측정법을 이용한 방사선 조사 건조농산품의 검지 가능성. 한국식품과학회지, 28(5), 1082~1086 (1999)
66. 김경수, 김은아, 이해정, 박은령, 양재승, 변명우, 김선민, 이명렬 : 쇠고기와 닭고기로부터 방사선 조사에 의해 유도된 2-alkylcyclobutanone 류의 정량적 비교분석. 한국식품과학회지. 31(6), 1495~1502 (1999)
67. 김경수, 김은아, 이해정, 양재승, 변명우 : 쇠고기, 돼지고기, 닭고기로부터 방사선 조사에 의해 유도된 hydrocarbon류의 정량적 비교 분석. 한국식품과학회지. 31(2), 301~307 (1999)
68. 오경남, 박준영, 김경은, 양재승 : DNA comet Assay를 이용한 과일의 방사선 조사 확인. 한국식품과학회지. 32(3), 531~537 (2000)
69. 정석규, 박종흠, 지승택, 박금주, 김해홍, 현창기, 신현길 : Comet assay를 이용한 방사선 조사육의 판별. 한국식품과학회지. 32(4), 747~754 (2000)
70. 권중호 외 196인 : 제 11장 수입식품의 검지 및 안전성 평가, 식품영양실험핸드북, p. 693~715, 한국식품영양과학회 편 (2000)