

## 放射線 照射와 自然低温에 의한 마늘의 저장

趙漢玉 · 權重浩 · 邊明宇 · 尹衡植<sup>1</sup>

韓國에너지研究所

### Batch Scale Storage of Garlic by Irradiation Combined with Natural Low Temperature

Han Ok Cho, Joong Ho Kwon, Myung Woo Byun and Hyung Sik Yoon

Korea Advanced Energy Research Institute, Seoul

#### Abstract

An attempt was made on the development of a commercial scale storage method of garlic by irradiation. Irradiated garlics with 50, 100 and 150 Gy were stored at natural low temperature storage room ( $12 \pm 6^\circ\text{C}$ , 75-85% RH) and the physicochemical properties during the 10 months storage were investigated. The unirradiated garlic was mostly sprouted after 8 months storage, whereas the sprouting of all irradiated groups was completely inhibited until 10 months storage. The rotting rate and weight loss of garlic after 10 months storage were reduced by 25 to 54% at 100 Gy irradiation compared with those of an unirradiated group. The moisture content remained relatively constant during the whole storage period. The total sugar content was increased with storage period. Ascorbic acid content was also decreased until 8 months storage but its content was rapidly increased along with sprouting. Garlic was marketable after 10 months storage by 100 Gy irradiation combined with natural low temperature.

#### 序 論

마늘(*Allium sativum* L.)은百合科에 속하는鱗莖作物로서 그原産地가中央아시아와지중해연안등으로 전해지며,古來로香辛食品과医薬品으로 널리 사용되었다.建國神話에도 마늘이 등장하였듯이 우리의食生活에는 빼놓을 수 없는調味料로서 해마다 그生産량이 늘어나 1980年代에 들어年平均 19萬톤以上으로世界 4位의主要生産國이다.<sup>(1,2)</sup>

마늘이香辛料 및藥用으로 널리 쓰이게 된 것은 마늘의有效成分으로 알려진一種의含黃아미노산인alliin이細胞組織이破壞되면서酵素의作用으로allicin을生成하기 때문이며,allicin의抗菌作用,<sup>(3)</sup>低血糖作用<sup>(4)</sup> 등各種生理的活性이認定됨에 따라香辛食品으로서 그價值가 더욱 커지고 있다.

마늘은 그品質保存을 위하여 이미三國時代부터 取

穫後 엮어서 메달아 두었다가 겨울에는 왕겨와 얼지않게 쌓아 두었다는 기록이 있으며,<sup>(5)</sup>農家에서는 이 같은在來의인方法을 이용하여 왔으나 收穫後 休眠이 끝나는 8月下旬에서 9月上旬頃에는 대부분이 發芽하기 시작하고 점차腐敗와重量減少가 심하여 長期間의貯藏이 어려운 實情이다.

지금까지 연구되어온 마늘의 저장법으로는 發芽抑制劑(Maleic hydrazide)處理,<sup>(6)</sup>低温貯藏,<sup>(7)</sup>CA貯藏<sup>(8)</sup> 등이 있으나 藥劑處理의不均一性和 藥劑成分의殘留,<sup>(9)</sup>温濕度調節의 어려움,貯藏容量不足과貯藏費의過多等問題點이 있어 端境期の物備安定은 물론 效果的인貯藏法の開發로食品의貯藏中莫大한損失을 막아야 할 것이다.

最近放射線이食品貯藏特히,發芽食品의發芽抑制效果를 위해安全하게 이용됨에 따라前報에서 감자,<sup>(10)</sup>양파,<sup>(11)</sup>밤<sup>(12)</sup>에 이어放射線과自然低温에 의한 마늘의長期安全貯藏을目標로研究를遂行한 바 그結果를發表한다.

<sup>1</sup>경북대학교 식품가공학과

材料 및 方法

結果 및 考察

材料

本 實驗에 使用된 마늘은 1982年 6月 26日 忠南 瑞山에서 收穫된 6~8쪽 발마늘로서 收穫后 約 4週間 그늘에서 乾燥시킨 뒤 줄기를 2~3cm 정도 남기고 절단하고, 選別하여 放射線 照射試料로 使用하였다.

放射線 照射 및 貯藏

Curing시킨 시료를 收穫后 1個月세인 7월26일에 韓國에너지研究所內 <sup>60</sup>Co γ-線 照射施設을 利用하여 時間當 40Gy의 線量率로 50, 100, 150Gy를 照射시켰으며, 照射된 試料는 非照射 試料와 함께 PVC상자 (65×44×45cm)에 15kg씩 包裝하여 前報<sup>(10)</sup>에서와 같은 自然低温 貯藏庫 (12±6℃, 75-85%RH)에 貯藏하였다.

發芽, 腐敗 및 重量減少率 測定

貯藏된 마늘의 發芽率은 마늘의 鱗片을 축으로 절단하여 鱗片 全長에 대한 內芽의 生長 길이를 百分率로 表示하였고, 腐敗는 마늘의 球를 剝皮한 후 腐敗 鱗片數를 調査된 全 鱗片數에 대한 百分率로 나타 내었으며, 重量減少는 入庫時 重量에 대한 減量率로서 表示하였다.

化學成分

發芽食品의 品質에 關与하는 重要因子인 水分, 全糖, 還元類 및 ascorbic acid를 貯藏后 2個月 間隔으로 定量하였다. 水分은 105℃ 常压乾燥法, 全糖은 25% HCl로 加水分解시킨 뒤 Somogyi變法<sup>(11)</sup>으로, 還元糖은 역시 Somogyi變法에 의하였으며, ascorbic acid는 2, 4-dinitrophenylhydrazine colorimetry<sup>(12)</sup>에 따라 定量하였다.

Table 1. Sprouting rate (%) of irradiated garlic during storage (1982-1983)

Storage period (month)	Dose (Gy)			
	0	50	100	150
0	19.24*	19.24	99.24	19.24
2	27.10	25.10	23.24	23.48
4	65.29	58.57	58.77	59.41
6	93.62	70.17	67.78	68.40
8	97.28	74.65	70.49	70.01
10	135.00	76.14	71.15	70.82

\* The elongation ratio of an internal sprout leaf to clove length

發芽率

放射線照射된 마늘의 貯藏中 發芽率은 Table 1과 같다. 本 實驗에 使用된 試料의 休眠打破期는 8月下旬頃으로 생각되며, 9月 以后부터 發芽가 급격히 진행되어 1月에는 非照射區가 93.62%, 照射區가 67.78~68.40%의 內芽의 伸長이 있었고, 이듬 해 5月の 發芽狀態는 非照射區는 100% 外部發芽하여 鱗의 長이가 평균 1.3cm였으나 照射區에 있어서는 70.82~76.14%의 内部發芽로 전혀 外部까지 發芽되지 않았다.

放射線 照射에 의한 마늘의 發芽抑制 效果는 Mathur,<sup>(13)</sup> Khan<sup>(14)</sup>등, Singson등,<sup>(15)</sup> 朴등<sup>(16)</sup>에 의해서 많이 研究된 바 있는데 대부분 50~120Gy의 γ-線 照射로 그 效果가 充分하다고 하여 本 結果와 類似한 傾向이었다.

腐敗率

貯藏期間中 마늘의 腐敗率은 Table 2와 같다. 照射直後 試料의 腐敗率은 約 3.24%였으나 貯藏庫의 溫度가 높은 9月사이에 照射區는 10.40~14.53%, 非照射區는 16.10% 腐敗하였다. 貯藏期間의 經過로 점차 부패율이 전반적으로 증가하였고, 이듬 해 5월에 이르러서는 非照射區는 80% 이상 부패하였으나 照射區는 27.4~30.1%의 比較的 良好한 狀態를 維持하였다. 本 實驗에 使用된 貯藏庫는 機械적으로 溫도의 調節을 하지 않기 때문에 外溫이 上昇하는 3月以後의 腐敗가 심하게 增加한 結果에 대해서는 추후 연구되어야 할 사항이라 생각한다. 또한 저장 前半期보다는 貯藏末期에 腐敗에 대한 放射線 照射의 效果가 현저하였는데 이는 發芽抑制 및 일부 代謝作用의 阻害로 照射區는 저장물질의 消耗가 적은 反面, 非照射區는 이듬 해 3월부터 旺盛한 發芽와 生活作用으로 營養物質의 損失을 크게 가져와 부패균등에 대한 抵抗力이 弱해 젖음에 起因될 수 있다.

Table 2. Rotting rate (%) of irradiated garlic during storage (1982-1983)

Storage period (month)	Dose (Gy)			
	0	50	100	150
0	3.24	3.24	3.24	3.24
2	16.10	14.53	11.15	10.40
4	18.38	14.92	12.00	11.05
6	21.42	17.49	12.70	12.00
8	28.52	18.72	14.36	12.42
10	83.56	29.30	27.40	30.10

**重量減少**

貯藏中 마늘의 重量變化는 Table 3 과 같다. 저장후 9 月까지는 非照射區와 照射區 모두 12.30~14.10의 심한 重量減少가 나타났고, 저장기간의 경과로 점차 減少하는 傾向이나 發芽가 왕성하게 시작되는 이듬 해 2 月以後에는 非照射區와 照射區間의 差異가 심하여 貯藏 10個月後인 이듬 해 5 月에는 非照射區가 53.80%, 照射區가 29.88~30.56%의 減量率을 나타내었다.

마늘의 貯藏에서 가장 問題視되는 것은 重量減少로서 이는 貯藏庫의 溫濕度 條件에 따라 크게 영향을 받게되며,  $\gamma$ -線照射로 發芽 및 生活作用을 抑制시킴으로써 重量의 減少를 줄일 수 있었다.

Mathur<sup>(11)</sup>는 마늘에 50Gy의  $\gamma$ -線을 照射하여 11~12℃, 相對溫度 85~90%에서 8 個月間 貯藏하였을 때 非照射區에 비해 25%의 重量減少를 막을 수 있었다고 하였고, El-Oksh등<sup>(12)</sup>은 MH處理와  $\gamma$ -線 照射의 比較實驗에서  $\gamma$ -線 照射는 發芽抑制 效果는 MH處理보다 優秀하였으나 重量減少에서는 비슷한 結果를 나타 내었다고 報告하였다. 本 研究에서는 100Gy 照射區가 非照射區에 비해 貯藏 10個月 後 28% 정도의 減量 抑制效果를 나타 내었다.

**Table 3. Changes in weight loss (%) of irradiated garlic during storage (1982-1983)**

Storage period (Month)	Dose (Gy)			
	0	50	100	150
2	14.10	12.69	12.30	12.62
4	19.20	18.70	17.90	17.70
6	22.51	20.40	18.92	19.01
8	30.72	24.53	21.32	22.09
10	53.80	30.56	30.02	29.88

**化學成分의 變化**

水分: 貯藏中 마늘의 水分含量의 變化는 Table 4 와 같다. 저장기간과 照射線量間에 큰 差異가 없이 68% 內외의 含量을 나타 내었으나 非照射區의 경우 이듬 해 3 月以後 왕성한 發芽와 呼吸作用등으로 그 含量이 多少 낮아졌다. 그러나 照射區에서는 貯藏庫內의 적당한 습도의 유지로 마늘의 水分含量 變化를 막을 수 있었다.

全糖: 저장중 마늘의 全糖含量 變化는 Table 5 와 같다.

照射 直後에는 線量間에 別 差異가 없었으며, 저장기간의 경과로 점차 감소하였고 100Gy와 150Gy 照射區는

**Table 4. Changes in moisture content (%) of irradiated garlic during storage (1982-1983)**

Storage period (Month)	Dose (Gy)			
	0	50	100	150
0	66.60	66.72	67.04	67.02
2	67.83	66.86	67.58	67.58
4	67.91	67.36	67.18	67.62
6	69.62	69.71	69.78	69.71
8	65.32	68.05	67.08	67.33
10	64.01	67.09	67.78	67.82

**Table 5. Changes in total sugar content (%) of irradiated garlic during storage (1982-1983)**

Storage period (Month)	Dose (Gy)			
	0	50	100	150
0	18.88	18.27	18.24	18.34
2	17.28	17.72	19.18	19.47
4	14.29	15.13	15.55	15.13
6	14.09	14.99	14.96	15.53
8	18.41	16.24	17.89	17.40
10	11.18	12.22	12.67	12.85

貯藏 1 個月後에 多少 增加하였으나 점차 같은 傾向으로 減少하여 貯藏 10個月째인 이듬 해 5 月에는 非照射區가 40%, 照射區가 32%씩 각각 減少하였다. 貯藏中 全糖含量의 減少는 마늘 個體의 生活作用에 따라 달라질 수 있으며, 旺盛한 發芽와 呼吸등에 의해 單糖류로 分解되어 消耗되어진다. 放射線 照射에 대한 多糖類의 影響은 옥수수澱粉<sup>(20)</sup>, 감자澱粉등<sup>(21)</sup>에 대하여 많은 研究가 遂行되었다. 그러나 本 實驗에서 使用된 150Gy 以下의 線量으로는 澱粉의 構造나 性質에 아무런 이상이 없었으며, 照射는 熱處理보다 安全하다고 밝혀진 바 있다. 貯藏中 마늘 全糖의 變化는 照射에 의한 影響보다는 貯藏期間 및 溫度의 影響이 훨씬 더 클 것으로 推測된다.

還元糖: 貯藏中 마늘의 還元糖 含量變化는 Table 6 과 같다.

마늘의 還元糖은 glucose로 환산하여 약 1%未滿으로서 貯藏期間의 經過와 線量에 따라 약간의 增減은 있었으나 그 變化는 적었으며, 發芽가 旺盛한 이듬 해 5 月에는 非照射區는 약 3 倍, 照射區는 1.3 倍 정도 增加되었다. 이 같은 增加는 發芽 및 生活作用이 貯藏庫內의 溫度上昇과 더불어 활발해 짐에 따라 澱粉의 分解가 많아지고, 특히 非照射區의 경우 發芽葉의 伸長으로 生

**Table 6. Changes in reducing sugar content (%) of irradiated garlic during storage (1982-1983)**

Storage period (Month)	Dose (Gy)			
	0	50	100	150
0	1.00	0.93	0.93	0.92
2	0.88	0.93	0.70	0.73
4	1.07	1.05	1.11	1.11
6	0.95	0.92	0.88	0.85
8	0.96	0.77	0.95	0.83
10	2.90	1.25	1.27	1.27

長点 部位로 영양물질이 移動되었기 때문이라고 풀이된다.

發芽抑制를 위한 150Gy 以下の 照射는 糖의 還元力에 거의 영향을 미치지 않으며,<sup>(22)</sup> 還元糖量의 變化는 特히 貯藏溫度가 낮을 때 呼吸作用이나 糖分解酵素의 活性이 낮아져 生体内에 축적이 일어나는 것으로 알려져 있다.

Ascorbic acid : 照射된 마늘의 貯藏中 ascorbic acid 含量은 Table 7 과 같다. 照射 直後에는 線量間에 거의 變化가 없었으나 貯藏期間이 經過되면서 線量의 增加에 따라 多少 減少하였다. 그러나 發芽가 旺盛해진 3月부터는 ascorbic acid의 含量이 다시 增加되어 貯藏初期 對比 非照射區는 약 2倍, 照射區는 약 1.6倍 정도 增加되었다. 이와같은 증가는 還元糖의 경우와 같이 發芽 및 自体의 代謝作用이 활발해 짐에 따라 저장물질이 분해되어 glucose 등의 糖類가 生成되며, 이들이 ascorbic acid와 相互轉換<sup>(23)</sup>을 일으킴으로써 상대적으로 그 含量이 높아진 것으로 풀이될 수도 있다. 그러나 ascorbic acid 含量에 미치는  $\gamma$ -線照射의 影響에 관한 研究<sup>(24)</sup>는 여러가지 食品에 대하여 이루어 졌는데 照射에 의해서 그 含量이 變化되지 않는 경우도 있으며(주로 バナ나에서), 반대로 增加되는 예도 있다. 일반적으로

**Table 7. Changes in ascorbic acid content (%) of irradiated garlic during storage (1982-1983)**

Storage period (month)	Dose (Gy)			
	0	50	100	150
0	10.82	10.78	10.79	10.62
2	10.00	9.60	9.30	8.70
4	9.40	9.40	9.30	8.60
6	8.60	8.80	9.20	10.00
8	9.40	9.20	9.01	8.28
10	20.60	16.40	16.40	18.40

ascorbic acid含量에 대한 照射의 影響은 放射線照射가 生体内의 代謝에 영향을 주었거나 抽出을 용이하게 함으로써 그 含量이 增減되는 것으로 報告되고 있다.

## 要 約

放射線 照射와 自然低温에 의한 마늘의 商業的 貯藏法 開發을 目標로 收穫後 1個月된 試料에  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -線을 50, 100 및 150Gy 照射시킨 뒤 自然低温 貯藏庫(12±6°C, 75~85%RH)에 10個月 동안 貯藏하면서 理化學的 特性을 檢討하였다. 非照射區는 貯藏 8個月 後에 대부분 發芽되었으나 照射區는 貯藏 10個月 까지 전혀의 發芽되지 않았다. 貯藏 10個月 後 腐敗率은 非照射區가 83.56%, 照射區가 約 29%로  $\gamma$ -線 照射로서 54%의 腐敗率을 減少시킬 수 있었고, 重量變化에 있어서도  $\gamma$ -線 照射에 의하여 約 25%의 減量을 막을 수 있었다. 貯藏中 水分含量은 큰 變化가 없었으나 發芽와 더불어 多少 減少되었고, 全糖과 還元糖은 貯藏期間의 경과로 각각 增減現象이 나타났으며, 特히 發芽가 旺盛한 이듬해 3月부터는 그 變化가 두드러졌다. 또한 ascorbic acid 含量은 期間의 경과로 점차 減少하다가 發芽와 더불어 增加되었다. 따라서 收穫後 마늘에 100Gy 정도의  $\gamma$ -線을 照射하여 10°C 内外의 自然低温 貯藏庫에 貯藏함으로써 그 品質을 比較的 優秀하게 10個月 以上 保存할 수 있었다.

## 文 献

1. 大韓民國 農水産部 : 農林統計年報 (1980~1982)
2. Considine, G. D., Douglas, M. and Considine, P. E. : *Foods and Food Production Encyclopedia*, Van Nostrand Reinhold Company, New York, p 822 (1982)
3. Cavallito, C. T. and Bailey, J. H. : *J. Am. Chem. Soc.*, **66**, 1950 (1944)
4. Jain, R. C. and Uyas, C. R. : *Am. J. Clin. Nutr.*, **28**, 684 (1975)
5. 李盛雨 : 高麗以前의 韓國食生活史 研究, 郷文社, p. 293 (1978)
6. Chung, H. D., Lee, W. S. and Lee, J. P. : *J. Kor. Soc. Hort. Sci.*, **14**, 31 (1973)
7. 朴武鉉, 高賀永, 申東禾, 徐奇奉 : 韓國農化學會誌, **24**, 218 (1981)
8. 樽谷隆之 : 日本園芸學會 發表要旨, 290 (1968)
9. USDA : *Technical Bulletin*, 1934, 1 (1980)

10. 趙漢玉, 邊明宇, 權重浩, 梁好淑, 李哲鎬 : 韓國食品料學會誌, **14**, 355 (1982)
11. 趙漢玉, 權重浩, 邊明宇, 梁好淑 : 韓國農化學會誌, **26**, 82 (1983)
12. 趙漢玉, 梁好淑, 邊明宇, 權重浩, 金鍾君 : 韓國食品料學會誌, **15**, 231 (1983)
13. 小原哲二郎, 鈴木隆雄, 岩尾裕之 : 食品分析 핸드ブック, 建帛社, p. 217 (1977)
14. 小原哲二郎, 鈴木隆雄, 岩尾裕之 : 食品分析 핸드ブック, 建帛社, p. 303 (1977)
15. Mathur, P. B. : *J. Appl. Rad. Isotopes.*, **14**, 625 (1963)
16. Khan, I. and Wahid, M. : *Food Preservation by Irradiation* Vol. II, p. 63, IAEA-SM-221/48 (1978)
17. Singson, C. C. and Lustré, A. O. : *Food Preservation by Inadiation*, Vol. II, p. 113, IAEA-SM-221/76 (1978)
18. 朴魯豐, 崔彥浩, 金榮武 : 韓國農化學會誌, **12**, 83 (1969)
19. El-Oksh, I. I., Abdel-Kader, A. S., Wally, Y. A. and El-Kholly, A. F. : *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, **96**, 637 (1971)
20. Geissler, G. : *Z. - Lebensmitt. u. Forsch*, **125**, 452 (1944)
21. Tollier, M. T. and Guilbot, A. : *Die Stärke*, **22**, 296 (1970)
22. Liggett, R. W., Fazel, C. E. and Ellenberg, J. Y. : *J. Agr. Fd. Chem.*, **7**, 277 (1959)
23. Sastry, K. S. and Sarma, P. S. : *Biochem. J.*, **62**, 451 (1956)
24. Elias, P. S. and Cohen, A. J. : 食品照射の化学, 学会出版センター, p. 197 (1981)

---

(1983년 11월 26일 접수)