

放射線 照射와 家禽肉 : 綜說

강영신 · 박숙영 · 이영현¹

강릉대학교 식품과학과

Irradiation of Poultry Meat and Poultry Products : A Review

Y. S. Kang, S. Y. Park and Y. H. Yi¹

Department of Food Science, Kangnung National University

Kangnung, Kangweon, Korea 210-702

ABSTRACT

Food irradiation is beginning to provide a safe, effective, and economical alternative treatment for many food products, especially for the raw food of animal origin. The historical background and wholesomeness of food irradiation were examined. The application and effect of the process were investigated. The cost and benefit of the irradiated poultry meat were evaluated. The effect of irradiation on the poultry meat, poultry products, and microorganisms were reviewed. With the safety of irradiated poultry meat and poultry products established, the future of the process is promising.

(Key words: irradiation, poultry meat, poultry products, microorganisms)

緒 論

식품 放射線 照射는 많은 식품, 특히 동물성 식품 원료를 처리하는 안전하고 효과적이며 경제적인 새로운 대체 방법이다(Loaharanu, 1994). 본 논문에서는 식품 방사선 照射의 역사적 배경 그리고 안전성 인정을 검토하였다. 현재까지의 식품 방사선 照射 실태와 照射 효과를 정리하였고 실제적인 예를 들어 照射 가공육의 경제적 측면을 평가하였다. 방사선 照射가 가공육과 가공육 제품 그리고 미생물에 미치는 영향에 대해서 다루었다.

식품의 방사선 照射

식품 放射線 照射에 관한 지식은 1900년대 전부터

존재하였다. 비용이 高價였으므로, 1940년대 제 2 차 세계대전 이후에야 비로소 상업적으로 사용되기 시작했다(Urbain, 1986). 지난 40~50년간 방사선 照射 식품의 안전성을 인정하는 충분한 자료가 보고되었다. 식품 방사선 照射는 식품 보존이나 가공 또는 다른 유익한 결과를 얻기 위해서 이온화 에너지를 이용하는 과정이다(Radiation Technology, Inc., 1985). 식품 방사선 照射에 이용되는 이온화 에너지는 방사선 동위 원소인 Co⁶⁰ 이나 Cs¹³⁷에서 얻어지는 γ -선, X-선과 electron beam으로부터 나오는 가속전자(accelerated electrons)의 세가지 형태가 있다(CAST, 1986, 1987; Urbain, 1986). 코발트-60을 이용한 γ -선 照射 기술은 잘 개발되어 현재 세계적으로 170개 이상 산업용으로 이용되고 있으나 식품가공 처리에 이용되는 electron beam은 지난 십 수년 전부터 비로소 사용되기 시작하였다(Loaharanu, 1994).

¹ Corresponding author : Y.H.Yi, Dept. of Natural Science, Seoul National Polytechnic Univ., 172 Kongnung-dong, Nowon-gu, Seoul, Korea 139-743

방사선 照射은 식품에 잔류물(찌꺼기, residue)을 남기지 않으며, 식품을 방사능 오염(radioactive)으로 만들지도 않는다. 코발트와 세슘 동위원소에서 나오는 낮은 에너지 수준의 감마선 그리고 인가된 照射線량의 가속전자와 X-선은 겔 수 있는 정도의 방사능을 유발시키지 않는다. 나타나는 방사능은 이미 자연계에 존재하고 있는 배경 방사선(background radiation)이다.

방사선 照射도 다른 식품가공 방법과 같이 식품에 약간의 화학적 변화를 일으키는데 이런 변화에 의해서 만들어진 것들을 radiolytic product라 한다. CAST (Council for Agricultural Science and Technology)의 이온화 에너지로 처리된 식품 위생에 관한 보고서에 의하면 30여년의 연구결과 방사선이 照射되지 않은 식품이나 다른 공인된 식품가공 방법에 의해서 처리된 식품에서 정상적으로 발견되지 않는 radiolytic products를 찾는데 실패했다(CAST, 1986).

照射은 다른 열처리 공정과 같은 식품 보존 효과가 있으며 식품 照射은 식품을 가공처리하는 동안 약간의 열만을 발생시키므로 "cold-process(저온공정)"라고도 한다. 이러한 특징은 영양소 보유(nutrient retention)를 위해 열에 민감한 식품가공 공정에 좋고, 식품 변화를 최소화함으로써 조직감, 풍미, 색깔 등이 좀더 원래대로의(신선한) 상태에 가까운 품질 수명이 안정된 제품 생산이 가능하다. 이 공정의 또 다른 이점은 적용성이다. 방사선 照射은 다양한 크기나 형태의 식품 보존에 이용될 수 있으며, 이러한 이점 때문에 향후 방사선 照射의 활용이 식품업계에서 기대된다(Josephson, 1970).

식품 보존과 가공에서 이온화 에너지는 일차적으로 식품에 존재하는 미생물 생명 유지에 필수적이거나 유기체 증식에 쓰이는 분자들을 파괴할 수 있는 능력이 있다. 적당한 선량은 식품 분자 구조에 뚜렷한 해가 없이 미생물 분자들을 충분히 파괴할 수 있으므로 미생물은 완전히 기능을 상실하고 식품은 살균이 된다. 미생물과 곤충에 방사선을 조사하면 DNA나 효소에 화학적인 변화가 오게 되어 미생물과 곤충은 파괴되거나 해를 입는다. 좀 더 낮은 선량으로 원치 않는 미생물을 충분히 죽일 수 있으므로 식품 품질 수명이 연장된다(CAST, 1986; Swientek, 1985; Urbain, 1986).

Newsome(1987)은 방사선 照射에 의해 생기는 영향은 물 분자의 활성화에 의한 결과라고 하였다. 물 분자의 분해산물이 식품과 미생물의 효소 체계를 불활성화시키는 것이다.

방사선 영향은 두가지 요인에 의해서 좌우된다. 하나는 흡수된 방사선의 양이고 다른 하나는 방사선의 종류이다. 식품 照射에 쓰이는 照射線량은 공정의 목적에 따라 좌우된다. 선량이란 물질에 흡수되는 이온화 에너지량으로 정의한다. 흡수된 방사선량은 일반적으로 rad(radiation absorbed dose)로 표시된다. 단위질량(1 kg)의 조직이 10^{-2} J을 흡수하는 것을 1 rad라 한다($1 \text{ rad} = 10^{-2} \text{ J/kg}$). 선량의 SI단위는 Gray(Gy)로 J/kg과 같은 양이다. 따라서 100 rad는 1 Gy이다(CAST, 1986; Urbain, 1986).

저선량(1 kGy까지)은 발아 억제나 곤충 오염 억제, 숙성을 지연시키기 위해서 사용된다. 중선량(1~10 kGy)은 세균 성장을 감소시켜 식품 품질 수명을 연장시키거나, 제품에 병원성 균을 감소시키기 위해서 사용된다. 고선량(10~50 kGy)을 照射할 경우 상업적 살균이 이루어져 알맞은 포장을 하게 되면 상온에서 식품 저장이 가능하다. 위와 같이 처리된 제품의 품질 수명은 상당히 안정되고 연장되었다. 고선량 照射은 바이러스(virus)도 제거했다.

국제식량농업기구(FAO)와 국제원자력기구(IAEA) 그리고 세계보건기구(WHO)의 합동위원회는 이온화 에너지로 처리한 식품의 유해성에 대해 1980년까지의 자료를 검토하였다. 검토 결과 총 평균 선량 10 kGy까지의 이온화 에너지로 처리된 식품은 영양학적으로나 미생물학적으로 문제가 없었고 어떠한 독성 위험도 따르지 않았다. 그러므로 이렇게 처리된 식품의 독성 검사는 더 이상 필요하지 않았다(WHO, 1981a, b). 합동위원회에서는 최고 10 kGy까지 처리된 모든 식품의 무조건적인 수용을 채택하였다. FDA(1984)에서는 1 kGy로 照射된 식품이 주식의 상당히 많은 부분을 차지하여도 照射된 식품은 위생적이고 소비에도 안전하다고 하였다.

미생물의 방사선 감도에 영향을 미치는 요인들에는 照射 동안의 온도, 수분 활성도, 照射中 환경(예를 들면, 질소, 진공, 공기 비율), 미생물 성장 단계, 생리적 손상 등이 있다(Thayer 등, 1986).

적절한 이온화 에너지로 식품을 照射하게 되면 다음과 같은 이점이 있다. ① 품질 수명을 연장시킬 수 있으며, ② 보존이나 해충을 없애기 위해 사용되는 화학약품 양을 감소시킬 수 있고, ③ 곤충, 기생충 그리고 병원성 세균을 제거할 수 있고, ④ 위생학적으로 세균, 효모, 곰팡이가 없는 식품 제조도 가능하며, ⑤ 냉장 저장을 하지않고 저장할 수 있는 멸균 제품 생산이 가능하며, ⑥ 냉장 저장시에 필요한 에너지 양을 감소시킬 수 있고, ⑦ 조리 시간 단축이 가능하며, ⑧ 식품 연화 그리고 과일과 야채 숙성을 지연시킬 수 있으며, ⑨ 수확 후 발아 억제를 통하여 품질 저하를 예방한다 (CAST, 1986).

방사선 照射는 식품 보존과 관련된 모든 문제를 해결할 수 있는 방법은 아니지만 여러가지 문제점들의 해결이 가능하다.

1. 가금육이나 육류에 있는 병원균을 줄이거나 제거함으로써 방사선 照射는 식중독 발생을 감소시키거나 예방할 수 있다. 신선한 돼지고기의 선모충 (*Trichinella spiralis*)를 없애기 위해서 1985 미국 FDA에서 감마선 照射를 허용했다(Engel 등, 1988). 오랜 동안 문제점으로 여겨졌던 식중독, 특히 가금육에서의 salmonellosis와 campylobacteriosis 등의 문제점을 해결하는데 방사선 照射의 여러 장점들이 보고되었다(Pszczola, 1990).
 2. 사용이 제한되거나 금지된 화학적 훈증제 대체 방법으로 방사선 照射가 가능하다. 훈증제인 ethylene dibromide는 과일, 야채, 곡류, 그리고堅果類(nut)의 살충제로 사용되었었다(Diehl, 1990). 미국 환경청(U. S. Environmental Protection Agency)에 의해서 발암물질로 의심되는 ethylene dibromide의 사용이 금지된 이후 방사선 照射는 매우 중요하게 되었다. 미국에 수입되는 망고(mango)의 검역처리 방법으로써 ethylene dibromide 대신 熱水(hot water)처리가 이용되었다. 하지만 照射가 망고의 seed weevil(바구미과 곤충) 처리에 보다 적합한 것으로 나타났다.
- 유럽 공동체 (European Community)에 의해서 식품에 ethylene oxide 사용이 금지된 1991. 1.

1. 이후 향신료에 대한 照射는 일반적으로 사용되었다. 몬트리올 협약(Montreal Protocol)에 따라 오존층 파괴물질의 생산과 소비가 제한되기 때문에 오존층 파괴의 성질이 있는 것으로 여겨지는 methyl bromide는 2000년까지 사라지게 될 것이다. Methyl bromide의 사용 금지는 이와 관련된 신선 과일과 야채, 건조된 과일, 견과류 그리고 코코아콩(cocoa beans)의 국제 교역에 큰 영향을 미칠 것이다(Loaharanu, 1994).

3. 어떤 나라들에서는 곤충이나 부패에 의해서 수확량의 50% 이상을 잃는 경우가 있다. 照射로 수확 후 곡물, 과일 그리고 채소에 있는 곤충들을 파괴할 수 있으며 몇 종류의 과일에서는 숙성을 지연시킬 수 있다. 따라서 照射된 식품의 저장 조건만 적당하다면 照射는 세계적 기근 완화에 도움이 될 것이다(Bedsaul, 1989).

곡물에 있는 곤충들을 박멸하기 위하여 감마선 照射와 함께 여러 방법-열처리, 환경 변화, 화학 첨가제, 기계적 방법 등이 시도되었다. 이중 가장 효과적인 방법은 기계적으로 헐잡물(dockage)을 제거한 뒤 照射하는 방법이었다(Tilton과 Brower, 1985).

식품 방사선 照射의 실제적이고 상업적인 성공 사례들은 여러 차례 보고되었다. 현재 이용중인 방사선 照射의 예로 소련에서는 곡물의 곤충 박멸, 프랑스에서는 발골계육의 저온 살균(pasteurization), 일본에서는 감자의 발아 억제, 네덜란드에서는 냉동 수입 식품의 정화(decontamination), 그리고 이스라엘에서는 가금 사료의 정화 등을 들 수 있다(Karel, 1988).

家禽肉의 放射線 照射

미국에서는 1993년에 照射된 신선 닭고기를 소비자에게 선보여 좋은 결과를 얻었다. 가금 가공 공장(poultry processing plant)에서 포장된 닭고기를 냉장 상태로 照射 시설로 운반한 뒤 날개로 콘베이어를 통해서 照射室(irradiation chamber)로 옮겨 이온화된 감마선을 이용하여 1.5~3.0 kGy로 照射하였다.

이 선량으로 닭고기에 있는 *Salmonella*는 99.5~99.9% 제거되고 *Campylobacter*는 100% 파괴되었다. 照射에 비슷한 감도를 갖는 *Listeria*도 마찬가지로 파괴

될 것으로 여겨졌다. 하지만 이 照射 공정은 식품을 멸균 상태로 만들지 못하기 때문에 약간의 부패성 미생물이 남게 된다. 따라서 미생물의 증식을 억제하기 위하여서는 냉장 상태로 올바르게 다루어져야(유통되어야) 한다.

照射된 가금육이 미생물에 노출되었을 경우, 재오염이 되기 때문에 照射前에 가금육을 포장했다. 포장 재질은 미국 FDA의 규정에 따라 수분과 미생물은 통과시키지 않고 산소는 통과시키는 polyethylene이 사용되었다. 왜냐하면 산소가 통과하지 못하면 *Clostridium botulinum* 포자가 있을 경우 포자가 자라서 독소를 생산하여 botulism을 일으킬 수 있기 때문이다. 또한 생존 부패성 미생물은 *C. botulinum*이 가금육을 독성으로 오염시키기 전에 부패의 경고 징조를 미리 보여주기 때문이다(Pszczola, 1993).

가금과 관계되는 질병 발생에 소요되는 연간 비용은 스코틀랜드와 캐나다에서 각각 천만 달러와 천팔백오십만 달러이었다. 방사선 照射를 포함한 여러가지 예방 방법의 소요 비용과 이점 등을 비교 검토한 결과 위 두 나라에서는 식품 照射 경비가 질병과 관련된 직접 비용을 약간 상회했지만 질병 발생 감소에 따른 큰 간접 비용 절감이 예견되었다. 캐나다의 경우 이러한 비용 감소는 연간 이천팔백육십만 달러로 예측되었다.

가금육이나 가금육 제품 照射는 특히 salmonellosis와 campylobacteriosis와 같은 식중독을 예방하는 매우 경제적인 방법이다. 식품 照射는 오염된 가금류에 의한 질병을 90~100% 감소시킬 수 있는 것으로 예측되었다. USDA에 의하면 照射 비용에 비하여 2.2에서 2.8:1의 비율로 이익이 예측되었으며 미국에서 생산되는 가금의 10%만 照射한다 하여도 연간 오천만불의 절약이 예측되었다.

브라질에서는 소비자들이 냉동 가금육보다 신선 가금육을 선호하고 가격도 높기 때문에 품질 수명 연장의 방법으로써 照射 비용과 이에 따른 손익에 관한 연구가 이루어졌다. 품질 수명이 두배로 연장되었을 경우 운송 가능 거리가 늘어났으며 따라서 시장도 확대되었다. 照射 비용(\$0.02/kg)은 냉동 가금육과 신선 가금육의 시장 가격 차이(\$0.20/kg)를 충분히

상쇄하였으며 전에는 신선 가금육 접근이 불가능했던 시장에서 충분한 이익(\$0.18/kg)을 가져왔다(Loaharanu, 1994).

미국에서 1993년의 가금육 照射 비용은 lb당 2 cents였고 예측한 소비자 가격 인상은 lb당 5~10 cents였다. 하지만 실제 소비자 가격은 인상 예측값보다 높았다. 하지만 소비자들은 照射에 따른 여러 점 등을 고려하여 이에 거부 반응을 나타내지는 않았다(Pszczola, 1993).

상업적인 대형 식품 방사선 照射 시설의 총 투자비와 생산 단위당 비용은 electron beam과 cobalt-60이 거의 비슷한 것으로 나타났다. 이러한 시설을 효율적으로 운영하기 위해서는 현재 있는 생산 라인과 통합되어야 한다. 예를 들어 곡물과 같이 대형 용량을 다루기 위해서는 곡물을 취급하는 장소에 같이 설치되어야 효율적이다. 코발트를 사용하면 위와 같이 많은 양을 처리하기가 어려우나 electron beam으로는 쉽게 처리가 가능하다.

가금육이나 가금육 제품 그리고 냉동 새우의 소매 포장 경우 얇은 제품 두께(electron beam 照射 한계 두께는 3.5 cm임) 때문에 electron beam이 보다 적합하다. 제품 두께가 얇고 생산량이 많으면서 생산 라인과 통합이 가능하면 electron beam 시설이 코발트-60 照射 기기 보다는 경제적으로 유리한 것으로 알려졌다(Loaharanu, 1994).

가금육의 부패성 때문에 여러가지 보존 방법이 개발되었다. 가금육의 주요 부패 과정은 미생물 작용으로, 대부분이 세균에 의한 것이다(Urbain, 1986). 照射 처리된 가금육 보존은 가금 제품의 시장성 증진 뿐만 아니라 식중독 위험을 감소시키는 국제적으로 인정된 공정이다(Faw와 Mei, 1987).

가금육 처리에는 두가지 형태가 보통 사용되는데, 첫번째는 병원균 감소를 위한 방사선 병원균살균(radicalization)과 품질 수명 연장을 위한 방사선 부분살균(불완전살균, radurization)과 같은 저선량으로 처리하는 것이다. 두번째는 고선량 처리 또는 방사선 완전살균(radappertization)로 상온에서 수 년간 저장할 수 있도록 하는 것이다.

Idziak과 Incze(1968)는 신선 가금 도체를 5 kGy 照射量으로 처리한 부분살균 공정으로 5 C에서 품질 수명을 거의 14일이나 연장하였다고 보고하였다. Basker 등(1986)은 닭고기 가슴살을 0 C에서 3.7 kGy로 照射를 하고 1~2 C에서 저장한 결과 3주 동안 품질적으로 만족할 만한 상태였다고 하였다. 조 등(1985)은 닭고기 도체를 3~4 C에서 5~10 kGy로 방사선 照射를 하였을 때 2~4 주 품질 수명을 연장할 수 있다고 하였다. Bok과 Holzapfel(1984)은 4 C에서 닭 도체의 품질 수명이 非照射 시료의 경우 3일이라 하였고, 3 kGy로 照射하였을 때는 13일, 7 kGy로 照射하였을 때는 30일로 가장 길었다고 하였다. 照射에 의한 품질 수명 향상은 2 C와 8 C에서도 관찰되었다.

방사선 照射로 생육 본래의 효소를 완전히 불활성화시키지는 못했다(Shults 등, 1975). Karmas(1970)에 의하면 효소는 방사선 照射에 견디며 완전 불활성화시키기 위해서는 완전살균량보다 많은 선량이 필요하다고 하였다. 그러나 생육을 살균하기 위한 비교적 많은 양의 이온화 에너지가 산소가 있는 상온에서 행하여지면 특정 vitamins의 손실을 초래하고 맛을 없게 하거나 불쾌한 냄새를 나게 하는 분해물을 생성했다(CAST, 1986).

방사선 照射臭 생성을 막기 위한 많은 연구가 진행되었는데, Brasch와 Huber(1948)는 낮은 온도에서의 照射가 부작용을 감소시킨다고 하였으며, Hannan(1955)은 냉동 상태에서 방사선을 照射하였을 때 照射臭가 감소된다고 하였다. Anellis 등(1977)은 효소를 불활성화시키는 방사선 照射량을 감소시키기 위해 열 처리와 방사선을 같이 사용할 수 있다고 하였다. 실제로 방사선 완전살균 육은 방사선 照射前에 내부 온도가 67~75 C가 되도록 미리 열처리를 했다.

放射線 照射와 微生物

낮은 照射량의 이온화 방사선 이용은 많은 형태의 식품에서 유해한 미생물 수준을 감소시켰다(Mulder, 1976). Mattison 등(1986)은 중온성균과 호냉성균이 변패를 일으키는 가장 큰 요인인데 진공 포장된 돼지 등심을 1 kGy로 방사선 照射를 하였을 때 중온성균, 호냉성균, 혐기성 세균 그리고 포도상구균 수를 감소

시켰다고 하였다. Firstenberg-Eden 등(1983)은 5 C에서 3 kGy로 照射時 닭고기 표피 미생물을 $10^4 \sim 10^6$ 에서 $10 \sim 500$ cells /7cm²로 감소시킨 반면 *Clostridium botulinum* type E(Beluga) 포자는 단지 1 log cycle만을 감소시켰다.

식품에서 방사선 照射에 의한 직접적인 미생물 파괴는 照射量에 따라 좌우된다. Licciardello 등(1968)은 가금육에서 미생물 총균수를 10^7 배로 감소시키려면 4.75 kGy의 선량이 필요하다고 하였다. 다른 병원성 세균(*Shigella*, *Neisseria*, *Mycobacterium*, *Escherichia*, *Ptyrus*, *Streptococcus*와 *Staphylococcus*) 등을 10^6 배로 감소시키려면 5~8 kGy의 照射량이 필요했다(Quinn 등, 1967).

Mulder(1976)는 *Salmonella panama*와 *Escherichia coli* K 12의 D-value가 각각 0.65 kGy와 0.56 kGy라고 하였으며 공장과 같은 조건하에서 *Enterobacteriaceae*를 1/10로 감소시키는데 약 1 kGy가 필요했다. Mulder(1982)는 2.5 kGy 조사량으로 제품에 *Salmonella*를 완전히 없게 하지 못한다고 하였다. D-value를 0.8 kGy로 기준하였을 때 14 배로 방사선을 照射하면 55개의 도체 중 많아야 1개만이 *Salmonella* 양성일 수 있다. 조사량 2.5 kGy로 살아남은 미생물군은 bacilli, micrococci, streptococci와 효모 그리고 곰팡이 등이었지만 그 숫자가 매우 적어서 위험이 따르지 않았다.

照射後 저장을 하게 되면 미생물군의 생태학적인 변화를 초래하게 되고 따라서 *Clostridium botulinum*의 성장과 독성 생성에 영향을 미친다(Dezfulian과 Bartlett, 1987). Niemand 등(1981)은 2 kGy 照射량이 쇠고기에서 미생물군의 급격한 변화를 일으켰다고 했다. 예를 들면 비진공 포장된 방사선 부분살균 쇠고기에서 젖산균이 급격히 주종을 이루었다. Dickson과 Maxcy(1985)도 발효 소시지 제조시 5 kGy까지 照射한 고기 반죽에서 높은 젖산균의 생존과 *Staphylococci*와 coliform의 파괴를 보고하였다.

낮은 수분 함량은 이온화 에너지 처리후 살아남은 미생물 증식과 식품 부패를 억제하기 때문에 건조 식품에서는 특별한 미생물학적 문제가 발생하지 않았다(CAST, 1986, 1987). 그러나 수분이 많이 있는 식품은 공중보전에 영향을 미치는 많은 미생물을 포함하고

있었다. 국제식품규격위원회(Codex Alimentarius Commission, 1983)에 따르면, 제조 관리 수칙(good manufacturing practices)에 따라 중 照射量(10 kGy)의 이온화 에너지로 처리하고 냉장 온도(2~5 C) 부근에서 저장하는 한 신선육, 가금육, 어류와 같은 수분이 많은 식품에서 미생물에 의한 안전성 문제는 없다고 하였다.

식품을 냉장 온도하(10 C 이하)에서 저장하는 한 *Clostridium botulinum* type A와 B에 의한 미생물학적 안전성 문제점은 일어나지 않았다. 그러나 *Clostridium botulinum* type E는 3 C 나 그 이상의 조건에서 냉장 저장하게 되면 자라서 독소를 생성했다. *Clostridium botulinum* type E에 의한 신선 가금육 오염은 드물지만 실제 상업적 조사량인 약 3 kGy로 처리하면 제품은 안전하게 되었다. 그리고 10 C에서 생존한 *Clostridium botulinum* type E는 14일 내에 독소를 생성하지 못하는 반면 생존한 원래의 미생물들은 8일 내에 번식하여 부패취를 발생시켰다. 심지어는 30 C와 같은 높은 온도에서도 *C. botulinum* type E의 독소가 생성되기 전에 다른 생존 미생물이 자라 먼저 부패시켰다(Firstenberg-Eden 등, 1983).

식품을 냉동시켜서 냉동 상태로 저장을 하게 되면 세균 성장은 억제되었다. 또한 냉동 상태에서 식품을 이온화 에너지로 처리하게 되면 이미 존재하고 있는 미생물을 감소시켰고 따라서 미생물에 의한 위험도 동시에 줄어 들었다. 이온화 에너지와 냉동의 동시 사용은 냉동 새우, 육, 가금육과 같은 식품에서 *Salmonella*를 제거하기 위한 매우 적절한 방법이었다(CAST, 1986).

結 論

照射 식품의 안전성이 자리를 잡아가면서 照射 공정은 식품, 특히 동물성 식품 원료를 오염시키는 피할 수 없는 병원균 등을 크게 줄이거나 파괴할 수 있는 가능성을 보여준다. 하지만 照射는 제품에 따른 제조 관리 수칙(good manufacturing practice)의 대체 방법으로 이용되어서는 안된다. 식품 照射는 우리의 건강을 보호하는데 중요하고 필요한 식품 가공 공정 기술이라 여겨진다.

(색인: 照射, 가금육, 가금육 제품, 미생물)

引用文獻

- Anellis AD, Rowley B, Ross EW Jr 1977 Microbiological safety of radappertized beef. Proceedings, First International Congress on Engineering and Food. Boston, MA, USA.
- Basker D, Klinger I, Lapidot M, Eisenberg E 1986 Effect of chilled storage of radiation-pasteurized chicken carcasses on the eating quality of the resultant cooked meat. J Food Technol 21:437-441.
- Bedsaul SP 1989 Food irradiation. Audits International /monthly, May 1989, Page 1. Audits International, Highland Park, IL, USA.
- Bok KE, Holzapfel WH 1984 Extention of shelf-life of refrigerated chicken carcasses by radurization. Food Review 11:69-71.
- Brasch A, Huber W 1948 Reduction of undesirable by-effects in products treated by radiation. Science 108:536-537.
- Codex Alimentarius Commision 1983 The microbial safety of irradiated food. Codex Alimentarius Commission, CX /FH83 /9. Rome, Italy.
- Council for Agricultural Science and Technology 1986 Ionizing energy in food processing and pest control I. Wholesomeness of food treated with ionizing energy. Report No. 109. ISSN 0194-4088.
- Council for Agricultural Science and Technology 1987 Ionizing energy for food processing. 2nd Draft. Special Publication No. 15. ISSN 0194-407X.
- Cho HO, Lee MK, Byun MW, Kwon JH, Kim JG 1985 Radurization of the microorganisms contaminating chicken. Korean J Food

- Sci and Technol 17:170-174.
- Dezfulian M, Bartlett JG 1987 Effects of irradiation on growth and toxigenicity of *Clostridium botulinum* type A and B inoculated onto chicken skins. Appl Environ Microbiol Page 201-203.
- Dickson JS, Maxcy RB 1985 Irradiation of meat for production of fermented sausage. J Food Sci 50:1007-1009 & 1013.
- Diehl JF 1990 Safety of Irradiated Foods. Marcel Dekker Inc New York NY USA.
- Engel RE, Post AR, Post RC 1988 Implementation of irradiation of pork for trichina control. Food Technol 42(7):71-75.
- Faw RE, Mei TYC 1987 Radiation preservation of poultry meat. In: The Microbiology of Poultry Meat Products. Academic Press Inc New York NY USA.
- Food and Drug Administration 1984 Irradiation in the processing and handling of food: Proposed rule. Federal Register 49:5713-5722.
- Firstenberg-Eden R, Rowley DB, Shattuck GE 1983 Competitive growth of chicken skin microflora and *Clostridium botulinum* type E after an irradiation dose of 0.3 Mrad. J Food Prot 46:12-15.
- Hannan RS 1955 Scientific and technological problems involved in using ionizing radiation for preservation of foods. Special report 61, Her Majesty's Stationary Office, London England.
- Idziak ES, Incze K 1968 Radiation treatment of foods. Radurization of fresh eviscerated poultry. Appl Microbiol 16:1061.
- Institute of Food Technologists 1983 Radiation preservation of foods. Food Technol 37:55-60.
- Josephson ES 1970 Advantages, problems, and experiences of irradiated foods. In: Aerospace Food Technology. A conference held at the University of South Florida, Tampa, FL, USA, April 15-17, 1969. NASA SP-202, National Aeronautics and Space Administration, Washington DC, USA.
- Karel M 1988 Food irradiation. Food Technol 42:76.
- Karmas E 1970 "Fresh Meat Process" Noyes Data Corporation, Park Ridge NJ USA.
- Licciardello JJ, Nixjweaib JTR, Goldblith SA 1968 Elimination of Salmonella in poultry with ionizing reaction. In: Elimination of Harmful Organisms from Food and Feed by Irradiation. Intl Atomic Energy Agency, Vienna Austria. Page. 1.
- Loaharanu P 1994 Cost/benefit aspects of food irradiation. Food Technol 48: 104-108.
- Mattison ML, Kraft AA, Olson DG, Walker HW, Rust RE, James DB 1986 Effect of low dose irradiation of pork loins on the microflora, sensory characteristics and fat stability. J Food Sci 51:284-287.
- Mulder RWA 1976 Radiation inactivation of *Salmonella panama* and *Escherichia coli* K 12 present on deep-frozen broiler carcasses. European J Appl Microbiol 3:63-69.
- Mulder RWA 1982 Salmonella Radicidation of Poultry Research. Beekbergen, The Netherlands.
- Newsome RL 1987 Perspective on food irradiation. Food Technol 41:100-101.
- Niemand JG, van der Linde HJ, Holzapfel WH 1981 Radurization of prime beef cuts. J Food Prot 44:667-681.
- Pszczola DE 1990 Food irradiation: Countering the tactics and claims of opponents. Food Technol 44:92-97.
- Pszczola DE 1993 Irradiated poultry makes U.S. debut in Midwest and Florida markets. Food Technol 47:89-96.

- Quinn DJ, Anderson AW, Dyer JF 1967 The inactivation of infection and intoxication microorganisms by irradiation. Intl. Atomic Energy Agency, Vienna Austria, Page 1-13.
- Radiation Technology Inc 1985 Rockaway NJ USA.
- Shults GW, Cohen JS, Wierbicki E 1975 Radiation-inactivation of proteases as determined by a ^{14}C -labeled hemoglobin method. Technical Report TR-76-33FEL. U. S. Army Natick Research and Development Command, Natick MA USA.
- Swientek RJ 1985 Food irradiation update. Food Proc 46:82-88.
- Thayer DW, Lachica RV, Huhtanen CN, Wierbicki E 1986 Use of irradiation to ensure the microbiological safety of processed meats. Food Technol 40:159-162.
- Tilton EW, Bower JH 1985 Supplemental treatments for increasing the mortality of insects during irradiation of grain. Food Technol 39:75-79.
- Urbain WM 1986 Food Irradiation Academic Press Inc New York NY USA.
- World Health Organization 1981a Wholesomeness of irradiated food. Summaries of data considered by the joint FAO/IAEA/WHO expert committee on the wholesomeness of irradiation food. Geneva, Switzerland. Available from the food safety unit, WHO, Avenue Appia, 1211 Geneva 27, Switzerland.
- World Health Organization 1981b Wholesomeness of irradiated food. Report of a joint FAO/IAEA/WHO expert committee. Technical report series 659. World Health Organization, Geneva, Switzerland.