

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

김재하 · 정창조

A Feasibility Study on the Preservation Improvement of
Cheju-grown Onion Using X-ray Irradiation

Jai-Ha Kim and Chang-Cho Choung

Summary

For storage extension of Cheju grown onion, irradiations with the doses of 4 Krad and 8 Krad were applied and the quality was compared with unirradiated group. The results were as follows.

1. Under the room temperature storage, irradiated onion could be kept in unsprouted fresh state for 7 months while unirradiated onion started sprouting after 4 months storage.
2. With irradiated onion, sprout inhibition after 7 months until the next producing period of early variety is possible. However, since the marketability is damaged due to drying and decay including soft rot, onion should be stored under cold temperature after irradiation if further storage would be desired.
3. Since no significant difference in the quality of stored onion could be found between 4 Krad and 8 Krad, irradiation with 4 Krad is recommendable for the storage extension of Cheju grown onion.

序 論

근래에 食생활의 개선에 따라 종래의 穀類 爲主에서 차츰 肉類 등 단백질식품과 각종 채

양파를 포함한 發芽食品의 소비도 매년 증가하는 추세에 있다. 양파는 마늘과 더불어 우수한 건강식품의 하나로 특히 구미제국의 서양인들이 즐겨 이용하는 채소류의 하나이다. 우리나라에서 1978~1980년 사이의 연간 생산량은 약 250,000 ton 가량(Cho, 1981) 이

었던 것이 1980~1983년 사이의 연간 생산량은 384,000 ton 으로 이의 생산량은 계속 증가하는 추세에 있으며 (Cho, 1984) 濟州道에서만도 1986 년도에 440 헥타에서 14,345 ton 생산하였던 것이 1987 년도에는 550 헥타에서 18,660 ton 으로 생산량이 증가될 것으로 예상되고 있다.

현재 우리나라에서는 양파 뿐만 아니라 대부분의 농산물이 일시에 다량으로出荷되고 이것이 적절한 유통구조를 경유해서 연중 원만하게 소비자에게 공급되지 못하는 것이 큰 문제점으로 지적되고 있다. 여기에는 여러가지 원인이 있겠지만 그 중 가장 중요한 것은貯藏施設의 미비와貯藏에 드는 비용의 문제 및貯藏技術 등을 들 수 있다. 양파는 濟州産 O·A 및 O·X 등의 조생종의 경우 4월과 5월중에 수확되고 천주황과 같은 만생종은 6월 중순부터 夏至 전후에 시작하여 7월 초순까지는 수확이 끝난다. 양파의貯藏方法은 濟州道の 경우 적은 양을 재배하는 일반 농가에서는 발모통이에 돌을 쌓아 올려 벽을 만들고 풀로 지붕을 덮어 소위 움을 만들어 그 안에 넣어 출하할 때까지貯藏하는데 이러한 방법으로 약 4개월 가량貯藏할 수 있다. 다량을 장기 저장하는 방법으로는 역시 低溫貯藏施設이 갖추어진 창고에 넣어 약 0°C ~ 5°C 정도에서 저장하는 것인데 이러한 방법으로는 이듬해 조생종이 나올 때까지도貯藏할 수 있으나費用(電力費)이 많이 드는 것이 흠이라 할 수 있다 (Cho, 1983). 그밖에發芽抑制劑인 M.H.(maleic hydrazide)를 처리하는 방법이 있다. Maxie 등 (1971)에 의하면 양파나 감자의放射線照射가費用면에 있어서나食品의品質面に 있어서나 M·H와 같은 화학약제와는 경쟁이 되지 않을 것이란

견해를 보이고는 있지만 우리나라에서는 이러한 약제 처리는 M·H의 처리시기가 장마철과 겹치게 되어 그의 효과가 불분명하고 약제성분의殘留 등으로 인하여 차츰 이의 응용은 감소하는 추세에 있다.

이러한 방법 이외에 보다 경제적이고 효과적인 것으로放射線을照射하여發芽를抑制시킴으로써貯藏性を 향상시키는 방법이 있다. 이미 1960년대부터 전세계적으로 많은 연구가 이루어져 왔는데 특히 인도, 파키스탄, 방글라데쉬, 필리핀 및 南美 등지의 고온다습한 지역의 국가들에서 많은 흥미를 가지고 있고 현재實用化되고 있는 곳도 계속 늘어나고 있는 형편이다. 1984년 현재로 전세계적으로 소련과世界保健機構(WHO)를 포함한 15개 국가가 양파에 대해서放射線照射를 잠정적으로 혹은 완전히 허가하고 있고 그밖에 4개국이 허가준비를 위한 실험 및 test marketing의 단계에 있다 (Farkas, 1984). 실제 농가에서 이 방법의 보급이 성공한 사례는 Chile를 예로 들 수 있는데 Chile에서는 1983년도에 7개월간 실온저장할 수 있는 농가 보급실험의 성공에 힘입어 보다 광범위한 보급을 꾀하고 있으며 (Robio, 1984) Phillipine에서는 망고 등 다른 열대작물과 더불어 장거리 수송과 Test marketing 실험결과 역시 성공을 거두었다고 발표한 바 있다 (Lustre, 1984). 인도에서는 양파가 연간 약 250만 톤 정도 생산되는데 수확후 발아, 건조 및 부패 등에 의한損耗率이 30~50%나 된다고 한다 (Thomas, 1981). 따라서放射線照射에 의한貯藏力の 개선은 전력에너지의 비용이 높은 이들 나라에서 거의 필수 불가결한 것으로 되어 있고, 사정은 파키스탄, 방글라데쉬, 스리랑카, 동남아제국 및 남미등지가

모두 비슷한 것으로 알려지고 있다.

우리나라에서는 이미 1972 년도에 차 등에 의한 실험이 있었고 근래에도 趙等(1983)에 의한 경제성조사 등을 위한 실험이 있었다. 본 연구는 濟州大學 放射能利用研究所에 설치된 X-ray machine 을 이용하여 새로 설치된 기계의 효능을 검토하고 또한 FAO/WHO의 Codex Alimentarius Commission(1984)에서는 양파에 대한 放射線照射에 최고 15 Krad 까지 추천하고 있으나 Canada에서의 실험결과와 低線量과 高線量間에 별차이가 없었다는 점(Macqueen, 1963)과 6 Krad 로도 양파의 발아억제가 가능하였다는 인도에서의 실험결과(Sudarsan, 1975)에 근거하여 비교적 낮은 線量인 4 Krad 및 8 Krad 로 照射하고 濟州道에서 생산되고 있는 양파품종에 실제로 이의 적용이 가능한지에 관한 예비지식을 얻기 위하여 본 실험을 수행하였다.

간 펼쳐놓아 豫乾시킨 후 실험하였다. 試料은 90 개씩 3 group 으로 하여 室溫貯藏(7℃~28℃), 農家式貯藏(2℃~29℃) 및 低溫貯藏(0℃~1℃)으로 나누고 각 group 은 다시 30 개씩 3 區로 分類하여 0 Krad, 4 Krad 및 8 Krad 의 3 照射區로 나누었다. 照射는 濟州大學校 放射能利用研究所 內에 設置된 獨逸 Siemens社製의 治療用 X-ray machine 을 사용하였는데 capacity 가 제한되어 있어 1 회에 양파 7~8 개씩 밖에 照射하지 못하며 시간당 6 Krad 정도만 照射가 가능하였다. 거리는 일정하게 하고 照射時間의 경과로서 원하는 線量을 얻는데 dosimetry control 은 低線量에 적합한 Fricke dose meter system 을 적용하여 ferrous sulfate 용액을 每回 照射時마다 試料과 함께 照射한 후 O·D를 측정하여 원하는 線量이 照射되었는지를 확인하였다.

材料 및 方法

1. 試料

濟州道 北濟州郡 하귀산 貯藏用 晩生種 양파(천주황, 1986년 6월 16일 수확)를 농가로부터 직접 구입하여 실험하였는데 放射線照射에 있어 照射機의 capacity 가 적어一回에 가능한 많은 個數의 試料을 照射하기 위하여 45 gm~70 gm 정도의 적은 것들을 선택하여 사용하였다.

2. 放射線照射 및 貯藏

照射 및 貯藏에 들어가기 전에 相對濕度 80~85%, 20~25℃의 온도에 약 7~10 일

3. 發芽率, 腐敗率 및 重量變化

試料가 貯藏된 장소의 온도 및 습도를 수시로 체크하고 월 1 회씩 重量을 달아 그의 變化를 조사하였으며 동시에 腐敗有無와 發芽有無를 肉眼 檢査하였다. 非照射區에서의 發芽가 進行되어 發芽되지 않은 區와 명확히 구별될 수 있을 때(약 5 개월 후)부터 寫眞攝影을 하였다.

結果 및 考察

1. 發芽率

양파 貯藏上 가장 문제시되는 것은 發芽에

의해서 食用이 불가능하게 되고 상품의 가치가 저하되는 것이다. 본 실험의 경우 發芽는 室溫 및 農家式 貯藏에 있어서 수확후 약 4 개월경부터 시작되었는데 (그림 1), 室溫貯藏 (7°C~28°C)의 것이나 室外의 農家式貯藏에 놓아둔 것 (2°C~29°C)이나 發芽 시작 시기에 있어 아무런 차이를 발견할 수 없었다.

또한 표1에서 볼 수 있는 바와 같이 전반적으로 볼 때 8 개월 후의 貯藏性에 있어 室內에서 常溫下에 저장한 것이나 농가식저장을 한 것이나 별차이를 볼 수 없었다. 원래 濟州道農家에서의 재래식 저장이 생산된 밭의 한 모퉁이에 돌을 쌓아 벽을 만들고 마른풀로 지붕을 덮어 비맞지 않게 한 簡易式 貯藏庫로

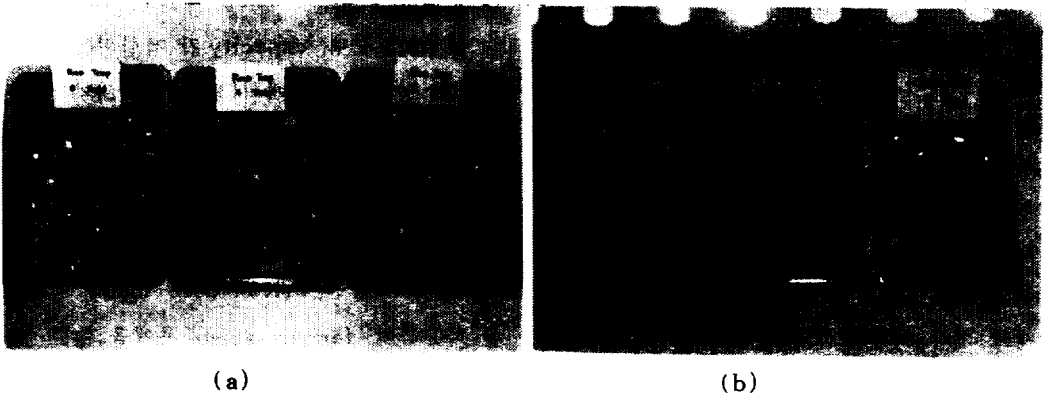


Plate I. Comparative evaluation of irradiated and unirradiated onions (after 4 months)

(a) Room temperature storage (b) Farm type storage

Table 1. Visual evaluation on 8 months stored onion (%)

Storage type	Dose	Sprout	Decay	Dried & Other defects	Marketability
Room temp storage	0 Krad	90.0	6.7	0	3.3
	4 Krad	0	6.7	30.0	63.3
	8 Krad	0	3.3	26.7	70.0
Farm type storage	0 Krad	86.7	10.0	0	3.3
	4 Krad	0	3.3	50.0	46.7
	8 Krad	0	20.0	50.0	30.0
Cold storage	0 Krad	0	10.0	0	90.0
	4 Krad	0	0	6.7	93.3
	8 Krad	0	0	3.3	96.7

집까지의 운반으로 인한 일손을 덜기 위함과 작 농가에서의 倉庫不足 등에 대한 방편인 것으로 생각되어지므로 근본적으로 室溫貯藏과 在來式貯藏과 별차이를 기대할 수 없었던 것이다. 그러나 0℃~1℃의 低溫貯藏下에 놓아 둔 것들에 있어서는 실험이 끝난 9 개월 후 까지에도 放射線을 照射한 것이든 안한 것이든 모두가 전혀 發芽된 것을 볼 수 없었다 (그림 2). 따라서 에너지소비 등의 경제적 인 여건 등을 勘案하고 또한 4 월부터는 早生種 양파가 생산되기 시작한다는 점을 고려

할 때 양파 貯藏上의 放射線照射에 있어서는 室溫에서의 약 7 개월간의 貯藏이나 혹은 그 이상의 貯藏을 원할 경우 5℃~10℃ 정도에서는 어떤 효과를 기대할 수 있겠으나 0℃ 정도의 低溫貯藏에서는 아무런 의미가 없는 것으로 나타났다. 室溫貯藏에서나 農家式貯藏에서나 4 Krad 와 8 Krad 간에는 별차이를 발견할 수 없었는데 Canada 에서의 MacQueen (1963)의 보고에서도 2 Krad로 照射했을 때 도 12 Krad로 照射했을 때와 같은 發芽抑制效果를 나타내었다고 하였다.

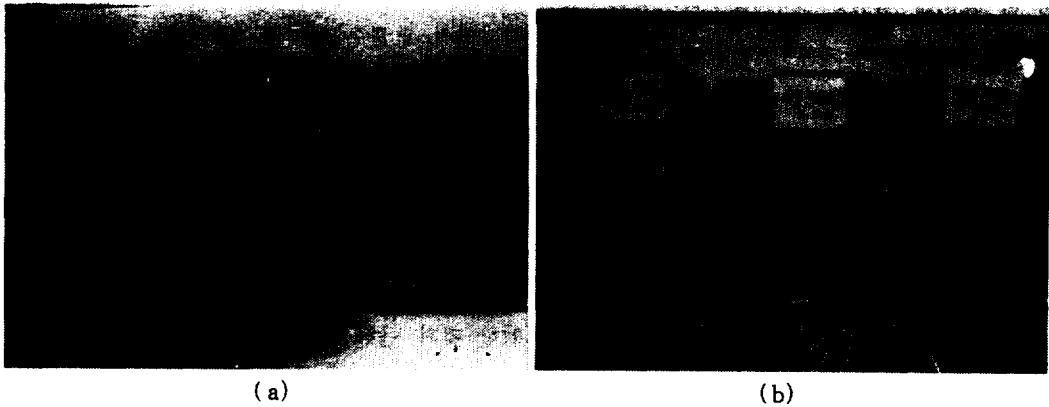


Plate II. Comparative evaluation of irradiated and unirradiated onions (after 9 months) (a): Room temperature storage (b): Cold storage

2. 腐敗率 및 販賣可能性

腐敗率에 있어서는 표1에서 볼 수 있는 바와 같이 室溫貯藏이나 農家式貯藏에 있어도 별차이가 없었고 또한 照射한 것과 照射하지 않은 것 간에도 뚜렷한 차이를 보이지 않았는데 원래 腐敗는 곰팡이 등 微生物에 의해서 일어나기 때문에 양파表面에 있는 이들 微生物을 死滅시키기 위하여서는 적어도 200 Krad 이상의 높은 線量을 요구하기 때문에

低線量照射에 의한 發芽抑制實驗과는 별 관계가 없는 것이다. MacQueen (1963)도 또한 發芽抑制用 低線量의 放射線處理는 腐敗防止에는 아무런 영향을 미치지 못하고 있다고 보고하였는데 照射는 수확후 약 2 주일 경과한 시기를 最適照射時期로 보고한 바 있지만 適正照射量은 品種과 貯藏環境 등의 차이에 의하여 약간씩 다르게 나타날 것으로 쉽게 짐작할 수 있다.

약 7 개월 이후부터는 서서히 건조 혹은

軟化로 인한 Marketability에 미치는 영향이 나타나기 시작하였다. 照射한 양파에 있어서는 發芽는 되지 않아도 수확후 7개월 이상 경과하게 되면 冬季의 乾燥한 공기(貯藏期間中 濕度, 60%~90%)에 의한 수분증발로 인하여 표면이 주글주글하게 되어 新鮮度가 低下되고 또한 組織이 무르게 되어 食用가치를 현저하게 저하시키게 된다. 본실험 결과 照射하지 않은 양파가 室溫에서 약 4개월 이후부터 發芽되고 照射한 양파가 약 7개월 이후부터 乾燥, 軟化 및 腐敗 등에 의하여 販賣 및 食用에 지장을 주는 것으로 나타났다. 따라서 室溫貯藏의 경우 放射線照射에 의해서 약 3개월 간의 貯藏延長效果를 얻을 수 있으며 그 이상의 저장을 위하여서는 低溫貯藏을 필요로 하는데 照射를 하지 않더라도 0℃~1℃의 低溫貯藏에서라면 어차피 이듬해 早生種 生産時期까지 貯藏할 수 있으므로 만일 放射線照射과 低溫貯藏을 함께 하여 貯藏期間을 보다 더 延長하려면 이보다는 더 높은 온

도로 하여 에너지 비용을 절감할 수 있을 것으로 기대된다.

3. 重量變化

各區當 30개씩의 양파중 10개씩을 골라서 貯藏을 시작한 날로부터 매 1개월 경과시마다 개체별 重量을 달아 그의 平均値를 계산하여 重量減少狀況을 살펴본 결과는 표2와 같다. 重量減少率은 發芽와 밀접한 관계가 있어서 發芽가 시작되기 전까지는 照射한 것이나 안한 것이나 별차이를 보이지 않다가 發芽가 시작되면서 重量은 급격한 차이를 보이기 시작한다. 표에서 볼 수 있는 바와 같이 貯藏 5個月이 경과한 후부터 차이를 보이기 시작하였는데 6個月 貯藏한 양파에 있어서 照射한 것과 안한 것 간에는 3%~8%의 차이를 볼 수 있었고 이 차이는 기간이 경과할수록 더 벌어져서 실험종료 시기인 9개월 때에는 照射한 것과 안한 것 간에는 2~3배의 감소율

Table 2. Monthly change of weight on 9 months stored onion (%)

Storage type	Dose	Monthly weight loss (%)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Room temp. storage	0 Krad	1.48	2.58	4.17	5.77	8.41	13.62	21.73	29.71	38.72
	4 Krad	1.80	3.90	5.05	5.45	8.52	10.62	13.41	15.29	18.72
	8 Krad	1.72	3.42	4.94	6.28	7.70	9.31	11.39	13.59	15.25
Farm type storage	0 Krad	2.10	2.59	4.29	6.90	9.80	14.86	23.49	32.82	44.06
	4 Krad	2.07	2.90	4.06	4.82	5.57	6.68	8.13	9.75	12.20
	8 Krad	2.31	4.31	6.61	6.75	8.23	10.53	14.15	14.32	16.05
Cold storage	0 Krad	0.62	1.54	1.84	2.36	2.69	3.10	3.54	4.21	5.22
	4 Krad	0.52	1.90	2.23	2.58	2.80	3.17	3.53	3.96	4.58
	8 Krad	0.10	1.65	1.89	2.30	2.62	2.90	3.08	3.40	4.01

의 차이를 볼 수 있었다. 照射線量間에는 室溫의 경우에 있어서는 8 Krad 照射가 4 Krad 보다 5 개월 이후부터 重量減少率이 약간 낮은 것으로 나타났으나 농가식 貯藏에 있어서는 그 반대의 결과를 보이고 있다. 그러나 線量間의 차이에 있어서는 Uruguay 에서의 실험결과 (Martin, 1984) 貯藏時日이 경과함에 따라 重量減少現狀이 照射 안한 것의 경우에는 너무 급격하여 5 개월 이후부터는 腐敗로 인하여 Sample 을 모두 폐기하지 않을 수 없었고 照射線量間의 차이에 있어서도 10 Krad나 5 Krad 혹은 15 Krad 照射한 것들간에 큰 차이는 없었다고 한다. 朴等 (1972) 에 의한 국내실험에서도 發芽와 伸長이 본격화되기까지는 照射區와 非照射區間에 重量上 別 차이가 없다가 그 이후부터 차이를 보이기 시작하였음을 보고하고 있고 線量間의 차이도 별문제 시 되지 않는 것으로 나타나 있다. 또한 0°C ~ 1°C의 低溫貯藏의 경우 실험종료 시기인 9 개월 경과시까지도 發芽가 일어나지 않은 상태이고 따라서 中량감소율에 있어서도 별 두

려한 차이를 보이지 않는 것은 당연한 결과라고 보여진다.

摘 要

濟州産양파의 長期貯藏을 위하여 放射線을 4 Krad 및 8 Krad의 線量으로 照射하고 照射한 것과 하지 않은 것 및 線量間의 차이를 비교한 결과는 다음과 같다.

1. 室溫貯藏의 경우 照射하지 않은 양파가 약 4 개월 정도 貯藏할 수 있는 데 비하여 照射한 것은 약 7 개월 가량 貯藏이 가능하다.
2. 放射線照射에 의해서 7 개월 이후 다음 厚生種 생산시기까지에도 發芽抑制는 가능하나 乾燥 및 軟腐 等に 의해서 상품가치를 손상받으므로 그 이후의 貯藏을 위하여는 照射 후 低溫에서 貯藏하여야 한다.
3. 4 Krad와 8 Krad를 비교할 때 貯藏力에 있어 별 차이를 발견할 수 없으므로 4 Krad가 보다 경제적이다.

參 考 文 獻

- Cho, H.O. 1981, Radiation effect, packaging studies and economic evaluation of irradiated onions in Korea. IAEA-SR-60/26, p.47.
- Cho, H.O. 1983. Background for the food irradiation and approach to the preservation of foods by irradiation. KAERI-AR-169/83, p.50.
- Cho, H.O, J.H.Kwon and M.W. Byun 1984. Evaluation of preservation and economic feasibility for the potatoes, onions, garlic and chestnut stored on experimental batches by combination with irradiation and natural low temperature. FAO/IAEA Research Coordination

- Meeting on The Asian Regional Cooperative Project on Food Irradiation 9-13 April, 1984, Seoul, Korea, p.5.
- FAO/WHO Codex Alimentarius commission, 1984. Codex general standard for irradiated foods and recommended international code of practice for the operation of radiation facilities used for the treatment of foods. Joint FAO/WHO Food Standard Programme Codex Alimentarius Commission Vol. XV-Ed.1, p.12.
- Farkas, J. 1984. Clearance for food irradiation granted in different countries of the world. 5th IFFIT training course handout material.
- Macqueen, K.F. 1963. Sprout inhibition of vegetables using gamma radiation. Radiation Preservation of Foods. National Academy of Sciences-NRC Publication 1273. p.127-140.
- Martin, V. 1984. Technical and economical studies to install a food irradiation unit — potato and onion irradiation under Uruguayan conditions. 5th IFFIT training course material L-110.
- Maxie, E.C., F.N. Sommer and G.E. Mitchell 1971. Infeasibility of irradiating fresh fruits and vegetables. Hort. Sci. 6:202.
- Lustre, A.O. 1984. Outline for shipping and test market trials on irradiated commodities. 5th IFFIT training course material L-172-2.
- Park, N.P., E.H. Choi and K.E. Byun, 1972. Studies on the storage of onions by radiation (I): Kor. J. Food Sci. Technol. 4(2): 84-89.
- Rubio, T.C. 1984. Technology transfer of food irradiation techniques in a developing country, Chile. 5th IFFIT training course material L172-1.
- Sudarsan, P. 1975. Prospects of onion irradiation in India, proceedings of a panel, Vienna, 18-22, Mar, 1974. Organized by the Joint FAO/ IAEA Division of Atomic Energy in Food and Agriculture, p.89-112.
- Thomas, P. 1981. Prospects and problems of commercial irradiation of onions and potatoes in India. IAEA- SR-60/ 23, p.41