

식품산업에서 원자력 기술의 이용



변 명 우

한국원자력연구소 책임연구원
방사선식품저장기술/공정개선연구과재책임자

식품산업에 있어서 원자력 기술의 이용은 방사성동위원소로 부터 또는 기계적으로 발생하는 방사선 에너지를 식품의 위생화와 안전저장, 가공식품의 안전성 향상, 식품의 제조공정 개선 등 여러분야에 효과적으로 활용하는 기술집약적 분야의 하나이다.

세계 대부분의 국가에서, 방사선 조사는 일반 대중에게 위험을 가져다 주는 새로운 식품공정이라 생각하지만 과학자들이 오랫동안 연구했던 사실은 그 집과는 정반대이다. 방사선 위험을 증가시키기 보다는 더욱 안전하게 소비자에게 커다란 이익을 줄 수 있다는 것이다.

식품의 방사선 조사 역사는 한 세기를 거슬러 올라가 약 100년전 1896년 방사성 물질이 발견되면서 방사선 조사는 식품중의 미생물을 사멸시킬 수 있다는 가능성이 제시되었고, 약 70년전 1921년 방사선 조사가 육류의 기생충 오염 문제 해결을 위해 미국에서 특허를 얻은 후 최초로 사용하게 되었다. 약 60년전 1930년에는 프랑스에서 식품의 장기안전 보관을 위해 사용되었고 세계 제2차대전 동안에 네델란드에서는 긴급 구호 물자인 분유와 채소류의 안전성과 저장을 위해 방사선 조사를 사용하였다. 이것이 바로 60년전의 일로서 그 당시의 방사성 물질이 상대적으로 가격이 비쌌으므로 경제적인 식품의 방사선 조사를 위한 공장 설비가 매우 제한되어 있었기 때문에 실용화는 상당히 어려운 여건이었다. 그러나 1950년대에 대량의 방사성 물질의 생산과 이용이 가능해지면서 식품조사 연구도 선진 여러나라에서 활발히 수행되어 오늘에 이르게 되었다.

• 방사선 조사식품의 안전성과 소비자 반응

식품조사에 사용되는 방사선은 건강진단에 사용하는 X-선과 비슷한 감마선으로서 식품에 쬐여도 그 안을 통과한 후 아무것도 잔류되지 않는다. 즉 우리가 치과에서 렌트겐 사진을 촬영할 때도 방사선의 일종인 X-선을 치아에 조사하지만 치아가 방사능에

오염되는 일은 없다. 따라서 방사선으로 조사된 식품은 방사능에 오염된 식품과는 전혀 다르다. 그럼 어떤 경우에 방사능에 오염되는지 알아보면 물질은 그 자체의 원자핵을 변화시킬 정도로 강력한 에너지를 받지 않으면 방사능을 함유하게 되는 일은 없다. 식품에 보통 함유되어 있는 원자는 탄소, 산소, 수소, 질소 등으로 이것들이 방사선을 받아 방사능을 갖게되기까지는 10MeV이상의 에너지가 필요하다. 그 $\frac{1}{10}$ 인 1MeV 에너지의 방사선을 조사하는 경우, $\frac{1}{10}$ 의 방사능을 함유하게 되는 것이 아니고, 10MeV이하이면 방사능을 발생하지도 않고 또 전혀 오염되는 일도 없다. 식품조사에 사용되는 코발트60의 감마선은 최대의 경우에도 1.3 MeV의 에너지이므로 조사된 식품이 방사능을 갖는 일은 절대로 없다. 또한 식품에 조사하는 방사선은 암치료에서와 같이 인체에 직접 조사하는 것이 아니므로 인체에 대한 방사선의 영향은 전혀없다. 예를들면 튀김을 튀기는 것을 생각해 보자. 튀김용 기름의 온도는 150°C이상으로 이런 높은 기름속에 만약 사람이 들어가면 1초도 되기 전에 크게 화상을 입거나 죽어 버릴지도 모른다. 그러나 튀김 기름에서 2분간 튀긴 튀김을 먹어도 우리들의 건강에는 전혀 해가 없다는 것을 잘 안다. 결국 인간이 견딜 수 있는 일의 100배 이상의 열을 가한 튀김을 먹어도 걱정이 없다는 결론이 나온다. 즉 방사선을 쬐인 식품도 이와 같다. 사람이 직접 방사선을 맞으면 영향을 미치는 양으로 조사한 식품을 먹더라도 사람이 직접 피폭을 받는 것이 아니므로 전혀 문제가 없다고 말할 수 있다. 방사선을 쬐인 식품을 인간이 장기간 식용해도 안전화가 하는 건전성 평가는 1948년 이래 40여년간 미국, 영국 등 선진 7개국의 90개 대학 및 연구기관에서 조사식품에 대한 영양학적, 미생물학적, 독성학적, 유전학적 분야 등에 대하여 연구를 수행하였다. 그 연구 결과를 국제적으로 여러차례에 걸쳐 평가하였고, 1980년 FAO/IAEA/WHO 식품조사 공동전문위원회에서 평균 10kGy(킬로

그레이)까지 조사한 어떠한 식품도 독성학적으로 유해하지 않으며 영양학적, 미생물학적 및 유전학적으로 문제를 일으키지 않는다고 결론을 지었다. 또한 1992년 5월 WHO에서는 조사식품의 안전성 및 영양적 적합성을 재확인하면서 식품을 제조관리수칙에 따라 방사선을 조사할 경우 인간의 건강을 해롭게 하는 어떠한 성분변화나 이물질이 생성되지 않으며, 소비자들에게 미생물학적 위험성을 증가시키지 않는다고 발표하였다. 그러나 이러한 조사식품의 건전성에 관한 심도 깊은 연구사업이 국제적으로 재평가되고 정돈되었음에도 불구하고 소비자 단체 등에서는 지금도 식품공정에서 방사선 조사 기술의 도입에 반대하는 입장을 고수하고 있다. 그러나 이와같은 반대는 과학적 사실 보다는 고정관념에 더 많이 근거하는 것으로서 지금까지의 예를 보면, 새로운 공중위생관련 권고사항은 곧바로 쉽게 받아들여지지 않는 것이 상례이며, 이러한 현상은 주로 단순한 걱정이나 무지에서 기인된 것으로 보인다. “우유의 살균기술”도 이와같은 좋은 예로서, 즉 우유의 저온살균기술이 100년전 처음 북미, 유럽 및 세계여러나라에 도입되었을 때 많은 우유의 소비자 뿐만 아니라 소수의 과학자들까지도 위생학적, 영양학적, 경제적 우려를 근거로 반대하였다. 그러나 지금 우유의 살균기술은 가장 중요한 공중보건 향상 기술로서 전세계적으로 인정받고 있으며, 또한 소비자들도 이에대한 신뢰와 지지를 보내고 있다. 1804년에 통조림 기술이 발명된 이후 본격적인 실용화가 이루어 지는데 약 1세기 이상이 소요된 것도 좋은 예가 되고 있다. 식품의 방사선 조사에 대한 반대도 불행하게 예전에 우유의 살균과 통조림 기술을 반대하기 위하여 사용되었던 반대의유가 재이용되고 있는 것 같으며, 특히 식품조사는 방사능과 연관되어 있을 것이라는 선입견 때문에 더욱 실용화를 위한 유도기간이 길게 나타나고 있다. 이는 반대 입장을 표명하는 소비자들의 잘못된은 아니다. 즉 식품조사의 산업적 성공여부는 결국

소비자의 수용성에 달렸다고 볼 수 있다. 따라서 새로운 식품가공방법과 그 제품은 소비자들에게 효과적인 매체에 의해 잘 알려지고 충분한 이해와 인식이 있어야 한다. 지금까지는 각 국에서 나름대로의 방안을 준비하여 소비자에게 수용성을 넓혀가고 있으나 제도화되지 못한 실정이며, 관련 국제기관에서는 소비자 수용성을 보다 효과적으로 높혀 나가기 위해 모든 국가에서 다같이 활용될 수 있는 국제적 차원의 방안과 제도 마련에 노력하고 있다.

- 식품산업에서 방사선 조사기술의 사용 식품의 방사선 조사기술은 3가지 뚜렷한 장점을 가지고 있다.

- 첫째는 해충 및 부패유기체의 생육억제로 식량자원의 장기 안전저장이 가능하다.

20세기 초반에 세계 인구는 15억 이었으나 현재 50억을 넘어서고 있으며 21세기에는 60억에 도달하리라 추정되고 국내 인구는 2000년대에는 6천만명으로 증가될 것이라고 국내외 자료에 의하여 전망되고 있다. 미국정부는 “2000년대의 지구인구”라는 보고서에서 2000년대의 지역별 곡물수급은 선진국과 개발도상국간에 불균형이 심화되어 식량문제는 심각한 무기화 시대로 변천될 것으로 전망하고 있다.

인구증가에 따른 식량의 증산은 불가피하여 반드시 해결해야 할 문제이다. 세계 식량생산량은 농지면적 및 목야지의 확장, 품종개량, 경영기술의 향상, 어획방법의 과학화 등 직접수단에 의해 년 평균 약 2.4% 증산에 불과하다. 그러나 식량자원의 수확후 저장, 유통동안 손실되는 양은 10~50%에 달한다고 국제기구(FAO, WHO 등)에서 발표되고 있다.

표 1. 식품조사기술의 응용분야

	조사목적	조사선량 (kGy)	대 상 식 품	조사에 의한 효과	비 고
저 선 량 조 사	발아, 발근 억제	0.05~0.15 (0.25)	감자, 양파, 고구마, 파, 마늘, 생강 등 (밤)	저장기간의 연장, 공급의 안정화	
	해충, 기생충 방제	0.15~1.0	곡류, 콩류, 신선한 과일, 야채, 건조과일, 건조생선, 건조육, 돼지고기, 대추, 야자, 카카오 열매, 돼지고기(기생충 방제) 등	저장기간의 연장, 위생화, 유통의 확대	사료원료
	속도 지원	0.5~2.0	바나나, 파파이어, 망고, 아스파라가스 등 신선 과일, 야채, 버섯 등	유통의 확대, 저장기간의 연장	
중 선 량 조 사	부패균, 병원균 살균(1)	1.0~10	생선, 딸기, 수산가공품, 축육가공품, 생선 등 냉동새우, 냉동 개구리 다리, 가금육 등	위생화, 저장기간의 연장	사료원료
	식품 특성의 개선	1.0~10	건조야채(조리시간 단축), 위스키(숙성촉진), 포도주스(수율향상), 커피열매(추출율 향상) 등		
고 선 량 조 사	식품소재, 첨가물 살균(2)	3.0~50	향신료, 건조야채, 효소제제, 천연검 등	위생화, 저장기간의 연장	포장용기, 와 인용클크
	살균(3)(약간의 가열도 병용함)	3.0~50	축육, 가금육, 수산가공품, 환자식사, 우주식 등	위생화, 저장기간의 연장	실험동물, 사료, 의료용구

따라서 10%의 직접증산이 어려운 현 상황에서 방사선을 이용하여 식량의 저장방법을 개선함으로써 10~30%이상의 간접증산을 가져올 수 있는 중요한 역할을 한다.

- 둘째로 병원성 미생물 사멸로 더욱 안전한 식품생산과 식품을 통한 질병 예방에 기여할 수 있다.

대부분의 국가가 식품에 기인된 질병, 특히 Salmonella, Campylobacter 등 병원성 세균과 기생충(Toxoplasma, Trichinella 등) 오염이 인류건강에 가장 큰 위협이며, 이로 인해 경제적 생산성이 크게 저하된다고 발표되고 있다. 따라서 식품의 방사선 조사는 원료식품, 특히 동물성 원료식품에 대단히 넓게 그리고 어쩔 수 없이 오염되어 있는 병원성 유기체를 사멸시키므로 공중보건상 가장 중요한 이익을 가져다 주는 방법이라는 것이다.

- 세째로 식품의 방사선 조사는 식량자원의 해충사멸 및 공중보건상 국제식량교역에 있어 검역관리기술로써 매우 효과적인 방법이다.

국가간 식량교역은 세계경제의 균형을 유지시켜 주며 그 시장은 날로 확대되고 있다. 각국은 국제교역에 있어서 안전을 극대화하기 위하여 공중보건법과 검역관리를 엄격히 다루고 있다. 그러므로 식량교역에 있어서 가장 어려움은 수출입 식품의 안전성, 즉 생물학적 및 화학적 측면에서의 안전성을 확보하는데 있는 것이며, 서로 상이한 무역국들의 규정을 포괄적으로 충족시킬 수 있는 식품가공 기술의 개발, 이용은 모든 국가들의 희망이라 할 수 있다. 최근 세계 각국에서 식품에 사용되는 보존료나 혼증처리가 유해성분의 생성 및 잔유로 건강장해를 일으킬 수 있기 때문에 그 사용이 금지되거나 제한되고 있다. 또한 식품 및 농산물의 해충사멸을 위해 세계적으로 광범위하게 사용되고 있는 methyl bromide는 오존층을 고갈시키는 물질로서 몬트리올 협약 결과 전 세계

적으로 사용이 제한되거나 금지되고 있으므로 이에 대한 대체방안으로 UN환경위원회에서는 방사선 조사기술의 사용이 적극 검토되고 있다.

방사선 조사기술의 식품에 대한 응용분야는 매우 다양하지만 표 1은 실용화를 위한 연구가 수행되어 그 효과가 인정된 분야를 중심으로 저선량, 중선량 및 고선량 조사로 구분하여 나타내 보았다.

• 식품조사기술의 산업화 현황 및 전망

식품조사의 잠재적 이익에도 불구하고 식품조사 기술의 실용화 진전은 예상보다 느렸다. 그러나 1980년대에 이르면서 국제기구(FAO/IAEA/WHO), 보건기관(US FDA) 및 Codex식품규격위원회 등에서 조사식품의 안전성을 인정함에 따라 선진국을 중심으로 각국은 본 기술의 실용화를 위해 적극적인 자세를 보여왔다. 그 결과 37개국에서 식품의 방사선 조사를 허가하였고, 이 중 25개국이 상업적 규모로 본 기술을 실용화하고 있다. 1993년 말까지 세계적으로 식품조사에 활용되고 있는 조사시설은 50여기 이상에 이르며, 현재 건설중이거나 건설계획인 조사시설도 약 20여기에 이르고 있다(그림 1).

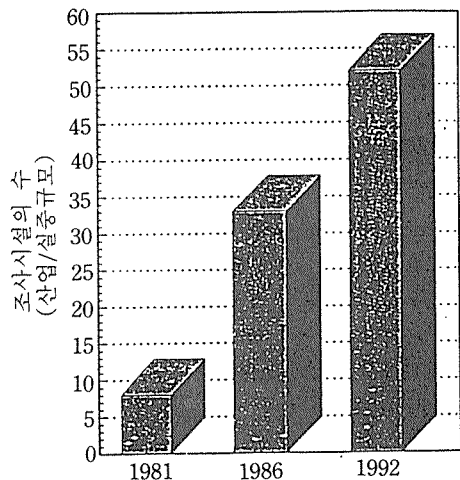


그림 1. 년도별 세계 상업용 식품조사시설 추이

표 2. 국내 감마선 조사 허가 식품(보건사회부)

품 목	조사목적	허가선량 (kGy)	허가일자
감자, 양파, 마늘	발아, 발근 억제	0.15 이하	1987. 10. 16
밤	발아, 발근 억제	0.25 이하	1987. 10. 16
버섯(생 및 건조)	살충, 숙도 조정	1.0 이하	1987. 10. 16
건조향신료(고추, 후추, 마늘, 양파, 파, 생강)	살균, 살충 (위생화)	10 이하	1988. 9. 13
건조식육 및 어패류 분말	살균, 살충(위생화)	7 이하	1991. 12. 14
된장, 고추장, 간장 분말	살균, 살충(위생화)	7 이하	1991. 12. 14
조미식품용 전분	살균, 살충(위생화)	5 이하	1991. 12. 14

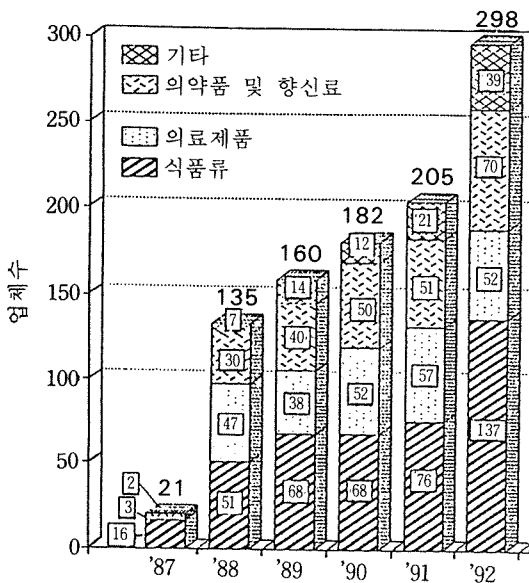


그림 2. 국내 상업적 방사선 조사시설 이용 업체 수

이와 같이 식품산업에 있어서 방사선 조사 기술의 실용화가 세계적으로 점차 확대되고 있는 것은 그 안전성과 기술적 타당성이 인정되기 때문이다.

국내에서는 한국원자력연구소가 기술지원한 중소기업(그린피어기술주식회사)에 의해 1987년 6월 경기도 여주에 상업적 다목적용 방사선 조사시설을 준공, 현재 가동중에 있다. 또한 한국원자력연구소에서 수행된 조사 식품의 연구결과를 바탕으로 1987년부터 3

차례에 걸쳐 총 18개 조사품목의 건전성 허가를 보건사회부로 부터 취득하였다(표 2). 최근 건조식품(향신료 등)에 대한 ethylene oxide 훈증처리가 금지된 후(1991. 7. 1) 본 시설을 이용하는 업체의 수가 크게 증가되고 있으며(그림 2), 이는 위생적 품질관리가 절대적으로 요구되는 가공식품의 대량생산 체제에서 현실적으로 분말 및 건조식품과 수출용 가공식품에 적합한 살균, 살충방법이 미비한 상황이므로 국내외의 식품산업에서 방사선 조사기술의 수요가 증가하는 것은 당연한 현상이라 하겠다(표 3).

이와 같은 국내의 추세로 볼 때 식품조사의 실용화 잠재력이 크게 기대된다. 그 이유는 첫째, 식품의 살균, 살충 등에 사용되는 화학훈증제의 사용이 세계적으로 점차 금지되고 있고, 국가간 교역에서도 품질규격이 더욱 엄격해질 것이기 때문이다. 둘째, 식품조사 시설은 의료용품, 화장품류, 멸균 등 산업적으로 다용도로 활용될 수 있기 때문에 조사시설의 건설은 세계적으로 증가되고 있으며, 따라서 언제든지 사용이 용이하기 때문이다. 셋째, 소비자들은 식품의 위생적 측면을 더욱 중요시할 것이고, 특히 개발도상국으로 부터 원료를 주로 수입하는 편의식품과 수입식품에 대하여 높은 수요를 보일 것이므로 새로운 식품가공기술의 필요성은 더욱 증대될 전망이다.

그러나 식품조사 기술의 실용화는 소비자

표 3. 연도별 국내 상업적 방사선 조사 물량 현황

(단위 : 톤)

품목	년도	'87	'88	'89	'90	'91	'92
* 식품류							
• 발아식품(감자, 양파, 마늘, 밤)		142.4	558.8	—	—	—	—
• 향신료(파, 양파, 마늘, 고추 등)		—	—	1109.8	764.8	1469.3	2111.9
• 된장 분말		—	—	—	—	—	37.9
• 간장 분말		—	—	—	—	—	130.9
• 조미 육포		—	—	—	—	—	52.2
• 분말건어물(멸치, 조개살 등)		—	—	—	—	—	332.7
• 옥수수 전분		—	—	—	—	—	70.2
• 건표고버섯		—	—	—	—	—	245.4
* 의약품		9.0	865.1	845.6	355.3	469.2	403.2
* 기타		26.9	79.4	62.2	71.6	95.8	234.2
합 계		178.3	1503.3	2016.9	1191.7	2034.3	3618.6

의 이해가 선행되어야 하므로 무엇보다도 현행 식품가공, 저장방법의 장단점과 식품조사기술의 특징이 사실에 입각하여 정확하게 비교 홍보되어야 할 것이다. 특히 지금까지의 연구는 정부주도하에서 추진되었으나, 앞으로는 소비자나 기업에게 자유로운 기술선택의 기회를 제공하기 위한 공동참여 연구와 조사식품의 관리 및 적절한 홍보 등의

협력이 요구된다. 따라서 식품산업에서 원자력 기술의 이용은 식품산업의 건전한 발전을 위해 보다 적극적이고 긍정적인 자세로서 연구개발과 산업화 기반을 다져 나감으로써, 소비자의 안전과 이익을 보장할 수 있고 나아가 우리의 실정에 알맞는 새로운 기술의 정착을 기대할 수 있을 것이다.

