

香辛料 및 粉末食品의 放射線照射 殺菌

邊 明 宇

〈韓國에너지研究所 食品照射研究室〉

1. 序 言

香辛料(粉末食品 포함)는 家庭用 뿐만 아니라 食生活의 다양화와 합리화에 따라 국내에서도 簡便食品(convenience food)의 생산이 확대되고 있어, 특히 혼합調味料, 魚肉 및 肉제품, 통조림식품, 製빵 등의 加工原料로서 그 使用量은 매년 증가되고 있다.

이와 같은 産業은 原料品質의 均一化和 衛生的으로 年中 安定供給을 要하게 되는데 현재 이들 향신료는 수입품과 국내 생산품으로 충당하고 있으나 收穫, 乾燥, 輸送, 貯藏, 加工 도중에 미생물의 오염이 매우 높다. 특히 곰팡이와 호기성, 내열성 아포균의 오염이 심하여 식품공업에서의 腐敗誘起體로서 문제시 되고 있다.

따라서 필히 살균처리를 要하게 되는데 향신료는 독특한 風味를 갖고 있어 加熱殺菌은 적당치 않고, 현재 ethylene oxide-4-ethylene dibromide와 같은 gas로 훈증처리 되고 있으나 風味成分의 상실은 물론, 殺菌의 불충분, 약제성분의 잔유 및 유독성 물질의 생성등 많은 문제점을 내포하여 이러한 문제점을 해결할 수 있는 代替方法으로서 放射線照射殺菌法이 개발되었고, 국제기관(FDA, FAO/IAEA/WHO)에서 그 健全성과 경제적 타당성이 공인됨에 따라 1985年 8월 현재 32個國에서 73個

食品群 227여종의 식품이 산업화 되었거나 특수목적(우주식품, 환자용 무균식)에 실용화 되고 있다¹⁾(표 1).

국내에서도 1982년 2월에 한국에너지연구소

표 1. 식품별 방사선조사 허가국가수

1985년 8월 현재

식품종류	허가 국가수	비 고
감 자	27	
양 파	22	
마 늘	10	
곡 류	13	쌀, 밀, 대두 등
밀 가 루	6	
(혼합)향 신 료	24	후추, 고추, Paprika, 양파분말, 마늘분말, 혼합조미료 등
과 실 류(신선)	29	딸기, 토마토, 배, 바나나, 망고, 아보카도, 복숭아, 살구, 포도등
과 실 류(건조)	4	포도, Dates, banana
채 소 류(신선)	14	양송이, 상치, 아스파라거스, 코코아빈 등
채 소 류(건조)	8	
닭 고 기	7	
육 류	15	소고기, 돼지고기, 토끼고기, 개구리다리, 동결식품 등
어류 및 어류 가공품	11	대구, 연어, 고등어, 새우 등
건조식품농축물	6	
환자용무균식품	1	
기 타 식 품	16	절임채소, 효소 및 효소분말, 한약재료 등
73 개 식품군 227종	32개국 3개 기구	FAO, IAEA, WHO, FDA.

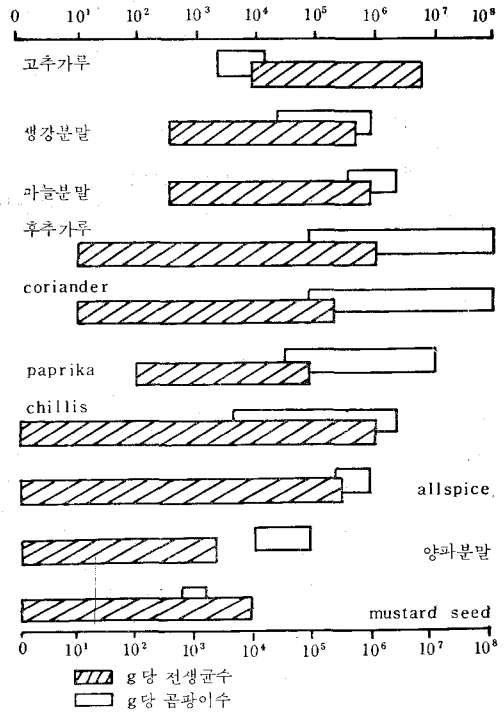
식품照射연구실에서 半産業的 貯藏실험을 완료한 감자, 양파, 밤 및 인삼粉末에 관한 건전성 신청을 국내에서는 처음으로 保社部에 제출하였고 그 동안 보사부 관계자와 식품위생 심의위원회에서 食品照射에 관한 국제적 배경과 국내의 필요성 6 연구결과를 수차 발표함에 따라 정부에서는 대통령령 제11,717호('85.6.29)에 의거 보사부령 제767호('85.7.1)를 공포하고 식품위생법 시행령 제9조 제①항 제49호로 食品照射處理業을 新設하였다. 또한 보사부에서는 감자, 양파, 밤, 마늘, 건어물, 향신료(조미료포함) 버섯 및 분말식품 등의 품목별 방사선조사 허가를 위한 절차가 진행중에 있다.

이를 바탕으로 당연구실에서 기술지원한 민간기업에 의해 1986년 上半期中에는 상업용 食品照射施設(50만 큐리)이 설치, 가동될 전망에 있어 현재 便宜食品 加工原料로서 그 소비량의 증가와 위생적 공급을 중요시하는 香辛料 및 粉末食品의 放射線에 의한 産業的 殺菌法의 國內外 기술자료를 검토함으로써 관련 食品加工業界의 이용에 도움이 될 것으로 생각된다.

2. 香辛料의 微生物 汚染

향신료의 미생물 오염은 종류에 따라 차이는 있으나 주로 곰팡이 및 호기성, 내열성 아포균으로 그림 1과 같이 $10^4 \sim 10^5/g$, 많은 것은 $10^7 \sim 10^8/g$ 이상 오염되어 있다.²⁾ 이렇게 높게 오염된 향신료를 식품가공의 부원료로 제품의 0.1~1.0%정도만 첨가하더라도 향신료 단독으로부터 오는 제품의 미생물 오염은 $10^5 \sim 10^6/g$ 이나 된다.

특히 내열성 세균의 존재는 통조림제품과肉제품 공업에 많은 문제점을 야기하며, 이런 문제점 해결을 위한 과도한 열처리는 미생물적 안전성은 달성되나 영양적 특성이나 기호성을 저하시키며, 또한 肉제품의 毒素生成 곰팡이의 오염은 病原學的 견지에서 주요하게 취급되고 있다.



〈그림 1〉 주요 향신료의 全生菌 및 곰팡이 오염 정도

3. 香辛料의 現行 殺菌法과 問題點

향신료의 현행 살균법으로는 加熱殺菌^{3,4)} 자외선照射⁵⁾, microwave처리⁶⁾, 훈증법^{4,6,8)} 등이 있으나 가열살균은 보통 115°C의 온열 Steam으로 약 55분간 가열처리하는 것으로 90°C 이상의 고온으로 향신료의 독특한 향미성분의 변화와 갈변 및 분말의 응결현상이 일어나 品質이 저하되고 내열성 세균의 殺菌不充分과 살균처리후의 포장등의 공정에서 2차 오염의 가능성이 높아 매우 부적당하다.

자외선照射(250~270nm)는 투과력이 약하여 외표면의 외 혼입 미생물을 살균할 수 없고 microwave처리 역시 향신료의 水分含量이 대부분 낮기 때문에 살균효과가 충분하지 못하다. 따라서 현재 상업적으로 가장 많이 사용되는 방법이 훈증법으로서 살균조작이 복잡하여 간접비용이 높으며, 환포장 상태로 gas침

두가 곤란하여 살균효과의 불완전과 살균후의 재포장등으로 2차오염 가능성이 크고 향신료의 고유 성질인 風味와 色度を 저하시킨다. 특히 化學藥品의 잔류 및 有毒性物質의 生成 등은 식품위생적 측면에서 고려되어야 한다.

Wesley 등⁹⁾의 보고에 의하면 水分과 무기의 Cl⁻이 존재할 때 향신료에 잔류한 ethylene oxide와 작용하여 chlorohydrine이 propylene oxide에서는 chloropropanol 이성체가 생성되며 이들은 모두 독성이 강하다. Stijve 등¹⁰⁾은 후추가루와 turmeric을 ethylene oxide로 살균 처리 했을 때 ethylene chlorohydrine이 각각 680~1,130ppm과 880~3,400ppm이나 잔존하였고 4개월 저장후에도 잔존물의 감소는 없었다고 한다. 또한 ethylene oxide는 食品中에 잔유하기 쉬워 934g/cm³의 농도로서 3시간 처리(22°C)하였을 때 570ppm이 잔존하고 3회 반복 脫氣하여도 384ppm이나 잔존한다고 한다.¹¹⁾

한편 식물과 하등동물에서 ethylene oxide는 變異原成性을 보여 생쥐에 變異原成 효과를 일으킬 수 있다는 보고^{12,13)}와 epychlorohydrine과 propylene oxide 모두가 동물실험에서 發癌性 物質임이 밝혀졌다.¹⁴⁾

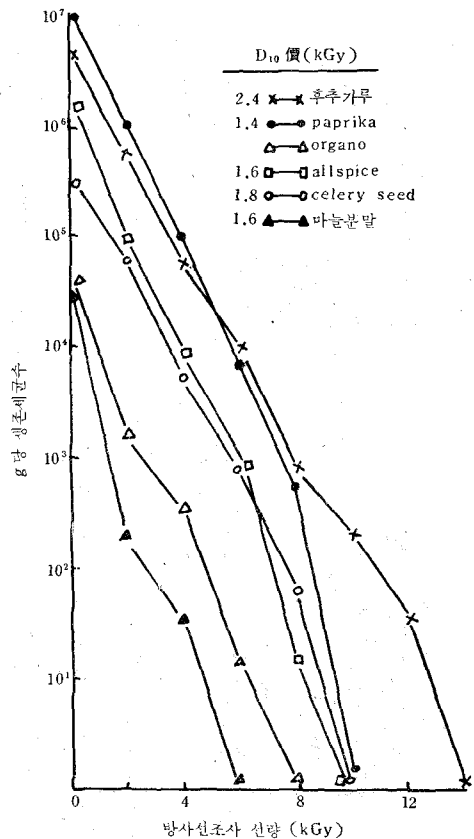
gas處理는 식품성분 즉 단백질이나 당, 비타민 등의 -OH, -CH, -NH₂들과 화학적으로 반응하여 각종 영양소의 파괴를 일으키며 이취 및 유해물질을 생성하기도 한다.^{15,16)} 또 다른 化學處理方法으로는 산성화(acidification)과 situ salt형성에^{17,18)} 의해 향신료의 오염 미생물 감소방법이 있으나 그 적용이 제한되어 있다.

4. 香辛料의 放射線 殺菌法

放射線照射에 의한 향신료 및 乾燥, 粉末食品의 殺菌, 殺虫은 1950年代를 전후하여 미국 Massachusetts 기술 연구소와 Proctor 등¹⁹⁾에 의해 高에너지 전자가속장치와 X-線의 高線量照射로 처음 시도되어 가능성을 보인 이래 많은 연구가 수행되었다.

放射線의 殺菌作用은 향신료에 혼입된 미생물의 종류와 농도, 향신료의 화학적 조성 및 물리적 상태, 照射後 저장조건 등에 영향을 받으며 필요 殺菌線量이 달라지는데 일반적으로 4~20kGy 照射로서 10⁴이하/g로 殺菌가능하다.²⁰⁾

그림 2는 각종 향신료에 오염된 미생물의 방사선 감수성을 D₁₀값(미생물을 90% 사멸시키는 데 필요한 照射線量)으로 나타낸 것으로 향신료의 종류에 따라 차이를 보여주고 있으나 1~3kGy 범위이며, 전생균과 내열성균이 10⁴~10⁷/g과 10³~10⁶/g인 것을 10kGy照射로 호기성 아포균은 10²~10⁵/g인 것이 4kGy照射로 거의 완전살균 되었다.



〈그림 2〉 여러 향신료의 全細菌에 대한 방사선조사 살균효과

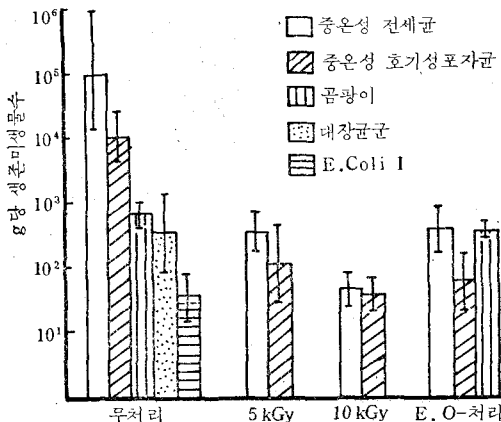
표 2. 여러 향신료의 미생물에 대한 방사선 조사와 ethylene oxide 처리와의 살균효과 비교

향신료종류	處理區(g당 미생물 수)								
	無 處 理			Ethylene oxide*			방사선 照射**		
	전세균	고온균	호기성포자균	전세균	고온균	호기성포자균	전세균	고온균	호기성포자균
후추가루	4.0×10^6	1.58×10^6	6.34×10^4	1.48×10^3	4.3×10^2	0.0	0.0	0.0	0.0
Paprika	9.86×10^6	3.23×10^6	3.0×10^3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Oregano	3.26×10^4	1.8×10^3	1.0×10^2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Allspice	1.74×10^6	1.5×10^6	1.05×10^2	4.25×10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Celery seeds	3.7×10^5	1.3×10^5	3.94×10^3	0.8×10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
마늘분말	4.65×10^4	9.0×10^2	0.0	1.45×10^4	3.5×10^2	0.0	0.0	0.0	0.0

* 10% ethylene oxide gas, 135°F, 8 lbs, 12-16hr

** 15kGy

표 2와 그림 3은 향신료의 放射線殺菌과 gas처리殺菌의 비교실험 결과로서 放射線照射區에서는 殺菌效果가 우수한데 반해 ethylene oxide 처리구에서는 不充分함을 알수 있다.⁴⁾ 照射時 향신료의 水分含量에 따른 殺菌效果에 있어서는 별차이가 없으며, 照射後 生存미생물들은 일반적으로 내열성과 내염성이 저하된다. 따라서 高線量照射에 의한 미생물의 完全殺菌보다도 加工도중에 사멸되기 쉬움을 고려하여 필요 殺菌線량을 낮추면 향신료의 품질과 照射費用 및 에너지 절감등 상당한 이점이 있으리라 생각된다.



〈그림 3〉 ground paprika의 미생물에 대한 방사선 조사와 ethylene oxide(E.O)처리와의 살균효과 비교.

5. 放射線殺菌과 gas處理殺菌에 따른 향신료 품질과 성분에 미치는 영향

(1) 風 味

香辛料는 독특한 풍미를 갖고 있어 殺菌處理時 그들이 어떻게 영향을 받는가는 중요한 문제이다. 표3은 放射線殺菌時 風味變化를 일으키는 照射線량을 구명하였는데 일반적으로 혼입미생물의 殺菌線량보다 낮으며²¹⁾, 표 4는 6가지 향신료의 휘발성 및 비휘발성 정유성분에 대한 放射線 照射區와 gas處理區의 비교실험 결과로 放射線 照射區는 非處理區와

표 3. 향신료의 풍미변화를 일으키는 방사선 照射線량

종 류	線量(kGy)
Caraway	12.5
후추가루	12.5
Paprika	12.5
Pepper substitute	12.5
Coriander	7.5
Cardamon	7.5
Charlock	10.0
Juniper	>15.0
Marjoram	7.5-12.5
Pimento	15.0
혼합향신료	>15.0

표 4. 여러 향신료의 휘발성 및 비휘발성 정유성분 함량에 대한 방사선조사와 ethylene oxide처리와의 비교

향신료 종류	無處理(휘발성 및 비휘발성 정유 성분함량, %)					
	無 處 理		ethylene oxide		방사선 照射***	
	Vo*	Nvo**	Vo	Nvo	Vo	Nvo
후추가루	3.60	10.34	1.60	9.21	3.60	9.36
Paprika	—	14.35	—	11.38	—	15.01
Oregano	3.30	10.40	3.20	8.06	3.33	10.25
Allspice	6.20	10.91	1.60	6.13	6.16	9.65
Celery seeds	1.70	23.42	1.73	21.36	1.73	23.10
마늘분말	—	1.34	—	0.61	—	1.04

* Vo: 휘발성 정유성분 함량

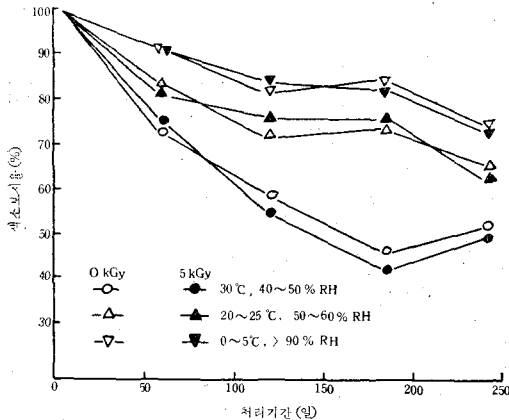
** Nvo: 비휘발성 정유성분 함량

*** 15kGy 照射

큰 변화가 없었으나 gas處理區는 상당량 감소를 보였고, 특히 휘발성 성분의 양은 非處理區보다 50% 이상의 감소를 나타내었다. 따라서 향신료의 適正殺菌線量照射로는 風味에 아무런 영향을 주지 않고 gas處理나 熱處理에 의한 상당량의 風味變化를 방지할 수 있다. 한편 저장기간의 경과에 따른 風味의 감소는 포장재료의 선택 및 방법에 좌우되므로 이에 충분한 고려가 있어야 하겠다.

(2) 色 度

향신료 및 분말식품의 色度 역시 品質에 있어서 매우 중요한데, 그림 4는 paprika의



<그림 4> Papria 분말의 방사선조사와 저장온도 및 상대습도에 따른 benzene 추출액 소 함량의 변화

표 5. Paprika분말의 색도변화에 대한 방사선 조사와 ethylene oxide처리와의 비교

색 도	處理區(색도值)		
	無 處 理	Ethylene oxide	방사선 照射*
L (明 度)	24.8	22.2	24.9
a (赤 色 度)	22.7	16.3	23.6
b (黃 色 度)	12.2	9.7	12.3

* 15kGy 照射

benzene추출 색소량을 나타낸 것으로 방사선照射의 영향보다도 저장중의 온습도의 영향이 크며²²⁾, 표 5는 paprika 분말의 放射線照射와 gas處理(ethylene oxide)와의 색도변화를 비교한 것으로 放射線照射區는 非處理區와 별차이가 없었는데 반해 ethylene oxide 處理區는 明度, 赤色度, 黃色도가 非處理區에 비해 매우 낮은 수치를 나타내어 분말자체의 퇴색 및 어두운 색을 보였고, 또한 고추가루에 있어서도 이와 비슷한 경향을 나타내었다.

마늘 및 양파粉末에 있어서도 放射線照射區는 非處理區나 별차이가 없었으나 ethylene oxide處理區는 심한 갈변현상을 보였다. 따라서 適正殺菌線量の 放射線照射는 향신료 및 粉末食品의 色度變化에 미치는 영향은 거의 없고 다른 살균방법보다 우수함을 알 수 있다

(3) 기타 化學成分

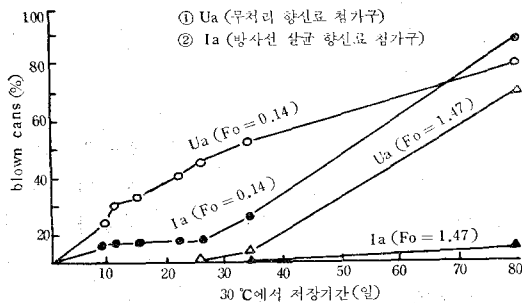
放射線照射時 化學成分들의 變化는 香辛料

의 종류에 따라 많은 차이가 있다. 후추가루의 매운맛 主成分인 piperine이나 고추가루의 capsaicin 등의 특수성분들은 일반적으로 照射線量의 증가와 함께 3~10%정도 감소를 보이나, ethylene oxide處理에 비하면 그 감소율이 반정도 밖에 되지 않으며, 기타 脂質成分이나 단백질, 가용성무질소물 등은 별다른 변화가 없었다.

6. 放射線照射 香辛料의 食品加工 適性試驗

香辛料는 단독으로도 많이 使用되나 일반적으로 數種의 다른 原料와 혼합하여 식품에 첨가된다. 魚肉 및 肉加工品등에도 5~10여종의 향신료가 복합적으로 사용되며 그 量은 원료 전체의 0.2~0.5% 정도이다.

그림 5와 6은 照射향신료를 食品加工에 실제 사용한 例로서²³⁾, 돼지 간 paste의 can제조에 있어 主原料중의 生菌數는 7×10^7 /can인데, 첨가된 향신료에서 오는 生菌數는 2.9×10^6 /can으로 全體原料中에 혼입된 生菌數의 4% 정도 밖에 안되나 can을 제조후 30°C에서 80日間 저장하면서 blown can의 數를 調査한 결과 放射線照射로 殺菌된 향신료를 사용한 can은 無處理 향신료를 첨가한 can에 비해 통상 통조림공업에서 적용되는 열처리 ($F_0=13 \sim$



〈그림 5〉 돼지간 paste의 통조림 제조에서 방사선살균향신료와 무처리향신료첨가에 따른 blown can 발생 양상

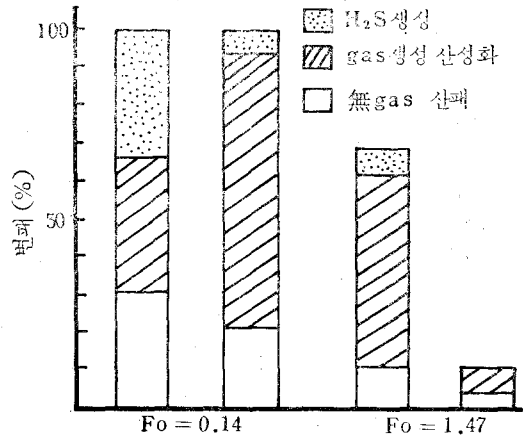


그림 6. 돼지간 paste의 통조림제조에서 방사선 살균 향신료와 무처리 향신료 첨가에 따른 변패양상비교(30°C에서 80일간 저장 후)

15, sterilization equivalent)의 1/10정도($F_0=1.47$)로 낮추었을 때 blown can의 數는 5%이내 였으나, 같은 열처리로 방사선을 照射하지 않은 향신료를 첨가한 것은 50% 이상 높은 blown can을 보였다.

한편 가열조건을 $F_0=0.14$ (통상 열처리의 1/100)로 하였을 때는 방사선 照射의 效果가 적었다. 이는 生菌數의 단순한 多少에 영향을 받는 다기 보다는 원료에 혼입된 미생물의 종류에 의한 요인이 더 큰 영향을 준 것으로 생각된다.

7. 香辛料의 放射線照射 殺菌에 대한 경제적 타당성

방사선 照射에 따른 향신료의 경제성은 먼저 현행되는 化學藥品 處理가 건강장해 및 환경오염 때문에 국제적으로 그 사용이 점차 금지되고 있음을 감안, 代替方法이라는 점에서 고려되어야 하며, 표 6은 放射線照射와 여러 식품가공방법과의 소요 에너지價를 비교한 것으로 放射線 加工은 에너지 절감효과가 매우 큼을 알 수 있고²⁴⁾, 또한 放射線照射 費用은 照射線量과 직접 비례하는 것으로 일반적

표 6. 食品加工에 所要되는 에너지價

加工方法(照射線量)	에너지價(kJ/kg)
發芽抑制(0.1kGy)	2
殺虫(0.25kGy)	7
部分殺菌(2.5kGy)	21
放射線完全殺菌(30kGy)	157
加熱殺菌	918
調理(93°C)	2,558
冷蔵(0°C에서 10일)	396
冷凍(-25°C에서 3.5週)	5,149

으로 미생물의 完全殺菌보다 유의성 있는 감소에 목적을 두고 있으며 앞에서 기술했듯이 열처리나 염농도의 조절 등과 같은 병용처리로 식품공업에 적용하면 照射費用뿐만 아니라 生産費의 절감 등 많은 이점을 가져올 수 있다.

특히 향신료는 단위 부피당 가격이 高價이며 취급이 용이하여 放射線處理가 간편하고 完包裝 後處理로 2차오염의 가능성이 없으며, 계절성이 없어서 연중 언제든지 처리 가능하여 照射施設의 이용 효율을 높일수 있어 부과적 경비면에서 다른 食品보다 많은 長點을 갖고 있다.

8. 照射香辛料의 健全性

照射食品의 實用化를 위해서는 健全性 評價가 매우 중요한데 이를 위해서 일반적 毒性學 發癌性, 催奇形成性, 變異原性, 微生物學的, 營養的, 유기방사능 및 包裝 등의 영역들이 化學的, 物理的, 動物實驗 및 적당한 미생물적 調査에 의해 검토된다.²⁰⁾ 照射香辛料의 健全性은 paprika를 중심으로 국제협약(IFIP)에 따라 계속 검토가 행하여 1980年 FAO/IAEA/WHO의 照射食品 健全性에 관한 共同專門委員會에서는 평균 10kGy까지 照射된 어떠한 식품도 人體에 안전하다는 결론을 내렸고²⁵⁾, 1981年 미국 FDA에서는 식품의 殺虫, 殺菌에 사용되는 ethylene oxide나 ethylene dibromide와 같은 훈증제와 각종 식품첨가물(방부제)로 사용되고 있는 화학약품은 人體에 대한 잠재

적 장애와 환경공해 때문에 전면적으로 방사선 照射로 대체할 것을 권장하고 있으며²⁶⁾, 1982年 日本 및 1985年 독일에서도 ethylene oxide에 의한 식품의 살균을 금지시켰다.²⁷⁾

또한 1983年 7月 FDA는 향신료를 비롯한 분말식품과 건조 야채류의 殺虫, 殺菌 목적으로 10kGy까지의 照射는 안전하다고 하였으며²⁸⁾, 1984年 2月 미국 후생성은 신선과실과 채소류의 생장 및 속도지연과 해충구제를 위해 1kGy, 향신료의 殺菌을 위해 30kGy를 초과하지 않는 범위에서 방사선 照射를 인정하였다.²⁹⁾ 가장 최근인 1985年 7月 22日에 FDA는 生豚肉이 기생충(trichinae) 살충을 위해 0.3~1.0kGy의 放射線照射를 인정하였다.³⁰⁾

香辛料의 放射線照射殺菌은 국제기관(FDA, FAO/IAEA/WHO)에서 인정한 線量이하에서도 殺菌效果가 完全하며, 저자등과 여러 나라의 연구결과를 종합해 보았을 때 照射香辛料의 健全性은 문제시 되지 않는다.

9. 結 言

식생활의 다양화와 합리화에 따른 가공식품의 大量生産으로 향신료는 가정용뿐만 아니라 食品工業에서 使用量은 매년 증가하고 있다. 이들 향신료는 높은 미생물 오염으로 國民保健의 衛生的 측면에서나 食品工業에서 많은 문제점을 야기한다.

따라서 향신료의 현행 살균법으로 가장 많이 이용되는 gas處理의 살균조작의 복잡성, 완포장상태의 살균 불충분 재포장 과정중의 2차오염 가능성, 약제성분의 잔유, 유해물질생성, 살균비의 高價 등 문제점을 감안하여 새로운 살균방법인 放射線照射殺菌法 開發로서 국민의 건강보전, 식품원료의 적절한 이용, 加工食品의 부패억제, 生産費절감, 식품의 안전공급 등 종래 사용되던 방법들 보다 매우 有效한 處理法으로 주목되며, 향신료의 주요 생산국을 비롯한 선진 각국에서 放射線殺菌의 적용이 검토, 실용화되고 있으며, 국내에서도 보건사회부의 健全性 인정과 1986年 上半期

부터는稼動될 전망에 있는 商業用 照射施設로 香辛料의 放射線殺菌을 産業化하기 위해 미 개발된 향신료의 品目別 試驗遂行이 요구된다.

참고 문헌

1. Food Irradiation Newsletter: FAO/IAEA, 9(2), p. 29 Aug. 1985.
2. 변명우: 한국식품과학회지, 17, 311(1985)
3. Goldblith, S.A. and Wang, D.I.C.: *Appl. Microbiol.*, 15, 1371 (1967).
4. Vajdi, M. and Pereira, N.M.: *J. Food Sci.*, 38, 893 (1973).
5. Schonberg, F.: *Fleisch Wirtschaft*, 1, 132 (1952).
6. Coretti, K.: *Fleisch Wirtschaft*, 9, 183 (1957).
7. Kelch, H. and Coretti, K.: *Fleisch Wirtschaft*, 11, 833 (1959).
8. Gottschalk, H.M.: *Food Irradiat. Inf.*, 7, 7 (1977).
9. Wesley, F., Rourke, B. and Darbishire, O.: *J. Food Sci.*, 30, 1037 (1965).
10. Stijve, T., Kalsbach, R. and Eyring, G.: *Trav. Chin. Aliment. Hyg.*, 67, 403 (1976).
11. Kiss, I., Zachariev, G., Farkas, J., Szabad. and Toth Pesti, K.: *Food Preservation by Irradiation*, No. 1., IAEA. STI/PUB/470, p. 263 (1973)
12. Strelkova, E.E.: *Tlksikol. Nov. Prom. Khim Veshehestv.*, 12, 72 (1971).
13. Embree, J.W., Lyon, J.P. and Hine, C.H.: *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 40, 261 (1977).
14. WHO-IARC Monographs on Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Man. Vol. II, International Agency for Research on Cancer, Lyon (1976).
15. Scudamore, K.A. and Heuser, S.G.: *Pestic. Sci.*, 2, 80 (1971).
16. Wheeler, G.P.: *Cancer Research*, 22, 651 (1962).
17. Schanf, M.M.: *Sterilization of Spices by In Situ Salt Formation*, U.S. Patent 3, 316, 10⁰ Ser. No. 455, 2, 27, April 25 (1667).
18. Josephson, E.S. and Peterson, M.S.: *Preservation of Food by Ionizing Radiation*, CRC Press, Inc., Florida (1982).
19. Proctor, B.E., Goldblith, S.A. and Fram, H.: *Food Research*, 15, 490 (1950).
20. Technical Reports No. 114 : *Training Manual on Food Irradiation Technology and Techniques*, Second Edition, IAEA, Vienna, p. 43—60 (1982).
21. Bachman, S. and Gieseczynska, J.: *Factors Influencing the Economical Application of Food Irradiation*, IAEA-PL-581/5, p. 33 (1973).
22. Farkas, J., Beczner, J. and Incze, K.: *Radiation Preservation Food*, IAEA-SM-166/66, p. 389 (1973).
23. Farkas, J.: *Aspects of the Introduction of Food Irradiation in Developing Countries*, IAEA, Vienna, STI/PUB 362, p. 43 (1973).
24. IAEA: *Food Preservation by Irradiation*(Proc. Symp., Wageningen, 1977), Uienna, 2, p. 285 (1978).
25. WHO: Wholesomeness of Irradiated Food, WHO Technical Reports Series 604, Geneva (1977).
26. Department of Health and Human Services: FDA 2/CFR Ch. I, *Federal Register*, 46, 18992, March 27 (1971).
27. Wetzel, K., Huebner, G. and Baer, 17.: International Symposium on Food Irradiation Processing, IAEA-SM-271/16, Washington, D. C., USA, 4~8 March (1985).
28. Department of Health and Human Services: FDA 22 CFR Part 179, *Federal Register*, 48, 30613, July 5 (1983).
29. Department of Health and Human Services: FDA 21 CFR Part 179, *Federal Register*, 49, 5714, Feb. 14. (1984).
30. CRA (Councion Radiation Applications) Info.: FDA Approves Pork Irradiation, July 1985.