

방사선 조사미의 안정성 연구(제1보)

—시험동물의 사료섭취량, 증체량, 사료효율 및 성장도에 관하여—

박창규 · 김성기 · 김홍열 · 김형수*

원자력청 방사선 농학연구소 식품공학 연구실

*연세대학교 식생활과

(1971년 7월 2일 수리)

Studies on the Wholesomeness of the Gamma-irradiated Rice (I)

On the Food Consumption, Weight Gain, Food Efficiency and Growth Rate of Mice

by

Chang Kyu Park, Sung-Kih Kim, Hong-Lyur Kim and Hyong Soo Kim*

Food Technology Division, Radiation Research Institute in Agriculture, Office of Atomic Energy, Seoul, Korea

**Department of Food and Nutrition, Yonsei University, Seoul, Korea*

(Received July 2, 1971)

Abstract

In order to examine the wholesomeness of gamma-irradiated polished rice, 400 albino rats were fed on four different diets consisting of rice irradiated at 50 Krad(LLTG) and 100 Krad dosages (HLTG), non-irradiated rice(PCG) and wheat(NCG) for 7 month period.

No significant difference was observed among the four diets with respect to feed intake, gain of body weight, feed efficiency and growth rate of the experimental animal.

서 론

방사선 조사식품의 안전성 연구는 일찍이 Lehmon 과 Caug⁽¹⁾가 방사선조사 살균식품의 안정성을 측정 한 것이 처음이었고, 그후 Edward 와 Joseph⁽²⁾는 방사선 조사식품의 안전성 연구에 사용되는 시험동물은 4 세대 까지 계속해서 조사해야 된다는 점을 강조한 바 있다. 또 Goldbirth⁽³⁾가 발표한 방사선 조사식품의 안전성 연구의 총괄적인 개요에 의하면, 대부분 살균선량에서 안전성 연구가 많이 진행되었으며 특히 쌀에 대한 방사선의 안전성 연구는 된 바 없었다.

본 조사미의 안전성 연구가 시작되기에 앞서 저자들은 한국산 쌀이 저장하는 동안에 해충의 번식으로 인하여 많은 양이 손실되고 있는 것을, 감마선 조사에 의하

여 그 해충을 구제할 목적으로 연구해 본 결과 30~50 Krad의 감마선으로 해충의 번식을 억제 할 수 있고^(4, 5) 또 이 선량에서는 영양가의 손실이 극히 적어서 이의 실용가능성이 인정되었기 때문에 방사선 조사미의 안전성 연구를 시작하게 되었다.

따라서 이 방사선 조사식품의 안전성 연구의 제일단계는 방사선 조사식품을 사료로 한 동물이 정상적으로 성장하는지, 그 생육 상태를 충분히 검토하여야만 다음 단계 연구를 진행시킬 수 있으므로, 본 연구에서는 방사선 조사미로 시험백쥐에 사육시키면서 시험동물이 어느정도 이 조사식품을 섭취하였는가, 또는 섭취된 사료가 성장에 미치는 영향이 어느 정도인가를 우선 알기 위하여 시험쥐의 성장기부터 시작해서 2 차 출산기까지

의 3 기간에 걸쳐 사료섭취량, 증체량, 사료 효율 및 성장률 등에 관하여서 중점적으로 실험한 바 몇 가지 결과를 얻었기에 보고한다.

재료 및 방법

1. 시료채취

김포지역에서 1968년에 수확한 내 농립 6호를 1970년 2월에 구입, 한국곡물검사소 규격에 의해서 조정하여 백미로 하였고, 정소맥은 시장에서 구입하여 이용하였다. 또 이들 곡류사료 이외에 시판 탈지분유, 시판 멸치와 채소 및 시판 원기소를 사용하였다.

2. 방사선조사 및 저장

쌀 1.4 kg 썩을 Kraft Paper bag으로 포장하여 455Ci의 ⁶⁰Co source γ -선을 50 및 100 Krad씩 평면 조사실에서 조사하였다. 방사선을 조사하지 않은 쌀과 밀도상기와 동일한 방법으로 포장하였으며 이들 모든 곡류사료는 실온에 저장 보관하였다.

3. 사료배합

방사선을 조사한 미곡을 사료에 배합해서 쥐를 사육시켜 쥐의 성장 및 생육에 미치는 영향을 조사함이 목적이므로 방사선조사미, 이외의 사료배합은 사육동물이 잘 자라고 번식할 수 있는 일반적인 사료배합을 하

Table 1. Formula of diets for the test mice

(unit:%)

	NCG	PCG	LLTG	HLTG
Wheat	73.5	—	—	—
Unirradiated rice	—	73.5	—	—
Irradiated rice(50 Krad)	—	—	73.5	—
Irradiated rice(100 Krad)	—	—	—	73.5
Non-fat dried milk	13.1	13.1	13.1	13.1
Dried anchovies powder	2.6	2.6	2.6	2.6
Wonkiso	0.3	0.3	0.3	0.3
Fresh vegetable	10.5	10.5	10.5	10.5

Table 2. Chemical composition of each diet

(gr/100gr diet)

	NCG	PCG	LLTG	HLTG
Moisture	22.30	23.86	23.85	23.89
Total carbohydrates	51.80	57.00	57.01	57.07
Crude protein	18.10	15.19	15.20	15.10
Crude fat	2.80	1.32	1.31	1.32
Ash	2.00	1.12	1.13	1.14
Crude cellulose	3.00	1.51	1.50	1.48

었다. 사육동물이 어떤 영양소의 결핍 및 과량으로 오는 장애를 막기 위해서 Table 1 과 같이 배합하였으며 단지 곡류만을 4 구로 나누었다. 이 배합사료의 성분조성은 Table 2 와 같다. 또 물병에 수도물을 항상 매달아 두었다.

4. 시험동물의 사육 및 통계분석

서울대학교 병리학교실의 시험동물 사육장에서 젓을 맨 A-Hemster 종의 백쥐를 구입하였으며 암 수 각각 250 마리씩 (총 500 마리)을 한 달간 예비사육하면서 무게가 균일하고 건강한 쥐 400마리를 골라 각 100(암 50, 수 50)마리씩 4 구로 구분한 후 34×46×18 cm의 함석으로 만든 사육상자에 10 마리씩 넣었다. 또 이 사육상자는 암의 배치법으로 위치시키고, 일광의 균일을 위하여 일주마다 재 배치하였다.

본 실험은 각 실험구마다 10 마리씩 10 반복(암 5 반복, 수 5 반복)으로 Randomized complete block system에 의해 통계 분석하였다.

5. 실험구 설정⁽⁷⁾

실험구의 설정은 USAEC에서 권장하는 방법에 따랐다.

1) Negative Control Group(NCG)

실험 목적대상이 되는 식품 이외의 다른 유사한 사료로 사육하는 대조 사료구로서 본 실험에서는 정소맥으로 하였다.

2) Positive Control Group(PCG)

실험 목적대상이 되는 사료에 방사선을 조사하지 않은 비 방사선조사 사료로 사육하는 대조 사료구이다.

3) Low Level Test Group(LLTG)

실험 목적대상 식품에 그 식품에 적용될 최고 선량으로 방사선을 조사한 방사선처리 사료구인데, 여기에서는 50 Krad의 감마선을 조사한 쌀을 배합사료에 넣어 이것으로 시험동물을 사육한 시험구이다.

4) High Level Test Group(HLTG)

목적대상 식품에 Low Level Test Group에 사용한 방사선량의 2 배를 조사한 (100 Krad)쌀을 배합사료에 넣어 이것으로 시험동물을 사육한 시험구이다.

6. 실험구의 조사시기

1) 제 1기(사육초기)

예비사육 기간이 지난 후 무게를 평균화하여 사육실험을 시작해서 일차교미 이전까지의 4 주 동안의 완전 생육기간.

2) 제 2기(사육중기)

암컷은 교미 시작시부터 임신가능성으로 인한 증체량의 변화가 있기때문에 임신 기간에는 생육조사를 하지 않았다가 일차 출산후 이유기 이후부터 2 차 교미 시까

지의 4 주간을 제 2기로 하였다.(이때 교미는 암컷 5 마리에 수컷 1 마리씩 넣고 일주일동안 교미시켰다.)

3) 제 3기(사육말기)

암컷이 2 차 출산후 이유기가 지나고 3 차 교미 이전 까지의 4 주간이다.

7. 실험항목 및 측정방법

1) 사료 섭취량 측정

사료의 공급량에 사료잔량을 감안한 것을 말하며, 사료는 각 사육상자의 사료통에 사육하는 쥐들이 충분히 먹을 수 있을 량(30~50 gr)을 매일 1 회 공급하였다. 또 사료 공급량과 잔량을 일주일간씩 통계 분석하였다.

2) 증체량 측정

각 조사기마다 체중은 매주 1 회 측정하여, 그 전주와의 차이를 그 동물의 그 시기의 증체량으로 표시하

였다.

3) 사료효율 측정

사료효율은 매주 증체량에 대한 사료 섭취량의 백분율로 표시하였다.

4) 성장도

전 사육기간을 통하여 각 실험구마다 시험동물의 평균무게로서 표시하였다.

결과 및 고찰

1. 사료섭취량의 변화

4 구간 (NCG, PCG, LLTG, HLTG)의 곡류사료에 대한 시험백쥐의 사료 섭취량은 각 사육기간 별로 Table 3, 4 및 5 에 나타나 있으며, 방사선처리 사육구(LLTG,

Table 3. Changes in feed consumption of the mice during the first period

Group \ Period	NCG		PCG		LLTG		HLTG	
	female	male	female	male	female	male	female	male
1 st week	13.7±0.7	13.9±0.9	11.0±1.0	11.4±0.4	10.4±0.8	11.2±0.7	11.7±0.9	11.0±0.5
2 nd week	17.2±0.7	17.0±0.9	14.8±0.5	15.6±0.9	15.9±1.0	13.8±0.6	14.3±0.4	16.0±0.8
3 rd week	19.0±0.9	18.8±0.9	17.6±1.2	16.2±0.7	17.8±0.5	17.0±0.9	16.8±1.1	16.7±0.9
4 th week	22.8±1.3	23.2±0.8	21.9±1.0	21.2±1.2	21.5±0.7	22.9±0.8	22.0±0.9	22.0±1.0

(gr/head/week)

Table 4. Changes in feed consumption of the mice during the second period

Group \ Period	NCG		PCG		LLTG		HLTG	
	female	male	female	male	female	male	female	male
1 st week	27.5±0.9	27.4±1.2	27.0±0.8	27.0±1.1	28.1±1.0	26.7±0.9	26.7±1.4	25.8±0.7
2 nd week	30.1±1.3	29.0±0.5	28.7±0.9	28.1±0.8	27.5±1.0	28.1±0.7	28.6±0.6	27.1±0.9
3 rd week	29.2±0.8	29.8±0.9	28.6±1.2	29.3±0.9	31.0±0.4	28.9±1.2	29.1±0.8	30.8±1.0
4 th week	30.1±0.9	30.8±0.8	30.8±0.5	30.9±0.4	29.4±0.8	31.8±0.7	31.2±0.9	31.2±0.9

(gr/head/week)

Table 5. Changes in feed consumption of the mice during the third period

Group \ Period	NCG		PCG		LLTG		HLTG	
	female	male	female	male	female	male	female	male
1 st week	31.1±1.1	31.4±0.7	31.0±0.9	31.6±1.3	29.9±0.8	32.5±1.2	30.8±0.6	30.4±1.0
2 nd week	30.3±0.7	31.1±1.4	31.1±0.7	31.9±0.5	32.7±0.9	32.6±0.5	31.2±1.2	30.9±0.8
3 rd week	31.8±0.8	31.9±0.9	29.7±1.0	32.0±0.8	30.2±1.2	31.2±0.8	29.8±0.9	29.8±0.9
4 th week	29.7±0.9	31.2±0.6	30.5±0.8	32.0±0.9	31.4±0.7	31.8±0.9	32.1±1.1	32.9±1.2

(gr/head/week)

Table 6. Changes in weight gain of the mice during the first period

Period \ Group	NCG		PCG		LLTG		HLTG	
	female	male	female	male	female	male	female	male
Initial weight	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
1 st week	3.2	3.3	2.5	2.6	2.4	2.6	2.5	2.5
2 nd week	3.0	3.2	2.5	2.6	2.5	2.4	2.5	2.6
3 rd week	2.8	2.9	2.3	2.4	2.4	2.4	2.3	2.4
4 th week	2.5	2.6	2.2	2.3	2.3	2.4	2.3	2.4

(gr/head/week)

Table 7. Changes in weight gain of the mice during the second period

Period \ Group	NCG		PCG		LLTG		HLTG	
	female	male	female	male	female	male	female	male
Initial weight	26.0	26.7	25.7	26.2	26.6	26.9	26.1	26.4
1 st week	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.5	0.6	0.5
2 nd week	0.5	0.6	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5
3 rd week	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.5
4 th week	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3

(gr/head/week)

Table 8. Changes in weight gain of the mice during the third period

Period \ Group	NCG		PCG		LLTG		HLTG	
	female	male	female	male	female	male	female	male
Initial weight	27.8	29.7	28.6	29.4	28.0	30.1	28.3	28.9
1 st week	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.0
2 nd week	-0.1	0.0	0.1	0.0	0.2	0.2	0.2	0.1
3 rd week	0.1	0.1	0.0	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.2
4 th week	0.1	-0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0

(gr/head/week)

HLTG)와 비 방사선 처리 대조 사료의 사육구 (NCG, PCG)간에 있어서 사료 섭취량의 차이는 암수 모두 전 사육기간을 통해서 유의성이 없었다.

전반적으로 사육 초기(제1기)에서는 사료섭취가 적었으나 사육말기(제3기)에는 체중 증가와 같이 사료 섭취량도 많이 증가하였다. 여기서 특이한 것은 사육초기에 NCG가 다른 PCG, LLTG 및 HLTG 보다 섭취량이 다소 많은 경향이였다가 사육 중기부터 모두 변화가 없었다는 것은 시험동물의 기호성이 예비사육 기간을 거쳤지만, 완전히 혼련되지 않았다가 차츰 사육기간이 깊어짐에 따라 사료 섭취량이 일정하게 되었다고 생각된다. 사육 기간에 따르는 사료 섭취량의 변화는 사육 초기에는 암수 모두 각각 일정하게 증가하였다. 사육 중기부터는 암컷에서 만든 사료 섭취량의 증감 현상을

보이고 있는 것은 아마 암컷의 생리적인 영향으로 추측된다. NCG의 사육초기를 제외하고는 모든 사육기간중 각 조사시기마다 통계적인 유의성은 없었다.

본 실험중에서 목적인 곡류 사료간의 사료 섭취량의 차이 즉, 사료선택에 있어서 비교적 예민한 실험동물로 알려진 백쥐가 미국 사료구(PCG, LLTG, HLTG)와 정소맥(NCG) 사료구 사이에서, 또는 비 방사선조사 미곡사료구(PCG)와, 방사선조사 미곡 사료구(LLTG, HLTG)간에 있어서, 이들 사료 섭취량에 유의성이 없었다는 것은 다행한 일이며, 이는 곧 방사선 조사로 인한 미곡의 방사선 조사 냄새와 맛이 비 방사선조사 사료와 유별하지 않았기 때문이라 추측할 수 있다. Hickman 등⁽⁶⁾은 20~200 Krad의 방사선을 조사시킨 밀을 큰 쥐에 사육시킨 결과 사료 섭취량의 유의성은 발

견되지 않았다는 보고와 금번 본 실험 결과와 일치 하는 것 같다.

2. 사육 쥐의 증체량의 변화

Table 6, 7 및 8에서 보는 바와 같이 4종의 곡류 사료간에 이들 사육 쥐의 증체량의 변화는 처음 9.5g의 어린 쥐에서 시작해서, 사육 초기에는 암수 모두 균일하게 성장을 하였으며, 암컷의 일차 임신 및 이유기 이후의 사육 중기에서는 성장량의 증가가 미급하였다. 이는 벌써 사육 동물이 완전히 성숙되어 가는 것으로 판단되며, 사육 말기에서는 증체량이 거의 없었고 간혹 감소하는 경향도 있었으나 이것은 무의미한 정도였다. 또 시험구 별로는 초기의 NCG에서 다른 시험구보다 증체량이 많았다는 것은 사료의 섭취량에서도 그 량이 많았으므로 증체량에 영향을 미친 것으로 추측된다. 중기 부터는 역시 사료 섭취량과 마찬가지로 증체량의 변화에 대해서는 하등의 유의성이 없었다.

Edward 와 Joseph⁽²⁾는 방사선 조사 식품의 안전연구

중 증체량은 반드시 장기간 계속되어야 한다고 강조하면서 그들은 3Mrad로 조사시킨 옥수수로 큰 쥐의 4세대까지 계속적인 사육 실험을 한 결과 증체량에는 변화가 없다고 보고한 바 있다.

본 연구는 단기간 밖에 진행되지 않았으며 비록 이 실험 결과가 암수 모두 사료의 종류에 따르는 사육 쥐의 증체량의 변화가 유의성이 없었다 하더라도 앞으로 이 문제는 더욱 계속해서 추궁되어야 할 것이다.

3. 사료 효율의 변화

사육 쥐의 증체량에 대한 사료 섭취량을 백분율로 표시한 이 사료효율은 사료 종류간의 소화율과 영양과도 관계가 있는 것으로서, Table 9, 10 및 11에서 보는 바와 같이 사육 초기에는 NCG에서 다른 실험구 보다 사료 효율이 약간 높은 경향을 보여주고 있는 것은 성장기에 있어서 NCG의 단백질의 함량이 다른 실험구보다 약간 높았기 때문이라 추측된다. 사료 섭취량과 사육 쥐 증체량의 변화에 따라서 사육 기간 중 사료효율도

Table 9. Changes in feed efficiency of the mice during the first period

Group \ Period	NCG		PCG		LLTG		HLTG	
	female	male	female	male	female	male	female	male
1 st week	23.4	23.7	22.7	22.8	23.1	23.2	21.4	22.7
2 nd week	17.4	18.8	16.9	16.7	15.7	17.4	16.8	16.3
3 rd week	14.6	15.4	13.1	14.8	13.5	14.1	13.7	14.4
4 th week	11.0	11.2	10.0	10.8	10.7	10.5	10.5	10.9

(unit:%)

Table 10. Changes in feed efficiency of the mice during the second period

Group \ Period	NCG		PCG		LLTG		HLTG	
	female	male	female	male	female	male	female	male
1 st week	1.8	2.2	2.2	2.2	2.5	1.9	2.2	1.9
2 nd week	1.7	2.1	1.7	1.8	1.5	1.8	1.7	1.8
3 rd week	1.4	1.7	1.4	1.4	1.3	1.4	1.0	1.6
4 th week	1.0	0.6	1.0	0.6	1.0	0.9	1.0	1.0

(unit:%)

Table 11. Changes in feed efficiency of the mice during the third period

Group \ Period	NCG		PCG		LLTG		HLTG	
	female	male	female	male	female	male	female	male
1 st week	0.6	0.3	0.6	0.3	0.3	0.6	0.3	0.0
2 nd week	-0.3	0.0	0.3	0.0	0.6	0.6	0.6	0.3
3 rd week	0.3	0.3	0.0	0.3	-0.3	0.3	-0.3	0.6
4 th week	0.3	0.3	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.3

(unit:%)

변하고 있다.

McCay와 Rumsey⁽¹²⁾는 2.79~5.58 Mrad의 감마선을 조사한 옥수수를 70°F에서 저장하면서 3개월 간 개에 먹인 결과 개의 사료효율은 안정하였다고 보고하였으나, Richardson과 Ritchey⁽¹³⁾는 닭고기에 동량의 방사선을 조사시켜 큰 쥐에게 사육시킨 결과 번식에는 대조구와 같았으나 성장은 대조구보다 약간 늦었다고 보고한 바 있다.

일반적으로 동물의 사료 효율은 그 동물이 일정한 영양소를 함유한 일정량의 사료를 섭취하고 또 그 섭취 사료를 소화시켜 영양분을 섭취 함으로서 어떤 중체량으

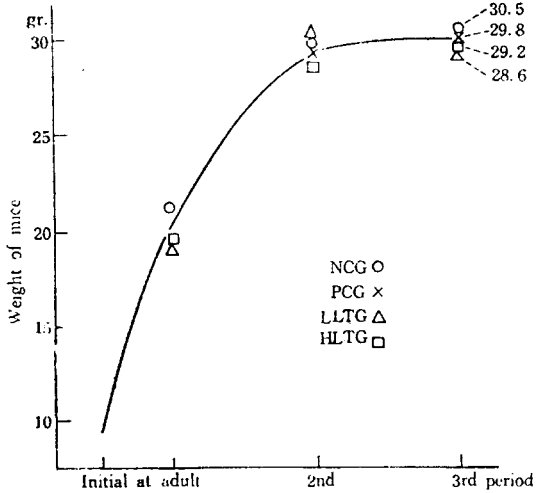


Fig. 1. Changes in growth rate of female mice during all feeding period

로 Burns 등⁽⁹⁾이 ⁶⁰Co으로 4 Mrad를 시판 식품에 조사한 것을 닭에 사육시킨 결과, 성장률이 감소하고 산란이 지연되었다고 보고 한 바 있으나 그후 Hickman과 McLean 등⁽¹⁰⁾은 40~100 Krad의 저선량을 밀에 조사시켜 큰 쥐에 사육시킨 결과 성장률에 영향이 없었다고 발표하였다. 그후 Read⁽¹¹⁾는 2.79~5.50 Mrad를 시판 옥류등에 조사해서 큰 쥐 개, 원숭이 등에 실험해 본 결과 현저한 차이가 없었다고 발표한 것을 보면 본실험결과와 일치하고 있다.

요 약

50 및 100 Krad의 감마선을 조사한 미곡의 안전성을 실험할 목적으로 400마리의 실험백쥐를 사용해서, 이 실험동물의 사료를 방사선 처리 사료구(LLTG, HLTG)와 비 방사선처리 사료구(NCG, PCG)로 구분하고 7개월간 사육시키면서 이들 사료종류에 따르는 사료 섭취량 증체량, 사료효율 및 성장도를 측정하였다.

그 결과는 각 시험구(NCG, PCG, LLTG, HLTG)간

로 나타난다. 본 실험에 있어서도 사료 종류간의 유의차는 섭취된 사료 양과 증체량에서 모두 없으므로 사료 효율에서도 유의차가 나타나지 않았다.

4. 사육쥐의 성장도의 변화

전 사육 기간중 암 수 쥐의 성장도 변화는 Fig. 1 및 2에서 보여 주고 있다. 사료 종류에 따른 사육 쥐의 성장도의 변화는 통계적으로 하등의 유의차가 없었으나 사육기간 별로는 물론 차이가 있었다. 처음 이유기 부터 완전성숙 할 때까지 성장하는 동안(제1기, 4주간)에는 비교적 급속한 성장을 하였다.

방사선 조사 식품에 대한 사육동물의 성장율은 처음으

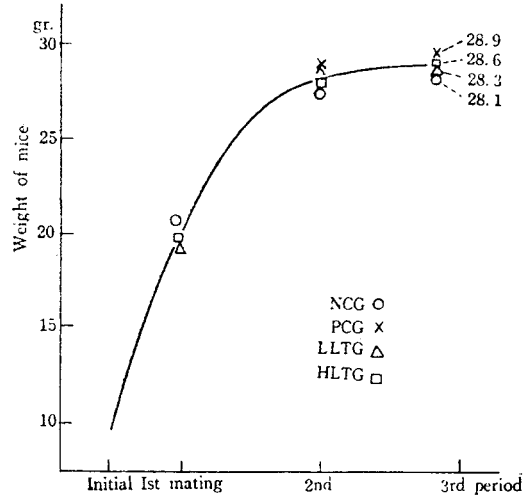


Fig. 2. Changes in growth rate of male mice during all feeding period

에 있어서, 백쥐의 사료 섭취량, 증체량, 사료 효율 및 성장도의 변화가 통계적으로 유의차가 없었다.

문 헌

- 1) Lehman, A. J. & Laug, E. P.: *Nucleonics*, 12, 52 (1954).
- 2) Edward, C. E. & Joseph, S. B.: *Federation Proc.* 15, 930 (1956).
- 3) Goldblith, S. A.: *Food Technol.*, 20, 92 (1966).
- 4) Kim, H. S., Choi, Y. R., Kim, S. and Harn, I. J.: *J. Korea Assoc. Food Sci.*, 2(1), 105 (1970).
- 5) Kim, H. S., Kim, S. and Harn, I. J.: *Korean J. Food Sci. Tech.*, 3(1), 15 (1971).
- 6) Kim, H.S., Kim, S.: *ibid.*, 3(1), 19 (1971).
- 7) William, E. P.: *Determination of wholesomeness of irradiated foods*, FAO/IAEA (1968).
- 8) Hickman, J. R., McLean, D. L. & Law, A. W.: *Annual Report of Wantage Research Laboratory*,

- Bershire, (1962).
- 9) Bunn, C. H., Brownell, L. E. & Eoksten, H. C.: *Federation Proc.*, **15**, 930 (1956).
- 10) Hickman, J. R., McLean, D. L. & Ley, F. J.: *Food Cosmetics Toxicol.*, **2**, 15 (1964).
- 11) Read, M. S.: *Federation Proc.*, **19**, 155 (1960).
- 12) McCay, C. M. and Rumsey, G. L.: *Final Report of IAEA*, March, (DA-007-MD-600)(1960).
- 13) Richardson, J. R. and Ritchey, S. J.: *Federation Proc.*, **19**, 1023 (1960).