

X-ray照射를 利用한 濟州産마늘의 發芽抑制

金在河·朴庸奉*

A Sprout Inhibition Experiment on Cheju Grown Garlic Using
X-ray Irradiation

Kim Jai-ha, Park Yong-bong

Summary

Quality of Cheju-grown garlic were compared with non-irradiated groups. While most of the non-irradiated garlic showed sprouting, no irradiated garlic gave any deteriorated quality by sprouting after 9 months storage and 12krad was found to be most effective dose in sprout inhibition. In weight change as well, irradiated group gave lower weight decrease than non-irradiated ones, but no significant differences were found between doses. Farm type out-door storage showed slightly higher weight decrease than in-door type. To see the changes of constituents during storage, contents of carbohydrate, total sugar and fructosan were analyzed. In general, constituents were decreased as the storage period goes by and also more decreased in irradiated samples than non-irradiated group, but the differences were not significant.

序 論

마늘(*Allium sativum* L.)은 鱗莖(bulb)을 형성하는 백합과에 속하는 인경작물로 주로 지하부에서

형성된다(李, 1978). 그 원산지는 중앙아시아와 지중해연안으로 전해져 오고 있고 옛날부터 짬뽕 식품과 의약품으로도 널리 이용되어 왔다. (Conside et al. 1982) 마늘은 또한 우리나라 채소류 중 재배면적으로 볼때 배추, 무우, 고추 다음으로

理工大學 副教授, *農科大學 副教授

많이 재배되는 작물이며 특히 조미용 생채 식료품
 목적으로 국민 식생활에 필요 불가결하다(朴等,
 1981). 우리나라에서의 생산량은 1980년, 81년
 및 82년의 3년간의 년평균 생산량이 19만 7천% (趙,
 1983)으로 세계 제4위의 주요 마늘 생산국이다.

마늘의 저장중 문제되는 것은 발아, 곤충 및 부
 폐에 의한 손실인데(李, 1973) 곰팡이등에 의한
 부패는 저온저장이나 高線量の 放射線照射 이
 외에는 이렇다할 효과적인 방제방법이 없으나 발
 아와 곤충에 의한 것은 발아억제제인 Maleic
 Hydrazide 처리나 감마線照射에 의해서 상당한
 효과를 기대할 수 있는데 경제적 및 실용적인 면
 에서 低線量の 감마線照射가 Maleic Hydrazide
 처리보다 더 큰 효과를 나타내고 있다(EI-Oksh et
 al. 1971). 그러나 지금까지의 마늘저장법으로는
 역시 Maleic Hydrazide 처리 혹은 저온저장법등
 이 이용되는데 약제처리는 처리의 불균일성이나
 coumarine이나 salicylic acid등 약제성분의 잔류가
 문제되고(Faraq, 1984) 저온저장법은 전기에너지
 사용에 따른 高에너지價 문제등을 고려하지 않을
 수 없다. 따라서 비교적 새로운 방법인 放射線照
 射에 의한 발아억제는 가장 실용적이고 경제적인
 저장방법이라 할 수 있으며 1984년 현재로 7개국
 이 이의 실용화를 허가하고 있다(Farkas, 1984).
 경제성이란 면으로 보아서도 5~12krad와 1~5°C
 의 저온저장 및 실온저장에서 비조사구와 비교하
 여 현저히 높은 경제성을 보였고 표면건조도 훨씬
 줄어 들었다고 보고한 바 있고(Lustre et al.
 1981) 곤충에 의한 피해도 바그미의 일종인 weev
 il이 문제되기는 하나 照射에 의해 크게 효과를 보
 았다고 보고한바 있다(Pablo and Singson,
 1984).

우리나라에서도 그간 감마선照射에 의한 마늘
 및 건조마늘분말등의 저장에 관한 연구들 몇차례
 수행한바 있는데(朴等 1969, 權等 1984, 趙等
 1984) 본 연구에서는 제주대학교 방사능이용 연구
 소내에 있는 X-ray machine을 이용해서 제주산
 마늘에 대하여 저장을 위한 발아억제에 가장 적절
 한 照射線量이 얼마나 되며 또한 실용화에 대한
 가능성 여부를 타진하기 위하여 본 연구를 수행하

였다.

材料 및 方法

1. 試料

濟州道 北濟州郡 朝川產 마늘을 농가에서 구입
 하여 크기가 일정(약 20~30g)하고 품질이 고르
 고 우수한 것을 선별하여 試料로 사용하였다.

2. 放射線照射 및 貯藏

照射는 濟州大學校 放射能利用研究所에 설치된
 독일 Siemen社製의 癌治療用 X-ray machine을
 사용하였는데 dosimetry control은 stabilipan을
 이용하여(통가나키일等, 1986) 거리를 일정하게
 하고(16.3cm) 시간을 달리하여(10분당 2.07
 krad) 0 krad, 4 krad, 8 krad 및 12 krad 수준
 으로 照射하고 各區에 70개씩의 마늘을 배치 하였
 다. 저장은 실온저장(6°C~28°C)과 실외 처마밑의
 저장 즉 농가식저장의 simulation(2°C~28°C)으로
 구분하여 저장하였는데 기간은 87년 6월부터 88년
 3월까지 10개월간 실시 하였고 저장기간중의 상대
 습도는 60~95%였다.

3. 調査項目

1) 發芽率 및 發芽葉生長抑制

저장중 수시로 발아여부를 관찰하였는데 발아는
 鱗莖외부로 나온것 뿐만 아니라 鱗片내부의 발아
 엽의 신장여부도 관찰하였다. 즉 저장중 3회에 걸
 쳐 마늘을 종단으로 절개하여 鱗片의 길이, 發芽
 葉의 길이 및 발아엽수를 측정하였다.

2) 重量減少率

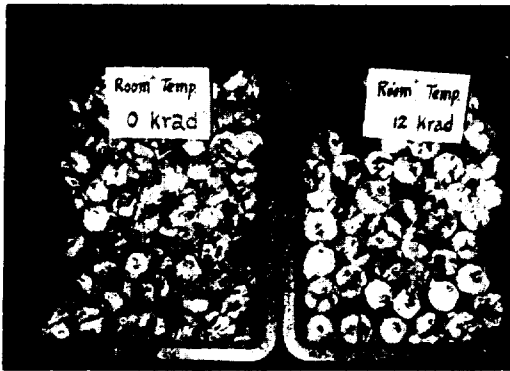
各區에 10개씩 無作為抽出한 試料를 매일 秤量
 하여 저장시작전의 중량과의 차이를 계산하고 이
 것을 백분율로 환산한 후 10개의 평균을 내었다.

3) 成分含量的 變化

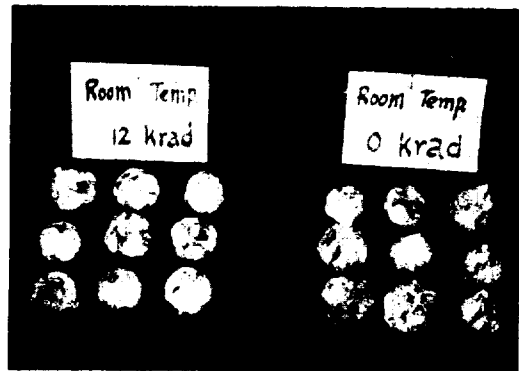
저장중 4회에 걸쳐 탄수화물, total sugar 및 fructosan의 함량을 검사하였다.

結果 및 考察

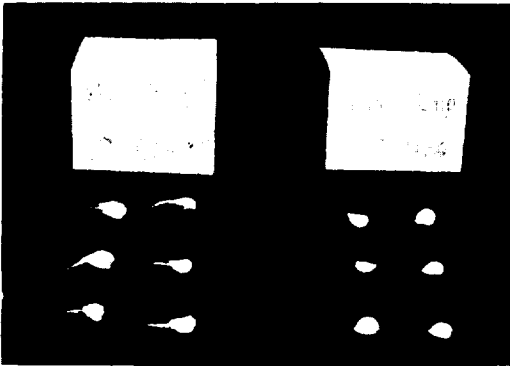
1. 發芽率 및 發芽葉生長抑制



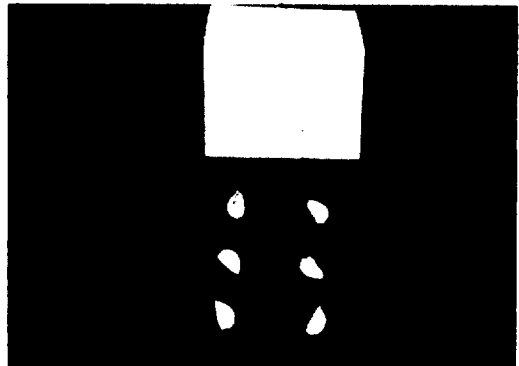
(A)



(B)



(C)



(D)

Plate 1. Comparison of effect of X-ray irradiation(12 krad) on garlic sprouting after 10months storage

- A) Comparison between 0 krad and 12 krad irradiated garlic in baskets
- B) Comparison between 0 krad and 12 krad irradiated garlic in individual bulbs
- C) Comparison between 0 krad and 12 krad irradiated garlic in individual cloves
- D) Inside of cut cloves of irradiated garlic

부패 및 증량감소와 더불어 마늘의 품질에 가장 큰 영향을 미치는 것은 발아이다. 발아는 5~6개월 되기까지는 외부로 나타나지 않으나 非處理

區의 경우 저장 시작후 약 2~3개월경 부터는 내부에서 서서히 발아열이 성장하기 시작하는 것을 관찰할 수 있다. 발아는 발아자체로서도 마늘의

품질을 떨어뜨릴뿐 아니라 발아가 시작되면서 마늘의 중량을 급격히 떨어뜨리는 결과를 나타낸다.

그렇기 때문에 아직 내부발아가 시작되지 않은 2~3개월까지는 중량상의 큰 변화가 없다가 4~5개월 이후부터 급격한 중량의 변화를 나타내는 것이다. 실험결과 기대한 바와같이 비처리구와 처리구간에 현격한 발아율의 차이를 나타내는데 비처리구에서는 실험이 끝난 10개월 후에는 실온저장이전 실외에서의 농가식 저장이전 모두 발아가 된 데에 반하여 처리구에서는 거의 발아가 되지 않았거나 전혀 발아되지 않은 것을 볼 수 있었다.

특히 12 krad 照射區에서는 발아를 완전히 억제할 수 있었으며 기타 4 krad 및 8 krad에서는 간혹 외부로 발아된것을 발견할 수 있었는데 발아된 것도 가늘고 비정상적인 성장을 나타내고 있고 이런 현상은 El-Oksh 等(1971)의 예집트에서의

실험에서도 관찰되고 있는데 그들의 주장에 의하면 照射한 마늘鱗片內에서 짧고 가늘게 세포분열 없이 비정상적으로 세포가 신장되는 때문으로 보고 있다.

Plate I의 C에서 볼 수 있는 바와같이 非照射區의 마늘은 0.5~1.5cm 가량되는 芽葉의 신장을 볼 수 있는 반면 照射區의 마늘은 전혀 신장을 볼 수 없다. 그러나 鱗片을 종단으로 절개하여 내부를 관찰하면 Plate I의 D에서 볼 수 있는 바와같이 어떤 것은 전혀 發芽葉伸長이 없었고 어떤 것은 가늘고 비정상적인 형태의 發芽葉의 신장을 볼 수 있고 어떤 것은 거의 정상적인 것과 다름없는 형태의 싹이 내부에서 성장하고 있는 것을 관찰할 수 있었으나 성장의 속도가 너무 느려 12krad 照射의 경우 10개월 저장종료기까지도 鱗片밖으로는 신장된 것을 볼 수 없었다.

Table 1. Effect of X-ray irradiation on the inhibition of sprouting during storage of garlic

Storage type	Dose (krad)	July 25			Aug. 25			Sept. 25		
		CL(cm)	SLL(cm)	NSL	CL(cm)	SLL(cm)	NSL	CL(cm)	SLL(cm)	NSL
Room temp storage	0	2.74	0.60	5.7	2.41	1.70	6.1	2.52	2.42	6.8
	4	2.58	0.58	5.3	2.49	1.41	5.5	2.46	1.10	4.9
	8	2.51	0.54	4.7	2.51	1.21	5.9	2.42	1.21	4.5
	12	2.58	0.46	4.6	2.63	1.26	5.0	2.40	1.20	4.6
Farm type storage	0	2.50	0.70	5.3	2.30	1.60	6.3	2.50	2.01	7.5
	4	2.60	0.84	5.0	2.31	1.25	6.2	2.41	1.22	6.3
	8	2.64	0.71	5.1	2.40	1.42	5.6	2.40	1.30	6.1
	12	2.61	0.50	4.7	2.35	1.20	4.6	2.61	1.40	6.3

CL : colove length, SLL : sprouting leaf length, NSL : number of sprouting leaf

Table 1에서도 또한 高線量일수록 發芽葉의 신장 및 葉數가 억제되어 마늘의 저장효과를 확인할 수 있었으며 저장방법에 따라서도 상당한 차이를 보여 실온에서가 農家式저장에서보다 발아가 더 억제되나 또한 저장후기로 갈수록 오히려 農家式저장에서 더 억제되는 경향을 나타내고 있다.

일반적으로 暖地型 마늘은 寒地型 마늘보다 저장력이 약하다고 알려져 있는데(李, 1975) 本實驗

의 결과 暖地型마늘에 放射線照射를 하였을 경우 發芽葉의 신장을 억제하게 되는 것은 마늘 鱗片內 生長點에서의 단백질, 핵산의 합성을 억제 혹은 지연시켰기 때문이라 생각되며 이것에 대해서 Karableva(1961)는 마늘 저장에서 γ -ray의 발아억제 효과는 cell contents의 alkalization을 포함한 신진대사의 변화 및 호흡억제 때문이라 보고하였다. 적정선량의 결정에 있어서는 Abdel-AI(1967)은

에집트산 마늘鱗莖을 0, 4, 6, 8 및 12krad로 照射시켰는데 이중 12krad가 발아억제에 가장 효과적이라 하였고 필립핀에서는 10krad로 양파와 마늘의 照射 實用化를 계획하고 있으며(Singson, 1984) 한국 에너지 연구소의 실험결과에서도 또한 발아율, 부패율 및 중량감소율로 보아 10krad가 가장 적절한 照射線量인 것으로 나타났다(趙等, 1984).

본 실험에서도 8krad보다는 12krad가 보다 좋은 결과를 나타내는 것으로 보아 10krad~12krad가 가장 적합할 것으로 생각된다.

2. 重量減少率

다른 모든 식품에서와 마찬가지로 마늘도 저장도중에 상당한 중량의 감소를 나타낸다.

Table 2. Monthly change of weight on 9 months stored garlic

Storage type	Dose (krad)	Monthly weight loss(%)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Room temp storage	0	2.07	3.26	6.19	10.00	14.65	20.22	27.06	32.16	38.56
	4	2.18	3.01	6.15	10.86	15.28	19.33	23.63	26.59	30.31
	8	3.22	5.28	7.96	12.96	17.51	21.93	25.64	28.36	32.31
	12	1.79	2.98	6.59	10.87	14.22	17.35	20.12	22.30	24.81
Farm type storage	0	2.78	4.60	8.67	13.63	20.74	27.70	35.24	39.47	44.88
	4	2.25	3.87	8.39	12.95	17.07	21.56	26.64	28.53	31.53
	8	2.30	3.86	7.88	12.68	18.13	22.57	27.94	30.62	34.70
	12	1.89	3.45	7.22	12.01	17.75	22.43	27.45	29.72	33.91

Table 2에서 볼 수 있는 바와 같이 발아가 시작된 후로부터 중량의 감소는 급격히 증가되는데 처음 약 4개월 저장까지에는 매월 2~3%씩 중량이 감소 되다가 발아가 되기 시작하면서 부터 매월 4% 이상씩 감소되어 저장이 끝난 9개월 후에는 약 40% 내외의 중량감소율을 나타낸다. 이것은 非照射區에 있어 양파와 매우 유사한 수치인 38~44%정도의 중량감소율을 보여주고 있다(金, 1987).

전반적으로 농가식 저장에 있어서 실내의 실온 저장보다 큰 중량감소율을 나타 내는데 이것은 농가식 저장방법인 바람이 통하는 곳에 놓아둔 것이 실내에 놓아둔 것보다 통풍에 의한 수분증발을 촉진시킨 때문으로 생각된다. 발아율에 있어서와 마찬가지로 중량감소율에 있어서도 12krad의 照射가 특히 실온저장에 있어서 가장 좋은 결과를 나타내었으나 20%이상의 중량감소는 marketability란 관점에서 보아 너무 높은 수치이므로 실온 및

농가식 저장에 있어서 6~7개월 이상의 저장은 무리인 것으로 보이며 7개월 이상의 장기저장의 경우에는 0°C~5°C의 저온저장을 요할것으로 생각된다.

양파와는 달리 중량감소율에 있어서 照射區와 非照射區間의 차이는 그리 큰 편이 아니어서 마늘에 있어서 실내저장의 경우 가장 중량감소가 적은 12krad 照射가 9개월 저장후 25%이고 非照射區가 38%인 것에 비하여 양파의 경우에는 8krad 照射와 非照射區와는 15%와 38%라는 큰 차이를 보이고 있다.

이것은 양파에 있어서는 발아가 일단 시작되면 싹이 매우 크게 성장하고 동시에 증산작용에 의한 수분증발이 매우 큰 반면 마늘에 있어서는 發芽葉의 길이가 그다지 크지 않아서 수분증발은 비교적 전체적으로 고르게 일어나는 때문으로 보인다.

그러나 역시 발아한것과 안한것과는 차이가 나기 때문에 발아를 한 非照射區에서 照射區보다 큰

증량감소를 나타내고 있다.

趙等(1984)의 실험에서도 밝힌 바와같이 마늘의 저장에서 가장 문제시 되는 것은 증량감소로 이것은 저장고의 온도 및 습도조건에 크게 영향 받는데 같은 조건하에서 저장할 때에 照射區와 非照射區를 비교하여 보면 放射線照射에 의해서 발아를 억제할 경우 발아에 의한 증량의 감소와 marketability에 미치는 영향을 고려할 때 마늘저장상 적정선량인 12krad의 照射는 증량감소를 상당히 줄일 수 있다는 점에서도 큰 가치를 발휘한다고 볼 수 있다.

증량감소율의 완화는 Maleic Hydrazide와 放射線照射등 모든 발아억제 실험에서 다 수반되는 효과로서 Abdel-AI(1967)과 El-Oksh(1971)의 마늘 시험이나 金(1987)이나 Solanas와 Darder(1964)의 양파시험에서도 유사한 결과를 볼 수 있는데 특히 Solanas와 Darder에 의하면 역시 증량감소

율의 완화는 발아억제뿐 아니라 어떤 oxidase 활동의 억제와 호흡작용의 지연등도 원인으로 지적하고 있다.

3. 貯藏中 탄수화물, total sugar 및 fructosan함량

탄수화물은 農家式 貯藏보다 실온에 저장한 것이 함량이 높았고 저장기간이 길어 질수록 다소 감소되는 경향을 보였다. 그리고 線量別로는 저장 2個月까지는 선량이 높을수록 감소하였으나 실온에 저장한것은 오히려 증가하는 경향을 나타내었다(Table 3.).

total sugar의 함량은 저장중기까지는 감소하였고 線量別로는 農家式 저장은 線量이 높을수록 증가하였으나 실온에 저장한 것은 감소하는 편이었다(Table 4).

Table 3. Effects of γ -irradiation on the carbohydrate contents during storage of garlic

Storage type Dose(krad)	Room temp. storage				Farm type storage			
	0	4	8	12	0	4	8	12
Storage time								
July 25	61.1	55.8	55.0	55.4	104.9	67.2	6.4	65.9
August 25	51.6	69.9	53.1	53.9	93.2	72.5	82.4	67.6
September 25	45.9	42.5	46.7	51.2	41.3	56.6	34.6	39.8
October 25	16.6	26.9	25.0	53.9	26.5	25.0	60.7	32.2

Table 4. Effects of γ -irradiation on total sugar contents during storage of garlic

Storage type Dose(krad)	Room temp. storage				Farm type storage			
	0	4	8	12	0	4	8	12
Storage time								
July 25	21.2	18.1	20.4	16.2	82.2	25.0	33.7	53.9
August 25	23.1	22.7	12.1	14.0	11.7	24.6	21.9	30.3
September 25	35.3	22.6	36.0	8.6	13.6	9.4	15.5	34.5
October 25	6.4	15.9	12.4	35.3	47.1	31.1	16.6	19.3

Fructosan은 Allium屬 채소류의 鱗莖內에 주축을 이루는 저장탄수화물로서 農家式 貯藏이나 실온저장에서 放射線을 照射한 것은 非照射區 보다 현저히 적었고 照射區에서는 저장후기로 갈수록 Fructosan함량이 감소하는 경향을 보였다.

放射線照射의 線量別로는 실온에 저장한 것은 저장초기나 후기에 도 線量이 높을수록 증가하였다 (Table 5).

日本 食糧研究所(1967)의 報告에 의하면 양파의

휴면각성기부터 발아기에 핵산과 당분이 급격히 증가하였다고 했는데 본 실험에서는 휴면이 완전 타파되어 발아기에 이를수록 탄수화물, 全糖 및 fructosan이 감소되었는데 이것은 放射線照射로 인한 발아억의 억제로 貯藏鱗片內 당함량이 적어진 것이라 추측되나 放射線照射에 의한 마늘등 Allium屬 채소류의 糖 및 fructosan 함량등에 관한 연구는 앞으로 더 연구되어야 할 과제로 남아있다.

Table 5. Effect of γ -irradiation of fructosan contents during storage of garlic

Storage type Dose(krad)	Room temp. storage				Farm type storage			
	0	4	8	12	0	4	8	12
Storage time								
July 25	520.1	56.2	74.4	59.8	142.9	47.2	39.8	70.3
August 25	630.2	68.2	60.0	64.5	215.1	57.3	77.1	68.1
September 25	569.2	41.0	35.6	36.8	420.9	87.8	85.8	67.6
October 25	230.5	23.5	39.4	59.6	180.5	42.9	69.9	61.9

摘 要

제주산 마늘에 대하여 X-ray를 照射시켜 照射시키지 않은 마늘과의 품질을 비교하였다. 照射하지 않은 마늘이 9개월 저장후에 거의 다 발아가 되는데 반하여 照射한 마늘은 발아된 것이 별로 없었고 照射線量은 12krad가 가장 적합한 것으로 나타났다. 증량변화에 있어서도 照射한 마늘보다

다 증량감소가 적었으나 線量間에는 큰 차이를 보이지 않았으며 실내저장보다 능가식 실외저장에서 더 큰 증량감소율을 나타내었다.

저장중 성분변화에 있어서는 탄수화물, 全糖 및 fructosan의 함량변화를 검사하였는데 전반적으로 저장기간이 경과할수록 성분함량이 감소하였고 照射區와 非照射區間에 있어서도 照射區에서 더 감소하는 것을 볼 수 있었으나 그 차이는 비교적 근소한 편이었다.

參 考 文 獻

Abdel-Al, Z. E. 1967. The possibility of using gamma radiation to improve the keeping quality of Egyptian garlic. Alex. J. Agr. Res. 15 : 381~388.

趙漢玉, 1983. 食品照射에 對한 背景과 放射線에 의한 食品貯藏에 關한 研究. 韓國에너지研究所 技術現況分析報告書 KAERI/AR-169/83. p. 43.
趙漢玉, 權重浩, 邊明宇, 尹術植, 1984. 放射線

- 照射와 自然低溫에 의한 마늘의 貯藏, 韓國食品科學會誌. 16(1), 66~70.
- Considine, G. D., M. Douglas and P. E. Considine, 1982. Foods and Food Production Encyclopedia, Van-Nostrand Reinhold Company, New York, p.822.
- El-Oksh, I. I., A. S. Abdel-Kader, Y. A. Wally and A. F. El-Kholly, 1971. Comparative effects of gamma irradiation and maleic hydrazide on storage of garlic. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96(5), 637~640.
- Farkas, J. 1984. Clearance for food irradiation granted in different countries of the world. IFFIT training course handout material (unpublished).
- Faraq, S. A. 1984. Status report on food irradiation in Egypt. IFFIT training course material, RI-96 (unpublished).
- 金在河, 鄭昌朝, 1987. X-ray 照射를 利用한 濟州産 양파의 貯藏力 向上 可能性에 關한 研究. 濟大 論文集 24, 85~91.
- Korableva, N. P., 1961. The action of radiation on the anatomical and physiological features of potato eyes. Doklady Akad. Nauk. 137: 454~457.
- 權重浩, 邊明宇, 趙漢玉, 1984. 放射線에 의한 마늘 粉末의 殺菌, 韓國食品科學會誌 16(2), 139~142.
- 권중호, 윤형식, 손태화, 조한욱, 1984. 감마線 照射가 貯藏中 마늘의 生理的 特性에 미치는 影響, 韓國食品科學會誌 16(4), 408~412.
- 李愚升, 1975. 韓國産 마늘의 貯藏中에 있어서 貯藏葉身에 關한 研究. 韓國誌 16: 48~52.
- 李愚升, 1978. 마늘, 생강 재배법, 松園文化社, p. 10.
- 李瑞來, 1973. 原子力을 利用한 우리나라의 食品 研究現況. 韓國食品科學會誌 5(3), 188~194.
- 통타나키알 흥경애, 유장걸, 1986. X-ray 조사장 치 Stabilipan의 照射條件設定. 濟大放射能利用 研究所研報 2, 63~68.
- Lustre, A. O., R. A. Roncal, F. G. Villaruel, L. Ang, C. C. Singson, C. L. Carmona, and Z. M. De Guzman, 1981. Technological feasibility of radiation for the extended commercial storage of agricultural crops: (1) Onions (2) Garlic IAEA-SR-69/11.
- Pablo, I. L., and C. C. Singson, 1984. Status report on food irradiation in Philippines. Fourth Asian Regional Cooperative Project on Food Irradiation. Seoul, Korea, April 9-13, 1984.
- 朴魯豐, 崔彦浩, 金榮武, 1969. 마늘의 發芽抑制 및 成分變化에 미치는 γ 線의 影響, 韓國農化學會誌 12, 83~88.
- 朴武鉉, 高賀永, 申東禾, 徐奇奉, 1981. 마늘 長期貯藏方法 第一報. 豫乾處理方法과 貯藏條件이 品質變化에 미치는 影響, 韓國農化學會誌 24(4), 218~223.
- Singson, C. C., 1984. Economic feasibility of using radiation for the preservation of some agricultural commodities in the Philippines. 3rd Research Coordination Meeting on the Asian Regional Cooperative Project on Food Irradiation. Seoul, Korea, April 9-13, 1984.
- Solanas, I., and A. Darder, 1964. Preservation of Venezuelan vegetables by irradiation. Food Irradiation 5: 13~21, 食糧研究所, 1967. ジャガイモ すよび タマネギの 放射線による 發芽防止. 食糧 その科學と 技術 第10號. 27.