*Journal of Food Hygiene and Safety 9(1), S35-S49(1994)*

# 한국에 있어서 식품조사 기술의 진보와 식품산업에서의 역할

권 중 호
경북대학교 식품공학과

# Advances in Food Irradiation and It's Potential Roles in Korea

**Joong-Ho Kwon**
*Department of Food Science and Technology*
*Kyungpook National University, Taegu, Korea*

**ABSTRACT**–Based on the safety of irradiated foods which was demonstrated from the toxicological, microbiological and nutritional points of view, irradiation has been identified as a viable technology for food preservation and processing, having a potential both of reducing storage losses by controlling spoilage organisms, sprouting and ripening, and of improving hygienic quality of raw and processed products. Research and development over decades in the field of food irradiation have led to the regulatory approval in 37 countries and of them 25 countries including Korea are commercially utilizing food irradiation process. Although progress towards acceptance of food irradiation by the industry is slow, actual market trials have shown that once consumers have understood this technology, they are willing to buy irradiated foods. Considering recent advances in food irradiation and restrictions in the use of chemical fumigants, it is expected that food irradiation is in the process of "taking off". This paper deals with up-to-date progress in food irradiation with particular reference to domestic activities in legislation, consumer perception, commercialization, and potential applications in the food industry.

**Keywords** ☐ Food irradiation, Research & development, Legislation, Technology transfer, Consumer acceptance, Potential applications, Korea

## 서 론

최근 식품의 안정성에 대한 관심이 높아짐에 따라 보건당국과 식품업계에서는 위생적 식품생산에 큰 역점을 두고 있으며, 사용이 금지되고 있는 화학훈증제나 보존제등을 대체할 수 있는 효과적인 살균·살충 기술의 개발은 국내외 식품산업에 있어서 가장 시급한 당면과제가 되고 있다.

지금까지 식품공업에 주로 사용되어 온 식품저장·가공 방법은 오랜 역사와 더불어 개선되고 과학화되어 왔으나 나름대로의 한계성이 지적되면서 문제점을 해결하거나 보완할 수 있는 새로운 기술의 필요성이 증대되고 있다.

최근 방사선을 이용한 식품저장·가공법이 지난 40여년간의 연구결과를 바탕으로 그 안정성과 기술적 타당성이 국제적으로 인정됨에 따라 실용화 시대를 맞이하고 있다. 식품에 대한 방사선 조사, 즉 식품조사(食品照射, food irradiation)란 식품의 가열이나 냉동에 비유될 수 있는 물리적인 처리로서, 현재 식품공업에 이용되고 있는 어떠한 저장·가공법 보다도 장기간 체계적으로 연구되었다.

그 결과 관련 국제기구인 WHO, FAO, IAEA등에

서는 일정선량 이하(10 kGy)로 처리된 식품에 대하여 그 건전성(wholesomeness)을 인정하였고[1], Codex 식품규격 위원회에서도 이상의 결론을 수용하면서 "Codex General Standard for Irradiated Foods"와 "A Recommended International Code of Practice for the Operation of Radiation Facilities Used for the Treatment of Foods"를 채택하여 회원국들의 활용을 권고한 바 있다.[2]

이상과 같은 국제기구의 적극적인 입장은 식품조사 기술이 인류에게 식품에 기인된 질병예방, 식량의 이용률 증대 등의 현실적인 혜택을 가져다 줄 수 있는 방안이라는 평가에서 비롯되었다고 볼 수 있다. 더우기 최근 식품가공 산업의 발달과 편의식품에 대한 소비자들의 수요증가는 가공원료의 연중 안정공급, 제품의 위생적 생산 및 유통 등에 요구되는 효과적인 저장·가공 기술의 필요성을 잘 뒷받침해 주고 있다.

본 발표에서는 식품의 새로운 저장·가공 방법으로 대두되고 있는 식품조사에 대하여 기술의 특징, 국내 연구개발, 식품조사 허가, 기술이전, 소비자 수용성 등을 고찰하고 아울러 기술의 사용화가 식품산업에 가져다 줄 잠재적 역할과 실용화 방안에 대하여 정리하고자 한다.

## 식품조사 기술의 특징

### 1. 에너지의 특징

식품은 여러가지 파장을 지닌 광체(radiant)나 전자파(electromagnetic energy, 電磁波) 에너지에 의해 가공되어 진다. 그 예로서는 천일건조나 적외선을 이용한 굽기나 구이(broiling)를 비롯하여 최근에는 마이크로 웨이브 오븐을 들 수 있다. 이때 사용되는 에너지들은 전자파의 일종으로서 장파장인 라디오파에서 부터 단파장인 X-선 및 감마선($\gamma$)으로 나눌 수 있으며, 식품의 살균, 살충, 숙도조정, 물성개선 등 식품조사에 이용될 수 있는 전자파 에너지는 단파장에 속하는 투과성을 지닌 에너지들이다(Fig.1).

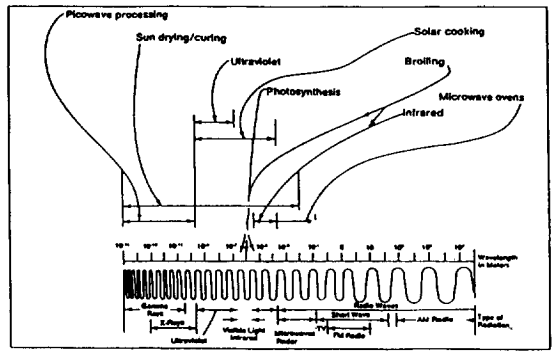


Fig. 1. Food irradiation with electromagnetic energy.

### 2. 가공방법의 특성 비교

식품조사란 대상식품을 일정시간 동안 밀봉선원($^{60}Co$ 또는 $^{137}Cs$)에서 방출되는 감마선이나 기계적으로 발생되는 전자선(electrons, 10 Mev 이하) 또는 X-선(5 Mev 이하)에 노출시킴으로써 필요한 에너지를 식품에 통과시켜 효과를 달성하게 되는 것을 말하며, 이 때 투과되는 에너지는 열에너지로 변화되어 소멸되어 진다.

특히 대부분 이용되고 있는 감마선은 투과력이 강하여 식품의 포장재나 포장방법에 상관없이 완 포장된 상태로 처리할 수 있어 제품의 2차 오염을 방지할 수 있다. 또한 처리식품의 품온상승이 거의 없어(국제적으로 건전성이 인정된 10 kGy 조사시물과 동일한 열용량을 지닌 식품에서 약 2.4℃ 상승)[1] 열에 의한 영양분의 파괴나 외관의 변화를 줄일 수 있으며,

Table 1. Typical energy values used for processing of the food

| Process | Energy (kJ/kg) |
|---|---|
| Sprout inhibition with 0.10 kGy | 12 |
| Insect disinfestation with 0.25 kGy | 7 |
| Radurizaton with 2.5 kGy | 21 |
| Radappertization with 30 kGy | 157 |
| Refrigerated storage at 0℃ / 5 days | 318 |
| Refrigerated storage at 0℃ / 10.5 days | 396 |
| Heat sterilization | 918 |
| Cooking whole thawed chicken at 93℃ | 2,558 |
| Frozen storage at −25℃/3.5 wks | 4,149 |
| Blast freezing chicken(4.4～−23.3℃) | 7,552 |

Table 2. Process parameters affecting the sterilization processes

| Parameters | Dry heat | Moist heat | Ethylene Oxide | Formaldehyde | Irradiation |
|---|---|---|---|---|---|
| Time | + | + | + | + | + |
| Temperature | + | + | + | + | − |
| Pressure | − | + | + | + | − |
| Vacuum | − | + | + | + | − |
| Humidity | − | + | + | + | − |
| Post-treatment drying & degassing | − | + | + | + | − |
| Residue toxicity | Nil | Nil | Yes | Yes | Nil |
| Pollution | Nil | Nil | Yes | Yes | Nil |
| Process type | Batch | Batch | Batch | Batch | Continuous |
| Sterilization in final packaging for shipping | Not Possible | Not Possible | Not Possible | Not Possible | Possible |
| Packaging method | Narrow | Narrow | Narrow | Narrow | Wide |

(+) : affects the process, (−) : not affect.

따라서 냉동식품의 살균, 살충에도 이용이 가능하다.

이와 같이 식품조사 기술은 기존의 타 가공·저장 방법에 비해 에너지 소요가 월등히 적은 것이 특징이라 하겠다[3](Table 1). 그리고 식품조사는 가열이나 훈증제 처리와 비교해 볼 때 살균 공정상 온도, 압력, 습도 등의 영향을 받지 않고 처리 후 조작이 필요치 않으며, 연속처리가 가능하여 에너지 효율을 높일 수 있고 환경공해나 잔류성이 없는 특징이 있다(Table 2).

## 국내 연구개발

원자력의 평화적 이용연구는 1955년 제네바에서 개최된 "원자력의 평화적 이용을 위한 국제회의"에서 부터 태동되었다. 국내에서는 1959년 원자력원이 설립되고 이어 1966년 방사선 농학연구소가 설립되면서 $^{60}$Co 감마선을 이용한 식품저장 연구가 시작되었다. 당시에는 저준위 조사실을 이용한 기초 연구로서 마늘, 딸기, 사과, 김치, 고구마 등의 신선도 및 저장기간 연장을 위한 실험실 규모의 연구가 수행되었고, 1970년대에는 쌀, 양파, 육류, 토마토, 고추가루 등에 대한 감마선의 응용연구가 활기를 띠었다.[4]

한편 1970년대 중반 이후에는 세계적인 연구추세가 산업화 관련 분야로 바뀜에 따라 국내에서도 UNDP의 자금지원에 의해 대단위 조사시설($^{60}$Co, 100 kCi : 3.7 PBq)이 건설됨에 따라(1975) 시범사업 규모의 의료용품 멸균과 식품조사 연구가 가능하게 되었다[4]. 특히 1980년대에 접어들면서 방사선 조사식품에 안정성과 건전성에 대한 FAO/IAEA/WHO 공동의 공식입장이 발표되면서 실용화를 전제로한 연구가 국내외적으로 본격화되었으며, 국내에서는 한국원자력연구소에서 국책연구사업으로 추진되었다[4].

이와 때를 같이하여 EAO/IAEA에서는 원자력의 특수성을 고려하여 식품조사 연구의 공동 추진을 선도하면서 각국의 산업화 기반연구를 뒷받침하였다. 우리나라는 1980년 초부터 현재까지 아시아·태평양 지역 식품조사 공동연구사업(FAO/IAEA Regional Project on Food Irradiation, RPFI)에 지속적으로 참여하면서 실용화 기반연구로서 허가규정, 기술이전, 공정관리, 시험시판, 소비자 수용성 등에 관련된 연구를 계속하고 있다.

지난 30여년간 국내에서 수행된 식품조사 연구결과는 Table 3에 요약된 바와 같이 식품의 발아·발근 억제, 생장조정, 숙도지연, 살충, (부분)살균, 신선

Table 3. Status of food research using ionizing radiation in Korea

| Group | Item | Research content | No. of paper |
|---|---|---|---|
| Fresh vegetable | potato, onion, garlic, sweet potato, tomato, *etc.* | sprout inhibition, delay of ripening | 14 |
| Fruit | chestnut, strawberry, apple, pear, graps, peach, mandarin orange, *etc.* | sprout inhibition, delay of ripeing | 12 |
| Mushroom | fresh mushroom, dried mushroom | growth inhibition disinfestation | 8 |
| Grain | rice, *etc.* | disinfestation, wholesomeness | 9 |
| Spice, herb and dried vegetable | pepper, ginger, garlic, onion, green onion, spinach, carrot, *etc.* | decontamination | 20 |
| Fish and fishery product | fresh and dried fish, dried laver, fried fish pasts, *etc.* | radurization, decontamination | 25 |
| Meat and its product | chicken, beef, pork, ham, sausage, *etc.* | radurization | 8 |
| Fermented food, condiment, feed | kimchi, soybean paste powder, *etc.* | shelf-life, decontamination | 14 |
| Quality evaluation | irradiated food, oil, malt, enzymes, *etc.* | physical, chemical and organoleptic properties | 28 |
| Microorganism, insect and parasite | bacteria, molds, yeasts, insect, parasite, *etc.* | radiosensitivity | 12 |

도 및 저장수명 연장, 물성개선, 위생화, 방사선 감수성, 품질개선 등 감마선 에너지의 처리효과에 대한 이화학적, 미생물학적 연구가 대부분 수행되었다.[5]

그러나 조사식품의 독물학적 안정성(toxicological safety)연구는 1970년대 초반 照射光에 대한 동물시험이 부분적으로 시도된 이후[4] 국제적으로 공인될 수 있는 안전성 시험여건 등의 문제로 거의 수행하지 못하다가 국립보건안전연구원의 설립이후 "방사선 조사 인삼의 안정성 및 효능 평가에 관한 연구"가 서울대학교 천연물과학연구소/한국원자력연구소 등 3개 연구기관의 공동사업으로 과학기술처 특정연구('89-'94)가 진행중에 있다.[6]

이미 언급된 바와 같이 식품에 대한 방사선 에너지의 이용연구는 식품산업에 가져다 줄 만한 잠재성에도 불구하고 중장기적으로는 한국원자력연구소의 제한된 인력에 의해서만 이용개발 연구가 추진될 전망이다. 그러나 세계 여러나라들의 연구상황과 앞으로의 기술수요 등을 고려해 본다면 연구저변의 확대와 전문인력의 확보가 요구되며, 따라서 정부의 적극적인 지원아래 대학, 연구기관, 기업, 민간단체 등이 공동연구에 참여하면서 산업화 기반확충과 기술자립화를 위해 다 같이 노력해야 하겠다.

## 응용분야 및 잠재적 역할

### 1. 응용분야

방사선 에너지의 식품에 대한 응용분야는 매우 다양하지만 실용화를 위한 기초연구가 수행되었을 뿐 아니라 그 효과가 인정된 분야를 중심으로 저선량, 중선량 및 고선량 조사로 구분할 수 있다. 식품에 이용 되는 전리 방사선의 양은 대부분의 경우 10 kGy (kilogray, 식품에 흡수되는 에너지의 양; 1 gray : 1 joule/kg : 100 rad) 이하이다. 저선량 조사(1 kGy 이하)에서는 근채류 농산물의 발아·발근억제와 과채류의 숙도지연 효과를 들 수 있고, 아울러 저장해충과 기생충 사멸 효과도 얻을 수 있다. 중선량 조사(1-10 kGy)는 방사선 부분살균(radurization)및 방사선 병원균 살균(radicidation) 효과를 가져올 수 있다. 즉 부패미생물의 농도를 감소시켜 저장수명을 연장시키거나 식품에 오염된 식중독균이나 병원성 미

Table 4. Dose requirement in various applications of food irradiation

| Purpose | Dose (kGy) | Products |
|---|---|---|
| Low dose(up to 1 kGy) | | |
| −Sprout inhibition | 0.05~0.15 | Potatoes, onions, garlic, ginger, etc. |
| | 0.25~0.30 | Chestnuts |
| −Insect disinfestation and parasite disinfection | 0.15~0.50 | Cereals and pulses, fresh & dried fruits and vegetables, dried fish and meat, fresh pork, feedstuffs, etc. |
| −Delay of physiological ripening | 0.50~1.0 | Fresh fruits and vegetables |
| Medium dose(1~10 kGy) | | |
| −Shelf-life extension | 1.0 ~3.0 | Strawberries, fresh fish, etc. |
| −Elimination of spoilage and pathogenic micro-organisms | 1.0 ~7.0 | Fresh & frozen seafood, raw & frozen poultry and meat, feedstuffs, etc. |
| −Improving technologican properties of food | 2.0 ~7.0 | Dehydrated pulses & vegetables(reduced-cooking time), grapes (increased-juice yield) |
| −Decontamination | 3.0 ~10 | Spices, herbs, poultry feeds, etc. |
| High dose(stove 10 kGy) | | |
| −Industrial sterilization | 10 ~ | Packaging materials, animal diets, enzymes, hospital diets, space foods, viruses, etc. |

Gy:gray−unit used to measure absorbed dose (100 rad, 1 joule/kg)

생물을 사멸시키는 분야이다. 고선량 조사(10 kGy이상)에서는 방사선에 대해 저항성이 큰 미생물, 즉 virus를 포함한 모든 미생물을 고선량 조사에 의해 완전사멸시키는 방법으로서 통조림 식품을 포함한 밀봉포장 식품, 환자용 무균식, 우주인 식품, 실험동물용 무균사료(SPF 또는 germ-free 사료 등)등의 제조에 효과적으로 이용될 수 있다(Table 4).

## 2. 잠재적 역할

식품산업에서 식품조사 기술의 역할을 기대하기 위해서는 우선 방사선 조사 식품의 안정성이 확보되어야 하는데, 현재 조사식품(10 kGy이하)의 안정성은 WHO를 비롯한 FAO / IAEA, 세계 주요보건기관(FDA 등), Codex 식품규격위원회 등에 의해 공식적으로 인정되고, 국내 보건사회부에서도 18개 식품에 대하여 감마선 조사를 품목별로 허가하고 있는 실정이므로 이상과 같은 사실을 수용하면서 실용화 기술의 식품산업에서의 잠재적 역할을 고찰해 본다.

### 식량이용률 증대 및 가격안정

우리나라의 식량자급도는 해마다 떨어져 근년에는 40% 수준에도 미치지 못하는 실정이므로 식량의 장기 수급방안은 국가정책의 중대 관심사가 아닐 수 없다. 이에 대한 가장 과학적이고 현실적인 대처방안으로서 세계 주요 국가들은 지역에 따라 차이는 있으나 현재 20–50%에 이르는 수확후 식량 손실량을 효과적으로 감소시켜 10–20%의 간접증산을 도모하려는 기술개발에 최선을 다하고 있으며, 관련 국제기구(FAO / WHO)에서도 식량문제의 근본적인 해결방안에 있어서 이상과 같은 인식을 같이하고 있다.

앞에서도 언급된 바와 같이 식품조사의 주요한 생물학적 작용은 근채류의 발아·발근 억제와 살균, 살충 효과 등을 들 수 있는데, 이와 같은 효과로서 감자, 양파, 마늘, 밤, 생강 등의 저장중 발아방지와 곡류, 과채류, 건조식품의 저장해충 구제 및 부패에 관련된 미생물을 사멸시킴으로써 식량의 손실감소와 이용률을 증대시킬 수 있게 된다.

이들 발아억제 대상식품은 생산기가 편중되어 있고 이듬 해 수확기까지의 저장이 까다롭기 때문에 가격변동이 매우 심하다. 그 원인은 쉽게 생각될 수 있듯이 생산기기의 가격폭동현상이 공급 부족으로 빈번히 발생되므로 농산물을 긴급 수입하는 사례를 자주 보게 된다. 그리고 대부분 이용되고 있는 저장방법이 저온시설을 요구하므로 가격 상승요인은 크게 가중되기 마련이다. 따라서 국내의 이들 식품군의 연중 가격변동은 수확기의 2-3배에 이르며, 이와 같은 현상은 거의 매년 되풀이 되고 있어[7] 반드시 해결되어야만 생산자와 소비자들에게 물가안정에 따른 이익을 돌릴 수 있을 것이다. 한 예로서 일본에서는 1973년부터 감자를 감마선 조사하여 장기간 저장한 뒤 단경기에 출하함으로써 주요 소비도시에서의 가격안정을 도모한 바 있으므로[8] 이와 같은 가격안정 효과는 국내에서도 가능하리라 예상되며, 특히 발아억제를 위한 근채류 식품의 경우는 조사 처리 후 저장조건이 까다롭지 않기 때문에 상대습도만 잘 유지된다면 단경기까지의 저장이 가능하다.[9]

이상과 같이 정부적 차원에서 비축식량을 대상으로 식품조사 기술에 의해 안전하게 저장된다면 식량이용률 증대, 단경기의 가격안정, 수입대체 및 수출기회를 넓히고 나아가 균일한 품질의 가공원료를 년중 안정적으로 공급함으로써 식품가공 산업의 발전과 대외경쟁력 제고에 기여하게 될 것이다.

### 식품안전성 및 품질 향상

선진국의 식품산업에 있어서 식품조사 기술의 가장 큰 역할은 식인성 질병(foodborne disease)예방과 식품의 안정성을 높이기 위한 위생적 측면에서의 이용이라 할 수 있다. 식품조사는 식품의 안정성을 향상시킴으로써 국민보건 및 경제적인 측면에서 사회전반에 가져다 줄 잠재적 혜택은 상당한 것으로 기대된다. 이는 대부분의 국가가 식인성 질병, 특히 salmonellosis, campylobacteriosis, listeriosis등에 의해 어려움을 겪고 있기 때문에이다.[10](Fig 2). 미국에서는 년간 650-3,300만건의 식인성 질병이 발생되고, salmonellosis의 경우만도 년간 2백만명의 환자가 발생되어 254,000만불의 경제적 손실이 초래된다고 한다.[11] 스코틀랜드 및 캐나다의 경우에도 가금육과 관련된 질병발생으로 년간 1,000만불 및 1,850만불의 경제적 손실이 각각 초래된다고 하며, 식품조사가 실용화될 경우 캐나다에서는 연간 2,860만불의 경제적 이익이 예상된다고 보고되고 있다[11]. 성의 발표에 의하면 미국에서 생산되는 가금육의 10%만 조사처리 되어야 식인성 질병 방지로 년간 5,000만불의 경제적 이익을 얻을 수 있을 것으로 추산하고 있다.[11]

이상과 같은 여러 나라들이 보고가 공식적으로 확인됨에 따라 1983년 FAO / IAEA 공동 식품안전성 전문회의에서는 식품에 기인된 질병에 인류건강에 가장 큰 위협이며, 이로 인해 경제적 생산성이 크게 저하된다고 발표하게 되었다. 따라서 각국 정부와 세계보건기구에서는 이와 같은 건강에 대한 위협으로부터의 해방을 위하여 식품군별 오염제거 방법을 모색하고 있다. 식인성 질병은 동물성 식품에 있어서의 병원성 미생물(Salmonella, Campylobacter)과 기생충(Toxoplasma, Trichinella) 오염이 가장 문제시 되고 있으며, 또한 국가간 교역량이 많은 건조향신료와 같은 가공식품 부원료의 높은 미생물 오염도 국민건강의 차원에서 매우 중요하게 다루어지고 있다.

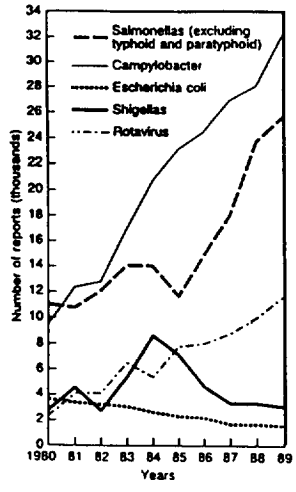


Fig. 2. Reported cases of foodborne diseases in England, Wales, and Ireland (source : PHLS communicable disease report 8952).

지금까지 액상식품에 있어서는 가열살균법이 효과적으로 개발 이용되고 있으나 육류나 고체식품의 경우에는 새로운 기술개발이 요구되어 왔다. 미국 FDA에서는 1985년 돼지고기의 선모충 제거방법으로써 방사선조사(0.3-1.0 kGy)를 허가한 바 있고, 1990년에는 가금육에 대하여 Salmonella를 포함한 병원성 미생물의 제거방법으로써 방사선 조사(3 kGy)를 추가로 허가하였으며[12], 캐나다, 프랑스, 네덜란드 등 주요 선진국에서도 가금육의 위생처리와 신선도 연장을 위하여 식품조사 기술의 이용을 추진하고 있다.

그리고 향신료, 건조야채류 및 분말식품의 경우에는 대부분 미생물 오염(부패 및 병원성 미생물)이 높아 식품가공에 사용되기 전 반드시 살균처리 되어야 한다. 그러나 식품의 살충, 살균 목적으로 주로 이용되어 오던 phosphine, methyl bromide, ethylene oxide, ethylene dibromide등의 화학훈증제는 발암성 등 인체에 대한 유해성 때문에 사용이 점차 금지됨에 따라[13] 새로운 대체기술의 개발이 절실히 요구된다. 따라서 국제기구와 주요 선진국에서는 방사선 조사기법의 이용효과와 잠재력을 인정하여 대체방안으로서의 권장과 실용화 확대를 적극 추진하고 있다.

국내에서도 화학훈증제 대신 엄격히 규제된 감마선이 건조향신료(고추, 후추, 양파, 마늘, 생강, 파), 조미분말 식품 등의 위생처리에 이용될 수 있으므로 식품의 안정성과 보건향상의 측면에서 건전하게 활용되기를 기대한다. 특히 식품에 오염되어 질병을 유발시키는 병원성 미생물이나 기생충은 방사선에 대단히 민감하여 비교적 낮은 선량에 의해서도 완전사멸이 가능하므로 국민보건 차원에서 그 이용이 고려되어야 하겠다.

### 식량교역 및 경제적 측면

국가간 식량교역은 세계경제의 균형을 유지시켜주며 그 시장은 날로 확대되고 있다. 각 국은 국제교역에 있어서의 안전을 극대화하기 위하여 공중보건법과 검역관리(quarantine treatment)를 엄격히 다루고 있다. 그러므로 식량교역에 있어서의 가장 큰 어려움은 수출입 식품의 안정성, 즉 생물학적 및 화학적 측면에서의 안정성을 확보하는데 있는 것이며, 서로 상이한 무역국들의 규정을 포괄적으로 충족시킬 수 있는 식품가공 기술의 개발 이용은 모든 수출국가들의 희망이라 할 수 있다.

전 항에서도 밝혔듯이 건강장해가 확인된 일부 화학훈증제들은 EC, 미국 등을 포함한 여러나라에서 사용이 금지되고 있고, 금지된 약품으로 처리된 식품은 이들 국가에 수출될 수 없게 되므로 공중보건에 관련된 무역장벽은 날로 높아가는 추세이다. 특히 식품 및 농산물의 살충을 위해 세계적으로 광범위하게 사용되고 있는 methyl bromide는 오존층 파괴 물질로서 전 세계적으로 사용이 제한되거나 금지될 전망이므로(Montreal 의정서) 이에 대한 대체방안의 마련이 시급한 실정이다.[14]. 따라서 UN Environment Committee에서는 "Methyl Bromide Technical Option Committee"를 구성하여 methyl bromide 대체 방안을 적극 모색 중에 있으며, 고려중인 대체방안의 하나로서 방사선 조사기술이 검토되고 있다. 미국의 경제성 분석결과에 의하면 methyl bromide 대신 식품조사기술을 수입 포도, 복숭아, 건포도 등 다섯가지 농산물의 검역관리에 사용했을 경우 5년간 6.5-11억불의 경제적 이익이 기대된다고 하며[11], Malaysia 정부에서는 핀란드로부터 10톤의 감마선 조사 후추의 선적을 요청 받은 바 있다고 밝혀[15] 국제식량고역에 있어서 식품조사기술의 역할은 점차 증가될 전망이다.

그러나 식량의 국제교육에 식품조사기술을 활용하기 위해서는 몇가지 중요한 사항이 선행되어야 한다. 먼저 교역국가간에는 식품조사 규정, 소비자 수용성 및 조사식품 유통 방법 등에 대한 사전 검토가 있어야 하겠다. 따라서 지금까지 국제기구 및 국제식품조사자문그룹(International Consultative Group on Food Irradiation) 등에서는 식품조사 규정의 일원화, 조사식품 규격, 조사시설의 등록 관리 등 국제교역에 필요한 제반 식품조사 guideline을 마련중에 있다.

한편 다음은 식품조사기술을 이용할 경우 국가적 차원에서의 이익과 순 금전적 이익을 산출할 수있는 수식을 나타내 보았다. 계산에 필요한 요인으로는 아래와 나타난 Xi, Xc, Cp, Cs 및 Ci이며, 이들을 다음

계산에 대입하면 식품별 이익을 산출할 수 있다.

국가적 측면에서의 이익

$$\frac{Xi-Xc}{Xi \cdot Xc} \times 100\% \cdots\cdots(1) \qquad \frac{Xi-Xc}{Xi} \cdots\cdots(2)$$

식(1)은 식량저장중 손실감소로서 이용률 증대와 간접증산 효과

식(2)는 수확된 식량의 저장비용 절감과 물가안정 효과

$$\frac{Xi-Xc}{Xi \cdot Xc}(Cp+Cs) - \frac{1}{Xi}Ci \cdots\cdots(3)$$

식(3)은 순 금전적 이익

여기서

Xi=방사선 조사후 현행방법에 의해 저장한 후의 상품량

Xc=조사하지 않고 현행방법에 의해 저장한 후의 상품량

Cp=저장용 식품의 구매비용/톤

Cs=저장비용/톤

Ci=저장전 방사선 조사비용/톤

먼저 국가적 차원에서는 수확된 식량의 저장기간 중 손실을 감소시킴으로써 이용률을 증대시켜 경제적 이익을 도모할 수 있고, 나아가 지금까지 이용되어 오던 저온저장 등의 방법을 효과적으로 개선하여 저장비 및 저장용량 문제를 개선하고 단경기에 충분한 식품을 공급함으로써 물가안정의 간접적인 이득을 생산자와 소비자에게 돌릴 수 있게 된다.

## 감마선 조사 식품 허가

현재 43개국이 식품의 방사선 조사를 허가하거나 금지하는 법규를 마련하고 있다. 이 중 37개국에서 한 품목 또는 수종의 식품에 대하여 방사선 조사를 허가하고 있고 허가 추세는 1950-1960년대 8개국, 1970년대 10개국, 1980년 이후 19개국으로 점차 증가되고 있다(Fig. 3). 이들 37개국들의 지역별 분포는 유럽>아메리카>아시아·태평양>중동·아프리카의 순으로 식품조사의 허가국 수가 증가되고 있다.

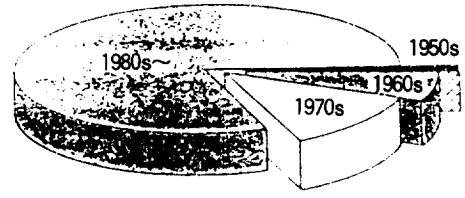


Fig. 3. Country approvals of irradiated foods since 1950s.

국내의 식품에 대한 감마선 조사 허가규정을 1987년부터 시행되었고, 밀봉된 $^{60}$Co선원에서 자연적으로 발생되는 감마선 에너지가 Table 5에 나타난 18개 식품에 대하여 사용될 수 있으며, 조사식품의 섭취가 허용되어 있다. 이 규정에는 감마선 조사된 식품은 어떠한 경우에도 재 조사가 금지되며, 처리된 식품의 포장이나 용기에는 5호 활자 이상의 "조사식품 마크"(Fig.4)를 부착토록 규정하고 있다.

한편 감마선 조사시설($^{60}$Co, 500kCi : 18.5pBq)은 민간기업인 그린피아기술(주)에 의해 경기도 여주에 건설되어 국제원자력기구에 등록됨(1987.6)과 동시에 조사공정에 필요한 국제선량보증서비스(IDAS)를 받고 있으며, 감마선 조사업자는 시설의 운전에 관한 사항을 2년 동안 기록 보존토록 규정되어 있다.

이상과 같은 국내의 식품조사 허가 결정은 과거 40여년간의 국내·외 연구결과와 규정에 따라 처리된 식품은 안전하며 10 kGy이하의 조사식품은 독물학적, 영양학적 및 미생물학적으로 안전하다는 FAO / IAEA / WHO 공동전문위원회의 결론[1] 및 Codex 식품규격위원회의 권고[2] 등이 뒷받침된 것이라 하겠다.

또한 1992년 5월 WHO에서는 조사식품의 안전성 및 영양적 적합성을 재확인하면서 식품을 제조관리 수칙에 따라 방사선 조사할 경우 인간의 건강을 해롭게 하는 어떠한 성분변화나 이물질이 생성되지 않으

Table 5. List of approved applications of food irradiation in Korea

| Product name | Type of clearance | Date of clearance | Dose (kGy) maximum | Note |
|---|---|---|---|---|
| Potatoes | unconditional | 87.10.16 | 0.15 | |
| Onions | unconditional | 87.10.16 | 0.15 | |
| Garlic | unconditional | 87.10.16 | 0.15 | |
| Chestnuts | unconditional | 87.10.16 | 0.25 | |
| Mushrooms | unconditional | 87.10.16 | 1.00 | |
| Dried mushrooms | unconditional | 87.10.16 | 1.00 | |
| Dried spices(red/black pepper, garlic, onion, ginger, green onion) | unconditional | 88. 9.13 | 10.00 | |
| Dried meat | unconditional | 91.12.14 | 7.00 | only for prooessed food |
| Powdered fish and shellfish | unconditional | 91.12.14 | 7.00 | only for prooessed food |
| Soybean paste powder | unconditional | 91.12.14 | 7.00 | |
| Hot pepper paste powder | unconditional | 91.12.14 | 7.00 | |
| Soybean sause powder | unconditional | 91.12.14 | 7.00 | |
| Starch | unconditional | 91.12.14 | 5.00 | only for condiment product |

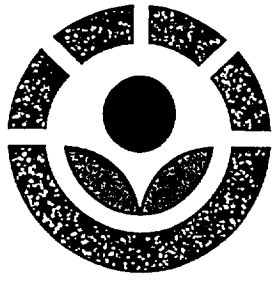

Fig. 4. International symbol for irradiated food.

며, 소비자들에게 미생물학적 위험성을 증가시키지 않는다고 발표하였다.[16]

최근 조사식품 허가와 관련된 국제적인 동향은 영국정부가 1991년 향신료 등 식품에 대한 ethylene oxide의 사용을 금지하고 과실류, 채소류, 곡류, 구근류, 향신료, 조미료, 생선, 패류 및 닭고기에 대하여 방사선 조사를 허가하면서 조사업체에서 향신료 및 herbs류의 상업적 조사를 허용하였다[17]. 미 농무성(USDA) 식품안전검사부(FSIS)에서는 가금육에 대하여 식인성 질병 예방을 위하여 1.5–3 kGy의 상업적 조사를 승인하였다(1992. 10. 21)[18]. 프랑스에서는 냉동·냉장 새우, 난백, 카제인(가공품), 건조과실에 대한 조사허가와 치즈(raw milk moulded cheese, Camembert)에 대하여 pasteurization대신 감마선조사(2 kGy)를 낙동협동조합(ISIGNY)에게 자체 처리할 수 있도록 허가하였다(1993. 3. 27)[16].

## 소비자 수용성

食品照射의 산업적 성공여부는 결국 소비자의 수용성에 달렸다고 볼 수 있다. 따라서 새로운 가공방법과 그 제품은 소비자들에게 효과적인 매체에 의해 홍보되고 충분한 이해와 인식이 있어야 한다. 소비자들의 의식은 본래 새로운 기술에 대하여 보수적이므로 그 기술에 대한 장단점을 충분히 이해하기까지는 상당한 시간이 요구된다. 이는 통조림 기술이 발명된 이후(Nicholas Appert, 1804) 본격적인 실용화가 이루어지는데 약 1세기 이상이 소요된 것은 좋은 예가 되고 있다. 특히 식품조사는 방사능과 연관되어 있을 것이라는 선입견 때문에 더욱 유도기간(induction period)이 길게 나타나고 있다.

1. 소비자 설문조사

본 설문에서는 새로운 식품가공·저장 방법으로 최근 식품산업에서 관심사가 되고 있는 식품의 방사선 조사에 대하여 소비자의 기본 인식도와 수용성이 조사되었으며, 아울러 방사선 조사식품과 방사능 오염 식품에 대한 이해도 및 일반시민과 원자력 분야 종사자간의 인식도 차이를 알아보고자 하였다. 설문조사는 1990년 11월 초에서 동년 12월 말까지 2개월간 실시되었으며, 대상인원은 총 700명으로 남자가 432명, 여자가 268명이었다. 그 중 원자력 분야 종사자는 원자력연구소와 원자력병원 직원으로서 324명(남 280명, 여 44명), 비 종사자는 376명(남 152명, 여 224명)으로 서울지역의 회사원, 학생 및 주부를 대상으로 하였고 연령별, 직업별, 월수입별 분포도 조사되었다. 이상의 설문결과는 통계처리용 패키지의 하나인 SPSS의 교차 분석표에 의하여 각 항목간 인구통계학적 요인에 따른 상관성을 $p<0.05$ 유의수준에서 검정함으로써 구체적인 인식도와 수용성을 평가하였다[19].

식품의 방사선 조사 전반에 대한 설문으로서 첫째, 살균, 상충 등 식품보존을 위해 방사선이 이용된다는 말을 들어 본적이 있느냐는 질문에서 "들어 본 적이 있다"는 응답은 총 대상인원 700명 중 82%로 상당히 높았으며, "들어본 적이 있다"라고 응답한 사람의 성별분포는 남자가 86.7%, 여자가 74.4%로 남자가 더 많이 알고 있었다. 연령별 및 교육수준별 인식도에 있어서는 교육수준이 높아질수록 그리고 30세-50세 연령에서는 유의적으로 더 높은 인식도를 나타내었다($p<0.005$). 이 같은 인식도는 원자력분야 종사자의 경우 93.5%, 비 종사자는 72.1%가 방사선이 식품보존에 이용되고 있다는 사실을 알고 있었다(Table 6). 둘째, 국제기구나 한국정부가 식품의 방사선 조사법을 인정 및 허가하였다는 사실을 알고 계십니까? 라는 질문에서 "이미 알고 있다"라는 응답은 43.9%, "모르고 있다"는 55.7%로 과반수 이상을 차지하였다. "이미 알고 있다"라고 응답한 사람 중 나이 분포를 보면 20대 31.9%, 30대 50.7%, 50대 70%로 나이가 많을수록 잘 알고 있었으며, 원자력분야 종사자의 경우에도 58% 정도만이 그 사실을 알고 있었다($p<0.005$)(Table 6). 셋째, 방사선 조사 식품과 방사능 오염식품에 대한 이해도에서 "서로 같은 식품이다"라고 한 응답은 6.4%, "서로 다른 식품이다"라는 응답은 74.6%, "잘 모르겠다"가 19.0%였다(Table 6). "서로 다르다"라고 한 응답자 중 남자는 83.7%, 여자는 60.4%로 나타나 남자가 여자보다 더 정확한 식별 능력이 있었다.

식품에 이용되는 방사선 및 조사식품의 안정성에 대한 소비자의 인식도를 조사한 결과를 보면 다음과

Table 6. Consumer perception toward food irradiation(n=700)

| Questions | Responses(%) | Frequency(%) | |
|---|---|---|---|
| | | Radiation worker | General public |
| Have you ever heard of food irradiation? | Yes(82.0) | 93.5 | 72.1 |
| | No(18.0) | 6.5 | 27.9 |
| Do you know food irradiation has been approved by the Korean Government and International organizations? | Yes(43.9) | 58.0 | 31.7 |
| | No(55.7) | 41.7 | 67.8 |
| | Uncertain(0.4) | 0.3 | 0.5 |
| Are irradiated foods the same as contaminated foods by radionuclides? | Yes(6.4) | 3.4 | 9.0 |
| | No(74.6) | 89.5 | 61.7 |
| | Uncertain(19.0) | 7.1 | 29.3 |

Radiation worker : 324, General public : 376

같다.

첫째, 식품의 방사선 조사가 어떤 저장·가공법이라 생각하십니까? 라는 질문에서 "냉장, 냉동, 가열과 같은 물리적 방법일 것이다"가 60.4%(그 중 원자력 종사자가 75%, 비 종사자가 47.9%)였고, "식품첨가제와 같이 첨가물질이 잔류하는 화학적인 방법일 것이다."라는 응답이 21.1%, "잘 모르겠다"가 18.5%였으며(Fig 5). 교육수준이 높을수록 식품에 이용되는 방사선에 대하여 긍정적인 반응을 보였다.

둘째, 방사선을 쪼인 식품을 장기간 먹어도 안전하다고 생각하십니까? 라는 질문에서 "정부나 국제기구에서 안정성을 인정하였으므로 안전하다고 믿는다"는 응답은 33.0%(그 중 원자력종사자 47.5%, 비 종사자 20.5%)로 낮았으며, "안전할지 의심스럽다"가 51%로 의구심을 나타내는 응답이 절반 이상을 차지하였다(Fig. 7). "안전할지 의심스럽다"라는 응답의 성별 분포를 보면 남자가 44%, 여자가 62.2%로 여자가 더 높은 의구심을 보였고, 연령별로는 20대

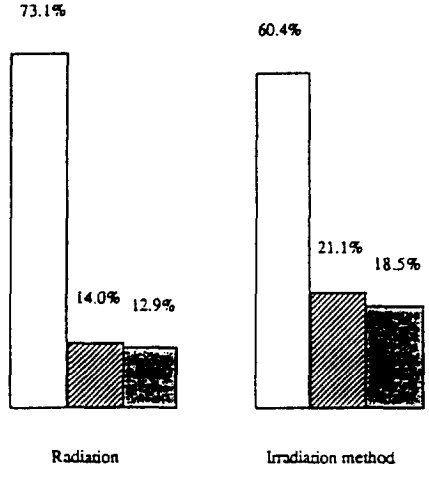


Fig. 5. Consumer perception toward radiation for food preservation(n=700).

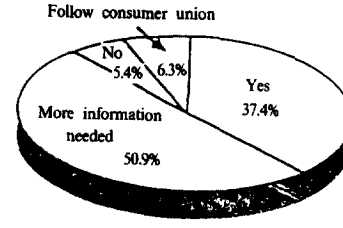


Fig. 6. Are you willing to buy irradiated foods? (n=700).

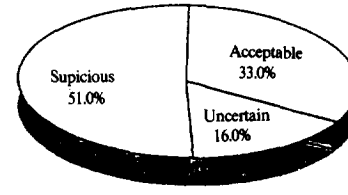


Fig. 7. Your opinion on the wholesomeness of irradiated foods?(n=700).

70.1%, 30대 42.4%, 40대 31.9%, 50대 23.3%로 젊은층일수록 의구심이 많음을 알 수 있었다($p<0.005$).

셋째, 우리 정부나 국제기구에서 조사식품을 안전하다고 인정하였을 때 그 조사식품을 구입하겠습니까? 라는 질문에서 "믿고 구입하겠다"는 응답이 37.4%, 그 중 원자력 분야 종사자가 48.3%, 비종사자가 27.7%였고, 교육수준과 연령이 높아짐에 따라 유의적으로 긍정적인 응답을 나타내었다($p<0.05$). 한편 "좀 더 알아보고 구입하겠다"가 50.9%였고 "절대로 구입하지 않겠다"는 5.4%로 매우 낮았다(Fig. 6).

넷째, 화학약품 처리식품과 방사선 조사식품과의 구입선호도에서는 "조사식품을 구입하겠다" 34.8%, "화학약품 처리식품을 구입하겠다" 12.9%로 조사식품의 선호도가 화학약품 처리식품보다 더 높게 나타났다(Fig. 8).

그러면 정부나 국제기구에서 조사식품이 안전하다고 발표하였는데도 소비자들이 아직도 싫어하는 편이며, 산업화가 늦어지는 이유는 무엇이냐? 는 질문

에서 "홍보부족"이라고 한 응답이 70.9%로 가장 중요한 이유로 나타났으며, 성별, 연령별, 교육수준별, 수입별로는 응답에 있어서 유의적인 차이가 없었다(Fig. 9).

본 설문에 대한 인구통계학적 결과에서는 여성보다는 남성이, 학력이 높고 나이가 많은 소비자일수록 본 기술에 대하여 이해도가 높고 보다 적극적인 태도를 나타내었으나, 일반 소비자는 물론 심지어 원자력 분야에 종사하는 사람들 조차도 방사선 조사식품에 대한 이해부족으로 그 안전성에 대해 의구심을 나타내었다.

이상의 결과는 미국, 태국 등에서 실시된 조사식품의 소비자 수용성 조사보고와 최근 보도된 국내 소비자 반응조사 내용과 유사하게 대부분의 응답자는 식품조사를 정확히 알지 못하면서도 방사선 조사된 식품에 대하여 회의적 입장을 나타내었다[20-23]. 이는 새로운 식품 가공법과 그 제품의 실용화 성공여부는 결국 소비자들의 이해도 증진에 달려 있다는 이론을 잘 뒷받침하고 있으므로 과학적인 기술홍보와 보다 효과적인 교육프로그램의 개발이 요구된다.

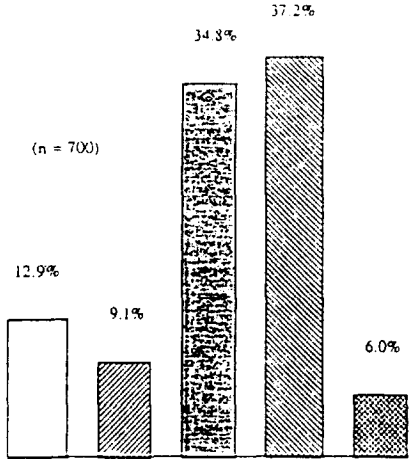


Fig. 8. Interest in purchase of processed foods.

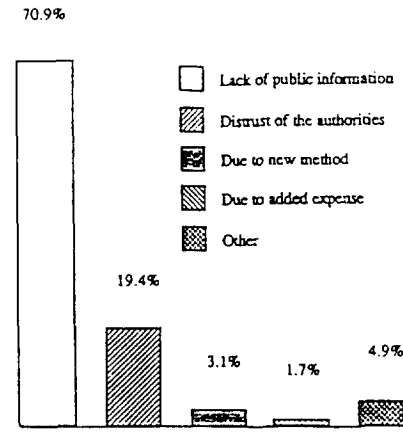


Fig. 9. The reason for delay of food irradiation commercialization(n=700).

한편 관련 국제기구에서는 조사식품에 대한 소비자의 이해증진에 있어서는 적어도 다음의 세가지 사항은 반드시 주지되어야 한다고 지적하고 있다.

"ⅰ) 식품이 어떤 목적을 위해 방사선 처리되었다는 사실, ⅱ) 방사선 처리로서 어떤 형태로든 식품의 품질이 개선되었다는 사실, ⅲ) 방사선 처리된 식품은 처리되지 않은 식품과 동일한 품질특성을 지니며, 정부당국의 합법적인 절차에 의해 생산, 공급될 뿐 아니라 대부분의 경우 방사선조사가 아니면 타 방법에 의해서 처리되어야 하는 식품이 대상이라는 사실이다."

## 2. 조사식품 시험판매(Market Testing)

국내외 소비자들의 식품조사에 대한 인식도 조사결과와는 달리, 지금까지 20여개국에서 실시되니 방사선 조사식품에 대한 40여회의 시험시판과 상업적 판매에서 전체적으로 58%의 시험에서는 소비자들이 조사식품에 대해 재 구매의사를 나타내었다. 특히 어떠한 시험에서도 소비자들이 조사식품의 구매를 거부하게 될 것이라는 결론을 나오지 않았다[11].

이러한 결과는 Bruhn 등[22]의 조사된 papaya의 소비자 수용성 조사에서 65-80%가 조사도니 papaya를 선택했다는 결과나 Yuthapon emd[23]의 조사된 nham

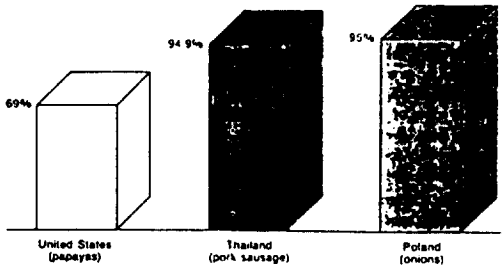


Fig. 10. Percentage of consumers who said they would purchase irradiated food again in marketing tests in many countries(source : IAEA).

(효소 pork sausage)의 소비가 수용성 조사에서 65.9%가 nham의 안정성을 믿고 구입하겠다고 했으며, 94.9%가 조사된 nham을 다시 구입할 계획이라고 응답한 결과와 유사한 경향을 나타내었다(Fig. 10).

최근 미국 Florida에는 식품조사 시설이 건설되어 (1991) 신선과채류를 대상으로 상업적 조사가 실시되고 있으며, 감마선 조사된 딸기, 양파, 쥬스오렌지, 버섯 등은 1992년 1월부터 Illinois와 Florida에서 시판되고 있다. 시판초기 Florida에서는 식품조사 반대 운동가들의 조직적인 활동이 있었으나 신선도가 우수한 감마선 조사 딸기의 판매는 성공적이었다. 소비자들은 조사하지 않은 딸기에 비해 9 : 1 정도로 감마선 조사 딸기에 대해 높은 구매 선호도를 보였고[24,25] 1993년도에는 20 : 1 정도로 구매도가 높아지고 있다고 보고되고 있다[11]. 또한 딸기의 경우 동일조건의 판매 과정에서 폐기율이 비조사 딸기가 15%인데 비하여 감마선 조사 딸기는 5% 수준이므로 물품의 공급과 보관적 측면에서도 경제적 이익을 가져올 수 있으며, 이 같은 현상은 양파나 버섯의 경우에도 마찬가지였다고 밝혀지고 있다[11].

## 실용화 및 전망

식품조사의 잠재적 이익에도 불구하고 식품조사 기술의 실용화 진전은 예상보다 느리다. 그러나 1980년대에 이르면서 세계보건기구, Codex 식품규격위원회 등에서 조사식품의 안전성을 인정함에 따라 각국은 본 기술의 실용화를 위해 적극적인 자세를 보여왔다. 그 결과 37개국에서 식품의 방사선 조사를 허가하였고, 이 중 25개국이 상업적 규모로 본 기술을 실용화하고 있다[11]. 세계적으로 식품조사에 활용되고 있는 조사시설은 50여개에 이르며, 현재 건설중이거나 건설계획인 조사시설도 약 20개에 이르고 있다[14].

이같이 식품산업에 있어서 조사기술의 실용화가 세계적으로 점차 확대되고 있는 것은 그 안전성과 기술적 타당성이 인정되기 때문이다.

국내에서는 한국원자력연구소에서 대부분 수행된 연구결과를 바탕으로 근채류 식품을 비롯한 건조향신료 및 분말식품(총 18종)에 대하여 감마선 조사가 허가된 바 있고('87, '88, '91), 상업용조사시설이 경기도 여주에 건설되어 가동 중에 있다. 그러나 조사식품의 안전성에 대한 소비자들의 의구심 때문에 본격적인 실용화는 이루어지지 못하고 있는 실정이나 향신료 등에 대한 enthylene oxide의 사용이 금지된 이후(1991.7.1) 본 시설을 이용하는 업체의 수는 크게 증가되고 있다[26](Fig. 11).

이는 위생적 품질관리가 절대적으로 요구되는 가공식품의 대량생산 체제에서 현실적으로 분말 및 건

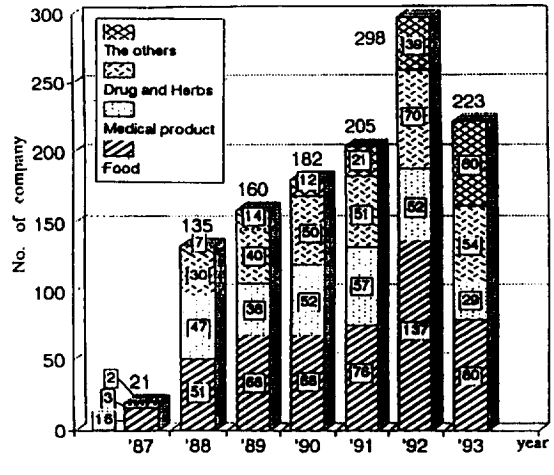


Fig. 11 Changes in user companies for a commercial irradiation facility in Korea.

조식품에 적합한 살균·살충 방법이 미비한 상황이므로 국내·외식품산업에서 조사기술의 수요가 증가하는 것은 당연한 현상이라 하겠다.

특히 미국 Florida의 식품조사 시설에서는 1992년 1월 부터 양파, 토마토, 딸기, 쥬스오렌지 등의 신선 농산물을 대상으로 상업적 조사가 계속되어 조사식품의 시장에 확대되고 있으며[24,25], 금년 9월 부터는 가금육에 대한 상업적 조사가 시작되어 Illinois에서는 감마선 조사 닭고기(labelled Irradiated chicken)가 소비자들에게 신속하게 판매되고 있다고 보고되고 있다[27].

그 밖에 일본에서는 연간 15,000톤 이상의 감자가 감마선 조사되어 생감자로 유통되고 있고, 우크라이나에서는 매년 수십만톤의 곡류가 전자선 살충되고 있다. 연간 1만톤 이상의 식품을 조사하는 주요 국가는 네덜란드, 남아프리카 공화국, 벨기에, 프랑스, 중국 등으로 알려지고 있다[28].

이와 같은 세계적 추세와 더불어 식품조사의 실용화의 잠재력이 크게 기대되는 이유로는,

첫째, 식품의 살균, 살충 등에 사용되고 있는 화학훈증제(ethylene oxide, methyl bromide 등)의 사용이 세계적으로 점차 금지될 전망이고, 국가간 교역에서도 품질규격이 더욱 엄격해질 것이기 때문이다.

둘째, 식품조사시설은 의료용품 멸균 등 산업적으로 다용도로 활용될 수 있기 때문에 조사시설의 건설은 세계적으로 증가되고 있으며, 따라서 언제든지 이용이 용이하기 때문이다.

셋째, 소비자들은 식품의 위생적 측면을 더욱 중요시할 것이고, 특히 개발도상국으로부터 원료를 주로 수입하는 편의식품과 수입식품에 대하여 높은 수요를 보일 것이므로 새로운 가공기술의 필요성은 더욱 증대될 전망이기 때문이다.

## 결 론

식품조사는 식량의 수확후 손실감소/이용률 증대, 식품의 위생적 품질확보 및 일부 식품의 교역증대를 위한 효과적인 기술로 인식되면서 국내외적으로 관심사가 되고 있다. 지난 40여년 동안 수행된 조사식품의 안정성과 기술적 타당성에 대한 연구 결과는 식품산업에서의 본 기술의 실용성을 잘 뒷받침 하고 있다.

그러나 식품조사 기술의 실용화에 있어서는 소비자의 이해가 선행되어야 하므로 무엇보다도 현행 식품가공·저장 방법의 장단점과 식품조사기술의 특징이 사실에 입각하여 정확하게 비교, 홍보되어야 할 것이다. 특히 방사선을 이용한 식품분야의 연구개발은 대부분 정부주도로 추진되었기 때문에 식품조사에대한 홍보의 일차적 책임은 정부기관에 있다고 보아야 할 것이며, 적절한 홍보를 위해서는 정부기관, 소비자 단체, 식품가공/제조업자, 도매/소매업자 등의 적극적인 협력이 요구된다.

앞으로의 식품조사에 관련된 연구개발 방향은 국민의 보건향상과 안정적 식량공급의 차원에서 국내 식품산업구조에 적합한 기술적/경제적 타당성 및 이용확대 연구와, 아울러 조사대상 식품의 품질 및 조사공정 개선 연구가 추진되어야 할 것이다. 특히 소비자나 기업에게 자유로운 기술선택의 기회를 제공하기 위한 공동참여 연구와 조사식품의 관리 및 고선량 조사식품에 대한 안전성 연구도 필요하다고 본다.

더우기 본 기술의 국제적 실용화 추세를 감안하여 우리 모두가 보다 적극적이고 긍정적인 자세로 연구개발과 실용화에 임한다면 소비자의 안전과 이익을 보장하고 나아가 식품산업의 건전한 발전을 위한 새로운 기술의 정착을 기대할 수 있을 것이다.

## 참고 문헌


1. WHO:Wholesomenesss of irradiated food. Report of a joint FAO/IAEA/WHO expert committee. Technical Report Series-659, 34(1981)
2. Codex Alimentarius Commission : Codex General Standard for Irradiated Foods and Recommended International Code of Practice for the Operation of Radiation Facilties Used for the Trearment of Foods.

CAC/VOL. XV/FAO, Rome(1984)
3. Brynjoifossn, A. : Food-energy-developing countries--food irradiation. IAEA-SM-250/26, 421(1981)
4. 조한옥, 권중호, 변명우, 양재승, 조성기, 강일준 : 방사선을 이용한 국내 식품연구문헌초록(1960-1992). 한국원자력연구소 식품조사연구실(1993)
5. Kown, J. H., Byun, M. W. and Cho. H. O. : Development of food irradiation technology and consumer attitude toward irradiated food in Korea. Radioisotopes. 41(12), 654(1992)
6. 진강, 한병훈, 권중호 : 방사선 조사 인삼의 안정성 및 효능 평가에 관한 연구. 과학기술처 특정연구보고서(I-IV). (1990-1993)
7. 농수산물 유통공사 : 농수산물 도·소매 가격 동향(1988-1992).
8. 龜山研二:食品照射, 16, 47(1981)
9. 김정옥, 염광빈, 조한옥, 권중호 : 방사선을 이용한 발아식품의 저장 실증연구 비축농산물 저장시험사업보고서, 농개공 식품연구소, p.75(1983)
10. Moy, G. : Foodborne disease and the presentive role of food irradiation. IAEA Bulletin, 4(1992)
11. Anon. : Food safety. Report of the working group in International Symposium on Cost/Benefit Aspects of Food Irradiation process, Aix-en-Provence, France, 1-5 March 1993. Food Irradiation Newsletter, 17(2), 4(1993)
12. IAEA : IAEA Newsbriefs, 5(4), May(1990)
13. IAEA : Food Irradiation Newsletter, 11(2), 34(1987)
14. Ahmed M. : Up-to-date status of food irradiation. Presented at the Final FAO/IAEA RCM of RPFI-phase III, Taejon, Korea, 20-24 September(1993)
15. Othman, Z. : Present status of Food irradiation in Malaysia. Presented at the First FAO/IAEA RCM of RPFI-Phase III, Bombay, India, 16-20 April(1990)
16. IAEA : Food Irradiation Newsletter, 17(2), 3(1993)
17. IAEA : Food Irradiation Newsletter, 15(1), 3(1991)
18. USDA/FSIS : Status of Food irradiation activities in the U.S.A. A.I.I.I. Newsletter, No. 27, 137(1993)
19. 권중호, 조한옥, 변명우, 김석원, 양재승 : 식품에 관한 방사선의 이용연구. KAERI/RR-1097/91, 72(1992)
20. 농수축산신문 : 제1344호(1993. 10. 15일자)
21. Bruhn, C. M. and Schutz, H. G : Consumer awareness and outlook for acceptance of food irradiation. Food Technol., 43(7), 93(1989)
22. Bruhn, C. M. and Noell, J. W. : Consumer in-store responce to irradiated papayas. Food Technol., 41(9), 83(1987)
23. Yuthapon, P. and Saovapong, C. : Consumer acceptance of irradiated nham. Office of Atomic Energy, Bangkok, Thailand, 4369F(1986)
24. Marcotte, M. : Irradiated strawberries enter the U.S. market. Food Technol., p.80, May(1992)
25. Pszczola, D. : Irradiated produce reaches midwest market, Food Technol., p.89, May (1992)
26. Cho, H. O. : Status report on food irradiation in the Republic of Korea. Presented at the Final FAO/LAEA RCM of RPFI-Phase III, Taejon, Korea, 20-24 September(1993)
27. Reuter : "Irradiated chicken selling briskly." 3 September(1993)
28. Loaharanu, P. : International trade in irradiated foods : Regional status and outlook Food Technol., p.77, July(1989)