

原子力を 利用한 우리나라의 食品研究 現況

(Present Status of Food Research by Use of Atomic Energy in Korea)

李 瑞 來 (Su Rae Lee)*

1. 머 리 말

1945년 原子彈의 출현에 의하여 原子力이 軍事目的에 최초로 이용되었고 그 결과 大量的의 放射性물질이 이용 가능하게 됨에 따라 原子力의 平和적 이용을 모색하게 되었다. 그 결과 原子力發電, 臨床的利用, 醫療機器 살균이 개발되었고 현재는 食品照射의 實用化를 위하여 세계 50여개국에서 연구가 진행되고 있다.

이와 같은 세계적 潮流에 따라 우리나라에서도 1960년 경부터 食品照射에 관련된 연구가 시작되었으나 그의 實用化 까지는 여러가지 문제점이 가로 놓여있다. 照射 食品의 實用化에 있어서의 가장 큰 關門은 法的許可라 할 수 있는바 1972년까지 한가지 또는 그 이상의 食品에 대하여 사용허가를 받은 나라는 캐나다, 덴마크, 헝가리, 이스라엘, 일본, 화란, 스페인, 미국, 소련이다.① 그들의 照射目的을 보면 發芽抑制(감자, 양파), 殺虫(소맥, 소맥제품, 코코아原豆, 견조과실), 殺菌(아스파라가스, 딸기, 양송이, 새우, 醬辛料, 과실, 채소, 육류) 등으로 되어 있다. 食品의 방사선처리에 있어서 우리가

기대할 수 있는 것은 ① 食品의 保存性연장 ② 病原性 有害生物의 제거 ③ 食品의 品質改善 세가지라 할 수 있는바 현재까지 가장 많은 研究노력이 傾注된 것은 食品의 保存기간 연장이라 할 수 있다.

食品照射의 문제는 이제 原子力의 平和的利用이라는 의미에서 뿐만 아니라 앞으로 예상되는 세계의 食糧사정에 대처할 한가지 有効수단이라는 관점에서 國際原子力機構(IAEA)와 國際食糧農業機構(FAO)에서는 공동으로 原子力의 食糧 및 農業的利用에 있어서의 技術 교환과 研究협조를 위하여 共同연구, 심포지움 및 協議會의 개최, 訓練계획을 관장하고 있고 食品照射에 관한 많은 資料를 출판하고 있다.②~⑪)

食品貯藏法으로서의 放射線照射의 利點과 문제점에 대해서는 既報⑫,⑬)한 바 있다. 本綜說에서는 우리나라에서 原子力을 이용하여 또는 관련하에 이루어진 食品분야의 研究文獻 78편을 수집, 정리함으로서 현재까지의 연구 進歩狀況을 파악하고 앞으로의 研究方向을 모색하는 동시에 우리나라 사정에 맞는 獨自의인 食品照射 研究計劃을 수립하는데 필요한 자료를 제공하고자 한다. 이들 國內研究文獻을 要約하면 다음과 같다.

항 목	품 목	연구 내용	논문 수
菜 蔬 類	감자, 양파, 고구마, 마늘, 토마토	발아억제, 저장기간 연장	11
果 實 類	딸기, 포도, 복숭아, 배, 밤,	부패방지, 발아억제	10
穀 類	쌀, 밀쌀	해충방지, 곰팡이방지	9
水 産 物	잉어, 각종 魚貝類, 김	살충, 부패방지, 變色방지	12
肉 類	牛肉, 生肉	살균	4
醱 酵 食 品	김치	산패방지, 살충	3
微生物育種	곰팡이, 세균	酵素, 비타민, 아미노산의 생산	8
放射能汚染	각종 食品	總β放射能, K ⁴⁰ , Cs ¹³⁷ , Sr ⁹⁰	9
放射化分析	각종 食品	Mn, Cu, Na, Ca, Cl, Br, Hg, Se	4
食品成分變化	油脂, 麥芽, 大豆, 澱粉, 多糖類	산패, 酵素力價增大, flavin 변화, 분해	9

* 韓國原子力研究所 農業生化學研究室長

2. 채 소 류

감자의 저장중 손실의 가장 큰 원인은 발아(萌芽)로서 이를 억제하는데 감마선이 효과적이라는 것이 1954년 Sparrow 및 Christensen에 의하여 알려진 이후 세계 각국에서 이 연구가 수행되었다. 소련(1958), 캐나다(1960), 미국(1964), 이스라엘(1967), 스페인(1969), 헝가리(1969), 덴마크(1970), 화란(1970), 일본(1972)에서는 이미 그의 사용이 法的으로 허가되어 있어서 照射食品중에서 가장 먼저 實用化될 가능성이 있는 품목이다.

국내에서는 차등⁽¹⁴⁾의 연구로서 국내 품종 6가지(Irish cobbler, Saco, Tachibana, Warba, Kennebec, Shimabara)를 수확 1주일후에 Co⁶⁰감마선을 조사하고 高溫과 低溫에 저장하면서 발아정도와 萎縮상태를 관찰한 것이 있다. 이에 의하면 감자의 품종에 따라 7선의 효과가 다르나 대체적으로 高溫저장에서는 9 krad, 低溫저장에서는 7.5 krad에서 현저한 발아억제 효과를 인정하였고 이에 따라 위축현상도 억제되었다. 한편 低線量에서는 발아가 촉진되는 실험결과가 나타났다. 감자의 감마선처리에 관한 李동^(15,16)의 追試에 의하면 Irish cobbler 품종을 수확후 5°C에서 4.5 개월 저장후 照射하였는바 線量이 높아짐에 따라 썩의 생장량이 감소되었고 16 krad에서 발아가 완전히 억제되었다. 이 最適線量에서 감자의 중량 손실은 크게 감소되었고 硬度도 양호하였으며 官能檢査에 의한 cooking quality, 일반성분(수분 제외), 무기물 함량, solanin 함량에는 有意性있는 차이가 없었으며 다만 비타민 C 가 약간 증가하는 경향을 보였다. 또한 감자 薄片의 細胞分裂(治癒組織 형성)은 線量의 증가에 따라 점차 억제되었고 감자의 발아 억제總量인 16 krad에서는 완전히 억제되었다. 60 krad 이상의 高線量에서는 carbonyl 화합물이 생성되었는데 이중 formaldehyde 와 acetone 이 檢出, 확인되었다.

양파 또한 감자와 같이 방사선 처리에 의한 발아억제가 有望視되는 품목으로 캐나다(1965), 소련(1967), 이스라엘(1968), 화란(1971)에서 法的許可를 얻고 있다. 국내에서는 金동⁽¹⁷⁾의 연구로서 早生種인 貝塚과 晚生種인 泉州黃을 수확후 여러 기간 간격으로 7선照射하고 저장중 발아율, 부패율 및 성분변화를 조사한 것이 있다. 이에 의하면 양파의 발아억제에 필요한 照射線量은 품종 및 照射시기에 따라 다른 것으로 수확 1주일후에 照射한 것은 4~8 krad에서 발아억제 효과(이에 따른 중량 감소효과)가 있었으나 수확 2~3개월후에 照射한 것은 12 krad에서도 효과가 별로 없었다. 부패율에 미치는 7선의 영향은 실험결과가 뚜렷하게 나타나지 않았으나 양파의 내부 胚軸底部에 褐變을 초래하였다. 양파의 香味成分인 휘발성 유황화합물은 저장중 감소하는 경향을 보이거나 7선照射에 의하여 그의 감소가 억제되었다. 이 실험의 追試⁽¹⁸⁾에 있어서도 품종, 照射시기 및 생산지에 따라 발아억제에 필요한 照射線量이 차이를 확

하였다. 그러나 발아억제 適正線量을 조금만 초과하면 양파의 부패율이 증가하였는바 이는 방사선에 의하여 양파의 부패균 感受性이 증가한 탓으로 생각되며 발아억제를 성취하면서 부패를 어떻게 방지할 것인가 하는 것이 앞으로 해결되어야 할 課題로 생각된다. 양파의 7선처리하는 個體呼吸이나 底盤部位의 組織呼吸에 있어서 照射직후에는 호흡을 昂進시키나 照射 1주일후부터는 오히려 감소시키는 효과를 가졌었으며 呼吸商은 언제나 1.0~1.1을 유지하였다. 방사선은 양파의 代謝機能을 변화시키고 이에 따라 生理작용이 영향되는 것으로서 발아억제는 일종의 放射線 障害로 간주된다.

고구마의 저장에 있어서 문제시되는 것은 軟腐病, 黑斑病 등의 병해와 발아에 의한 손실이라 할 수 있다. 고구마의 방사선 照射研究로서는 姜동⁽¹⁹⁾의 X선처리 연구와 차등,^(20,21) 崔동⁽²²⁾의 7선처리 연구가 있으나 病害防제와 발아억제에 필요한 照射線量의 準位가 상당히 다르므로 두가지 목적을 동시에 달성하려는 것은 바람직한 期待이나 매우 어려운 課題라 생각된다. 姜동은 고구마(층승 100호)의 상처皮膚의 木栓層형성에 미치는 X선의 영향을 보았는데 3,000 r이 가장 효과적임을 알았다. 7선처리를 보면 고구마의 발아 억제를 위해서는 50 krad의 照射線量이 필요하며 부패미생물인 *Rhizopus nigricans* 나 *Mucor mucedo*의 평균致死線量은 300 krad이었다. 그러나 이와 같이 높은 線量에서는 고구마 저장중 연부병균에 대한 感受性증가에 따른 부패현상, 내부조직의 褐變현상, 중량감소 및 呼吸率의 변화등을 초래하였다. 또 7선照射는 고구마의 水溶性당류, 糖化酵素力價를 증가시키는 경향이 있는 반면 전분, 비탄닌 C 함량을 감소시키는 경향을 보여주었다. 따라서 고구마 表皮部에 있는 부패균만을 死滅시키는데는 7선보다 β선이 더 효과적이라 생각된다.

마늘의 저장중 문제시 되는것은 발아, 線虫 및 부패에 의한 손실이다. 차등⁽²³⁾은 7선照射에 의한 마늘의 저장실험에서 10 krad에서는 발아억제가 가능하였으나 부패病原인 *Aspergillus niger* 와 *A. alliaceus*의 孢子死滅에는 300 krad 나 所要되었다고 하였다.

도마도의 저장기간 연장을 위한 金동⁽²⁴⁾의 연구를 보면 完熟도마도의 大形福壽 제1호품종을 CO₂ shock 와 7선 照射한 결과 0.25 Mrad 照射후 20°C에서 저장시 15 일간의 저장기간이 연장되었으며 protopectin 량은 현저히 감소하였으나 lycopene 에 의한 發色이 지연되었다.

3. 과 실 류

딸기는 부패되기 쉬운 과실의 일종으로서 *Botrytis cinerea* 와 *Rhizopus stolonifer* 가 주요부패균으로 알려져 있다. 그러나 그의 商品的 特殊性에 의하여 生果로서의 店頭壽命(shelf-life)을 연장하기 위한 방사선 처리가 많이 試圖되었다. 韓동^(25,26)은 세계지 품종의 딸기에 100~400 k7의 7선을 照射하고 저장중 부패율과 官能檢査를 실시한 바 품종, 照射線量, 照射후 저장온도에 따라

그의 저장성이 각각 다르게 나타났다. Blackmore, Sparkle, Earltdown 및 Danner 품종은 200 k7 의 照射에 의하여 糖度, 香味, 外觀에는 아무 損傷없이 부패율이 크게 감소되었으며 Surecrap 품종은 저장성이 약하여 照射 효과가 없었다. 金등(27, 28)은 大學一號 딸기 품종의 後熟 促進 및 저장기간 연장을 목적으로 7선처리후 外觀조사 및 化學成分의 消長을 조사한 바 未熟果에서는 0.3~0.5 Mrad 로서 20°C 에서 6일, 成熟果에서는 0.3~0.4 Mrad 에서 8일의 저장이 가능하였고 7선照射는 total pectin과 protopectin 함량을 감소시켜 熟成促進 내지 組織의 軟化를 초래한다고 하였다. 한편 4°C 저장에 있어서는 0.2 Mrad 照射에 의하여 23일간의 저장이 가능하였다.

포도와 복숭아의 저장기간을 위한 金등(29)의 연구에 의하던 성숙한 포도 (Campbell early 품종)를 CO₂ shock 후 7선照射후 4°C 에 저장한 결과 1개월반부터 脫色 및 脫粒현상과 환원당의 감소가 일어나기 시작하여 방사선에 의한 포도의 장기저장은 부적당하다고 하였다. 그러나 복숭아(白桃)는 無處理區에서 제2주부터 부패되기 시작하였으나 0.25 Mrad 照射로서 1개월의 저장이 가능하였다.

배의 저장성을 향상시킬 목적으로 朴登(30)은 長十郎 품종에 7선을 照射한 결과 300 krad 에서 熟成이 지연되고 斑點발생이 억제되었으며 糖分 및 酸度의 증가를 초래하였다. 또한 사과와 梨의 저장성에 미치는 7선照射의 효과에 대해서는 相反되는 결과가 알려지고 있는 바 朴登(31-33)은 國光품종에 50~100 krad 의 7선처리는 저장중 부패, 生理障礙 및 중량감소를 약간 억제할 수 있었다고 하였으며, 被膜劑와 7선照射의 併用效果는 전혀 기대할 수 없었다.

밤의 저장문제는 발아와 부패의 억제라 할 수 있는 바 朴登(34)은 45 krad 의 7선照射에 의하여 발아는 거의 억제되었으나 부패방지에는 별 효과가 없었으므로 이에 대한 對策이 필요하다고 하였다.

4. 穀 類

곡류의 저장중 손실의 주원인은 쥐, 害虫과 곰팡이로서 害虫방제에 대해서는 방사선조사가 매우 유효한 방법이라고 알려져 이미 數個國에서 照射된 小麥 및 小麥製品의 法的許可를 얻은 바 있다.

우리나라에서는 主穀인 쌀의 방사선 저장을 위한 一連의 연구가 金등(35-39)에 의하여 이루어졌다. 이에 의하면 八達品種의 玄米나 白米에 있어서 害虫防除에는 30~50 krad 의 7선照射가 효과적이거나 再侵入에 대처하기 위한 包裝材料의 연구가 앞으로 필요하다. 이러한 低線量照射에 있어서는 遊離糖分, riboflavin, 食味는 변화되지 않았으나 脂肪酸度는 약간 증가하였다. 한편 곰팡이의 발육억제를 위해서는 1,000 krad 나 되는 高線量이 필요하였으며, 이러한 高線量에서는 脂肪酸度의 증가, riboflavin 의 파괴, amylose 함량의 증가, amylograph 粘性和 amylase 活性의 감소, 變色 및 照射臭의 발생을

초래하였다. 그러나 유리아미노산 함량은 별 차이를 볼 수 없었다. 照射米의 安全性試驗(40-42)에 있어서는 50, 100 krad 의 7선을 조사한 쌀로 마우스를 3년 반복하여 사육한 결과 사료섭취량, 增體量, 사료효율에 있어서 統計的 有意差를 발견하지 못하였다.

밀쌀의 저장성에 미치는 7선照射의 영향에 관한 李登(43)의 연구를 보면 平衡水分 14.8% 이상에서 곰팡이가 번식하기 시작하였으나 300 krad照射에서 그의 발육이 거의 억제되었다. 이 線量에서는 밀쌀의 지방酸度, 환원당, 색깔에 나쁜 영향을 미치지 않았으며 amylograph 粘性的의 감소, β-amylase 에 의한 消化率 증가를 초래하였다.

5. 水 產 物

우리나라에서 水產物 특히 魚貝類의 放射線照射에 관한 연구는 상당히 이루어졌다. 鄭(44)은 대구(haddock)의 生鮮肉과 燻煙肉에 2 MeV 의 β線을 照射후 0~3°C 에서 貯藏시험을 한 결과 生鮮肉에서는 750 krad, 燻煙肉에서는 500 krad 에서 비교적 長期間 저장이 가능할 것이라 하였다. 또 燻煙은 β線照射에 의하여 발생하는 不美한 臭氣, 色, 맛 등을 輕減시키는 효과가 있었으며 β線照射后 단백질의 酵素分解는 品質에 영향이 없었다. 또 鄭登(45)은 잉어生肉중의 肝吸虫을 제거할 목적으로 7선을 照射한 결과 37 krad 로서 完全살균되며 잉어脛의 官能檢査에 있어서 無處理區와 구별할 수 없었다.

崔登(46, 47)은 여러가지 水產物의 방사선 저장의 목적으로 0~1 Mrad 의 7선을 照射하고 2~4°C 에서의 저장성과 嗜好性을 시험한 결과 작은피조개(small ark-shell)는 0.5~0.75 Mrad, 피조개(common ark-shell)는 0.75 Mrad, 큰민어(larger croaker), 갈치(hairtail) 魚片은 0.30 Mrad, 갯새우, 갯물두기는 0.12~0.20 Mrad, 피동어물두기는 0.20~0.30 Mrad 로 그 저장기간이 약 2~3배로 연장되어 최적 照射線量이라고 하였다.

鄭(48)은 가재미종(English sole) 魚片을 polymylar bag 에 밀봉하여 0.5 Mrad 의 7선을 照射后 0~2°C 에 36일간 저장하면서 變質되는 類型을 조사하였다. 이에 의하면 照射직후 總菌數는 1/10로 감소되고 저장중에는 非照射區의 1/1000에 해당하였으며 특히 蛋白質分解菌은 선택적으로 제거되었는바 非照射區가 22일째까지 總菌數의 85.5% 이었음에 반하여 照射區는 1%以下線으로 감소하였다. 이에 따라 全揮發性鹽基와 trimethylamine 축적도 억제되어 부패線을 넘지 못하였다.

또 鄭登(49-51)은 경제적으로 중요한 한국산 水產物의 방사선 照射에 의한 저장特性을 규명하기 위하여 여러 가지 魚貝類를 예비실험에서 가장 적당하다고 선정된 polyethylene laminated aluminum pouch 에 包裝하고 7선을 照射后 0°C 에 保存하면서 官能檢査를 실시하였다. 이 결과에 의하면 0°C 에서 참굴 (Pacific oyster)과 섭조개(mussel)에는 0.2 Mrad, 맥합(hard clam), 민어(croaker), 참조기(yellow corvenia), 뚝기자미 (round-

nose flounder)에는 0.1 Mrad, 무지개송어(rainbow trout)에는 0.05 Mrad, 잉어에는 0.25 Mrad 가 최적線量으로 밝혀졌고 이 線量을 照射後 長期貯藏한 결과 참굴, 섭조개는 0°C와 5°C에서의 저장기간이 각각 4~5배, 5~7배, 백합은 2배, 3~4배, 민어는 3~4배, 4~5배, 참조기는 2~3배, 4~5배, 불가자미는 4~5배, 6~7배, 잉어는 모두 5배, 무지개송어는 4배, 2배 연장되었다. 水産物의 放射線貯藏에 있어서의 特性은 照射에 의하여 初期微生物數의 감소에 의한 저장壽命의 연장이라 한 수 있고 또한 照射에 의하여 微生物群이 선택적으로 살균되어(예컨대 全揮發性鹼基의 生成能力 또는 生成菌의 감소) 이에 의한 變質過程이 달라진다는 것이다. 특히 適正線量을 초과했을 경우 鮪肉片에서는 組織의 軟化가 기타 魚類에서는 異臭의 발생이 문제시되고 있다.

우리나라에서 생산되는 乾海苔는 그의 품질이 좋으나 常溫貯藏중 變色과 異臭발생에 의한 품질低下가 문제시되고 있고 이를 방지하기 위하여 방사선照射가 試圖되었다. 그리하여 鄭⁽⁵²⁾은 火入된 乾海苔에 7線을 照射하고 成分變化(비타민 B₁₂, C, peroxide value, 엽록소), 細菌數, 官能檢査를 실시한 결과 7線照射는 火入된 乾海苔의 좋은 貯藏方法이 될 수 있음을 示唆하였다. 또 李^(53, 54)은 乾海苔를 低溫貯藏(0~4°C), 및 赤外線照射(40 cm 거리에서 30分)에 의하여 粗蛋白質, 炭水化合物, 색소(chlorophyll, carotenoid, phycocyan, phycoerythrin)의 變化를 방지할 수 있었다. 紫外線照射는 아미노산중에서 aspartic acid와 glycine을 약간 증가시켰고 기타 아미노산은 다소 감소시키는 결과를 초래하였다. 한편 朴⁽⁵⁵⁾은 800 krad까지의 7線照射는 김 저장중의 變質을 방지하는데 아무 효과가 없었다고 하였다.

6. 肉 類

放射線을 이용한 肉類제품의 저장에 있어서의 문제점은 殺菌효과가 있는 反面에 高線量照射에 의한 照射臭의 발생과 變色이라 할 수 있다.

金⁽⁵⁶⁾의 연구에 의하면 牛肉을 aluminum foil로 眞空包裝하고 7線을 0.25 Mrad, 0.5 Mrad 照射한 후 5°C에 저장하면서 牛肉의 新鮮度(TBA值, 휘발성 염기질소, pH, 세균수, 官能檢査)와 肉色素의 變化를 측정한 결과 0.5 Mrad에서 저장壽命이 2~3배로 연장되었고 照射初期에는 照射臭와 變色이 약간 나타났으나 시간이 경과함에 따라 회복되었다. 金^(57, 58)은 또한 pork sausage의 保存에 있어서 방부제와 방사선照射의 相乘효과를 보기 위하여 방부제로서 AF-2와 K-sorbate를 각각 法定許容量의 全量, 1/2, 1/4量씩 첨가하고 7線照射後 5°C와 25°C에서 저장시험한 결과 適正線量은 0.5 Mrad로 인정되었으며 저장기간이 약 2~3배로 연장되었다고 하였다. 또 이들 방부제의 安定度에 미치는 7線의 영향을 보면 照射後 0.25 Mrad에서 10~20%, 0.5 Mrad에서 20~30%, 0.75 Mrad에서 25~35% 消失되었으며 특히 K-sorbate는 AF-2보다 불안정하여 消失率이 10% 더 높

았다. 그들은⁽⁵⁹⁾ 또 肉製品의 着色料로 사용되는 食用赤色2號(amaranth)와 食用黃色4號(tartrazine)의 變色에 미치는 가열, 7線照射 및 첨가물의 영향을 보기 위한 model system에서 7線의 線量증가에 따라 이들 색소는 褪色하였으며 NaNO₂와 ascorbic acid는 褪色을 억제하였으나 sodium tripolyphosphate와 cinnamon oil은 오히려 촉진시키는 경향이 있다고 하였다.

7. 醱酵食品과 食品微生物

김치는 우리나라 固有의 醱酵食品으로서 한국인의 生活에 必須의인 副食物이라 할 수 있다. 김치의 저장상 문제점은 酸敗방지와 아울러 最適熟成期의 연장이라 할 수 있는바 방사선照射에 의한 試圖가 이루어졌다.

鄭⁽⁶⁰⁾은 9.1 k7의 X선照射는 김치汁液중의 세균수를 현저하게(70~80%) 감소시켰으나 색, 냄새, 맛, 아미노산 질소, 비타민 C, B₁₂ 등에는 큰 損傷을 주지 않으므로 X선照射에 의한 김치의 저장기간 연장이 가능할 것이라 示唆하였다. 李⁽⁶¹⁾도 또한 X선照射에 의한 김치의 저장시험(25~28°C)에서 pH 4.0으로 되거나 總酸量이 0.5%(乳酸當量)가 될때까지를 有効기간으로 조사한 결과 對照區는 6일인데 비하여 50 k7까지의 X선照射區는 8~9일로 연장되어 결과적으로 2~3일의 저장기간이 연장되었다. 50 k7 이하의 線量에서는 색깔, 냄새, 맛에 변화가 없었고 carotene, thiamine, ascorbic acid 및 炭水化合物은 對照群과 같은 消長을 보여 주었다. 그러나 이러한 효과는 방부제(K-sorbate, sorbic acid)의 사용에 의해서도 달성할 수 있었다고 하였다. 한편 鄭⁽⁶²⁾은 250 krad 이상의 7선은 김치중의 蠅卵을 살멸할 수 있었으나 김치의 품질이 크게 損傷되었다고 하였다.

趙⁽⁶²⁾는 放射線照射한 쇠고기에서 분리한 *Micrococcus radiodurans*의 방사선抵抗性에 관한 研究에서 本菌은 400~500 krad에서 거의 생존하였으나 菌體내의 DNA가 분해되었으며 照射後의 培養온도, 배양온도의 변화, 照射時의 온도에 따라 DNA의 修復속도가 달라졌으므로 本菌의 방사선抵抗性은 DNA 損傷의 修復機構가 特異하기 때문이라고 하였다.

放射線은 또한 應用微生物의 突然變異 誘起를 위한 연구에 이용되고 있다. 金^(63, 64)은 *Aspergillus oryzae*에 紫外線 및 α線(Po²¹⁰)을 照射하여 α-amylase 生産能이 親株보다 2배 이상이나 높은 mutant를 얻었고 그의 아미노산代謝와 生育因子에 관하여 보고한 바 있다. 또 金^(65, 66)은 *A. oryzae var. fulvus*에 자외선을 照射하여 비타민 B₂ 生産能이 固體培養物 100 g 당 2.5 mg로 부터 3.5 mg를 생산하는 우수한 變異株를 얻었고 고구마 澱粉粕에 비타민 B₂가 強化된 醱酵飼料를 제조하는 연구를 하여 좋은 결과를 얻었다. 李⁽⁶⁷⁾도 *A. oryzae*, *A. niger*, *A. usamii*의 3菌株에 자외선을 照射하여 α-amylase 力價가 160배, 糖化力이 3배 증가된 *A. oryzae* 變異株와 α-amylase 力價는 비슷하나 糖化力이 4.5배 증

가된 *A. niger* 變異株를 얻을 수 있었으며 이들은 繼代培養후에도 酵素生産力 및 형태적으로 안정된 變異株이었다. 그러나 趙등(68)은 *A. niger* 와 *Trichoderma viride* 에서 xylan 분해酵素力이 강한 變異株를 7선照射에 의하여 얻으려 시도하였으나 親株보다 강한 것을 얻지 못하였다. 閔등(69)은 lysine의 醱酵生産을 목표로 *Corynebacterium sp.*, *Micrococcus glutamicus*, *Brevibacterium flavum* 菌株에 7선과 N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine 을 처리한 결과 90여株의 營養要素性 變異株를 얻었고 이중 *B. flavum* 의 한 變異株는 leucine 要求性 菌株로서 lysine 生産能이 親株보다 50% 증가하였고(培養液 1 ml 당 8 mg에서 12.2 mg 로) 培養條件의 개선으로 그 生産能은 다시 21.6 mg/ml 로 증가하였다.

8. 食品成分과 放射能

한국산 食品의 放射能汚染에 관한 調査研究가 여러사람에 의하여 이루어졌다. 林등(70)은 한국식품 33종류(70點)의 總β放射能을 측정 한 결과 100 mg 灰分當 10~78 dpm 또는 生體重 g 당 0.44~44 μc 의 범위로서 방사능의 대부분은 自然放射性 同位元素인 K⁴⁰에 의한 것임을 알았다. 이와 아울러 李등(71)은 食品灰分중의 K 함량을 정량하는 방법으로 K⁴⁰이 放出하는 β放射能 측정에 의한 算出法이 精密度를 要하지 않는 routine survey 에는 利用可能하다고 하였다. 또 李등(72)이 15종류의 식품에 대한 Cs¹³⁷ 汚染度를 측정 한 결과 K 1 g 당 4.05~114.64 μc 의 범위이었다.

韓등(73~75)은 1961년부터 1966년까지 각 지방에서 수집한 農産物, 土壤, 大氣 등 총 1,934점의 시료에 대한 放射能 汚染度를 측정 한 결과 아직 環境保全 또는 食品衛生上의 큰 문제는 되지 않는다고 하였다. 또 梁(76~78)은 한국산 食品의 放射能 汚染度를 放射性 落塵과 관련시켜 조사하였다. 이에 의하면 약 50종류의 總 β放射能에 의한 平均汚染度를 보면 海藻類는 生體重 g 당 40 eq·mg KCl로 가장 높았고 鮮魚는 10 eq·mg KCl로 중간, 貝類는 3 eq·mg KCl로 가장 낮았으며 지역적인 차이는 크게 찾아볼 수 없었다. 落塵중에서 가장 문제시되는 核種인 Sr⁹⁰, Cs¹³⁷ 을 보면 비슷한 分布相을 보였으나 食品의 종류에 따라 汚染度가 불균질적이었다. 그리하여 50종류의 海産物에서 鮮魚類는 37 pCi Sr⁹⁰, 貝類는 18 pCi Sr⁹⁰, 海藻類는 30 pCi Sr⁹⁰, 海産物 平均 4 pCi Cs¹³⁷ 이었다. 20종류의 陸上植物에서 얻은 食品을 보면 豆類와 보리는 다른 곡류보다 매우 높은 汚染度를 보여주었고 채소류는 生體重 kg 당 80 pCi Sr⁹⁰ (1964년), 55 pCi Sr⁹⁰ (1965년)이었으며 Cs¹³⁷ 의 분포도 유사하여 平均 50 pCi Cs¹³⁷ 이었다. 결론적으로 오늘날 우리나라 食品의 放射能汚染度를 放射線 安全管理面으로 볼때 아직 문제가 되지 않는다고 결론지었다.

食品중의 微量元素를 분석하는데 中性子照射에 의한 放射化分析法(neutron activation analysis)이 이용되고 있다. 그리하여 李등(79)은 非破壞 7線分析法과 신속한 化

學分離法을 적용하여 쌀중의 14가지 원소를 확인하였고 쌀과 벼중의 6가지 미량원소(Mn, Cu, Na, Ca, Cl, Br)를 정량한 결과 벼에서는 쌀보다 2~3배의 높은 함량을 보여주었다. 全(80)은 여러가지 식품중의 Hg 殘留量을 放射化分析法으로 정량한 결과 곡류 0.033~0.250 ppm, 채소 0.012~0.190 ppm, 과일 0.085~0.145 ppm, 콩나물 0.123 ppm, 닭고기 0.04~0.07 ppm, 계란 0.051~0.165 ppm 이었다. 全(81,82)은 또 放射化分析法으로 여러가지 食品중의 Se 함량을 정량한 결과 과일, 채소 0.4 ppm 이하, 곡류 0.5~0.7 ppm, 粉末우유 0.07~0.15 ppm, 닭고기 0.7 ppm, 水産物 0.3~3.65 ppm 이었으며 품종 및 產地가 다른 國內外産의 마늘에 대한 Se 함량을 분석한 결과 마늘의 냄새는 Se 함량과 비례한다고 하였다.

食品 또는 植物의 化學成分에 미치는 방사선照射의 영향에 관한 연구를 보면 朴(83)이 米糖油, 桉柏油, 따이 가린, methyl oleate 에 자외선을 照射하여 油脂의 특성을 조사한 결과 특히 hydroperoxide 의 생성은 [trans 異性體에 의존하는 동시에 자외선에 의하여 파괴된다고 하였다. 金등(84,85)은 低線量 放射線에 의한 麥芽의 酵素力價 增大를 목적으로 보리중자에 10~10,000 rad 의 7 선을 照射후 발아시킨 결과 100 rad 線量에서 α-amylase (70%), 糖化力價(180%), 可溶性 蛋白質質(50%)이 증가하였고 protease 는 같았으나 還元糖量은 약간 감소하였다. 또 麥芽의 生育段階別로 放射線照射의 효과를 보면 일반적으로 種子區와 發根區에서는 增大효과가 나타났으나 浸漬區와 發芽區에서는 放射線障害가 일어났다. 또 李등(87,88)은 浸漬시킨 大豆에 X 선을 照射후 발아하는 도중의 riboflavin, FAD, FMN 의 消長을 조사한 결과 600 7 照射의 경우 FAD 의 생성이 촉진되었다.

多糖類는 일반적으로 放射線照射에 의하여 분해되는 것으로 알려져 있다. 그리하여 金등(89)은 糊精에 7 선을 照射한 결과 2×10²¹ eV/g 의 線量까지 carbonyl 화합물의 생성이 직선적으로 증가하였으며 formaldehyde, acetaldehyde 등을 검출하였으므로 酸化의 분해가 일어난 것이라 보고하였다. 張등(90)은 konjak glucomannan 에 7 선을 照射한 결과 0.5 Mrad 에서, 특히 건조상태보다도 水和상태에서 粘度의 감소와 還元力의 근소한 증가를 보였으며 酵素의 가수분해가 촉진되었다고 하였다. 또 禹등(91)은 xylan 에 7 선을 照射한 결과 5 Mrad 의 高線量에서 현저한 粘度의 감소와 환원력의 증가를 보였으며 왕겨에 5 Mrad 까지의 7 선照射는 환원력을 약간 증가시켰으나 그의 酵素의 가수분해를 억제하는 결과를 초래하였다고 하였다.

문 헌

- 1) IAEA: *International Atomic Energy Bulletin*, 13 (4), 30~31 (1971).
- 2) IAEA: *Preservation of Fruit and Vegetables by Radiation*, Panel Proc. Series, IAEA, Vienna(1966).

- 3) IAEA: *Food Irradiation* (Proc. Symp. Karlsruhe, 1966), IAEA, Vienna (1966).
- 4) IAEA: *Application of Food Irradiation in Developing Countries*, Technical Reports Series No. 54, IAEA, Vienna (1966).
- 5) IAEA: *Radiation Control of Salmonellae in Food and Feed Products*, Technical Reports Series No. 22, IAEA, Vienna (1963).
- 6) IAEA: *Microbiological Problems in Food Preservation by Irradiation*, Panel Proc., IAEA, Vienna (1967)
- 7) IAEA: *Enzymological Aspects of Food Irradiation*, Panel Proc., IAEA, Vienna (1969).
- 8) IAEA: *Elimination of Harmful Organisms from Food and Feed by Irradiation*, Panel Proc., IAEA, Vienna (1968).
- 9) IAEA: *Preservation of Fish by Irradiation*, Panel Proc., IAEA, Vienna (1970).
- 10) IAEA: *Microbiological Specifications and Testing Methods for Irradiated Food*, Technical Reports Series No. 104, IAEA, Vienna (1970).
- 11) IAEA: *Training Manual on Food Irradiation Technology and Techniques*, Technical Reports Series No. 114, IAEA, Vienna (1970).
- 12) 이서래 : 기술정력, 8 (7), 27 (1972).
- 13) 李瑞來 : 食品工業, 9, 16 (1972).
- 14) 朴魯豊, 金妍植, 崔彥浩 : 原子力研究論文集, 7 (2-2), 7 (1967).
- 15) Lee, M. S. and Kim, H. L.: *Korean J. Food Sci. Technol.*, 4, 29 (1972).
- 16) Lee, M. S., Kim, H. L. and Jeong, J. B.: *Korean J. Food Sci. Technol.*, 5, 65 (1973).
- 17) 김형수, 박노풍, 조한옥, 최언호, 이홍식, 김영무 : 원자력연구논문집, 9, 95 (1970).
- 18) 朴魯豊, 崔彥浩, 邊光義 : 한국식품과학회지, 4, 84 (1972).
- 19) 姜鎮馨, 朴允仲, 朴鍾一 : 研究論文集(原子力院), 2 122 (1962).
- 20) 朴魯豊, 金妍植, 崔彥浩 : 原子力研究論文集, 7 (2-2), 13 (1967).
- 21) Park, N. P., Choi, E. H., Kim, Y. M. and Kim, Y. C.: *J. Nucl. Sci. (Korea)*, 9 (1-2), 41 (1969).
- 22) 崔彥浩, 朴魯豊, 李瑞來, 金浩植 : 韓國農化學會誌, 10, 63 (1968).
- 23) 朴魯豊, 崔彥浩, 金榮武 : 韓國農化學會誌, 12, 83 (1969).
- 24) 김형수, 김연식, 박경태 : 원자력연구논문집, 9 (1-2), 125 (1969).
- 25) 韓昶烈, 金成器 : 研究論文集(原子力院), 7 (1-2), 127 (1967).
- 26) 韓昶烈, 金成器 : 한국원에학회지, 3, 10 (1968).
- 27) 金燮洙, 崔英洛, 邊時明 : 原子力研究論文集, 8 (1-2), 147 (1968)
- 28) 김형수, 김연식, 박경태 : 원자력연구논문집, 9 (1-2), 111 (1969).
- 29) 김형수, 김연식, 박경태 : 원자력연구논문집, 9 (1-2), 119 (1969).
- 30) 朴魯豊, 崔彥浩, 李玉徽 : 한국원에학회지, 8, 55 (1970).
- 31) 朴魯豊, 崔彥浩, 李玉徽, 金榮武 : 한국식품과학회지, 2 (1), 81 (1970).
- 32) 朴魯豊, 崔彥浩, 李玉徽 : 한국원에학회지, 8, 5i (1970).
- 33) 朴魯豊, 崔彥浩, 金順天 : 한국원에학회지, 10, 7 (1971).
- 34) 朴魯豊, 金妍植, 崔彥浩, 朴啓仁 : 원자력연구논문집, 7 (2-2), 1 (1967).
- 35) Kim, H. S. and Choi, Y. R.: *J. Korea Assoc. Food Sci.*, 1 (1), 51 (1969).
- 36) Kim, H. S., Choi, Y. R., Kim, S. K. and Harn, I. J.: *J. Korea Assoc. Food Sci.*, 2 (1), 104 (1970).
- 37) Kim, H. S., Choi, Y. R., Kim, S. K. and Harn, I. J.: *J. Korea Assoc. Food Sci.*, 2 (1), 113 (1970).
- 38) 김형수, 김성기, 한인자 : 한국식품과학회지, 3, 15 (1971).
- 39) 김형수, 김성기 : 한국식품과학회지, 3, 19(1971)
- 40) 박창규, 김성기, 김홍열, 김형수 : 한국식품과학회지, 3, 110 (1971).
- 41) 김성기 : 연구연보(방사선농학연구소), 7, 377(1971)
- 42) 金成器, 李寬寧, 李瑞來 : 한국식품과학회지, 5, 149 (1973).
- 43) 李瑞來, 金成器, 李寬寧 : 한국식품과학회지, 5, 95 (1973).
- 44) 鄭炳璇 : 釜山大學校水產大學 研究報告, 5 (1), 45 (1963).
- 45) 鄭炳璇, 田世圭 : 研究論文集(原子力院), 5, 196 (1965).
- 46) Choe, S. and Chung, T. W.: *Bull. Atom. Energy Res. Inst. Korea*, 3 (2), 26 (1966).
- 47) Choe, S., Chung, T. W. and Kwak, H. S.: *J. Korean Nucl. Soc.*, 1, 23 (1969).
- 48) Chung, J. R.: *J. Korean Nucl. Soc.*, 1, 17 (1969)
- 49) Chung, J. R. and Kim, S. I.: *Final Report IAEA Research Contract No. 839/RB*, pp.55 (1971).
- 50) Chung, J. R. and Kim, S. I.: *Final Report IAEA Research Contract No. 839/RI/RB*, pp. 38 (1972).
- 51) Chung, J. R. and Kim, S. I.: *Final Report IAEA Research Contract No. 839/R2/RB*, pp.30 (1972).
- 52) 鄭炳璇 : 釜山大學校水產大學 研究報告, 5(1), 62 (1963).
- 53) 李熙星, 洪甲春 : 研究論文集(原子力院), 4, 78(1964)
- 54) 李賢宰, 李熙星, 李根培 : 研究論文集(原子力院), 4, 75 (1964).

- 55) 박창규 외 8명 : 연구연보(방사선농학연구소), 6, 375 (1970).
- 56) 김년진, 박용근, 공운영 : 한국식품과학회지, 4, 95 (1972).
- 57) 김년진, 박용근, 서돈영 : 한국식품과학회지, 4, 100 (1972).
- 58) 金年軫, 孔雲泳, 權重哲 : 한국식품과학회지, 5, 49 (1973).
- 59) 金年軫, 孔雲泳, 權重哲 : 한국식품과학회지, 5, 89 (1973).
- 60) 鄭炳璇 : 研究論文集(原子力院), 3, 67 (1963).
- 61) 李熙星, 李根培 : 研究論文集(原子力院), 5, 64 (1965).
- 62) 조한옥 : 기술협력, 8 (8), 60 (1972).
- 63) Kim, H. S.: *Seoul Univ. J. (Natural Sci.)*, 4, 37 (1956).
- 64) Kim, H. S., Geddes, W. F. and DeVay, J. E.: *Mycologia*, 49, 453 (1957).
- 65) Kim, H. S. and Cho, D. H.: *J. Nat'l Acad. Sci. Korea*, 2, 163 (1960); 原子力院研究論文集, 220 (1959).
- 66) 金浩植, 曹惠鉉 : 農化學會誌, 1, 34 (1960).
- 67) 이배함, 정성구 : 원자력연구논문집, 10 (2-2), 1 (1970).
- 68) 조한옥, 이홍식, 김희창 : 원자력연구논문집, 9 (1-2), 49 (1969).
- 69) 민태익, 김항목, 권태완 : 한국식품과학회지, 4, 123 (1972).
- 70) Park, T. W., Kim, T. S. and Lee, C. Y.: *Bull. Sci. Res. Inst. Korea*, 5, 167 (1960).
- 71) 李春寧, 朴泰遠, 金台淳 : 農化學會誌, 1, 41(1960)
- 72) Lee, C. Y., Park, T. W. and Kim, T. S.: *Bull. Sci. Res. Inst. Korea*, 5, 173 (1960).
- 73) 裴大漢, 農事試驗研究報告, 6 (1), 57 (1963).
- 74) 裴大漢, 韓昌洙, 農事試驗研究報告 : 8 (1), 243 (1965).
- 75) 裴大漢, 李升燦, 韓昌林 : 原子力研究論文集, 7 (1-2), 56 (1967).
- 76) 양경린 : 원자력연구논문집, 9 (1-1), 35 (1969).
- 77) 양경린 : 원자력연구논문집, 9 (1-1), 47 (1969).
- 78) 양경린 : 원자력연구논문집, 9 (1-1), 61 (1969).
- 79) Lee, Y. Y. and Travesi, A.: *J. Nucl. Sci. (Korea)*, 9 (1-1), 23 (1969).
- 80) Chun, S. Y.: *Korean J. Food Sci. Technol.*, 3, 135 (1971).
- 81) Chun, S. Y.: *Korean J. Food Sci. Technol.*, 4, 61 (1972).
- 82) Chun, S. Y.: *Korean J. Food Sci. Technol.*, 5, 55 (1973)
- 83) 朴泰源 : 研究論文集(原子力院), 4, 93, (1964).
- 84) 金炳默, 金煥洙 : 韓國農化學會誌, 11, 131 (1969).
- 85) 金炳默 : 서울여자대학 논문집, 1, 203 (1971).
- 86) 金炳默 : 서울여자대학 논문집, 2, 195 (1972).
- 87) 李基寧, 金昇元 : 原子力院研究論文集, 13 (1959).
- 88) Lee, C. Y., Kim, H. T., Shin, Y. S., Choo, C. R. and Lee, K. Y.: *J. Korean Agr. Chem. Soc.*, 1, 62 (1960).
- 89) Kim, C. and Ohm, Y. R.: *J. Korean Nucl. Soc.*, 4, 35 (1972).
- 90) 張慶貞, 李瑞來 : 한국농화학회지, 15, 199 (1972).
- 91) 禹昌命, 李瑞來 : 한국식품과학회지, 4, 300(1972).