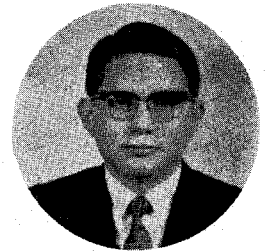


放射線을 利用한 食品加工

美国「메인랜드」州에 있는 原子力 研究所 全景



金 燦 洙
延世大学校 理工大教授

7. 방사선 처리법의 특징

식품의 방사선 처리법은 공업화의 관점에서 볼 때 그 조작이 간단하고 대량의 試料를 손쉽게 취급할 수 있고, 균일한 처리가 가능하다는 이점이 있다.

방사선 Energy 의 흡수로 일어나는 발열량은 계산 상 1 Mrad 당 약 2.4 Cal 로, 식품은 대개 수분이 많아 比熱이 물과 근사하다면 실제문제로 照射에 의한 품온의 상승은 무시할 수가 있다. 따라서, 이 처리법은 Cold sterilization 이라고 불리우고 있으며

식품을 신선한 상태로 보장할 수 있는 특징이 있는 것이다.

방사선의 종류에 따라서 그 透過性이 좋아 식품 내부까지 살균이 가능하며 투과성이 좋지 못한 전자선으로는 이 점을 이용하여 표면 살균이 가능하다. 전자선은 γ 선에 비하여 투과성이 떨어지는 반면에 인공적으로 기계로서 극히 높은 線量率을 발생시킬 수 있다. 어느 쪽의 線源이 각각의 목적에 대해서 기술적으로 또는 경제적으로 유리한가는 금후 더욱 검토

되어야 할 것이다.

또한, 방사선 처리는 照射 後에 있어서 가열, 냉각, 화학적 처리와의 알맞는 조합(Combination) 이 가능하므로 식품가공법의 개선에 쓰일 수도 있다.

그러나, 이상 말한 유효성에 반하여 몇가지 결점도 갖고 있다.

즉 방사선의 화학적 작용에 따른 副反應에 의해서 식품 성분의 변질과 관능적 성질 열등화가 선량의 증가에 따라서 일어나고 부패의 한 요인으로 되어 있는 효소가 파괴되기 어려우며 기름의 산패등 화학적 열등화를 막을수 없는 어려운 점들이 있다. 또는 조사효과가 식품의 품질, 수확기, 조사의 시기, 조사 後의 조건등 여러가지 요인에 따라서 변동하므로 실용화에 있어서는 다른 방법보다 복잡한 기술 체계와 개별적인 고려가 필요한 것으로 생각되고 있다.

8. 방사선에 의한 식품성분의 변질

이 문제는 조사 식품의 안전성(Wholesomeness) 문제와도 관련하여 많은 연구가 진행되고 있으나 실제로 쓰이고 있는 선량 즉 수Mrad 이하에서는 탄수화물, 지방, 단백질등 식품 주요성분에 대해서 영양학적 변화가 근소하므로 큰 문제는 되어 있지 않다.

그러나 단백질, 전분등 거대 분자에 있어서 고차원의 구조 변화라든가, 脂質에 있어서 Carbon Chain 의 절단에 의한 Free radical 의 생성 등 몇가지 화학 변화가 밝혀지고 있다.

Vitamin 類에 있어서는 A, E, K, 및 C 의 파괴가 알려지고 있는데, 일반적으로 완전살균선량인 고선량에 있어서의 파괴는 가열처리와 동정도이며 조사식품이 조리할 때 더욱 파괴되기 쉽다는 보고는 없다.

조사식품의 성분변화에 있어서 보다 문제가 되어 있는 것은 색깔과 향미에 관련하는 식품성분의 변화 문제와 또한 식품 저장에 크게 영향이 있는 효소의 불활성화 문제이다.

효소는 일반적으로 방사선에 대한 저항성이 강하고 완전살균선량에 있어서도 상당한 부분의 효소가 활성을 띄우고 있다.

따라서, 현재 방사선으로 식품중의 효소작용을 완전히 파괴하는 것은 불가능으로 되어 있고 가열에 의한 불활성화가 가장 좋은 방법이라 알려지고 있다.

그러나 단백질 전분등에 대해서 방사선조사로서 효소작용을 받기 쉽게 된다는 사실도 알려지고 있으므로 금후의 연구가 기대된다.

9. 조사취(照射臭)의 문제

조사취 발생 문제는 특히 육류 조사의 실용화에 있어서 큰 장애가 되어 있으나 이 방면의 연구는 많지 않다.

Merritt 등은 육류 조사시에 있어서 지질분획분에 있어서는 주로 Aliphatic hydrocarbon 이 생성되고 단백질 분획분에 있어서는 함황화합물과 Aromatic Hydrocarbon 이 생성되며 Lipo-protein 분획분에서는 Aliphatic Hydrocarbon과함황화합물이 생성된다. 여기서 흥미있는 사실은 이 Lipoprotein Fraction만이 특유한 조사취를 발생한다는 사실이다. 조사취 발생의 기구에 대해서는 아직 분명치 않으나 무산소 상태에서 조사할 때는 Carbonyl Compound 와 조사취와는 관계가 없는 것으로 보고되고 있다.

그러나 여러연구자들은 조사牛肉에 대하여 Gas Chromatography 에 의한 분석으로 여러가지 휘발성 생성물중에서 n-nonanol, Methional Phenyl acetaldehyde 등 3개 화합물이 우육 조사취에 있어서는 거의 확실하게 관여하는 물질이라 생각하고 있다.

10. 조사식품의 안전성

식품 조사를 실시함에 있어서 가장 신중하게 논의되고 있는 것은 안전성(Wholesomeness) 이다. 안전시험에 있어서 최후의 것은 동물시험이다. 조사한

식품을 사료로 하여 동물을 사육하여 그 영향 유무를 조사하고 가능하면 인체시험도 바라고 있다. 현재까지 이 방면에 관해서 대규모의 시험을 실시하고 있는 곳은 미국이다.

미국에서는 1954년부터 본격적인 동물시험을 행하여 1960년대에 와서는 몇가지 조사식품에 대하여 법적으로 허가하였다.

미국에서의 조사식품 안전성에 대한 개요를 살펴 보면 40종의 식품에 대해서 완전살균선량(2.79 및 5.58Mrad) 인 고선량을 조사하여 3개월간 저장한 다음 이것으로 쥐, 개, 원숭이 등을 사육 시험하였다

인체 시험에서는 33인에 대해서 0.01~4 Mrad 로 조사한 식품 54종에 대해서 100% 10일간 급식하였다.

이들 수 많은 동물 실험결과는 거의 조사식품에 의한 안전성이 인정되었다. 그러나 몇가지 의문점이 있었는데 즉 소맥분과 새우로 개를 사육하였을 때 갑상선염이 많아졌고 Lard 는 개에서 소화율이 떨어졌으며, 당근은 쥐의 성장율을 떨어 뜨리는 경향이 있었다.

이와같은 점에 대해서 다시 시험이 반복된 결과 조사 식품과는 관계가 없는 다른 원인에 의한다는 것이 밝혀졌다.

조사한 새우로 개의 갑상선염이 증가하는 문제에 대해서는 아직도 시험을 계속하고 있다는 보고가 있다.

다음 영양가의 면에 대한 조사식품의 영향에 대해서도 문제가 되지 않는다고 알려지고 있다.

Vitamin 등이 가장 파괴되기 쉬우나 통조림이나 가열 조작에 있어서도 마찬가지로 파괴되고 있는 것이다. 특히 파괴되기 쉬운 Vitamin K에 대해서는 이것을 첨가하는 방법 등으로 해결할 수가 있다.

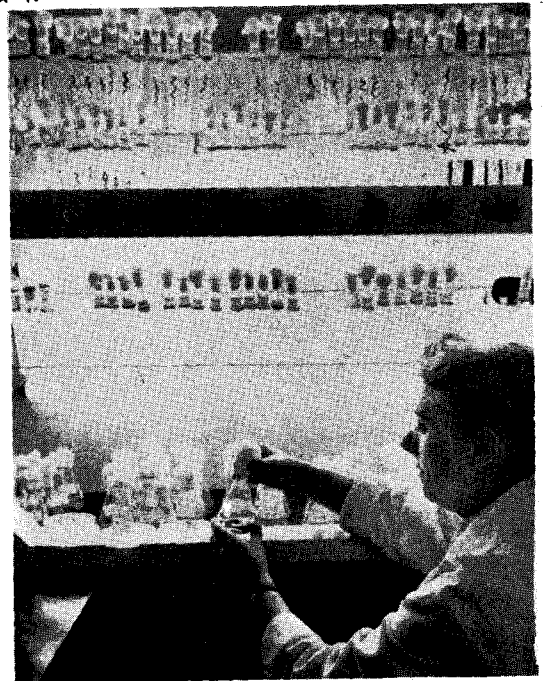
전술한 바 방사선의 화학작용에 의해서 유리기(free radical)가 생성되고, 건조상태에 있는 식품을 조사하였을 때 생성된 유리기는 상당기간 잔존하는 것이 알려지고 있다.

식품중의 유리기에 대하여 이것의 발암작용(發癌作

用) 또는 독성과 관련해서 생각하는 방식도 있으나, 식품의 가열이나 동결 건조의 처리에 있어서도 유리기의 생성이 인정되고 있고 이 유리기는 물을 가하던가 조리(Cooking) 시에 소실되는 것이 알려져 있으므로, 반드시 이것이 독성의 원인이 된다고 말할 수는 없는 것이다.

또한 식품 조사에 있어서 방사능의 유기(誘起)에 대한 문제도 생각할 수 있는데 이 때는 Energy 가 높은 방사선으로 조사할 때 방사선이 식품중의 원소의 원자핵에 작용해서 새로운 방사능을 생성하는 가능성이 있다. 이에 관해서도 각종 Energy 의 방사선으로 식품을 조사하여 방사능을 측정할 결과 11.2Merdd 이하의 전자선 조사에서는 유기방사능(誘起放射能)이 없는 것으로 인정되었다.

미국에서의 이상과 같은 결과는 완전 살균과 같은 고선량에 있어서 특히 유해한 결과가 아니므로 미루어서 Pasteurization 이나 발아 방지와 같은 저선량 조사에 있어서 그 안정성이 충분히 인정되고 있다.



장어의 放射線 照射試驗光景(美)

11. 식품조사비용

조사비에 대해서 보고된 바 많으나 이들이 모두 실제 경험에 입각해서 산출한 것은 극히 적고 이상적 조건을 설정하여 추정한 것이 대부분이므로 확정적인 것이 못 되고 있다.

따라서 식품 조사가 경제적으로 성립 하는가라는 문제에 대해서는 대상 식품의 생산량 유통과정 주요 상태 등에 따라 판단되어야 할 문제이므로 단순한 조사비만의 문제는 아니다.

1) R I 선원(線源)의 경우

종래 식품 조사에는 대체로 Co-60과 Cs-137 등의 방사선 동위원소가 쓰여져 있다. Co-60은 보통 쓰이는 금속 Cobalt 를 원자로서 중성자로 조사하여 만들어지고 있고 Cs-137은 원자로의 회분에서 분리되는 것으로 모두 γ -선출방출하고 있다. Co-60을 전원으로 하는 조사장치 (Irradiator) 로써 세계 최대의 것은 미국 육군의 Natick Lab. 에 있는 1,200,000 큐리(Ci) 의 것이고 기타 수 많은 연구용 조사 장치가 건설되어 기초적 연구, 실용화시험 등이 이루어지고 있다. Co-60의 선원가격은 해를

거듭함에 따라 아주 떨어지고 있으며 1965년 12월에 미국원자력위원회는 Co-60의 가격을 개정했다. 이에 의하면 1~15ci/gr 의 비방사능인 것은 10⁵Ci 이상을 구입할 때 0.4 /Ci, 30-45Ci /gr 인 것은 0.55~0.65 /Ci 으로 되어 있다.

다음Cs-137은 그 반감기가 길고, Co-60은 약 5년, Cs-137은 약 30년, 또한 r-ray의 Energy가 Co-60의 약 절반이기때문에 조사실등의 차폐시설(遮蔽施設)에 요하는 경비가 적게 드는 이점이 있다. Cs-137의 값도 연년 떨어져서 현재는 Co-60과 거의 같아졌다. 장차 원자로의 운전이 많아져서 대량 생산이 가능해지면 더욱 가격이 저하될 것이므로 공업용선원으로서는 가장 적합한 것의 하나로 예상되고 있다.

R I 선원을 이용한 식품 조사 시설로써 실제로 공업화된 것은 캐나다만이고 또 그 공장에서 연구 보고가 없으므로 확실한 것은 알 수 없으나 미국의 Nuclear Chemical Plant 사가 실제 건설한 것(주로의 의약품기구의 살균) 을 소개하면 다음과 같다.

Co-60에 의한 조사비

시설비 \$ 303,000	200,000 Ci \$ 160,000	400,000 Ci \$ 320,000	600,000 Ci \$ 480,000
Co-60(6 Ci/g, \$ 0.8/Ci)			
이자, 시설 (\$/year)	7,580	7,580	7,580
Co-60	7,000	14,000	21,000
상각비, 시설(10year)	30,300	30,000	30,000
Co-60	4,000	8,000	12,000
운 전 비	11,200	11,200	11,200
유 지 비	6,000	6,000	6,000
Co-60 보 충 비	20,000	40,000	84,000
Co-60 수 충 비	2,800	2,800	2,800
합 계 (\$/year)	88,880	119,880	174,880
처 리 비 (t/year)	748	1,495	2,240
(선량 2.5 Mrad)			
조 사 비 (\$/kg)	0.12	0.08	0.08
(선량 2.5 Mrad)			

위의 시설은 다음과 같은 가정하에 산출된 것이다.

- ① 처리량은 시설의 내용 기간중 일정한양으로 한다.
- ② 연 1회 선원을 보충한다. (12.5%)
- ③ 연 50주 운전한다.
- ④ 시설비는 10년 상각으로 한다.
- ⑤ Co-60 자본비에 대해서는 2.25%를 상각한다.
- ⑥ 이자는 시설비에 대해서 2.5%, Co-60 자본

비의 75%에 대해서 5%

- ⑦ 연간 유지비는 시설 자본비의 2%
- ⑧ 특별 기술자는 1인 주 5일 운전
- ⑨ Co-60의 가격 \$ 0.8 / Ci (포장 도착까지의 전 경비)
- ⑩ 선량 2.5 Mrad

다음과 같은 식품에 대해서 조사비 추정치를 보면 다음과 같다.

각종식품의 조사단가

(Nucleonics, Jan, 74 (1965))

품 목	처 리 량 (10 ⁶ Lb/year)	선 량 (Mrad)	선 원 (10 ⁴ Ci)	Co-60가격 (\$/Ci)	전투자액 (\$ 10 ⁶)	처 리 비 (\$/kg)
어 류	70	0.15	5.33	0.6	0.925	0.014~0.036
꿀	63	0.2	12.73	0.3	1.25	0.016~0.048
사 과	197	0.2	19.75	0.3	1.63	0.007~0.021
H a m	15.8	4.5	36	0.3	3.16	0.180~0.51
조 개	5.58	0.45	1.82	0.6	0.505	0.123~0.268
새 우	4.38	0.16	0.35	0.6	0.101	0.098~0.134
어 류	7.65	0.15	2.34	0.6	0.531	0.062~0.173

(선적용)

조사시설로써 상기한 바와 같은 고정식 시설 이외에 이동식의 선원도 개발되어 있으며 시험적으로 이용되고 있다. 「캐나다」에서는 감자의 조사용으로 1.8 × 10⁴ Ci 의 Co-60을 Trailer 에 장비한 것을 시작하고 있으며, 2,200 lb/hr의 처리용량이다. 또는 미국에서 딸기용으로 12.5 × 10⁴ Ci 의 Co-60을 장치하고 선량 0.2 Mrad로 1,000 Lb/hr 의 처리 능력을 갖는 것이 있고 어류조사용으로 선적식의 3 × 10⁴ Ci 의 Co-60으로 150 Lb/hr의 처리능력을 갖고 있는 것을 개발하고 있다.

2) 가속기 (加速器)

방사선으로써 방사선 동위원소에 의한 방사선 이외에 기계로서 인공적으로 발생시킨 방사선이 이용되고 있다. 이와 같은 기계를 일반적으로 가속기라

부르고 있다.

Van de Graph, 선형가속기 등 여러가지 가속기가 개발되고 있다.

가속기에 의한 조사는 일반적으로 방사선동위원소에 비해서 조사비가 저렴하다. 그러나 가속기에 의한 전자선은 투과성이 나빠서 1 Mev의 전자선으로 거의 균일하게 조사될 수 있는 두께는 5~6mm정도이다. 따라서 얇은층의 조사라든지 표면만의 처리인 경우는 가속기가 우수하다.

12. 후 기

우리나라에 있어서도 이상과 같은 식품조사공업의 세계적인 현황과 전망에 관하여 예의 검토 및 연구 개발되어 원자력의 평화적 이용을 위한 한 분야로써 새로운 발전이 기대되어야 할 것이다.