

## 食品照射의 實用化를 위한 經濟性 調査

崔 彥 浩 · 李 瑞 來  
韓國原子力研究所 環境化學研究室  
(1978년 2월 21일 수리)

# Economic Feasibility for the Commercialization of Food Irradiation in Korea

by

Eon-Ho Choi and Su-Rae Lee

Environmental Chemistry Laboratory, Korea Atomic  
Energy Research Institute, Seoul

(Received February 21, 1978)

### 1. 서 론

원자력의 평화적 이용의 하나로 국제원자력기구 (IAEA) 및 선진제국에서 주도된 食品照射 연구가 이제 그 열매를 맺고 있다. 식품의 새로운 保存방법으로서 방사선조사는 그의 우수성이 이미 널리 인정되었음에도 불구하고 照射식품의 安全性, 소비자의 受容性 및 經濟性에 대한 의구심 때문에 그의 실용화가 지연되고 있다. 그러나 既報<sup>(1)</sup>에서 기술한 바와 같이, 조사식품의 안전성은 각국에서의 거듭된 연구결과로 입증되어, 이미 법적으로 허가된 식품이 19개국에서 25개 품목에 이르고 있고<sup>(2-4)</sup>, 또 1976년 FAO/IAEA/WHO 공동전문위원회에서도 이들 조사식품의 健全性을 공인한 바 있어<sup>(4,5)</sup>, 식품조사의 商業化는 소비자의 수용성 및 경제성 문제가 해결되는 대로 여러나라에서 실현될 단계에 있다.

일본에서는 이미 1974년부터 방사선 照射된 감자가 가공 및 가정용으로 다량 시판되어 物價安定에 기여한 바 있고<sup>(6,7)</sup> 태국, 이태리, 서독, 네델란드 등에서도 소비자 반응을 검토하기 위한 조사식품의 市販에서 성공을 거두었다<sup>(8)</sup>. 조사식품의 실용화는 미국, 소련, 캐나다와 같이 국토가 넓은 나라보다는 국토가 좁고 인구밀도가 높으면서 상공업이 발달한 일본, 네델란드, 서독, 이태리, 헝가리 등의 온대국가에서 먼저 실현되

어 가고 있다. 이는 식품 生産의 季節性과 地域性, 그리고 식품의 가공 및 저장이 주로 도시인을 상대로 하기 때문으로 본다.

國內에서는 食品照射에 관한 연구 報文이 약 80편 발표된 바 있으며 이 방면에 대한 지식이 상당히 축적되어 있다<sup>(9)</sup>.

우리나라와 같이 인구밀도가 높고, 특히 도시인구가 급격히 증가하는 동시에 경제가 고도로 성장되는 나라에서는 식품의 保存 및 加工技術의 개선이 절실할 것이며, 새로운 保存 방법인 食品照射의 실용화에 있어서 참고가 될 경제성 분석과 고려되어야 할 몇가지 문제점을 검토하였기에 그 결과를 이에 소개한다.

### 2. 照射對象食品의 貯藏性과 價格변동

방사선조사의 효과에는 감자, 양파 등의 發芽抑制, 곡류와 과실의 殺蟲, 육류와 채소의 殺菌, 채소와 과실의 熟度調整 등이 있다. 그중 우리나라에서는 발아억제 효과가 가장 먼저 이용될 것이다. 그 이유는 (1) 방사선 照射線量이 낮아 조사시설 및 조사비용이 적게 들고, (2) 방사선 處理效果가 분명하며, (3) 발아되는 식품은 端境期를 형성하여 가격의 급등현상을 보인다<sup>(9,10)</sup>. 그리고 (4) 지금까지 가장 효과적이라는 약제처리(MH劑), 또는 냉온저장에 의한 발아억제에는 기술적 및 경제적 면에서 문제점이 있으며, (5) 국내의에서

표 1. 밭아역제 對象食品의 연도별 생산량 및 재배면적<sup>(1)</sup>

|       |      | 감           |           | 자            |           | 고           |           | 구          |           | 마      |       | 마   |     | 늘   |     | 양   |     | 파   |     | 밭*  |     |  |
|-------|------|-------------|-----------|--------------|-----------|-------------|-----------|------------|-----------|--------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
|       |      | (톤)         | (%)       | (톤)          | (%)       | (톤)         | (%)       | (톤)        | (%)       | (톤)    | (%)   | (톤) | (%) | (톤) | (%) | (톤) | (%) | (톤) | (%) | (톤) | (%) |  |
| 생 산 량 | 1971 | 589,096     | 100.0     | 1,901,361    | 100.0     | 81,515      | 100.0     | 89,690     | 100.0     | 5,501  | 100.0 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
|       | 1972 | 458,535     | 77.8      | 1,877,289    | 98.7      | 87,739      | 107.6     | 119,628    | 133.4     | 5,730  | 104.2 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
|       | 1973 | 470,175     | 79.8      | 1,668,840    | 87.8      | 90,855      | 111.5     | 91,476     | 102.0     | 5,817  | 105.7 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
|       | 1974 | 469,185     | 79.6      | 1,449,578    | 76.2      | 97,451      | 119.5     | 128,043    | 142.8     | 6,807  | 123.8 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
|       | 1975 | 674,798     | 114.5     | 1,953,175    | 102.7     | 84,998      | 104.3     | 113,204    | 126.2     | 15,181 | 276.0 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
|       | 평 균  | 532,358     |           | 1,770,048    |           | 88,512      |           | 108,408    |           | 8,057  |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 재배면적  | 1971 | (ha) 52,496 | (%) 100.0 | (ha) 112,155 | (%) 100.0 | (ha) 15,264 | (%) 100.0 | (ha) 3,596 | (%) 100.0 |        |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
|       | 1972 | 43,553      | 83.0      | 105,107      | 93.7      | 16,220      | 106.3     | 5,081      | 141.3     |        |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
|       | 1973 | 41,629      | 79.3      | 96,612       | 86.1      | 16,687      | 109.3     | 4,296      | 119.5     |        |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
|       | 1974 | 43,013      | 81.9      | 80,314       | 71.6      | 18,328      | 120.1     | 5,764      | 160.3     |        |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
|       | 1975 | 52,690      | 100.4     | 94,580       | 84.3      | 16,419      | 107.6     | 5,005      | 139.2     |        |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
|       | 평 균  | 46,676      |           | 97,753       |           | 16,584      |           | 4,748      |           |        |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |

자료 : 농림통계연보 (1972-1976), \* 1,000 L=1톤으로 간주

방사선에 의한 밭아역제 연구가 충분히 진행되어 그의 안전성이 공인되었음은 물론, 외국에서 현재 照射된 감자가 대량으로 시판되고 있기 때문이다(2,3,7).

우리나라에서 많이 생산되는 밭아역제 대상식품으로는 감자, 고구마, 마늘, 양파, 밤이 있는데 이들은 모두 국민의 영양, 기호와 밀접한 관계가 있으므로 이의 생산 및 공급에 대해서는 정부에서도 깊은 관심을 갖

고 있다. 이들 식품은 休眠기간이 지나고 월동하게 되면 밭아로 인하여 영양 및 상품 가치가 떨어지며, 이에 따라 미리 밭아를 예상하여 다량 저장을 시도하지 않기 때문에 수확 후 반년이 지나면 그 出荷量이 대폭 줄어들어 결국 수요 공급의 불균형으로 인한 가격의 급등을 초래하지 않을 수 없다. 이들 관제를 보다 상세히 열거하면 다음과 같다.

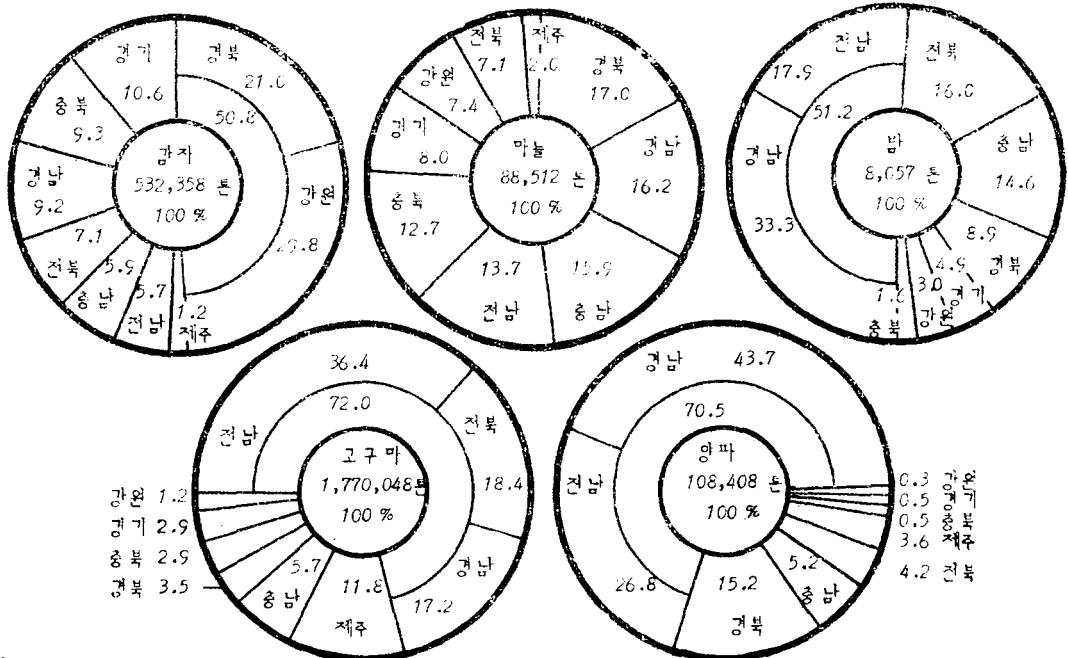


그림 1. 밭아역제 對象食品의 5년(1971-1975) 평균 道別 生産량(백분율)

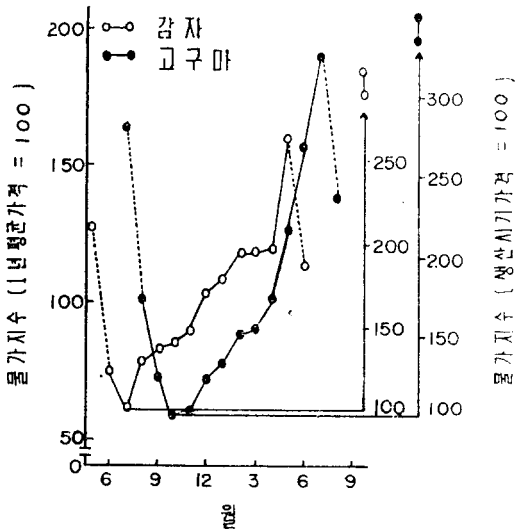


그림 2. 감자와 고구마의 5년(1971-1976) 평균 월별 도매 물가지수 (서울)

1) 감자와 고구마

1971년부터 1975년까지 감자와 고구마의 年平均 수확량을 보면, 감자가 53만톤으로 강원도와 경상북도가 전국 수확량의 절반을 차지하고 고구마는 177만톤으로 전라남북도와 경상남도에서 72%를 차지하고 있다(11). (표 1, 그림 1).

감자와 고구마는 가정에서의 主·副食用に 전분과 주정원료, 사료 등으로 소비되고 있다. 고구마는 상처와 냉해를 입기 쉽고 연부병과 흑반병으로 부패되기 쉬워 생고구마의 저장이 지극히 어렵다. 그러나 감자에 비하여 값이 싸고 정책적인 배려 때문에 생고구마 그대로 또는 切干 고구마로 저장된 것이 가공원료로 활용되고 있다. 감자는 고구마에 비하여 저장성이 좋고 고구마에 固有한 냄새, 쓴맛, 갈변현상이 덜하며 조리 및 가공특성이 우수하기 때문에 증산만 가능하다면 수요가 훨씬 증가될 전망이 있다(12,13).

감자와 고구마는 휴면기간이 지나 적당한 조건이 되면 발아하기 때문에 재래적인 움저장법이나 온돌저장법에 의해서는 아무리 잘 관리하더라도 발아를 완전히 억제할 수 없어 월동하게 되면 그 출하량이 대폭 줄고 따라서 값이 급등하게 된다. 그림 2는 1971년부터 1976년까지 5년간 감자와 고구마의 월별평균 都賣物價의 변화를 指數로 나타낸 것이다(9,10). 감자의 경우, 수확기인 7월에 값이 가장 싸고 7개월 후인 이듬해 2월이 되면 수확기의 2배, 5월이 되면 2.7배로 된다. 고구마는 이러한 현상이 더욱 심하여 수확기인 10월에 비하여 7개월 후인 이듬해 5월에는 2.1배, 7월에는 3.2배로 가격이 오른다. 참고로 쌀의 경우를 보면 (그림 4) 같

은 기간에 1.25배, 즉 25%밖에 오르지 않은 것을 감안할 때 감자와 고구마의 경우는 엄청난 가격의 상승이라 아니할 수 없다.

2) 마늘과 양파(14,15)

마늘은 예로부터 고추가루와 함께 常用된 주요 香辛料로서 1971년부터 1975년까지의 年平均 생산량이 88,512톤에 이른다(11) (표 1). 마늘은 수확 후 건조장기 비교적 용이하기는 하나 중량감소와 線蟲, 고자리파리 등에 의한 손실이 크고, 건조를 막기 위하여 습도를 유지하여 주면 鱗片에서 발아, 부패되기 때문에 예상으로 저장관리가 어렵다.

양파는 도시인구의 증가와 식생활의 변화로 그 수요량이 증가하여 1971년부터 1975년 사이의 年平均 생산량이 마늘보다 많은 108,408톤이었다. 이 중 70.5%가 경상남도과 전라남도에서 생산된다(11) (표1, 그림 1). 양파는 마늘과는 달리 생체를 그대로 신선하게 보전하여야 하고 상온은 물론 저온에서도 쉽게 발아, 부패되기 때문에 그 저장성이 크게 문제시되고 있다.

1971년부터 1976년까지 마늘과 양파의 가격변화를 보면(9,10) 그림 3에서와 같이 마늘은 수확기인 6월부터 10월까지의 가격의 큰 변화가 없지만 이듬해 3월이 되면 1.5배, 5월이 되면 1.8배까지 오른다.

마늘보다 저장성이 나쁜 양파의 경우는 수확기인 6월에 최저값을 보이고 6개월 후인 이듬해 2월이 되면 2.3배, 4월에는 3.6배까지 급격히 상승하는 것으로 보아 양파의 공급량이 얼마나 부족되는가를 짐작할 수 있다.

3) 밤(14,16)

밤은 보통 9월 중순부터 수확하여 밤바구미, 밤나방

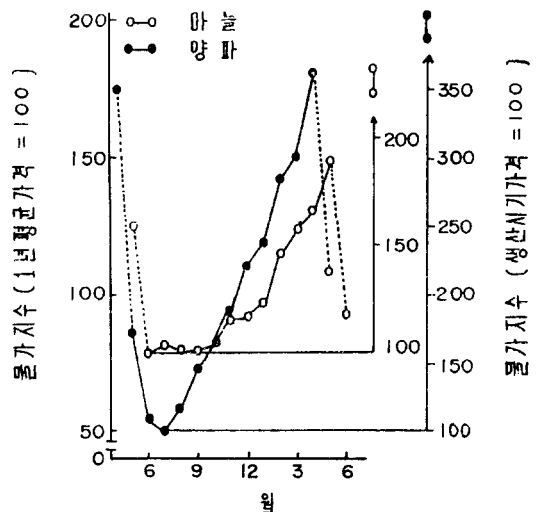


그림 3. 마늘과 양파의 5년(1971-1976) 평균 월별 도매 물가지수 (서울)

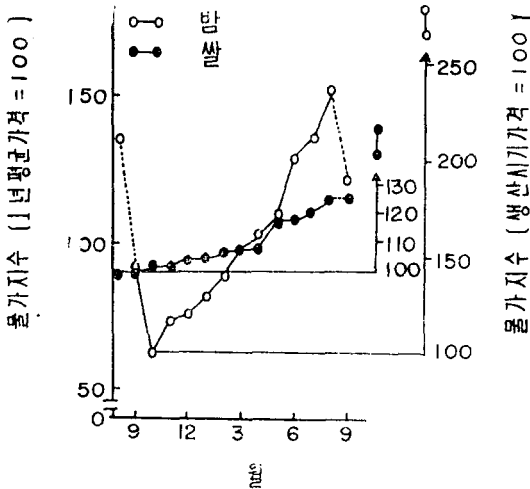


그림 4. 밥과 쌀의 5년 (1971-1976) 평균 월별 도매 물가지수 (서울)

등의 피해를 방지하고자 CS<sub>2</sub>로 훈증, 살충하고 선선한 곳에 움을 만들어 濕潤한 모래나 톱밥과 혼합하여 저장한다. 밤은 품종과 저장조건에 따라 차이가 있으나 대체로 상온 저장에서는 월동후 2월 중순경부터 발아하기 시작하여 3월 중순이 되면 반이상이 발아한다.

밤은 정부의 有實樹 장려정책에 의하여 생산량이 증가, 1974년에 약 6,800톤이던 것이 1975년에는 2배가 넘는 15,200톤이 되었으며 그후 나무의 성장과 함께 더욱 증가되었으리라 예상된다(표 1). 1971년부터 1976년까지의 5년간평균 월별 가격변화를 보면(9,10), 그림 4에서 보는 바와 같이 수확기인 10월에 가장 싸고 점차 올라 이듬해 3월이 되면 1.5배, 8월에는 2.4배까지 가격이 상승함을 알 수 있다.

### 3. 방사선조사의 經濟性

감자, 고구마, 마늘, 양파, 밤은 수확 직후부터 일정한 휴면기간을 갖는데 수확후 시간경과에 따라 방사선 照射效果가 감소되며 휴면기간이 지나면 그 효과는 거의 기대할 수 없게 된다. 이들의 휴면기간은 2-3개월에 불과하기 때문에 조사시설의 가동율을 높이려면 단일품목만으로는 비경제적이다.

그러므로 품목별 가동 비율을 적절히 조정하는 것이 바람직한데, 이에는 조사시설의 궁극적인 목적이 收益性이나 또는 物價安定 이냐에 따라서 어느 식품에 더 비중을 둘 것인가에 차이가 생길 것이며, 어느경우에나 (1) 생산량과 생산지, (2) 년중 물가변동, (3) 단위중량당 가격, (4) 수확시기 및 휴면기간, (5) 저장

중 발아의 심각도, (6) 재래적인 저장방법과의 비교, (7) 가공원료로서의 이용도, 그리고 (8) 조사선량 및 방사선조사 후의 저장관리 등에 대해서 고려하지 않으면 안 될 것이다.

1971년부터 1976년까지의 자료를 보면, 감자<밤<마늘<고구마<양파의 순으로 季節別 물가상승율이 높고, 고구마<감자<양파<마늘<밤의 순으로 高價食品임을 알 수 있다. 그리고 생산량은 밤<마늘<양파<감자<고구마의 순으로 많다. 발아억제에 필요한 조사선량은 수확 후의 조사시기에 따라 차이가 있으나 양파, 마늘, 감자가 5-15 krad이고 밤과 고구마는 20 krad 내외로서 후자는 전자에 비하여 조사시간이 약 2배 더 걸린다(16-21).

이상에 비추어 볼 때 감자, 양파, 마늘은 고구마, 밤에 비하여 照射對象 품목으로 보다 더 적합한데 이들의 수확시기가 중복되는 문제점이 있으므로 그 중에서 어느 하나에 더 비중을 둔다면, 발아가 심각한 문제로 되어 있고 수익성이 높을 것으로 기대되는 양파를 선정할 수 있겠다.

고구마는 조사시간이 많이 요구되고 값싼 식품이며 또 상처 및 냉해에 약하여 照射 후의 저장관리가 어려우므로 조사대상 품목으로 선정하는데 문제점이 있으나, 수확시기가 다른 식품과 중복되지 않는 유리한 점도 있다. 밤 또한 수확시기가 중복되지 않고 앞으로 생산량이 늘어 가공원료로 활용되면 년중 공급이 불가피하게 되므로 실용가능성이 높다.

#### 1) 照射食品의 판매差額

필자가 시찰한 바 있는 日本 北海道 士幌에 있는 300 kCi 감마선 조사 시설은 6-15 krad 범위내에서 하루에 약 340톤, 한달에 약 10,000톤의 감자를 처리할 능력을 갖고 있다. 우리나라에 이와 같은 규모의 조사시설을 설치한다고 가정할 때, 조사선량, 수확시기 및 휴면기간을 고려하여 조사시간을 설정, 분배한다면 감자, 마늘, 양파, 고구마가 각각 1개월씩, 밤 1/2개월을 충분히 照射할 수 있다. 이것을 중량으로 표시하면 감자가 총생산량의 2%에 해당하는 10,600톤, 마늘이 10%에 8,900톤, 양파가 10%에 10,800톤, 고구마가 0.2%에 3,400톤, 그리고 밤이 20%에 1,600톤으로서 합계 35,400톤이 된다(표 2).

이것을 1975/76년의 서울도매가격으로 구입, 판매한 것으로 가정하고 계산하여 보았다. 1975년 수확기의 원료구입 총액은 약 36억원이 된다. 방사선 조사제품은 장기간 저장하였다가 다음해 端境期를 맞아 시기별로 나누어 出荷하게 된다. 저장중 중량감소, 부패 등으로 약 20%가 손실되었다고 가정하고 건전한 것만을

표 2. 발아억제 대상식품의 구입 및 판매 差額

|                                      | 감                   | 자 | 고                   | 구 | 마 | 마 | 늘                    | 양                   | 파 | 밤*                   | 계         |
|--------------------------------------|---------------------|---|---------------------|---|---|---|----------------------|---------------------|---|----------------------|-----------|
| 생산량 (1971-75평균) (톤)                  | 532,358             |   | 1,770,048           |   |   |   | 88,512               | 108,408             |   | 8,057                | 2,507,383 |
| 감마선처리 예상량(톤)<br>(생산량 對比)             | 10,647<br>(2%)      |   | 3,440<br>(0.2%)     |   |   |   | 8,852<br>(10%)       | 10,841<br>(10%)     |   | 1,611<br>(20%)       | 35,392    |
| 저장후 제품량(톤)(20%손실)                    | 8,518               |   | 2,752               |   |   |   | 7,080                | 8,673               |   | 1,289                | 28,312    |
| 원료구입가격(도매, 원/37.5kg)<br>(수확기)        | 1,533<br>(1975.7)   |   | 1,613<br>(1975.10)  |   |   |   | 7,567<br>(1975.9)    | 2,425<br>(1975.7)   |   | 12,225<br>(1975.10)  |           |
| 제품판매가격(도매, 원/37.5kg)<br>년평균 가격(12개월) | 2,955               |   | 2,266               |   |   |   | 10,787               | 5,456               |   | 17,370               |           |
| 저장후 출하가격 (4개월 평균)<br>(출하시기)          | 3,875<br>(1976.2-4) |   | 3,025<br>(1976.3-7) |   |   |   | 15,354<br>(1975.2-5) | 8,325<br>(1976.1-4) |   | 23,438<br>(1976.1-4) |           |
| 년중 최고 가격<br>(출하시기)                   | 5,000<br>(1976.5)   |   | 4,000<br>(1976.7)   |   |   |   | 22,788<br>(1976.5)   | 9,000<br>(1976.3-4) |   | 33,750<br>(1976.8)   |           |
| 원료구입총액(1,000원)                       | 435,249             |   | 147,966             |   |   |   | 1,786,216            | 701,051             |   | 525,186              | 3,595,668 |
| 저장후 판매총액(1,000원)<br>년평균 가격 근거        | 671,218             |   | 166,294             |   |   |   | 2,036,586            | 1,261,864           |   | 597,065              | 4,733,027 |
| 저장후 가격 근거                            | 880,193             |   | 221,995             |   |   |   | 2,898,835            | 1,925,406           |   | 805,625              | 6,732,054 |
| 최고 가격 근거                             | 1,135,733           |   | 293,547             |   |   |   | 4,302,374            | 2,081,520           |   | 1,160,100            | 8,973,274 |
| 판매차액(이익) (1,000원)<br>년평균 가격 근거       | 235,969             |   | 18,328              |   |   |   | 250,370              | 560,812             |   | 71,879               | 1,137,359 |
| 저장후 가격 근거                            | 444,944             |   | 74,029              |   |   |   | 1,112,620            | 1,224,355           |   | 280,439              | 3,136,386 |
| 최고 가격 근거                             | 700,484             |   | 145,581             |   |   |   | 2,516,159            | 1,380,469           |   | 634,914              | 5,377,606 |

\* 1,000 L = 1톤으로 간주

표 3. 발아억제 대상식품의 서울 都賣 가격 (1975/76)<sup>(9),10)</sup>

| 감       | 자  | 월 | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 1     | 2      | 3      | 4      | 5      | 평 | 균      |   |
|---------|----|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|---|--------|---|
| (上 品)   | 원  |   | 2,067 | 1,533 | 2,058 | 2,357 | 2,706 | 2,753 | 2,988 | 3,500 | 3,500  | 3,500  | 3,500  | 5,000  |   | 2,955  |   |
| 37.5 kg | %  |   | 134.8 | 100   | 134.2 | 153.8 | 176.5 | 179.6 | 194.9 | 228.3 | 228.3  | 228.3  | 228.3  | 326.2  |   | 182.8  |   |
| 고       | 구  | 마 | 월     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 1     | 2     | 3      | 4      | 5      | 6      | 7 | 평      | 균 |
| (上 品)   | 원  |   | 2,801 | 1,980 | 1,613 | 1,633 | 1,667 | 1,700 | 1,000 | 2,000 | 2,300  | 2,300  | 3,500  | 4,000  |   | 2,266  |   |
| 37.5 kg | %  |   | 173.7 | 122.8 | 100   | 101.2 | 103.3 | 105.4 | 105.4 | 124.0 | 142.6  | 142.6  | 217.0  | 248.0  |   | 140.5  |   |
| 마       | 늘* | 월 | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 1     | 2      | 3      | 4      | 5      | 평 | 균      |   |
| (上 品)   | 원  |   | 8,683 | 8,533 | 8,414 | 7,567 | 8,197 | 9,150 | 8,833 | 8,650 | 11,946 | 13,030 | 13,650 | 22,788 |   | 10,787 |   |
| 37.5 kg | %  |   | 114.7 | 112.8 | 111.2 | 100   | 108.3 | 120.9 | 116.7 | 114.3 | 157.9  | 172.2  | 180.4  | 301.1  |   | 142.6  |   |
| 양       | 파  | 월 | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 1      | 2      | 3      | 4      | 평 | 균      |   |
| (上 品)   | 원  |   | 3,646 | 2,460 | 2,425 | 2,860 | 3,247 | 5,170 | 5,883 | 6,484 | 6,600  | 8,700  | 9,000  | 9,000  |   | 5,456  |   |
| 37.5 kg | %  |   | 150.1 | 101.4 | 100   | 117.9 | 133.9 | 213.2 | 240.5 | 267.4 | 272.2  | 358.8  | 371.1  | 371.1  |   | 225.0  |   |
| 밤       | 월  | 9 | 10    | 11    | 12    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6      | 7      | 8      | 평      | 균 |        |   |
| (中上品)   | 원  |   | 5,000 | 3,260 | 3,320 | 3,500 | 3,500 | 4,000 | 4,000 | 4,000 | 4,000  | 6,000  | 6,000  | 9,000  |   | 4,632  |   |
| 10 L    | %  |   | 153.4 | 100   | 101.8 | 107.4 | 107.4 | 122.7 | 122.7 | 122.7 | 122.7  | 184.0  | 184.0  | 176.1  |   | 142.1  |   |

자료 : 물가총감 (1976), 물가월보 (1976), \* 1974-1975

도매가격으로 판매하였을 때에 원료구입액과 제품판매액 간의 차액은 (1) 년평균 가격기준으로 판매하였을

때에 약 11.4억원, (2)저장후 단경기 4개월의 평균출하가격기준으로 31.4억원, (3) 년중 최고가격기준으로

53.8억원이 된다.(표 2,3).

이와 같은 판매차액은 값싼 감자 대신에 마늘이나 양파를, 또 고구마 대신에 밤의 비율을 높이면 더 증가될 것이다. 또한 원료를 서울도매 가격이 아닌 농가 판매가격으로 구입하면 그 차액은 훨씬 많아질 것이다(표 4). 단 여기에서 판매 차액에는 방사선 조사비, 저장관리비, 수송비, 인건비, 이자 등을 고려하지 않

은 것이다.

2) 방사선 照射施設 및 照射經費

일본 北海道에 있는 300 kCi 방사선 조사시설의 건설비는 표 5에서와 같이 1973년 당시 방사선원을 포함하여 약 130만불(6.5억원)이 소요되었다<sup>(2)</sup>. 그리고 1974년부터 1976년까지 2년간 年평균 운영관리비는 Co-60 선원 보충비를 포함하여 20만불, 즉 1억원이 소요되었

표 4. 농가판매, 서울 都賣 및 小賣 平均가격(원)<sup>(10-10)</sup>

| 년도          | 감 자                |                    |                    | 고 구 마              |                    |                    | 마 늘 양 파            |                    |                    |                    |                    |                    | 밤                  |                     |                     |
|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
|             | 농가*<br>판매도<br>(상품) | 서울**<br>매소<br>(상품) | 서울**<br>매소<br>(상품) | 농가*<br>판매도<br>(중품) | 서울**<br>매소<br>(상품) | 서울**<br>매소<br>(상품) | 농가*<br>판매도<br>(중품) | 서울**<br>매소<br>(상품) | 서울**<br>매소<br>(상품) | 농가*<br>판매도<br>(중품) | 서울**<br>매소<br>(상품) | 서울**<br>매소<br>(상품) | 농가*<br>판매도<br>(중품) | 서울**<br>매소<br>(중상품) | 서울**<br>매소<br>(중상품) |
| 단위          | kg<br>3.75         | kg<br>37.5         | kg<br>3.75         | kg<br>3.75         | kg<br>37.5         | kg<br>3.75         | kg<br>3.75         | 10점                | 1점                 | kg<br>3.75         | kg<br>37.5         | kg<br>3.75         | 100 L              | 10 L                | 2 L                 |
| 1971        | 78                 | 1,288              | 166                | 72                 | 1,078              | 169                | 545                | 11,459             | 1,527              | 152                | 2,789              | 350                | 17,316             | 2,860               | 620                 |
| 1972        | 108                | 1,726              | 214                | 88                 | 1,483              | 206                | 748                | 11,313             | 1,552              | 77                 | 1,729              | 232                | 18,584             | 3,053               | 753                 |
| 1973        | 142                | 2,311              | 290                | 110                | 1,478              | 203                | 608                | 8,128              | 1,107              | 131                | 2,909              | 374                | 22,602             | 3,541               | 985                 |
| 1974        | 211                | 2,842              | 340                | 168                | 2,263              | 325                | 504                | 8,202              | 1,001              | 163                | 3,111              | 409                | 24,522             | 3,179               | 886                 |
| 1975        | 195                | 2,852              | 367                | 190                | 2,470              | 349                | 1,027              | 8,202              | 2,822              | 246                | 3,926              | 526                | 34,713             | 4,559               | 1,356               |
| ***<br>1976 |                    | 3,425              |                    |                    | 2,700              |                    |                    | 22,123             |                    |                    | 5,191              |                    |                    | 4,666               |                     |

\* 농림통계연보 (1976)

\*\* 물가총감 (1976)

\*\*\* 물가월보

표 5. 日本 北海道の 감마선 照射工場 建設비<sup>(2)</sup> 및 年間 운영관리비<sup>(6)</sup>

|                                 | US \$     | 韓 貨(천원)*** |
|---------------------------------|-----------|------------|
| 건축 시설비*                         |           |            |
| 진 물                             |           |            |
| 감마선조사棟 449m <sup>2</sup> (139坪) | 257,400   | 128,700    |
| 관리棟 303m <sup>2</sup> ( 94坪)    | 38,200    | 19,100     |
| 콘베어棟 179m <sup>2</sup> ( 55坪)   | 17,600    | 8,800      |
| 작업진 981m <sup>2</sup> (303坪)    | 66,700    | 33,350     |
| 시 설                             |           |            |
| 콘베어                             | 170,000   | 85,000     |
| 선원조작, 안전관리 기타 부속장치              | 450,000   | 225,000    |
| 선 원                             |           |            |
| Co-60, 300,000 Ci               | 170,000   | 85,000     |
| 기 타                             |           |            |
| Fork-lift                       | 7,800     | 3,900      |
| Container, 2,000개               | 120,000   | 60,000     |
| 계                               | 1,297,700 | 648,950    |
| 운영관리비**                         |           |            |
| Co-60 선원보충비                     | 40,000    | 20,000     |
| 인건비(직원 4명, 작업원 3명)              | 50,000    | 25,000     |
| 金利                              | 50,000    | 25,000     |
| 償却費                             | 33,000    | 16,500     |
| 동력, 수리비                         | 27,000    | 13,500     |
| 계                               | 200,000   | 100,000    |

\* 1973년말 준공      \*\* 1974년부터 1976년까지 2년간 평균      \*\*\* \$1=500원

자 료 : Food Irradiation Information No. 4 (1975) 및 梅田圭司, 澱粉科學, 24(1), 19 (1977)

표 6. 한국원자력연구소내 100 kCi Co-60 대단위  
照射施設の 건설비 (1974) (단위 : 천원)

|                          |         |
|--------------------------|---------|
| 건물비                      | 134,958 |
| 구축물                      | 3,223   |
| 연구시설 및 장비                | 1,782   |
| 照射線源*, 콘베어, 운전 및 안전관리 장비 | 116,524 |
| 건설지원 비용                  | 1,923   |
| 합 계                      | 258,410 |

\* 60 US cents/Ci

다<sup>(6)</sup>.

국내에서도 100 kCi의 Co-60감마선 조사시설이 한국 원자력연구소내에 설치되어 있다. 이것은 醫療機器 멸균 및 木材가공을 위한 연구개발용 조사시설이기 때문에 산업용 조사시설보다 건설비가 훨씬 더 많이 소요되어 비교가 어렵겠지만 참고적으로 소개하면 표 6과 같다.

Co-60 방사선원은 연간 12.5%씩 소모되므로 매년 보충되어야 하는데 표 5,6에서와 같이 일본의 경우는 1 Ci당 57 cents, 국내의 경우는 1 Ci당 60 cents가 소요되었다.

방사선 照射費用은 시설투자 방법 및 稼動率에 따라 계산방식에 차이가 있겠지만, 일본의 감자 照射를 위한 연간 운영관리비 1억원을 기준할 때, 감자 1톤당 3,300원이 된다. 일본의 감자 照射는 휴면기 때문에 3개월 밖에 가동할 수 없었으며 결국 3개월 가동에 연간 1억원의 유지비가 소요된 것으로 된다. 그러므로 같은 조건에서 우리나라의 감자, 양파, 마늘, 고구마, 밤을 4.5개월 동안 35,400톤 처리하게 되면 1.5억원 이하의 경비가 들 것으로 推算된다. (原料 1톤당 4,238 원 또는 37.5kg당 159원)

#### 4. 實用化에 앞선 고려사항

##### 1) 안전성 및 법적허가

방사선 조사식품이 실용화되려면 안전성 검토와 아울러 법적허가 절차가 필요하다. 既報<sup>(1)</sup>에서 상세하게 보고한 바와 같이, 1976년 FAO/IAEA/WHO 공동 전문 위원회는 방사선조사한 감자와 양파의 안전성을 공인한 바 있으며, 그 이전에 감자는 소련을 포함하여 18개국, 양파는 캐나다를 포함하여 9개국에서 이미 법적으로 허가된 바 있다. 마늘의 경우는 불가리아와 이태리 두 나라에서만 허가되었고 고구마와 밤에 대해서는 일본에서만 부분적으로 연구되었다.

일본에서는 1973년 12월, 北海道 土幌에 300 kCi의 Co-60 방사선 조사시설이 준공되어 1973/74년에 15,000

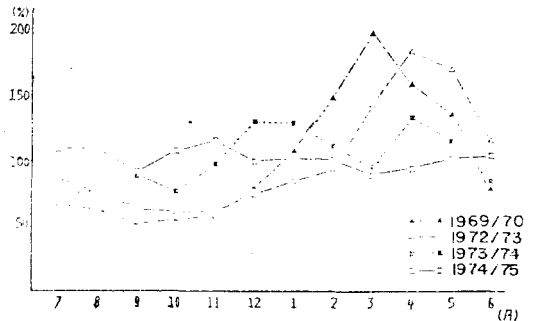


그림 5. 東京시장에서의 감자가격의 변동(평균가격을 100으로 함)

1969/70 : 과거 10년간 가격변동이 가장 심하던 해  
1974/75 : 야채가격 安定基金으로 5,500톤의 照射감자를 확보하여 시장가격의 안정화에 성공  
梅田圭司 : 澱粉科學(日本) 24(1), 19(1977)에서 인용

톤, 1974/75년에 19,000톤, 1975/76년에 21,000톤의 照射감자가 가공 및 가정용으로 시판되었으며<sup>(6,7,22)</sup> 그 결과 그림 5에서 볼 수 있듯이 東京市場의 감자가격을 안정화하는데 성공하였다<sup>(6,20)</sup>.

국내에서 食品照射에 관한 연구는 1960년대부터 시작되어 많은 논문이 보고되고 있는데, 그 중에서도 감자, 고구마, 마늘, 양파, 밤에 관한 연구가 활발히 이루어졌다<sup>(12-21)</sup>. 이들의 안전성 검토와 법적허가 절차는 외국의 자료와 부분적인 보충연구로서 충분하다고 보며 품종과 기후의 차이에서 오는 照射효과와 조사시기에 대한 기술적인 문제가 실용화에 앞서 보완, 검토되어야 할 것이다.

##### 2) 照射시설 및 運營비용

식품조사의 산업화를 위한 조사시설의 設置와 稼動에 있어서 소요경비를 지배하는 인자로서 미국의 Deitch<sup>(23)</sup>는 (1) 조사될 식품의 성질, (2) 조사시설이 갖는 특성, (3) 조사선원, (4) 자금조달 및 투자자본의 회수방법, (5) 설립 및 운영방법 등을 들고 있다.

##### (1) 식품의 성질

조사선량을 많이 요구하는 식품일수록 단위중량당 조사비용이 많이 드는 것은 당연하지만 동일선량이라 하더라도 조사선원과 식품과의 거리 및 배열방법에 따라 조사효율에 차이가 있기 때문에 최적조건을 찾게 된다. 식품의 감마선 흡수선량은 선원으로 부터의 거리제곱에 반비례하기 때문에 거리가 멀면 조사시간이 많이 걸리는 반면에 부위에 따른 최고-최저 흡수선량의 차이가 적고 포장이 큰 식품을 다룰 수 있는 이점이 있다. 식품의 크기, 모양, 밀도 등은 조사효율면에서 균일할수록 유리하고 이는 包裝과도 관계된다. 포장운반, 분배, 저장관리상 필요한데 특히 조사목적

이 살균과 살충인 경우에는 미생물, 해충의 2차감염을 막기 위해서 밀봉 혹은 그에 준하는 포장에 요구된다.

식품은 방사선조사에 의해서 온도가 거의 상승되지 않지만 육류살균의 경우는 高線量으로 인하여 비타민이나 嗜好特性(색, 맛, 냄새, texture)의 저하를 초래하게 되므로 냉동장치가 필요하게 된다. 그러나 감자, 양파의 발아억제나 곡류의 살충에는 냉동장치가 불필요하다.

## (2) 시설이 갖는 특징

조사시설의 규모를 나타내는 施設容量(plant capacity, 단위시간당 최대 조사량)과 연간 稼動率(plant utilization)은 상호 밀접한 관계가 있다. 대부분의 식품원료는 한철에 수확되고 수확후 일정기간 내에 조사하는 것이 유리하기 때문에 한가지 품목의 식품만을 조사할 수 있는 기간은 매우 짧다. 예컨대 감자나 양파의 발아억제는 휴면기간중, 즉 수확후 2-3개월 이내에 조사하였을 때에만 효과적이다. 조사선원은 휴업중에도 계속 소모되고 인건비 기타 관리비의 지출을 고려할 때, 연간 가동율을 높여야 되는 것은 너무나 당연하다. 이것은 품종, 지역에 따른 수확시기의 차이를 이용하여 다소 해결할 수 있으나 그보다는 조사식품의 품목수를 늘리는 것이 바람직하다. 그러나 이 경우 식품에 따른 조사선량의 차이가 엄청나게 크지 않아야 한다.

또한 식품원료는 대부분이 季節性, 地域性을 갖기 때문에 조사시설의 지리적인 위치는 시간과 수송비를 절감시킬 수 있다. 특히 손상되기 쉬운 딸기와 같은 식품은 수확후 바로 조사하는 것이 유리하다.

또 지역에 따라 대지비용, 세금, 노임이 다를 수도 있다. Mobile irradiator는 이러한 문제점을 가장 잘 해결할 수 있으나 시설용량과 조사원료 및 제품의 저장에 제한이 있다. 우리나라는 교통도로가 잘 되어 있고 또 조사목적에 발아억제와 살충인 경우에 실현성이 있다고 보기에 시간과 수송비의 절감은 위치선정에 있어서 주요 이유가 될 것 같지는 않다.

## (3) 照射線源

식품조사에 이용되는 방사선에는 방사성 동위원소가 내는 감마선과 전자가속 장치에서 발생되는 電子線이 있는데 여기서는 실용적인 감마선에 대해서만 기술하겠다. 감마선을 내는 동위원소로는 Co-60과 Cs-137이 있고 이들이 내는 감마선은 식품조사에 有效하지만 인체에는 有害하기 때문에 안전을 위하여 차폐시설과 운전장치에 경비가 든다. Co-60과 Cs-137은 그 자체가 비싸다. 이중 어느 것이 더 실리적이냐 하는 것은 (1) 반감기와 에너지, (2) 선원의 효율(source efficiency), (3) 차폐시설비, (4) 선원비용, (5) 기업의 단기 혹은

장기적인 이윤추구 등에 의하여 결정되며 현재로는 생산량이 많은 Co-60이 널리 쓰여지고 있다.

동위원소는 일정속도로 계속 소모(붕괴) 되기 때문에 보충이 필요하다. Co-60의 반감기는 5.25년으로 선원의 강도를 현상유지하려면 1년에 12.5%씩 보충되어야 하고, Cs-137의 반감기는 33년이어서 1년에 2.28% 혹은 5년에 10.9%씩 보충되어야 한다. Cs-137은 반감기가 매우 길다. 그리고 감마선의 에너지가 Co-60의 절반정도에 불과하여 차폐시설을 적게 요구하므로 mobile irradiator에는 유리하다. 동위원소의 구입계약서에는 반드시 운반, 설치와 그후의 보충방법에 관한 내용이 구체적으로 명시되어 있어야 한다.

방사선 동위원소에는 대체로 棒狀과 板狀이 있는데 어느 것이나 감마선을 공간적으로 방출하기 때문에 방출된 감마선이 식품에 얼마만큼 이용될 수 있는가 하는 것은 조사선원의 배치와 conveyor의 回路 및 식품이 담긴 용기의 배열 방법에 크게 좌우된다. 이것은 값비싼 동위원소의 효율적인 이용면에서 뿐만 아니라 식품의 최고-최저 흡수선량은 그 차이가 작을수록 좋기 때문에 기술적, 기하학적인 배열이 중요하다.

## (4) 설립, 운영방법

조사시설을 식품가공 혹은 저장업체에서 직접 시설 투자한 후 원료구입, 방사선 조사 및 저장, 가공을一括하여 經營하는 방법과 식품조사 전담 기업체가 있어 시설, 운영하고 식품가공 혹은 저장업체로 하여금 수수료로 지불하고 照射하여 가게하는 방법, 또는 방사선조사의 특수성을 고려하여 私設기업체 대신에 어느 특정 公共機關으로 하여금 시설, 운영하게 하는 방법이 있다.

기업가측에서 볼 때 수수료를 지불하는 방법은 수송, 부가노동 등에 의하여 비용이 더 드는 시설투자가 불필요한 이점이 있고 여러 업체에서 이용할 수 있기 때문에 공장 가동율이 높을 수 있을 것이다.

## 5. 결 론

食品照射의 우수성과 안전성은 이제 인정된 사실이다. 이것을 산업화하는 데는 기업의 營利이나, 또는 국가적인 차원에서 物價安定이나에 따라 그 목적이 다르겠지만 어느 경우이건 농가의 收益증대, 식량자원의 損失防止 및 物價安定面에서 기여하는 바 매우 크다.

본문에서는 물가 差額과 照射시설 및 조사비용에 대해서만 經濟性을 分析하였으나 실시단계에서는 照射技術者, 企業家 및 經濟學者 등에 의한 보다 구체적인



검토가 요청된다. 특히 조사식품의 저장관리에서의 성공여부는 기업의 성패를 좌우할 것이므로 식품 保存에 관한 지식과 기술의 습득이 매우 緊要하다 하겠다.

여기에서는 발아억제 대상식품에 한하여 기술하였지만 害蟲으로 장기저장이 어려운 고추가루와 밀가루 등의 분말식품에 대해서도 방사선조사의 이용을 기대할 수 있다. 특히 발아억제 대상식품의 휴면기가 지나면 조사시설이 쉬게 되므로 이때부터 분말식품의 조사에 들어가므로써 조사시설의 稼動率을 높일 수 있을 것이다. 이에 는 조사시설의 설계, 기술상의 해결을 전제로 한다.

### 참 고 문 헌

- 1) 崔彥浩, 李瑞來 : 한국식품과학회지, 10, 92 (1978).
- 2) *Food Irradiation Information*, International Project in the Field of Food Irradiation, Karlsruhe, W. Germany, No. 1-7 (1972-1977).
- 3) 食品照射(日本), 參考資料, 11(1/2), 70 (1976).
- 4) 松山晃 : 原子力工業(日本), 23(5), 23 (1977).
- 5) *Wholesomeness of Irradiated Food* (Report of a Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee), WHO, Geneva (1977).
- 6) 梅田圭司 : 澱粉科學(日本), 24(1), 19 (1977).
- 7) 青木章平 : 原子力工業(日本), 23(5), 23 (1977).
- 8) 李瑞來 : 한국식품과학회지, 5, 188 (1973).
- 9) 物價總鑑, 大韓商工會議所, 1977.
- 10) 物價月報, 大韓商工會議所, 1975-1977.
- 11) 農林統計年報, 農水産部, 1972-1976.
- 12) 이춘녕 : 한국식품연구문헌총람 (1917-1968), 한국식품과학회, p. 149 (1971).
- 13) 李瑞來 : 한국식품연구문헌총람 (2) (1969-1976), 한국식품과학회, p. 66 (1977).
- 14) 이양희 : 한국식품연구문헌총람 (1917-1968), 한국식품과학회, p. 187 (1971).
- 15) 全在根, 曹哉銑 : 한국식품연구문헌총람 (2) (1969-1976), 한국식품과학회, p. 112 (1977).
- 16) 김형수, 박노풍, 조한옥, 최언호, 이홍식, 김영무 : 원자력연구논문집, 9(2-2), 95 (1970).
- 17) 朴魯豐, 崔彥浩, 金臣基, 金年軫 : 韓國園藝學會誌, 15(2), 163 (1974).
- 18) 朴魯豐, 崔彥浩, 金榮武 : 韓國農化學會誌, 12, 83 (1969).
- 19) 朴魯豐, 金妍植, 崔彥浩 : 原子力研究論文集, 7(2-2), 7 (1967).
- 20) 朴魯豐, 金妍植, 崔彥浩 : 原子力研究論文集, 7(2-2), 1 (1967).
- 21) 박노풍, 최언호, 김영무, 김용철 : 原子力研究論文集, 9(1), 41 (1969).
- 22) 梅田圭司 : 原子力工業(日本), 23(5), 17 (1977).
- 23) Deitch, J.: *Radiation Preservation of Food* (Proc. Symp., Bombay, Nov. 1972, IAEA/FAO), IAEA, Vienna, p. 593 (1973).