

放射線 照射와 自然低温에 의한 發芽食品의 Batch Scale 貯藏에 關한 研究

第 1 報 : 감자의 貯藏

趙 漢玉 · 邊 明宇 · 權 重浩 · 梁 好淑 · 李 哲鎬*

韓國에너지研究所 放射線農學研究室

*高麗大學校 食品工學科

(1982年 9月 25日 수리)

Batch Scale Storage of Sprouting Foods by Irradiation Combined with Natural Low Temperature

I. Storage of Potatoes

Han Ok Cho, Myung Woo Byun, Joong Ho Kwon, Ho Sook Yang and Chul Ho Lee*

Radiation Agri. Div., Korea Advanced Energy Research Institute.

* *Dept. of Food Technology, Korea University*

(Received September 25, 1982)

Abstract

In order to develop the commercial storage method of potatoes by irradiation combined with natural low temperature, two varieties of potatoes, Irish cobbler and Shimabara were stored at natural low temperature storage room(450×650×250cm; year round temperature change, 2-17°C; 70-85% R.H.) on a batch scale followed by irradiation with optimum dose level.

Irish cobbler and Shimabara were 100% sprouted after 3 months storage in control, whereas in 15 Krad irradiated group, sprouting was completely inhibited at Irish cobbler for 9 months storage, and at Shimabara for 12 months.

The extent of loss due to rot attack after 9 months storage was 6% in control, 6-8% in 10-15 Krad irradiated group at Irish cobbler and weight loss was 16.5% in control, 5.1-5.6% in irradiated group, whereas rotting rate of Shimabara after 12 months storage was 100% in control, 15% in irradiated group and the weight loss of its was 12.6% in control, 7.3~7.4% in irradiated group.

The moisture content in whole storage period of two varieties were 72~82% without remarkable changes. The total sugar and ascorbic acid contents were slightly decreased according to the dose increase and elapse of storage period, whereas reducing sugar content was increased.

Irish cobbler was 90% marketable after 9 months storage and 85% in Shimabara after 12 months storage.

序 論

것이 점차 主食化되는 경향이고, 감자의 年間 平均生
產量은 45萬톤('79~'81)이다⁽¹⁾.

農水産部에 따르면⁽²⁾ 年間 1人當 감자 소비추세가
감자는 우리나라에서 주로 副食品으로만 利用되던 지난 70년에 14.75kg이던것이 75년에는 11.9kg, 78년

에는 6.07kg 79년에는 5.24kg로 감소추세를 보였으나 80年度에는 8.29kg로써 1年間に 58.2%나 消費가 늘어났고, 이와 같은 추세는 加速化될 전망이며 農水産部에서는 86년에 81年度 對比 76%가 增加한 86만4천톤의 增産計劃을 세우고 있다.

우리나라의 감자供給은 大體로 봄감자가 6月 中旬부터 수확되어 出荷되고 가을감자가 9月 下旬부터 수확되어 出荷되고 있다. 감자를 冷蔵에 의하여 다음해 2月 上旬까지 發芽를 抑制시켜 적은 損失로써 出荷할수 있으나 2月中旬 以後 4月까지는 發芽와 더불어 腐敗減量에 의한 損失이 尠뿐아니라 冷蔵에 따른 電力의 過多消費와 市場供給의 不足으로 價格의 폭등을 가져오는 것이 每年 되풀이 되는 現象이다. 따라서 2月 中旬부터 4月까지의 端境期 安定供給으로써 市場價格의 安定化를 가져올 수 있고, 또한 加工適性を 確保할 수 있는 貯藏方法 確立이 必要하게 된다.

原子力利用에 의한 發芽防止에 관해서는 1950年頃에 主로 New York의 Brookhaven 國立研究所에서 研究가 시작된 이래 同位元素 ^{60}Co 의 감마線을 照射한 감자는 貯藏期間이 현저히 연장되고, 品質의 變化가 거의 없다는 것이 發見되었다⁽³⁻¹²⁾. 또한 감마線 照射와 salicylic acid^(13,14)의 複合處理에 의하여 貯藏期間을 연장한 실험에도 있다.

우리나라에서는 朴 등⁽¹⁵⁾이 放射線을 利用한 發芽抑制 實驗을 實驗室 規模로 처음하였으며, 大量貯藏 實驗을 遂行한 일은 없다. 外國에서는 照射감자의 健全性이 認定되어 照射食品의 實用化가 法的으로 許可된 22個國中 20個國에서 放射線에 의한 감자의 發芽抑制를 法的으로 許可하고 있다⁽¹⁶⁾. 食品貯藏에서 原子力의 利用은 감자, 양파 등의 發芽防止가 가장 實理性이 큰 것으로써 감자의 發芽防止에 의한 貯藏性的 改良은 감자의 生産, 加工, 消費面을 통해서 經濟的 價値를 向上 시킬 수 있다.

本 研究는 감마선 照射와 自然低溫에 의한 감자의 商業的 貯藏法 開發을 目標로 Batch scale 貯藏 實驗을 하였기에 그 結果를 發表한다.

材料 및 方法

材 料

감자는 우리나라에서 栽培되고 있는 導入 品種中 早熟 多收性이며 현재 널리 보급되고 있는 暖地 春作 Irish cobbler(남작)와 1964年度에 導入되어 秋作用 品種으로 장려되고 있으며, 高冷地에서 夏作된 Shimabara를 Table 1과 같이 각각 300 kg씩 購入하여 相對濕度 80~85%인 室溫(25~25°C)에서 約 2週間 curing시킨

후 照射 試料로 사용하였다.

放射線照射

Curing시킨 試料를 收穫후 15~30日 이내에 韓國에 너지研究所內에 設置되어 있는 ^{60}Co 照射施設(10,000ci)을 利用하여 Table 2와 같은 條件으로 照射하였다.

Table.1 Status of materials

Variety	Producing district	Harvesting time	Weight per tuber
Late-potato (Irish cobbler)	Kyungnam Changwon	Jul. 18, '81	80-110g
Autumn-potato (Shimabara)	Daekwanryung	Sep. 11, '81	90-110g

試料의 包裝 및 貯藏

試料를 照射後 對照區 및 照射區로 나누어 나일론망 나누상자 및 종이상자에 각각 20~30 kg씩 넣어 韓國에 너지研究所에 設置되어 있는 自然低溫 貯藏庫(음식貯藏庫, 450×650×250 cm)에 저장하였다. 이 自然低溫 貯藏庫의 年中 溫度變化는 Fig. 1과 같으며, 一年中 2~15°C의 低溫을 9個月間 冷凍機없이 유지할 수 있었고, 3個月間은 15~20°C였으며, 이와 같은 溫度變

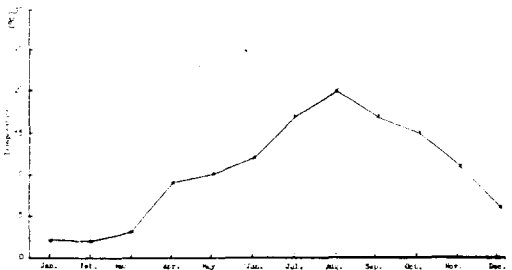


Fig. 1. The temperature change of natural low temperature storage house

化는 같은 時期의 外部溫度와 10~15°C의 差가 있었다 貯藏庫의 貯藏에는 환풍기가 부작된 환기공을 設置하여 必要에 따라서 換氣할 수 있게 하였고, 바닥에는 加濕器를 設置하여 相對濕度를 80~90%로 유지하였다.

發芽, 腐敗 및 長量減少

自然低溫 貯藏庫에 貯藏하면서 發芽, 腐敗, 重量減少는 貯藏後 1個月 간격으로 調査하여 百分率로 表示하였고, 發芽는 싹의 길이가 1 mm 이상 자란것을 發芽로 判定하였다.

化學成分

發芽食品의 品質에 關여하는 重要成分인 水分, 全糖, 遊離糖 및 ascorbic acid를 1個月 간격으로 定量하였다.

Table. 2 Irradiation conditions

	Late-potato(Irish cobbler)				Autumn-potato(Shimabara)			
	Control	10	15	20	Control	10	15	20
Dose(Krad)								
Distance from source(cm)	0	112	106	103	0	112	106	103
Dose rate (rad/hr)	0	1,666	2,500	3,333	0	1,666	2,500	3,333

水分은 105°C 常壓 乾燥法, 全糖은 25%-HCl로 加水分解한 후 somogyi 變法으로 遊離糖은 somogyi 變法에 의하였고 ascorbic acid는 2,4-dinitrophenylhydrazine colorimetry에 의하여⁽¹⁷⁾ 定量하였다.

結果 및 考察

發芽率

線量에 따른 發芽率은 Table 3과 같다. 放射線을 照射하지 않은 無處理區에서 Irish cobbler 및 Shimabara 品種은 貯藏 3個月後에 100%의 發芽率을 보이는데 비

터 對照區에서는 두 品種 모두 線量이 높을수록 發芽가 현저히 抑制되었다. 貯藏初期에 10 Krad의 低線量 照射에서 發芽率이 높은 것은 放射線에 의한 一時的인 發芽 促進현상으로 朴等⁽¹⁵⁾의 報告와 일치한다.

本 實驗에서 放射線 照射와 自然低溫 貯藏에 의한 發芽抑制 效果는 10 Krad를 照射하여 14~16°C의 溫度와 60~70%의 相對濕度下에서 貯藏할때 發芽가 完全히 억제 되었다는 Khan等⁽⁹⁾의 報告와 10 Krad를 照射하면 貯藏溫度에 관계없이 發芽가 完全히 억제 되었다는 Thomas等⁽¹⁰⁾의 보고 및 11.7 Krad 照射로 10~11週 期間 完全히 發芽抑制되었다는 Baraldi⁽¹⁸⁾의 結果나 12

Table. 3 Sprouting rate of potatoes during storage

Dose (Krad)	Local variety															
	Late (Irish cobbler)								Autumn (Shimabara)							
	Control		10		15		20		Control		10		15		20	
Observ. time	S*	L**	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L
25 Aug. 1981	20	0.1	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—
25 Sep.	100	0.3	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—
25 Oct.	100	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25 Nov.	100	1.0	2	0.1	0	0	0	0	4	0.2	0	0	0	0	0	0
25 Dec.	100	1.5	14	0.3	0	0	0	0	12	0.3	0	0	0	0	0	0
25 Jan. 1982	100	2.5	16	0.3	0	0	0	0	52	0.4	0	0	0	0	0	0
25 Feb.	100	3.0	16	0.3	0	0	0	0	100	0.7	0	0	0	0	0	0
25 Mar.	100	3.5	16	0.3	0	0	0	0	100	1.0	0	0	0	0	0	0
25 Apr.	100	5.0	16	0.3	0	0	0	0	100	2.0	0	0	0	0	0	0
25 Jun.	—	—	—	—	—	—	—	—	100	10.0	0	0	0	0	0	0
25 Aug.	—	—	—	—	—	—	—	—	100	15.0	0	0	0	0	0	0

* S : Sprouting(%) ** L : Average length of sprout(cm)

~15 Krad 照射로 9個月間 貯藏後 까지도 發芽, 腐敗 收縮이 크게 減少하였다는 Sekhavat 等⁽¹⁹⁾ 및 Sadret 等⁽⁸⁾의 結果와 適正線量이 비슷하였다. 또한 Shimabara 감자에 salicylic acid를 1000~3000 ppm을 處理하고, 5~15 Krad의 감마線을 照射하여 常溫에서 8個月間 貯藏할때 salicylic acid 複合處理가 貯藏性이 좋았다는 報告도 있으며^(14,20) 또한 品種에 따라 發芽抑制 線量의 差異가 있다는 Kirchman 等⁽²¹⁾의 報告도 있다.

放射線 照射와 化學藥品의 複合處理는 化學藥品의 殘

留性에 대한 問題點도 있으므로 감마線을 10~15 Krad 照射하고 自然低溫에 貯藏하는 것이 10~12個月間 貯藏하는데 가장 安全한 方法이라고 생각된다.

腐敗率

貯藏 期間中の 감자의 腐敗率은 Table 4와 같다. Irish cobbler 品種에서는 9個月間 貯藏後에 無處理區가 8%, 10 Krad 10%, 15 Krad 10%, 適正線量보다 높은 20 Krad에서는 30%의 腐敗率을 보였으며, Shimabara 品種에서는 8個月 貯藏後까지는 對照區와 照射區가 3%內外

였으나 11個月 貯藏後(82. 8. 25) 對照區는 100% 發芽 腐敗하였고, 10 및 15 Krad에서 約 15%, 適正線量보다 많은 20 Krad에서 17%가 腐敗하였다. 또한 Irish cobbler 品種이 shimabara 品種보다 腐敗率이 현저히 높아 間種間의 差異를 나타냈다.

照射감자의 腐敗는 收穫하여 照射施設까지 運搬할때 입은 상처와 상처를 입은 後 照射까지의 時間이 짧을 수록 同一한 條件에서 腐敗率이 크다고 한다⁽²²⁾.

本 實驗에서 線量間의 腐敗率이 別差異가 없는 것은 5~15 Krad로 照射된 감자의 貯藏中 腐敗率의 差異는 없거나 극히 감소하다는 Duncan 等⁽²³⁾의 報告와 비슷하다. 貯藏中 감자의 腐敗는 放射線 照射의 영향보다는 주로 貯藏溫度의 影響이 큰데 Nair 等⁽²⁴⁾이 밝힌바에 의하면 貯藏溫度 15°C에서는 4~11%, 20°C에서는 17~18%, 그리고 28~32°C에서는 55~61%의 腐敗率을 나타냈으며, 品種間의 差異도 있었다고 한다. Thomas 等⁽⁴⁾은 15°C 이상의 貯藏溫度에서는 *Erwinia* sp.에 의해 주로 腐敗하지만 10°C 이하의 溫度에서는 *Micrococcus* sp.에 의해 腐敗한다고 하였다.

Ahmeol⁽²⁵⁾은 照射감자에서 腐敗가 增加하는 것은 自然防黴物質인 rishitin 및 phytoberin의 減少와도 관련이 있다고 보고하였다. 이상의 結果로 볼때 가급적 貯藏性이 높은 品種을 대상으로 健全한 감자만을 選別하여 適正線量을 照射하고 5~15°C의 貯藏溫度를 유지하는 것이 감자의 腐敗를 減少시킬 수 있는데 이상과 같은 貯藏은 適正線量을 照射하고 自然低溫 貯藏庫에 貯藏하는 것이 經濟的이며, 安全한 貯藏方法이라고 생각된다.

重量減少

감자와 같은 多肉農產物은 乾燥한 상태에서는 水分을 잃고 收縮되어 商品價値가 떨어지는 동시에 腐敗의 原因이 되기도 한다. 收縮을 防止하기 위하여 濕度를 높이면 細菌이나 곰팡이가 번식하여 貯藏이 어렵다.

本 實驗에서 貯藏中 감자의 重量變化는 Table 5와 같다. 9個月 貯藏後에 Irish cobbler 品種의 경우 無處理區의 重量이 發芽 및 呼吸作用에 의한 蒸散으로 11.5%가 減少한데 비해 照射區에서는 5~6%만의 重量減少를 보였으며, Shimabara 品種에서는 7個月 貯藏後에

Table. 4 Rotting rate of potatoès during storage

Dose(Krad)	Local variety							
	Late(Irish cobbler)			Autumn(Shimabara)				
	Control	10	15	20	Control	10	15	20
25 Aug. 1981	0	0	0	0	—	—	—	—
25 Sept.	2	2	0	2	—	—	—	—
25 Oct	6	6	0	4	0	0	0	0
25 Nov.	6	6	2	4	2	2	2	2
25 Dec.	6	8	6	20	2	2	2	2
25 Jan. 1982	6	8	6	22	2	2	2	2
25 Feb.	6	8	6	22	2	2	2	2
25 Mar.	6	8	8	26	2	2	4	2
25 Apr.	8	10	10	30	2	2	4	4
25 Jun.	—	—	—	—	70	8	10	14
25 Aug.	—	—	—	—	100	15	15	17

無處理區는 7.3%, 照射區는 4.1~4.4%의 重量減少를 보여 Irish cobbler 品種보다 重量 減少率이 낮았다.

Mazon⁽⁶⁾ 및 Parks⁽²⁶⁾에 의하면 發芽는 9~12 Krad에서 抑制되었고, 6個月 貯藏後의 重量減少는 對照區가 30%인데 비하여 照射區는 10~15%였다. 貯藏中 감자의 重量減少는 溫度와 相對濕度の 影響이 큰 것으로 알려져 있으나⁽²⁷⁾ 일단 發芽하게 되면 旺盛한 生長에 따른 呼吸消耗의 影響도 크므로 放射線 照射로 發芽를 抑制하고 適當한 溫度와 相對濕度만 유지하면 重量減少는 問題가 되지 않을 것으로 본다.

本 實驗에서 利用한 自然低溫 貯藏庫는 年中 2~15°C의 低溫을 9個月間 유지할 수 있었고, 相對濕度를 80~90%로 유지 하였기 때문에 脫水에 의한 收縮現狀이 적었다.

貯藏감자의 商品價値로서 매우 重要한 外觀은 Irish cobbler의 경우 無處理區는 10個月間 貯藏後에 100%가 收縮되어 商品價値가 전혀 없었으나 10 Krad에서는 4% 15 Krad에서는 2% 정도로 收縮이 현저히 減少되었으며, 適正線量보다 높은 20 Krad에서는 放射線障害로 다소 높은 20%의 收縮을 보였다. 그러나 Shimabara 品

Table. 5 Changes in fresh weight loss of irradiated potatoes during storage (Unit : %)

Dose (Krad)	Local variety							
	Late(Irish cobbler)				Autumn(Shimabara)			
	Control	10	15	20	Control	10	15	20
25 Aug. 1981	0	0	0	0	—	—	—	—
25 Sept.	1.6	1.4	1.3	1.0	0	0	0	0
25 Oct.	1.9	1.7	1.5	1.1	1.3	1.6	1.8	1.6
25 Nov.	2.6	2.3	2.5	2.8	2.1	2.3	2.6	2.3
25 Dec.	3.9	3.1	2.6	4.1	2.2	2.6	2.9	2.7
25 Jan. 1982	5.0	3.8	3.1	5.0	2.3	3.1	3.4	3.2
25 Feb.	6.2	4.0	3.9	5.8	3.0	3.4	3.6	3.5
25 Mar.	7.8	4.7	5.3	6.2	3.8	3.7	4.0	4.0
25 Apr.	11.5	5.1	5.6	6.9	7.3	4.1	4.2	4.4
25 Jun.	—	—	—	—	12.6	6.2	6.1	6.4
25 Aug.	—	—	—	—	—	7.3	7.4	7.7

種에서는 貯藏 8個月에 無處理區는 100% 發芽하였으나 그 伸長이 약하여 다소 萎縮현상을 보였고, 照射區에서는 100%의 商品價値를 보며 貯藏性에 있어서 品種間에 뚜렷한 差異를 나타냈으며, 生理的으로나 時期的으로 早生種보다는 中晚生種 혹은 가을감자가 貯藏에 유리하다고 생각된다. 한편 감자의 內部肉質은 두 品種 모두 9個月 貯藏後의 適正線量인 15 Krad까지는 아무런 變化가 없었으나 20 Krad 線量에서는 內部肉質 특히 삭눈주위가 엷은 초갈색으로 변하였는데 이것은 삭눈 주위에 分化되어 있는 어린 細胞가 放射線障害를 입은 것으로 생각된다.

化學成分의 變化

水分: 감자의 貯藏中 水分含量의 變化는 Table 6와 같다. 水分含量은 照射直後에 無處理區에 비해 照射區가 線量에 따라 약간의 增加를 보였으나 큰차이 없이 72~82%였으며, 이는 3~25 Krad를 照射한 감자는 貯藏中 어느 線量에서도 水分含量에 큰 變化가 없다는 Pahissa 等⁽²⁸⁾ 및 Takai 等⁽²⁹⁾의 보고와 같다.

全糖: 감자의 全糖變化는 Table 7와 같다. 照射直後에는 두 品種이 다같이 照射區가 無處理區에 비해 線량이 높아짐에 따라 다소 減少하는 경향을 보였으며, 貯藏期間이 경과함에 따라 Irish cobbler 品種에서는 對照區에서 현저히 減少하는 경향이 었으나 照射區에서는 別變化가 없었고, Shimabara 品種에서는 對照區와

Table. 6 Changes in moisture of potatoes during storage (Unit : %)

Dose(Krad)	Local variety							
	Late(Irish cobbler)				Autumn(Shimabara)			
	Control	10	15	20	Control	10	15	20
28 Jul. 1981	79.92	79.95	80.64	82.16	—	—	—	—
28 Aug.	78.89	78.23	78.12	80.52	—	—	—	—
28 Sep.	79.29	80.35	77.47	79.91	78.72	79.10	79.62	79.83
28 Oct.	79.94	77.98	78.35	79.11	80.50	81.62	79.54	80.51
28 Nov.	79.63	79.16	79.67	80.07	77.87	78.74	80.57	83.16
28 Dec.	78.68	77.19	78.03	79.07	80.64	80.59	81.99	77.57
28 Jan. 1982	79.00	78.54	78.51	81.75	78.75	79.11	80.74	80.25
28 Feb.	79.65	79.22	98.97	81.99	80.35	80.45	82.76	81.52
28 Mar.	81.29	76.83	79.36	81.05	79.70	82.66	82.45	79.70
28 Apr.	82.48	82.66	82.06	84.27	80.85	78.27	78.49	79.09
28 Jun.	—	—	—	—	83.23	79.91	79.89	80.01
28 Aug.	—	—	—	—	—	80.88	80.96	81.36

Table. 7 Changes in total sugar potatoes during storage

(Unit : %)

Invest. time	Dose(Krad)		Local variety						
	Control	Late(Irish cobbler)				Autumn(Shimabara)			
		10	15	20	Control	10	15	20	
29 Jul. 1981	17.79	16.42	16.42	15.47	—	—	—	—	
29 Aug.	13.63	15.26	15.34	14.08	—	—	—	—	
29 Sep.	16.51	15.93	17.53	16.01	18.67	17.25	14.41	16.54	
29 Oct.	15.99	17.63	17.33	16.89	14.36	14.28	16.29	14.51	
29 Nov.	16.28	17.02	16.35	15.24	18.30	18.15	16.66	13.54	
29 Dec.	18.05	18.98	18.80	18.12	13.91	13.69	13.36	15.79	
29 Jan. 1982	15.77	16.19	16.94	14.07	16.29	16.52	14.83	14.45	
28 Feb.	15.04	15.57	16.36	14.11	15.34	15.42	13.33	14.27	
29 Mar.	13.11	14.55	15.00	12.69	13.41	11.63	10.27	13.19	
29 Apr.	13.87	16.21	16.88	15.31	11.16	13.13	12.99	10.94	
29 Jun.	—	—	—	—	10.98	13.04	12.89	12.04	
29 Aug.	—	—	—	—	—	12.73	13.06	13.17	

照射區에서 다같이 약간씩 減少하는 경향이였다.

貯藏中 감자의 全糖變化는 放射線 照射보다는 貯藏 期間 및 貯藏溫度가 감자의 全糖에 더 큰 영향을 주며 (26), Baraldi 等(18)은 10 Krad 照射後 10°C, 85~90%의 相對濕度에서 1~8個月間 貯藏하였을때 全糖은 현저한 差異를 보이지 않았다고 하였으며, 또한 Eisenberg 等 (30)도 10 Krad 照射後 14°C에서 6個月間 貯藏한 것이 같은 期間에 放射線을 照射하지 않고 45°C와 冷蔵溫度에서 貯藏한 것보다 全糖이 10~25% 많았다고 한다. 放射線照射가 多糖類에 미치는 영향에 대하여 많은 研究가 되었다. 即, 20 Mrad 以下の 線量으로 照射한 옥수수澱粉(31~33)과 감자澱粉(32,34)의 顯微鏡 관찰에서는 構造에 거의 變化가 認定되지 않았다. X線 回折像에 의한 澱粉의 결정구조는 15 Mrad 以上에서는 損傷을 받는 것이 알려져 있으나(35~38) 이 경우에 들은 保護效果를 나타낸다고 한다(37).

2 Mrad를 照射하므로써 amylose의 平均 重合度는 1,700에서 350으로 떨어져 amylopectin의 鎖長은 平均 15glucose 單位 以下이며, 감자 amylose의 粘度和 重合度에 미치는 照射의 영향에서 對照區의 固有粘度($g^{-1} \times ml$)가 230인데 대하여 50 Krad를 照射 하였을때는 220 이었다고 한다(34). 또한 2% 옥수수 澱粉溶液의 相對粘度에서 對照區가 54.1이며, 100 Krad 照射하였을때 41.7, 140°C, 30分 熱處理가 30.7로서 照射는 熱處理보다 현저히 粘度의 低下가 적다(39).

放射線量的 增大에 따라 일어나는 澱粉의 amylose 鎖長의 減少를 檢出하는 다른 方法으로써 沃素親和性 測定에 의한 結果에 따르면(40) 對照區의 沃素親和性 (100mg 澱粉當 補足되는 沃素의 mg數)은 4.5이고, 100

Krad 照射하였을때가 4.3이었다.

本 實驗에서 照射한 最高線量은 20 Krad이고 適正線量은 10~15 Krad였으므로 放射線 照射에 의한 감자澱粉의 變化는 거의 없다고 생각된다. 따라서 全糖含量은 貯藏期間 및 溫度의 영향을 받게되므로 照射감자 貯藏後 利用目的에 따라서 貯藏條件을 달리하는 것이 바람직하다.

遊離糖: 감자의 遊離糖變化는 Table 8과 같다. 照射 直後에 Irish cobbler 品種은 無處理區에 비해 10 Krad에서 113%, 15 Krad에서 119%, 20Krad에서 188%가 增加하였으며, Shimabara 品種에서는 無處理區에 비해 10 Krad에서 213%, 15 Krad에서 463%, 20 Krad에서 513%나 增加하였다. 그러나 貯藏期間이 經過함에 따라 두 品種이 다같이 無處理區나 照射區에서 增加하나 特別 無處理區에서는 遊離糖의 현저한 增加를 보였다. 無處理區에서 遊離糖이 增加한 것은 감자의 休眠期間이 끝나면서 發芽와 더불어 amylose의 활성이 높아져 炭水化合物分解가 促進됨에 따라 遊離糖 含量이 많아지고, 澱粉含量이 減少되는 것으로 생각된다. Becker 等 (41)은 照射後 初期에 線量的 增加에 따라 遊離糖이 增加하는 것은 감자線을 10 Krad 照射한 감자에서 sucrose-synthetase activity가 增加하여 Maritha種 (385%)과 Bintje種(340%)에서 가장 큰 增加가 觀察되었으며, 이는 確實히 酵素活性의 增大에 起因하는 것이고, 酵素를 不活性化한 후에는 sucrose의 增加가 없었다고 한다.

本 實驗의 結果는 4 Krad 및 16 Krad 照射에서 sucrose와 glucose가 增加하였으나 5°C에서 數個月間 貯藏後에는 이와 같은 變化가 없어졌다는 研究結果와(42) 감자를

Table. 8 Changes in free sugar of potatoes during storage

(Unit : %)

Invest. time	Dose(Krad)	Local variety							
		Late(Irish cobbler)			Autumn(Shimabara)				
		Control	10	15	20	Control	10	15	20
29 Jul. 1981		0.16	0.18	0.19	0.30	—	—	—	—
29 Aug.		0.28	0.17	0.13	0.25	—	—	—	—
29 Sep.		0.18	0.18	0.14	0.11	0.08	0.17	0.37	0.41
29 Oct.		0.22	0.11	0.15	0.11	0.43	0.37	0.30	0.26
29 Nov.		0.26	0.24	0.45	0.63	0.22	0.15	0.19	0.37
29 Dec.		0.64	0.41	0.23	0.13	0.53	0.41	0.34	0.53
29 Jan. 1982		1.27	0.61	1.13	1.21	0.32	0.42	0.51	0.39
28 Feb.		1.21	0.71	1.15	1.15	0.71	0.52	0.69	0.60
29 Mar.		1.69	1.09	0.97	0.99	0.87	0.70	0.76	0.65
29 Apr.		1.28	0.88	0.71	0.77	0.98	0.55	0.70	0.62
29 Jun.		—	—	—	—	1.03	0.52	0.62	0.50
29 Aug.		—	—	—	—	—	0.48	0.46	0.57

7.9~14 Krad 照射하고 68°F에서 9個月間 貯藏하였을때 照射한 감자는 初期에 遊離糖이 增加하나 4~5個月間 42°F에서 貯藏하였을때 그 差異가 없어졌다는 結果⁽⁴³⁾ 와 비슷하다.

糖의 還元力에 미치는 照射 및 加熱의 영향⁽⁴⁴⁾에 대한 研究結果는 glucose의 경우 還元性物質(mg當 0.005 N 銅溶液의 ml數)이 8.0이고, 5 Mrad 照射에서 7.5, 100°C, 10時間 加熱에서 7.9이므로 照射는 加熱의 경우보다 적다고 한다. 따라서 適正線量 照射에서 糖의 還元力에 미치는 影響은 問題되지 않는다고 생각된다. 감자의 遊離糖含量은 貯藏期間 및 溫度가 큰 影響을 주며, 調理 및 chipping test에 있어서는 감자의 遊離

糖 含量이 重要하므로 放射線 照射後 감자의 貯藏條件은 감자의 利用目的에 따라서 調節되어야 한다.

Ascorbic acid: 貯藏中 감자의 ascorbic acid의 變化는 Table 9와 같으며, 照射直後 Irish cobbler 品種은 無處理區나 照射區가 거의 變化가 없었으나 Shimabara 品種에서는 無處理區에 비해 照射區는 線量이 增加함에 따라 현저한 減少를 보여 15 Krad에서는 無處理區의 38.8%가 減少하였다. 貯藏中의 變化는 다 같이 減少하는 傾向이었으며, 貯藏末期에는 Irish cobbler 品種은 無處理區가 71%, 15 Krad 照射區가 75%의 減少를 나타냈고, Shimabara 品種도 無處理區는 66%, 15 Krad 照射區는 75%의 減少현상을 나타냈다.

Table. 9 Changes in vitamin C content of potatoes during storage

(Unit : mg%)

Invest. time	Dose(Krad)	Local variety							
		Late(Irish cobbler)			Autumn(Shimabara)				
		Control	10	15	20	Control	10	15	20
29 Jul. 1981		15.87	15.59	15.71	15.43	—	—	—	—
29 Aug.		16.43	14.00	16.29	13.28	—	—	—	—
29 Sep.		12.11	10.40	9.57	10.23	27.57	26.83	21.14	16.86
28 Oct.		11.23	10.57	11.23	10.71	27.09	19.26	19.77	17.71
28 Nov.		11.40	10.47	10.29	10.18	10.86	9.71	9.43	8.29
28 Dec.		11.71	9.29	9.00	10.17	23.66	14.71	11.86	12.00
28 Jan. 1982		12.86	11.71	9.00	9.71	19.03	8.60	9.14	7.89
28 Feb.		6.14	4.91	5.31	3.86	11.66	8.34	8.14	7.37
28 Mar.		5.73	4.32	5.46	3.98	9.08	10.24	11.30	9.96
28 Apr.		4.57	3.94	3.43	3.37	9.37	7.09	6.86	6.71
28 Jun.		—	—	—	—	8.01	6.96	6.72	6.60
28 Aug.		—	—	—	—	—	6.01	5.90	5.87

ascorbic acid는 酸化나 熱處理와 같이 放射線 處理에도 높은 感受性을 나타낸다. 食品의 基本的 構成成分에 대한 伽馬線 照射의 影響을 고찰할때 어느 一群의 基本成分과 他의 成分과의 相互作用을 고려하지 않으면 안된다. (예를 들면 炭水化合物 由來의 二次 radical에 의한 維生素의 影響, 維生素由來의 二次 radical에 의한 蛋白質의 影響等)

ascorbic acid 含量에 미치는 伽馬線 照射의 影響은 여러 食品에 대하여 研究되었다⁽⁴⁵⁾. 照射에 의해서 ascorbic acid 含量이 變化되지 않는 경우도 있으며, (주로 바나나에 있어서) 반대로 增加하는 경우도 報告되어 있다. 이와 같은 事實은 ascorbic acid의 生合成이 增加하였다는 것이 아니라 照射에 의하여 抽出이 쉽게 되었기 때문이라고 본다. 照射에 의한 ascorbic acid의 減少는 영양상 직접影響을 줄 정도는 아니라고 생각되며, 살아있는 植物組織의 ascorbic acid 含量에 變動을 주는 것은 放射線 照射가 代謝에 影響을 준 結果 ascorbic acid 含量이 增減된 것이며, 植物에 있어서 ascorbic acid 含量의 變化는 보통 代謝變動의 結果로써 直接 放射線에 基因하는 化學變化的 結果는 아니라고 생각된다.

Salkova⁽⁴⁶⁾는 두 品種의 감자를 5, 10, 15, 20 Krad 照射하였을때 各 區에서 ascorbic acid가 減少하였으며, 10 Krad 照射하였을때 無處理區의 3/4이었던 것이 4個月 貯藏後에는 모든 區에서 減少하였다고 하며, Sereno等⁽⁴⁷⁾은 15 Krad 照射하여 80~85%의 相對濕도와 60°F에서 一年間 貯藏 하였을때 ascorbic acid는 減少하다가 一年後에는 初期의 含量에 가까워졌다고 한다. 또한 Kirker等⁽⁴⁸⁾은 감자를 5, 10, 50, 100 Krad 照射하고 70°C 및 21°C, 相對濕度 80~90%에서 貯藏 하였을때 貯藏溫度는 ascorbic acid 含量에 큰 影響을 주지 않았으며, ascorbic acid의 減少는 線量の 增加에 따라 컸다고 한다. 이와 같은 報告는 本 實驗의 結果와 大體로 一致한다.

要 約

伽馬線 照射와 自然低溫에 의한 감자의 商業的 貯藏法 開發을 目標로 Irish cobbler와 Shimabara 두 品種에 適正線量을 照射하고 Batch scale로 自然低溫 貯藏庫(450×650×250cm; 年中 溫度變化, 2~17°C; R.H. 70~85%)에 貯藏하면서 理化學的 變化實驗을 하여 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 放射線을 照射하지 않은 Irish cobbler 및 Shimabara 品種은 3個月 貯藏後에 100% 發芽하였으나 15 Krad 照射區에서 Irish cobbler는 9個月間, Shimabara

는 12個月間 發芽하지 않았다.

2. 腐敗率은 Irish cobbler에서 9個月間 貯藏後에 control이 8%, 10~15 Krad 照射區에서 10%, 重量減少는 control이 11.5%, 照射區가 5.1~5.6%였으며, Shimabara는 11個月間 貯藏後에 腐敗率은 control이 100%, 照射區가 15%, 重量減少는 control이 12.6%(11個月貯藏), 照射區가 6.1~6.4%였다.

3. 水分含量 變化는 9~12個月 貯藏中에 두 品種이 다 같이 큰 變化없이 72~82%였다.

4. 全糖 및 ascorbic acid는 線量이 增加하고 貯藏期間이 經過함에 따라서 약간씩 減少하는 傾向이고, 遊離糖은 反對로 增加하였다.

5. Irish cobbler는 9個月 貯藏後에 90%가 Shimabara는 12個月 貯藏後에 85%가 商品的 價値가 있었다.

文 獻

1. 農林統計年報(1976~1981)
2. 韓國日報 8面, 1982年 2月 25日字
3. Khan, I. and Wahid, M.: *Food Preservation by Irradiation*, IAEA-SM-221/48, 1, 63(1978)
4. Thomas, P. Srirangarajan, A.N. and Padwal-Desal, S.R.: *Food Preservation by Irradiation*, IAEA-SM-221/25, 1, 71(1978)
5. Lewis, N.F. and Mathur, P.B.: *International J. of Applied Radiation and Isotope*, 14, 447(1963)
6. Pattold, C. and Weiss, A.H.M.: *Botan.*, 31, 93 (1957) [*C.A.* 53, 8470h(1973)]
7. Sandret, F.: *Nucl. Sci. Abstr.*, 27, 12265(1973).
8. Mazon, M., Maria, P. and Fernandez, G.: *J. Junta Energ. Nucl. J.E.N.*, 354, 51(1976) [*C.A.* 88, 168584j (1978)]
9. Gruone-wald, T.: *Nucl. Sci. Abstr.*, 26, 22943(1972)
10. Khan, I.: *Assoc. Potato Res.*, 6, 225(1975)
11. Vurela, G. and Urbano, G.: *Atli. Simp. Int. Agro-rochin.*, 8, 563(1971) [*C.A.* 77, 32864r(1972)]
12. Takai, V., Okada, S. and Iwao, H.: *Nucl. Sci. Abstr.* 27, 17497(1973)
13. Shalinova, R.T., Maltseva, N.P., Repnina, E.G. and Derid, T.F.: *Konservm. Ovoshchesushiln, Prom.*, 21, 28(1966) [*C.A.* 65, 12538a (1966)]
14. 金成器, 朴魯豊: 韓國食品科學會誌, 7, 159(1975)
15. 朴魯豊, 金妍植, 崔彥浩: 原子力研究論文集, 7, 7 (1968)
16. Final Report of the Co-ordinated Research Prog-

- ramme by the Joint FAO/IAEA Division, *Wholesomeness of the Process of Food Irradiation*, IAEA-TECDOC-256(1981)
17. Kohara: *Handbook of Food Analysis*, Kenpakusha, Japan, p.303(1977)
 18. Baraldi, P. and Guerrieri, G.: *Miucoio. Concetta Ind. Conserve.*, **46**, 269(1971)
 19. Sekhavat, A. Zare, Z. and Kudva, M.G.: *Food Preservation by Irradiation*, IAEA-SM-221/29 1, 83(1978)
 20. Roushdy, H.M. and Mahmoud, A.A.: *Radiation Preservation of Food*, IAEA, Vienna, p.105(1973)
 21. Kirchmann, M.P., Demalsy, P., Relerbourg, J. and Nys, L.: *Centre Etude Energy Nucl. BLG.*, **126**, 33(1962)
 22. 梅田圭司: *澱粉科學*, **24**, 19(1977)
 23. Duncan, D.T.: *Food Technol.*, **13**, 159(1959)
 24. Nair, P.M.: *Radiation Preservation of Food*(Proc. Symp., Bombay, 1972), IAEA, Vienna, p.83(1973)
 25. Ahmeol, E.S.: *Egypt, J. Hortic.*, **2**, 187(1975)
 26. Parks, N.M., MacQuee, K.F. and Cloutier, J.A.R.: *Advan. Hort. Sci. Appl.* (Proc. Intern. Hort. Congr. 15th), **1**, 316(1961)[C.A.61, 4872d(1964)]
 27. VanDenBerg, L. and Lentz, C.P.: *J. Food. Sci.*, **38**, 227(1973)
 28. Pahissa, C.J., Hercovieh de pahissa, M.H., Gabarain, R.U.A. and Tramontini, C.: *Argent., Corn. Nac. Energ. At.*, CNEA-310, 16(1972).
 29. Takai, Y., Yawatori, K., Shimonura, H., Kuriyama, E. and Iwao, M.: 日本國立榮養研究所 研究報告, 79(1970) [C.A. 75, 84916n(1971)]
 30. Eisenberg, E.: *Confructa*, **16**, 288(1971)
 31. Geissler, G.Z. and Lebensmittelunters, U.: *Forsch.*, **125**, 452(1944)
 32. Williams, D., Schmidt, B., Wolfrom, M.L., Michelakis, A. and McCabe, L.: *J. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, **45**, 1744(1959)
 33. Tollier, M.T. and Guilbot. A.: *Die Stärke*, **22**, 296(1970)
 34. Greenwood, C.T. and Maekenzie, C.: *Die Stärke*, **15**, 444(1963)
 35. Mishina, A. and Nikuni, Z.: *Mem. Inst. Soi. Indust. Res. Osaka. Univ.*, **16**, 215(1959)
 36. Mishina, A. and Nikuni, Z.: *Nature*, **184**, 1867(1959)
 37. Charbonniere, R. and Guilbot, A.C.R.: *Acad. Sci. Ser. C.*, **262**, 545(1966)
 38. Keisuhe, H.: *Hirosaki Daigaku Nogakubu Gakujutsu Hokoku*, **14**, 7(1968)
 39. Kertesz, Z.I., Schulz, E.R., Fox, G. and Gibson, M.: *Food Res.*, **24**, 609(1959)
 40. Radly, J.A.: *Die Stärke*, **12**, 201(1960)
 41. Becker, *Mitt. Geb. Lebensmittelunters Hygo*, **70**, 153(1979)
 42. Jaarma, M.: *Arkiv. Kemi.*, **13**, 97(1958) [C.A. 53, 7324a(1959)]
 43. Clobtier, J.A.R.: *J. Food. Res.*, **24**, 659(1959)
 44. Liggett, R.W., Feazel, C.E. and Ellenberg, J.Y.: *J. Agr. Food. Chem.*, **7**, 277(1959)
 45. Elias, P.S. and Cohen, A.J.: 食品照射の化學, 學會出版センター發行, p.197(1981)
 46. Salkova, E.C.: *Doklady Akad. Nauk S.S.S.R.*, **144**, 757(1957) [C.A. 52, 11310h(1958)]
 47. Sereno, M.N.: *Maine Agr. Expt. Sta. Bullo.*, No. 563, 47(1957) [C.A. 52, 8413A(1958)]
 48. Kirker: *Ewa Bromatol. Chem. Toksykol.*, **5**, 131(1972) [C.A. 77, 9977 K(1972)]