

방사선 조사식품

방사선 조사식품이란?

발아억제, 살충, 살균, 숙도조정 등의 목적으로 방사선(γ 선 · β 선 · X선 등)을 조사한 식품



1. 식품조사에 이용되는 방사선의 종류 및 특성

[1] 방사선의 종류

- ⊕ 자연방사선 : 자연적으로 발생한 방사선
- ⊕ 인공방사선 : 방사성 동위원소로부터 방출되는 방사선
 [예] 알파선, 베타선, 감마선, X선, 전자선, 중성자선 등
- ⊕ 전리방사선 : 물질을 통과할 때 물질의 원자, 원자단 및 분자 등을 전리시켜 이온을 생성하는 방사선 [예] 감마선, 전자선, X선, 알파선, 중성자선 등

[2] 방사선 조사의 특성

- ⊕ 화학적방법 : 에틸렌옥사이드, 에틸렌브로마이드, 메틸브로마이드
- ⊕ 물리적방법
 - 강력한 투과력으로 연속처리 공정가능
 - 살균공정에서 처리 시간과 피조사체의 밀도를 제외한 기타 공정인자 영향을 받지 않음
 - 에너지 소비율 낮음. 환경친화적 특징, 품질 보존 등
 - 단, 원자력을 이용하는 특수성 문제시 됨.

[3] 방사선 조사의 생물학적 작용 : 직접작용설, 간접작용설

2. 조사식품의 안전성 평가

(1) 조사식품의 안전성평가 배경

- ① 1950년 : 미국, 영국, 프랑스, 네덜란드, 독일, 구소련 등 조사식품 안전성 평가 시작함.

(2) 조사식품의 안전성 평가 연구

- ① 방사선학적 안전성, 미생물학적 안전성, 영양학적 안전성, 독성학적 안전성, 관능적 특성변화

3. 식품조사의 이용분야

(1) 식품의 방사선 조사 효과

- ① 생장조절, 해충제어, 유해미생물 제어 등

(2) 방사선 조사의 식품학적 이용효과

- ① 발아 및 발근 억제효과, 숙도지연 및 선도유지, 해충 및 기생충 제어, 건조식품의 살균-살충 위생화, 병원성 미생물의 억제, 특수 목적 식품, 가공적성 개선 및 유해물질 저감화

4. 조사식품의 검지방법

(1) 물리적 방법

- 열적발광측정법, 전자회절공명, 광자극발광법

(2) 화학적 방법

- 탄화수소법, 코메트 분석법

(3) 미생물학적 측정법

- 스크리닝 판별법, 직접형광/필터 생균수 측정법 등

제8장 방사선 조사식품

1. 식품조사에 이용되는 방사선의 종류 및 특성
2. 조사식품의 안전성 평가
3. 식품조사의 이용 분야조사식품의 검지방법

8.1 식품조사에 이용되는 방사선의 종류 및 특성

❖ 8.1.1 방사선의 종류

- 자연방사선: 자연적으로 발생한 방사선 (예) 햇빛
- 인공방사선(전리방사선): 물질을 통과할 때 물질의 원자, 원자단 및 분자 등을 전리시켜 이온을 생성하는 인공 방사선 (예) α (알파선), β (베타선), γ (감마선, X선, 전자선, 중성자선)
 - γ (감마선): 투과력 강함. 식품분야에서 약 80% 사용함 (예) 포장된 완제품
 - X선: 투과력 강함 (예) 포장된 완제품
 - 전자선: 투과력 약함. 신속성, 정확성, 에너지 효율성 등의 장점
(예) 곡류의 살충, 표면 살균 및 의료제품 등

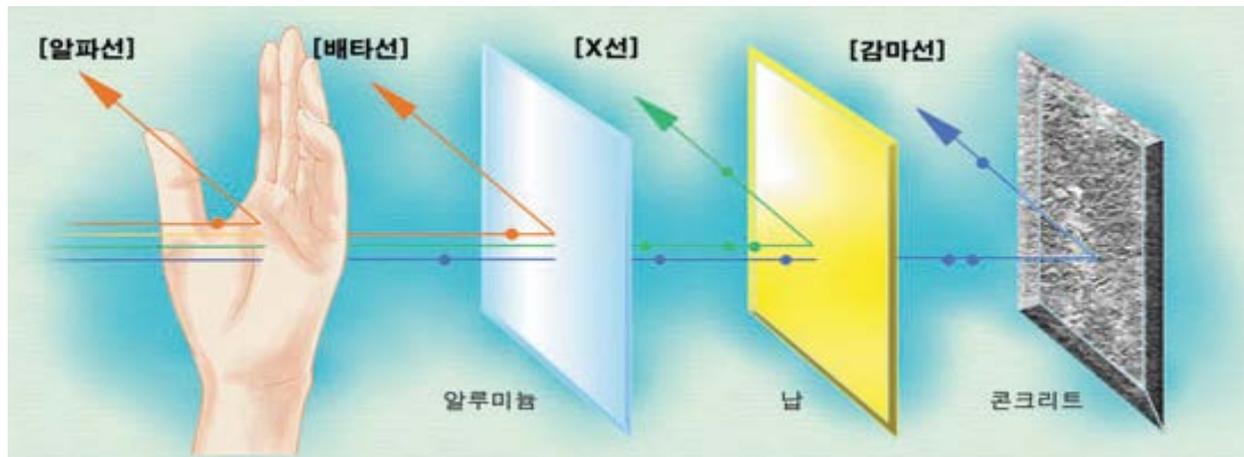


그림 8-1 방사선의 투과력 비교

표 8-2 식품 및 의료 산업에 이용되는 방사선의 종류

방사선	선원	반감기	이용 에너지(MeV)
γ ray	Co ⁶⁰	5.3년	1.17, 1.33
	Cs ¹³⁷	30.0년	0.06
전자선	전자가속기에서 발생		10 이하
Xray	기계적으로 발생		5 이하

81 식품조사에 이용되는 방사선의 종류 및 특성

❖ 8.1.2 방사선 조사의 특성

- **화학적 방법**

- 에틸렌옥사이드(ethylene oxide), 에틸렌브로마이드(ethylene bromide): 잔류독성. 사용금지
- 메틸브로마이드(methyl bromide): 지구 오존층 파괴물질로 판명됨. 사용 금지

- **물리적방법**

- 강력한 투과력으로 연속처리 공정 가능
- 살균공정에서 처리 시간과 피조사체의 밀도를 제외한 기타 공정인자의 영향을 받지 않음.
- 에너지 소비율 낮음. 환경친화적 특징, 품질 보존
- 단, 원자력을 이용하는 특수성 문제



그림 2-9 방사선 조사 식품표시마크

81 식품조사에 이용되는 방사선의 종류 및 특성

❖ 8.1.3 방사선조사의 생물학적 작용

- **직접작용설** : 생물체의 세포나 그 밖의 표적물질에는 이온화 에너지가 감수성이 높은 DNA에 작용하여 직접 유효한 전리를 일으켜서 DNA 사슬을 절단하여 생물학적 효과를 나타냄
- **간접작용설** : 생체내에 세포를 둘러싸고 있는 물이나 혹은 전리작용에 따른 생성물(이온이나 유리기)이 2차적으로 세포활동에 필요한 물질 또는 그 구조에 화학적 변화를 일으켜 간접적으로 생물학적 효과를 나타냄

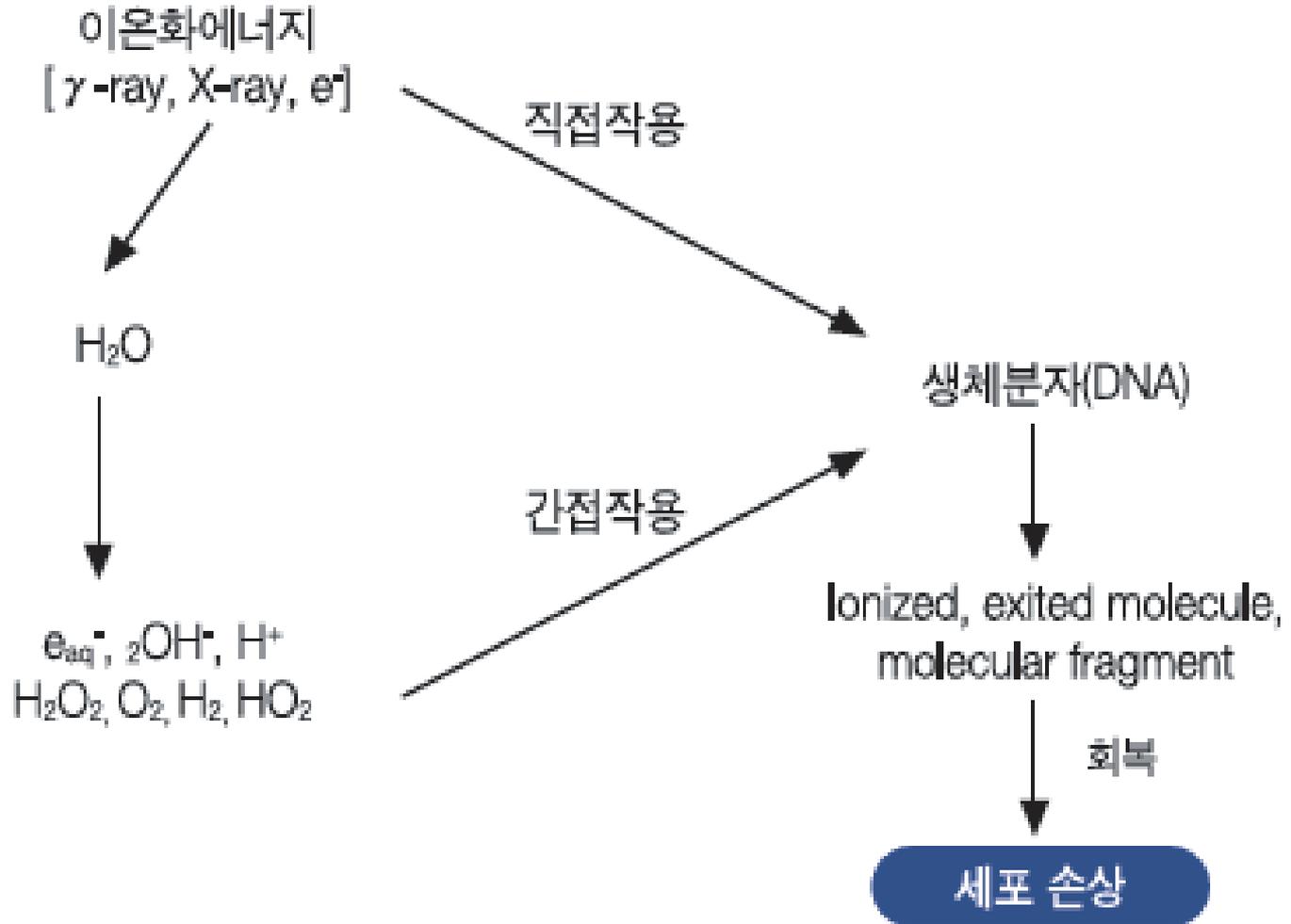


그림 8-2 방사선 조사의 생물학적작용

82 조사식품의 안전성 평가

❖ 8.2.1 조사식품의 안전성평가 배경

- 1950 : 미국, 영국, 프랑스, 네덜란드, 독일, 구소련 등 조사식품 안전성 평가 시작
- 1961 : FAO/IAEA/WHO 식품조사 건전성평가 전문위원회(Joint Expert Committee on the Wholesomeness of Irradiated Food, JECFI) 구성
- 1980 : 식품위생 개선과 식물검역을 목적으로 하는 응용연구
- 1983 : “조사식품에 관한 국제일반규격” 및 “식품조사의 실시에 관한 국제규범” 채택
- 1985 : JECFI를 중심으로 10kGy 이상 조사식품의 건전성 평가
- 1997 : 미국 FDA에서 *E. coli* O157:H7 및 *Listeria monocytogenes* 등의 병원균을 살균하기 위하여 미국 내에서 생산되는 모든 냉장·냉동 육류에 10 kGy 이상 고선량 감마선 조사 허가
- 1999 : 미국 농무성(USDA)에서 소고기와 같은 붉은색 육류에 잔존하는 미생물을 박멸하기 위해 고선량 방사선 조사 승인
- 2003 : 유럽연합(European union, UN) 식품과학위원회(The Scientific Committee on Food) “10 kGy 이하의 조사식품에 대해서만 건전성 인정 (예외) 향신료, 건조 양념류, 건조 야채조미료

82 조사식품의 안전성 평가

❖ 8.2.2 조사식품의 안전성평가 연구

표 8-3 방사선 조사식품의 안전성 검토 사항

구분	안전성 검토 사항
방사선학적 안전성	<ul style="list-style-type: none">• 조사식품에서 유도 방사능의 생성 여부• 허가된 조사선원의 에너지 범위에서 유도방사능 가능성
미생물학적 안전성	<ul style="list-style-type: none">• 방사선 조사에 의한 미생물 돌연변이 유발 및 유독성 여부• 방사선 조사에 의한 부패미생물 살균과 병원균 생존 여부
영양학적 안전성	<ul style="list-style-type: none">• 방사선 조사에 의한 식품 영양소의 손실 여부• 방사선 조사식품이 영양소의 주요 급원인지 여부
독성학적 안전성	<ul style="list-style-type: none">• 방사선 조사에 의한 독성 물질의 생성 여부• 독성물질 생성 확인을 위한 시험법• 독성학적인 안전성을 확인하기 위한 시험법
관능적 특성 변화	<ul style="list-style-type: none">• 방사선 조사에 의한 식품의 색, 냄새, 맛, 질감 등 관능적 특성의 부정적인 변화 여부

82 조사식품의 안전성 평가

❖ 8.2.2.1 방사선학적 안전성

- 방사선학적 안전성 평가 핵심 : 조사식품에서 유도방사능 생성 가능성 여부
식품 내의 물분자와 반응하여 활성산소 등 자유라디칼을 생성
생성된 자유라디칼은 매우 불안정한 물질로서 건조나 동결조건에서는 비교적 안정하지만
수분 존재 하에서는 1/1000초 이내에 소멸되며 식품성분 등의 산화나 분자 사슬 절단에 관여
- 방사선 분해물질은 조사된 식품의 구성성분과 관계가 있으며 대부분의 방사선 분해물질은 탄
수화물, 단백질, 지질로부터 파생됨
- 조미료와 같은 건조식품 : 자유 라디칼이 다른 식품에 비하여 더 안정된 상태로 존재하므로
빠르게 없어지지 않음
- 식품조사에 이용될 수 있는 최대허용 에너지(WHO)
 - 감마선, X선 : 5MeV
 - 전자선 : 10MeV 이하

82 조사식품의 안전성 평가

❖ 8.2.2.2 미생물학적 안전성

- 목적 : 식품에 존재하는 부패균 및 병원균 감소 및 사멸
- 전리방사선 : 미생물을 죽이거나 미생물에게 손상을 입힘으로 식품 내의 미생물수 감소

[예] 살모넬라(*Salmonella*) : 2 ~ 7kGy

클로스트리디움 보툴리눔(*Clostridium botulinum*)포자 : 50 kGy

아플라톡신(aflatoxin) 등 독소를 생성하는 곰팡이 : 방사선 조사 후 발생하는 변이주의

대부분은 독소 생성능이 저하되거나 없어진다고 알려짐.

- 조사식품에서 생존 미생물에 의한 돌연변이 유발에 의한 유해균 발생, 독소생성 촉진, 방사선 내성 증대, 내열성 증대 등의 가능성 없음.

82 조사식품의 안전성 평가

❖ 8.2.2.3 영양학적 안전성

- 가열, 조리, 냉동, 건조 등의 식품가공 처리와 차이가 없음
 - 1kGy 이하의 저선량 : 영양성분의 감소가 없음
 - 전분 등 다당류 : 1kGy 정도 저선량에서도 분자 사슬이 쉽게 절단됨
 - 에너지원으로서 영양가 : 10kGy의 이상 고선량에서도 저하되지 않음
 - 단백질 : 10kGy의 이상 고선량에서도 아미노산 조성은 거의 변화하지 않음
- 효소활성 : 고선량에서도 저하가 적음
- 단백질의 면역학적 성질 : 거의 변화하지 않는다.
- 지방질 : 방사선조사에 의하여 산화적 열화가 많이 일어남.
산소 포장과 동결상태 또는 건조 상태에서 조사
(예) 닭고기 : -25°C에서 59kGy 고선량으로 조사
- 비타민 : 영양성분 가운데 방사선조사에 의하여 가장 분해되기 쉬움
- 무기질이나 미량성분 : 방사선 조사에 의한 손실이 일어나지 않음
- 방사선 조사시 고려해야 할 사항 ; 식품의 온도, 공기의 존재여부, 저장 조건 등

82 조사식품의 안전성 평가

❖ 8.2.2.4 독성학적 안전성

- 1981 : JECFI의 보고서에 의하면 “평균선량 10kGy로 조사할 경우 생선, 감자, 닭고기, 보리, 양파, 쌀 조미료, 콩류와 같은 비 가공식품은 독성학적 위험을 나타내지 않는다” 고 공표
- 미국 FDA : 1982년까지 입수 가능한 409건 이상의 독성시험 연구결과 재검토 생식독성(126건), 유전독성(102건, 만성독성(58건), 아만성 독성(45건)
 - 다세대 생식독성시험
번식성을 2 세대 이상에 걸쳐서 차세대에 어떠한 영향을 주는지 조사방법으로 초기형성, 배아 독성시험 포함한 시험임
 - 최종 결과 : 만성, 생식독성, 초기형성 독성에서 어떠한 부작용도 관찰되지 않음
- 만성독성 : 미량인 방사선 분해생성물이 장기간에 걸쳐 생체 내에 흡수되어 생기는 유해작용 분석
- 아만성독성 : 방사선 분해생성물이 단기간에 걸쳐 생체 내에 흡수되어 생기는 유해작용 분석
(예) 체중증가, 혈액검사, 종양발생 등의 병리학적 검사

82 조사식품의 안전성 평가

❖ 8.2.2.5 관능적 특성 변화

- 우유나 유제품 : 다른 식품에 비하여 방사선 조사에 가장 민감
1kGy 이하의 저선량에서도 이취 발생
- 식육제품 및 어패류 : 고선량을 조사시 이취 발생
[이유] 주로 지방질 및 단백질의 분해에 의한 휘발성 물질로서 탄화수소류,
카르보닐 화합물, 알콜류, 메르캡탄류(mercaptan) 등이 해당됨
- 채소류, 신선과일, 곡류 등 : 1kGy 정도에서 일부 채소류는 조직이 연화됨.
단, 이취는 발생하지 않음
- 우유 및 유제품에서는 특유의 냄새가 많이남
- 육류 중에서도 돼지고기보다 쇠고기, 백색육보다 적색육에서 특유의 냄새가 더 많
이 발생함
- 방사선 조사에 의한 식품의 품질은 식품의 종류마다 적정 조사선량이 다양함으로
목적하는 품질을 확보하기 위해서는 적정 조사선량과 조사조건이 요구됨
[예] 탈산소 상태이거나 $-20^{\circ}\text{C} \sim -40^{\circ}\text{C}$ 동결 상태 하에서는 50kGy 고선량을
조사하여도 육제품에서는 조사취가 발생하지 않는다고 보고됨

83 식품조사의 이용분야

❖ 8.3.1 식품의 방사선조사 효과

- **생장조절**

- 감자, 마늘, 양파, 밤 등은 0.1 ~ 0.25kGy 범위의 조사에 의하여 생장점의 세부분열 발아 및 발근이 억제됨
- 저장기간 연장 및 생장 지연으로써 속도지연 효과를 나타냄

- **해충제어**

건조식품의 저장해충이나 신선식품의 검역관련 해충, 동물성 식품에 존재하는 기생충은 저선량 조사에 의해 불활성화 됨

- **유해미생물제어**

- 부분살균(radurization) : 가장 낮은 선량으로 식품의 저온저장 수명 연장
- 병원균살균(radicidation) : 식품에 오염된 병원성 미생물을 사멸
- 완전살균(radappertization) : 10kGy 이상의 고선량을 이용

83 식품조사의 이용분야 (계속)

표 8-4 식품에 대한 이온화 에너지의 생물학적 효과

생장 조절	해충 제어	미생물 제어
발아, 발근	저장해충 살충	부분살균
생장 조절	검역해충 제어	병원균 살균
속도 지연	기생충 사멸	완전살균

83 식품조사의 이용분야 (계속)

표 8-5 조사선량에 따른 식중독 미생물의 제어효과

구분	조사선량(kGy)	이용 목적
Radurization (방사선 부분살균)	1~5	부패균의 수를 감소시켜 식품의 저온보존기간 연장 / 신선육, 육가공품, 가금육, 어패류, 수산가공품, 딸기 등
Radicidation (방사선 병원균살균)	2~10	비포자형성 병원균, 식중독균, 경구전염병원균 사멸 / 육류, 가금류, 어패류, 낙동제품 등
Radappertization (방사선 완전살균)	10~50	미생물을 완전히 살균하는 것으로 <i>Bacillus</i> 속, <i>Clostridium</i> 속 등 포자형성세균과 내열성 포자까지 사멸 / 통조림식품, 환자용 무균식, 우주식품, 실험동물용 무균사료 등에 적용

83 식품조사의 이용분야 (계속)

표 8-6 생물체에 대한 방사선의 감수성 비교

생물체 종류 및 독성 물질	조사선량
포유동물	0.001~0.005 kGy
뿌리·줄기 야채류의 발아억제	0.01~0.02 kGy
해충·기생충 불미화, 사멸	0.1~1 kGy
대장균, 살모넬라, 리스테리아, 이질균, 폐렴균, 곰팡이류	1~5 kGy
비브리오균, 고초균, 포도알균, 녹농균, 탄저균, 사슬알균, 곰팡이류	5~10 kGy
세균포자, 엔도톡신(endotoxin), 엑소톡신(exotoxin), 마이코톡신(mycotoxin)	10~20 kGy
구제역, 각종 바이러스	30 kGy 이상

83 식품조사의 이용분야

❖ 8.3.2 방사선 조사의 식품학적 이용효과

• 8.3.2.1 발아 및 발근 억제 효과

- ✓ 발아부의 조직이 다른 일반 조직에 비하여 방사선에 감수성이 커서 발아부의 세포분열이 억제되기 때문
- ✓ 일본 : 1973년부터 감자의 산업적 조사가 실용화되어 연간 5,000 ~ 10,000톤 이상의 감자가 감마선 처리되어 저장되고 있으며, 저장된 감자는 연중 아동급식용이나 식품 가공용 원료로 공급되고 있다.
- ✓ 우리나라 : 1987년 감자, 마늘, 양파에 대해 0.15kGy, 밤은 0.25kGy 이하의 방사선 조사가 허가되었다. 방사선 조사처리는 수확 후 2~3개월 이내에 실시하여야 효과가 크고 수확 후 처리 시까지의 기간이 길어지면 처리 효과가 감소된다.
- ✓ 일반적으로 방사선 조사에 의한 농산물의 발아억제 효과는 처리 후 저장온도에 거의 영향을 받지 않으나 생체식품 이기 때문에 좋은 품질확보를 위해서는 저장습도 등 외적 환경요인들을 관리 하는 것이 바람직할 것이다.

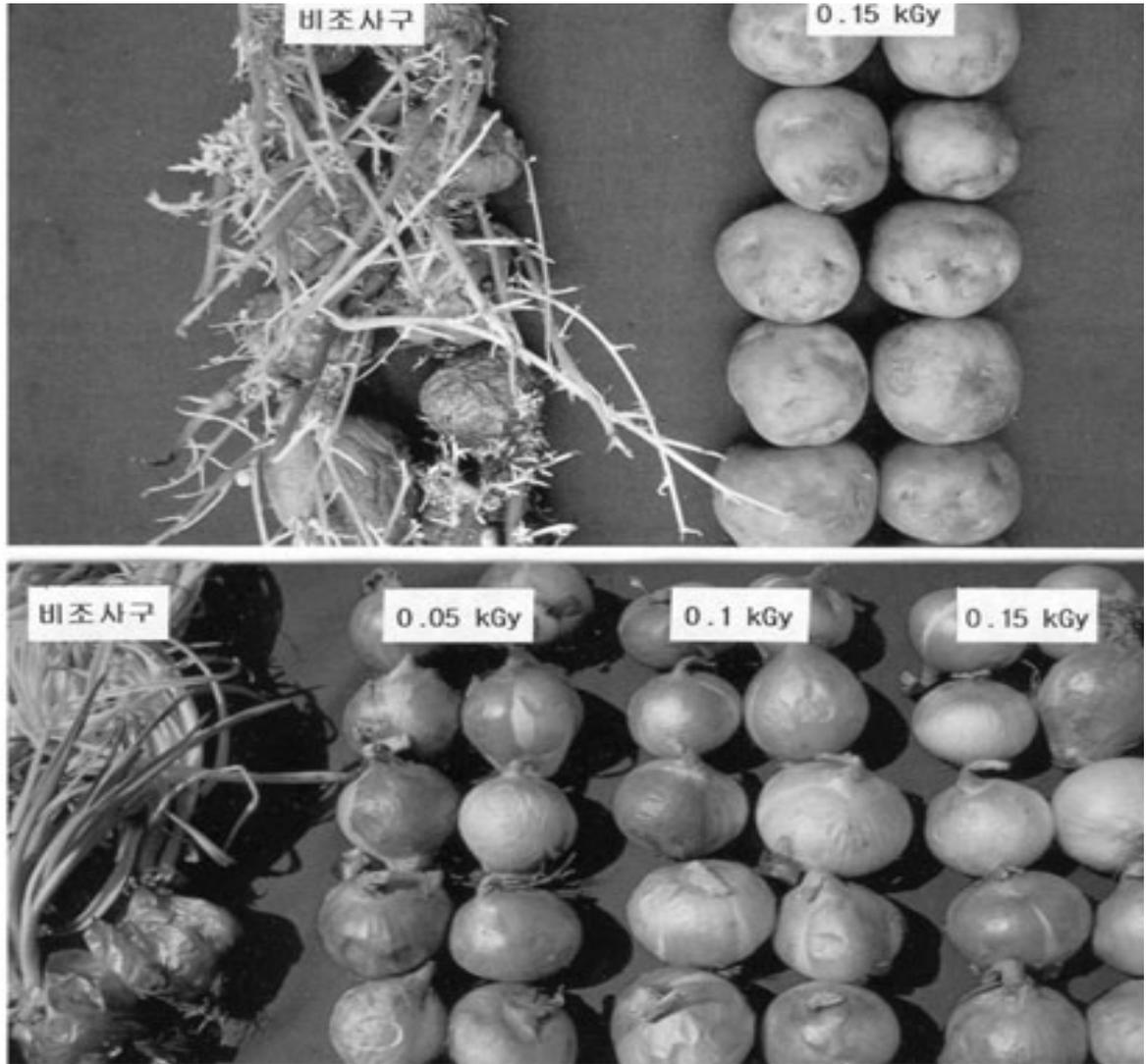


그림 8-3 감마선 조사 처리한 감자 및 양파의 발아억제효과

83 식품조사의 이용분야

- 8.3.2.2 속도지연 및 선도유지

- ✓ 1kGy 내외로 방사선 조사하여 호흡 및 효소작용 등의 생리적 대사활동이나 부패 미생물의 생육을 억제함으로써 속도지연과 유통기간 연장 등의 효과를 가져왔다.
- ✓ 신선과일 등 : 1kGy 이상의 방사선 조사를 하면 복잡한 생리적인 변화나 조직연화, 갈변 등이 나타난다.

[예] 사과, 복숭아, 버찌 등 : 0.5 ~ 1kGy

- ✓ 과채류 : 검역처리를 목적으로 한 해충의 살충 선량인 0.2 ~ 0.5kGy 에서는 방사선 조사에 의한 장애가 일어나지 않는다.

[예] 망고나 파파야 : 0.25 ~ 1kGy

- ✓ 생버섯 : 2 ~ 3배의 상품수명 연장효과, 1kGy 이하의 감마선 조사 허용



그림 8-4 감마선조사 처리한 양송이의 선도유지 효과

83 식품조사의 이용분야

- **8.3.2.3 해충 및 기생충 제어**
 - ✓ 가스훈증법(에틸렌 디브로마이드, 에틸렌 옥사이드, 메틸 브로마이드), 물리적 방법(저온처리, 환경지체조절 등), 생물학적 방법(검역 등) 등이 선택적으로 사용하였으나 현재에는 사용하지 않고 있음 → 대체방안 필요함.
- **8.3.2.4 건조식품의 살균·살충 위생화**
 - ✓ 곰팡이에 의해 향신료, 건조채소류, 복합조미식품 등이 오염되어 아플라톡신이나 오크라톡신 등의 곰팡이 독소를 제거하기 위하여 방사선 조사사용

83 식품조사의 이용분야

- 8.3.2.5 병원성 미생물의 억제

- ✓ *E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp., *L. monocytogenes*, *V. parahaemolyticus*, *S. aureus*, norovirus 등 식품에 존재하는 식중독 미생물에 사멸에 사용함
 - 저선량 살균 : 비포자형성 병원균인 *Salmonella* spp., *L. monocytogenes*, *V. parahaemolyticus*, *Campylobacter jejuni* 등
 - 고선량 살균(10K Gy 이상) : 포자형성 세균인 *B. cereus*, *Cl. botulism* 균
- ✓ 방사선 조사에 의한 살균처리의 장점 : 높은 투과력으로 인하여 식품 내부까지 균일하게 처리할 수 있음

(예) 미국 FDA : 미국 내에서 생산되는 모든 냉장·냉동 육류에 감마선 조사 허가
(1997년)

미국 농무성(United State Department of Agriculture, USDA)

- 쇠고기와 같은 붉은색 육류 잔존 미생물을 박멸하기 위해 방사선조사 승인
(1999년)
- 국립학교 급식프로그램에 방사선 조사된 쇠고기의 공급 승인(2003년)
- 방사선이 조사된 햄버거 공급(2004년)

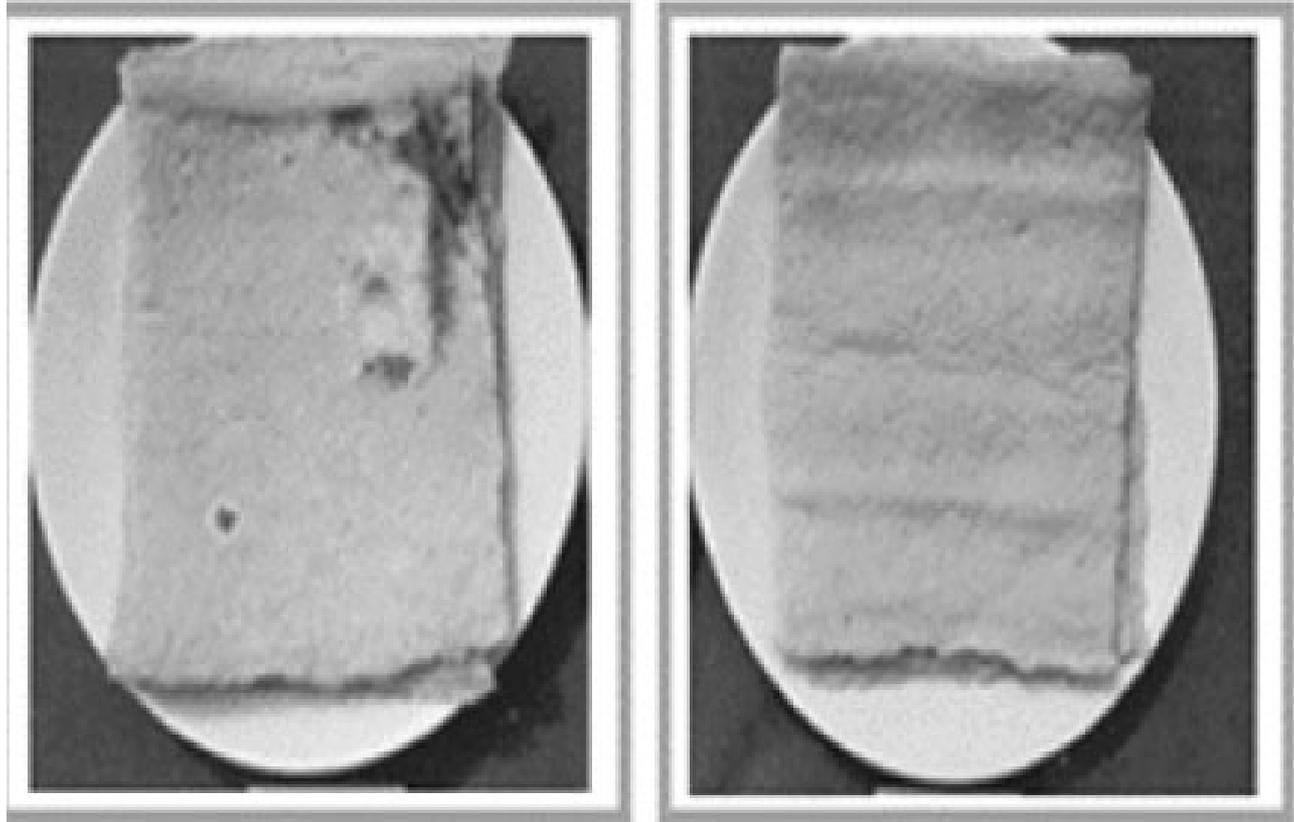


그림 8-5 감마선조사에 의한 어묵의 냉장 보존기간 연장효과

83 식품조사의 이용분야

- **8.3.2.6 특수 목적 식품**

- ✓ 장기보관용 군용식품인 햄, 베이컨 등 밀봉 포장식품, 환자용 무균식, 실험동물용 무균사료, 우주인식품 등에 사용 (10 ~ 50kGy의 고선량 조사)

- **8.3.2.7 가공적성 개선 및 유해물질 저감화**

- ✓ 재수화 및 조리시간을 유의적으로 단축시킬 수 있음
- ✓ 이온화 에너지의 전리작용에 의해 식품조직의 물리적 변화에 의하여 가공적성이 향상 될 수 있다.

[예] 계란 : 알러지 유발 성분 저감화

유화형 소시지 : 잔류 아질산염, 니트로아민 함량 저감화

표 8.1 방사선 조사 허가 식품 품목(식품의약품안전청, 2009)

허가 품목	허가 선량(kGy)	목적	허가 일자
감자, 양파, 마늘	0.15	발아억제	1987. 10. 16
밤	0.25	발아억제	
생버섯 및 건조버섯	1	속도 지연	
건조 향신료	10	살균, 살충	1988. 09. 13
가공식품 제조원료용 건조 식육 및 어패류 분말	7	살균, 살충	1991. 12. 13
된장, 고추장, 간장 분말	7	살균, 살충	
조미식품 제조원료용 전분	5	살균, 살충	
가공식품 제조 원료용 건조 채소류	7	살균, 살충	1995. 05. 19
건조 향신료 및 이들 조제품	10	살균, 살충	
효모, 효소식품	7	살균, 살충	
알로에 분말	7	살균, 살충	
인삼(홍삼포함) 제품류	7	살균, 살충	
2차 살균이 필요한 환자식	10	살균	
난분	5	살균	
가공식품 제조원료용 곡류, 두류 및 분말	5	살균, 살충	2004. 05. 24
조류 식품	7	살균, 살충	
복합 조미식품	10	살균	
소스류	10	살균, 살충	
분말차	10	살균, 살충	
침출차	10	살균, 살충	

SPS와 TBT란 무엇인가?

SPS란 Sanitary and Phytosanitary Measures의 약자로 위생 및 식물위생조치의 적용에 관한 협정이며, TBT란 Technical Barriers to Trade의 약자로 무역기술표준협정이라고 한다.

SPS조치는 과학적 원리에 근거하여야 하며 충분한 과학적 증거 없이는 유지될 수 없으며 각국의 특정위생조건(동식물을 포함)을 이유로 하지 않는 한, 상품을 국별로 차등 대우하여서는 안 되며, SPS조치를 위장된 무역제한으로 사용하여서는 안 된다. 또한, TBT 조치는 각국의 서로 다른 표준 인정제도, 즉 강제법규라든지 임의규격 등과 같이 불필요한 무역장벽이 되지 않도록 국제규격을 기준으로 제정할 것을 의무화한 것이다.

84 조사식품의 검지방법

표 8-7 방사선 조사식품의 검지방법(식품공전, 2010)

검출법		적용식품군
물리적 방법	열발광측정법(TL법)	향신료, 조미료, 패류, 과채류, 곡류
	광여기발광측정법(PSL법)	향신료, 패류
	전자스핀공명법(ESR법)	뼈를 가진 식품, 과일류, 견과류, 갑각류, 난류
	점도법	향신료(후추, 계피 등)
	전기저항법(임피던스법)	감자
	시차열량분석법(DSC법)	습윤식품
화학적 방법	Hydrocarbons	육류, 조류, 난류, 열대 과일류
	2-Alkylcyclobutanones	육류, 조류, 난류, 패류, 열대 과일류
	•Tyrosine	조류, 패류
	Peroxides	육류, 조류
	DNA Comet assay	육류, 어패류, 과채류
생물학적 방법	반배아검사법	과일류(감귤, 사과 등), 곡류
	DEFT/APC법	조류, 향신료(후추)

84 조사식품의 검지방법

❖ 8-4-1 물리적 방법

- **열적발광측정법(Thermoluminescence, TL)**

식품에 혼입된 이물질인 광물질의 발광 특성을 이용하는 방법으로 광물질은 조사에 의하여 에너지가 저장되고 일정온도의 열에 노출되면 에너지를 방출하는데 이때 방출되는 빛의 양을 측정하여 조사여부를 판정하는 방법

- **전자회절공명(Electron Spin Resonance, ESR)**

ESR은 뼈, 셀룰로오스 및 결정성 당을 함유한 식품에 잔존하는 방사선 조사로 생긴 자유 라디칼들을 분광학적으로 측정하는 방법으로서, 자장에 의하여 전자가 공명한 후 방출하는 에너지의 차이를 측정하여 조사여부를 판정하는 방법이다.

- **광자극발광법(Photostimulated Luminescence, PSL)**

PSL은 식품에 혼입된 이물질인 광물질의 발광 특성을 이용하는 방법으로서 광물질은 조사처리에 의하여 에너지가 저장되고 일정온도의 적외선에 노출되면 에너지를 방출하는데 이때 방출하는 빛의 양을 측정하여 조사여부를 판정하는 방법이다.



비 조사식품의 일반적인 ESR 스펙트럼



조사식품의 일반적인 ESR 스펙트럼

그림 8-6 비조사식품과 조사식품의 일반적 ESR 스펙트럼

84 조사식품의 검지방법 (계속)

❖ 8.4.2 화학적 방법

- **탄화수소법(Hydrocarbons)**

육류, 달걀, 치즈 등 동물성 식품이나 지방질을 많이 함유하는 식물 종자 등에서 중성지방의 방사선 분해에 의해 생성되는 화합물을 검출하는 방법

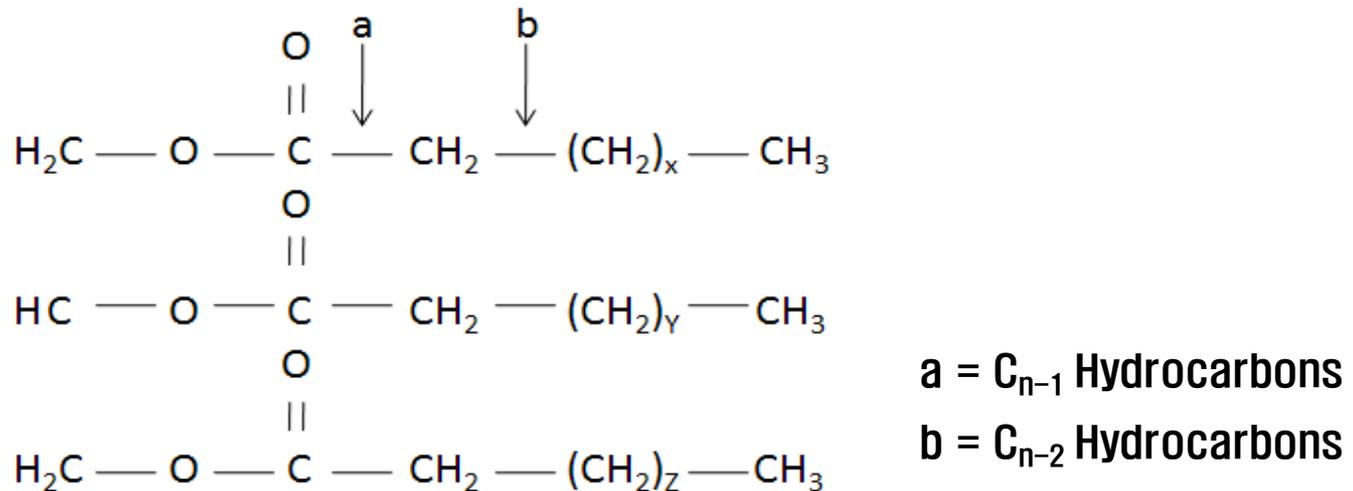


그림 8-8. 중성지방의 방사선 조사 시 생성되는 hydrocarbons

84 조사식품의 검지방법 (계속)

- **코메트(DNA Comet) 분석법**

방사선 조사에 의하여 생긴 DNA 사슬 절단 부분을 검출하는 방법.

방사선조사는 세포의 유전자에 손상을 일으키며 이러한 유전자의 손상된 정도를 단일세포의 마이크로젤 전기영동법을 이용하여 코메트 세포를 측정함으로써 방사선 조사 여부를 검지하는 방법.

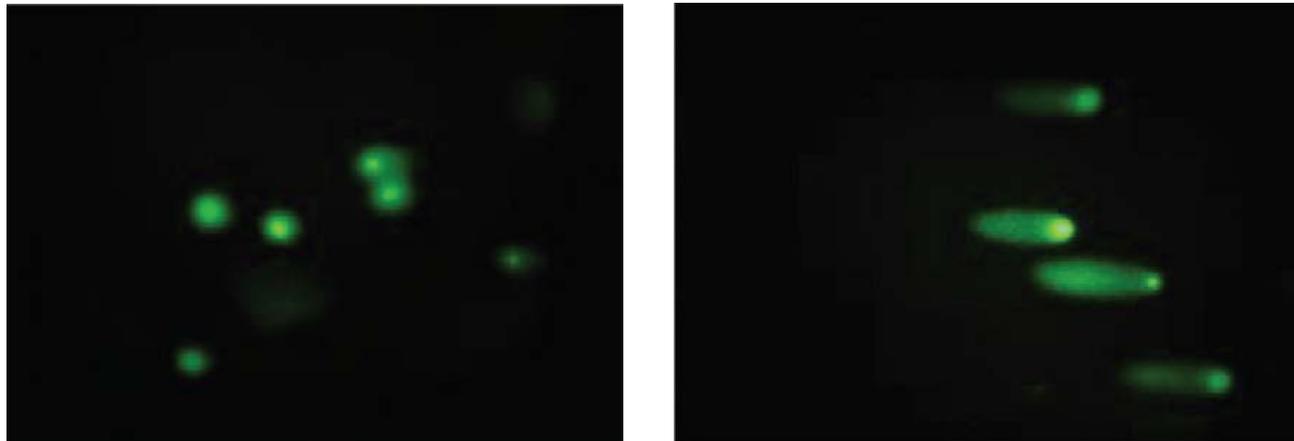


그림 8-9. 비조사 육류[좌]와 조사된 육류[우]의 코메트 세포
[형광향체현미경 200배]

84 조사식품의 검지방법

❖ 8.4.3 미생물학적 방법

- **스크리닝 판별법**

- 방사선조사에 의해 미생물을 사멸하고 조사 처리 전, 후로 살아있는 미생물의 유무를 추정하는 것

- **직접형광필터/생균수 측정법(Detection of irradiated food using Direct Epifluorescent Filter/Aerobic Plate Count, DEFT/APC)**

- 식품 내의 사멸균을 포함한 모든 미생물을 형광 염색하고 필터상에 포집하여 현미경으로 계수한 총균수(처리 전의 균수)와 살아있는 균수(APC)와의 차이를 지표로 함

1. 식품조사에 이용되는 방사선의 종류 및 특성

[1] 방사선의 종류

⊕ 자연방사선 : 자연적으로 발생한 방사선

⊕ 인공방사선 : 방사성 동위원소로부터 방출되는 방사선

[예] 알파선, 베타선, 감마선, X선, 전자선, 중성자선 등

⊕ 전리방사선 : 물질을 통과할 때 물질의 원자, 원자단 및 분자 등을 전리시켜 이온을 생성하는 방사선 [예] 감마선, 전자선, X선, 알파선, 중성자선 등

[2] 방사선 조사의 특성

⊕ 화학적방법 : 에틸렌옥사이드, 에틸렌브로마이드, 메틸브로마이드

⊕ 물리적방법

➔ 강력한 투과력으로 연속처리 공정가능

➔ 살균공정에서 처리 시간과 피조사체의 밀도를 제외한 기타 공정인자 영향을 받지 않음

➔ 에너지 소비율 낮음. 환경친화적 특징, 품질 보존 등

➔ 단, 원자력을 이용하는 특수성 문제시 됨.

[3] 방사선 조사의 생물학적 작용 : 직접작용설, 간접작용설

2. 조사식품의 안전성 평가

(1) 조사식품의 안전성평가 배경

- ① 1950년 : 미국, 영국, 프랑스, 네덜란드, 독일, 구소련 등 조사식품 안전성 평가 시작함.

(2) 조사식품의 안전성 평가 연구

- ① 방사선학적 안전성, 미생물학적 안전성, 영양학적 안전성, 독성학적 안전성, 관능적 특성변화

3. 식품조사의 이용분야

(1) 식품의 방사선 조사 효과

- ① 생장조절, 해충제어, 유해미생물 제어 등

(2) 방사선 조사의 식품학적 이용효과

- ① 발아 및 발근 억제효과, 숙도지연 및 선도유지, 해충 및 기생충 제어, 건조식품의 살균-살충 위생화, 병원성 미생물의 억제, 특수 목적 식품, 가공적성 개선 및 유해물질 저감화

4. 조사식품의 검지방법

(1) 물리적 방법

- 열적발광측정법, 전자회절공명, 광자극발광법

(2) 화학적 방법

- 탄화수소법, 코메트 분석법

(3) 미생물학적 측정법

- 스크리닝 판별법, 직접형광/필터 생균수 측정법 등

식품위생학 기출문제-1

1. 10kGy 이하의 방사선 조사가 식품에 미치는 영향으로 옳게 설명된 것은? 가
 - 가. 모든 병원균을 완전히 사멸시키지는 못한다.
 - 나. 단백질, 탄수화물, 지방과 같은 거대분자는 매우 불안정하여 상당히 큰 영향을 받는다.
 - 다. 식품의 관능적 품질에 상당한 영향을 준다.
 - 라. 기생충을 사멸하기 위해서는 10kG 이상의 선량이 필요하다.
2. 방사선조사식품에 대한 설명으로 틀린 것은? 다
 - 가. 식품을 일정시간 동안 이온화 에너지에 노출시킨다.
 - 나. 발아억제, 숙도지연, 보존성향상, 기생충 및 해충사멸 등의 효과가 있다.
 - 다. 조사 후 건조 또는 탈기 과정이 필요하며 잔류 독성이 있다.
 - 라. 방사선량의 단위는 Gy, kGy이며, 1Gy는 1J/kg과 같다.

식품위생학 기출문제-2

3. 생성량이 비교적 많고 반감기가 길어 식품에 특히 문제가 되는 핵종만으로 된 것은? 라

가. ^{131}I , ^{137}Cs

나. ^{129}Te , ^{90}Sr

다. ^{131}I , ^{32}P

라. ^{137}Cs , ^{90}Sr

4. 반감기는 짧으나 젖소가 방사능 강하물에 오염된 사료를 섭취할 경우 쉽게 흡수되어 우유에서 바로 검출되므로 우유를 마실 때 문제가 될 수 있는 방사성 물질은? 라

가. Sr^{89}

나. Sr^{90}

다. Cs^{137}

라. I^{131}

5. 방사성 물질로 오염된 식품이 인체내에 들어갈 경우 그의 위험성을 판단하는데 직접적인 영향이 없는 인자는? 나

가. 방사선의 종류와 에너지의 크기

나. 식품중의 지방질 함량

다. 방사능의 물리학적 및 생물학적 반감기

라. 혈액내에 흡수되는 속도

식품위생학 기출문제-3

6. 식품의 살충, 살균 등의 목적으로 사용되는 방사선 중 조사기준이 되는 것은? 라
가. 가시광선 나. α 선 다. β 선 라. γ 선
7. 식품의 살충, 살균 등의 목적으로 사용되는 방사선 중 조사기준이 되는 것은? 나
가. 식품의 산화에 의한 변패를 방지
나. 식품의 미생물에 의한 부패를 방지
다. 식품에 감미를 부여
라. 식품의 미생물을 사멸
8. 국제수역사무국에서 지정한 광우병의 특정위해물질(SRM, specified risk material)이 아닌 것은? 라
가. 우유 및 유제품
나. 뇌 및 눈을 포함한 두개골
다. 척수를 포함한 척추
라. 방사선은 발아억제효과만 있고 살균효과는 없다.