

감자 收穫後 放射線 照射時期 및 照射線量이 그 貯藏性에 미치는 影響

趙漢玉, 邊明宇, 權重浩, 梁好淑

韓國에너지研究所 放射線農學研究室
(1982년 10월 15일 수리)

Effect of Irradiation Time after Harvesting and Irradiation Dose on its Storability of Potatoes

Han Ok Cho · Myung Woo Byun · Joong Ho Kwon and Sook Yang

Radiation Agricultural Division, Korea Advanced Energy Research Institute,
Seoul, Korea

(Received October 15, 1982)

Abstract

In order to determine the optimum condition for the long term storage of potatoes by irradiation combined with natural low temperature, the dose range and irradiation time after harvesting of two varieties were investigated.

Although optimum dose of potatoes and was different according to the variety 12.5krad seemed optimum until 15-30 day after harvesting and 15krad was for later than 45 day after harvesting.

The sooner the irradiation was efficient after harvesting.

Optimum dose irradiated group were better in change of sprouting, rotting, weightloss and shrivelling and was extended the storage period more than four months compared with control at natural low temperature storage room.

序 論

감자의 長期安全貯藏을 沮害하는 主要原因은 貯藏中の 發芽와 萎縮인데 감자는 수확후 일정 기간의 休眠이 지나면 80~90%가 發芽, 腐敗하여 營養的 商品的 價値를 상실하며, 供給不足으로 端境期의 價格이 收穫期의 價格보다 2~3배 폭등하는 현상이 매년 되풀이 되고 있다.

종래의 감자貯藏方法으로는 藥劑處理 및 人工低溫貯藏法이 產業적으로 利用되고 있으나 發芽抑制가 完全하지 못하며 藥劑成分의 殘留와 低溫維持를 위한 電力費가 크다. 그러나 低線량의 放射線을 照射하면 發芽와 萎縮을 抑制하는 效果가 뚜렷하여, 1958年 소련에서 처음으로 法的許可된 이래 1981年 現在 20個國에서 無條件 혹은 條件付 許可되고 있으며, 최초로 産業化 된것은 1973年 12月 日本 北

海島에 있는 Shihoro감자照射센터 (30萬Ci의 Co-60 γ ray)가 완공되어 照射된 감자가 加工 및 家庭用으로 東京都에 市販된 것으로서 端境期의 加工原料供給 및 都市物價 安定化에 기여한바 있다.¹⁻²⁾

감자의 發芽抑制를 위한 放射線處理 線량은 大體로 5~15Krad로 알려져 있으나³⁻⁷⁾ 수확후 照射時期나 品種에 따라 差異를 보이고 있다고 한다.⁸⁾ 따라서 本 研究은 우리나라에서 가장 많이 재배되고 있는 두 品種에 대하여 適正放射線 照射線量 및 適正照射時期를 究明하기 위해 放射線照射後 自然低溫 貯藏庫에 貯藏하면서 物理的 性質을 調査하였다.

材料 및 方法

1. 試 料

감자는 우리나라에서 가장 많이 재배되고 있는 導入品種으로 暖地春作된 Irish cobbler (경남 창녕

産, 80. 7. 1日 수확)과 秋作用 品種으로 장려되고 있는 高冷地 夏作된 Shimabara (전북 무주産, 80.7 20日 수확)을 200kg씩 구입하여 相對濕度 80~85% RH인 室温(23~25℃)에서 2週間 curing 시킨후 照射試料로 使用하였다.

2. 放射線 照射

curing시킨 試料를 수확일로 부터 15日, 30日, 45日 되는 時期에 韓國에너지 研究所 內의 線源 10,000 Ci의 Co-60 γ 線으로 線源으로부터 거리를 달리 하고 時間을 같게 하여 5, 7.5, 10, 12.5, 15krad의 線量이 되도록 照射하였다.

3. 試料의 貯藏

試料는 나무상자에 各各 20~30kg씩 넣어 自然低溫 貯藏庫(음식 貯藏庫 450×650×250cmH)에 貯藏하였다. 이 自然低溫 貯藏庫의 年中 溫度 變化는 Fig. 1과 같으며, 一年中 2~15℃의 自然저온을 9個月間 維持할 수 있고, 단지 3個月間은 15~20℃였으며, 이와 같은 溫度 變化는 같은 時期의 外部와의 10~15℃의 差가 있었다. 저장고의 천장에는 환풍기가 부착된 환기풍을 설치하여 필요에 따라 환기할 수 있게 하였으며, 바닥에는 加濕器를 設置하여 相對濕度 70~90%RH로 維持하였다.

4. 物理的 性質 調査(發芽, 腐敗, 重量變化, 外觀 및 肉質變化)

자연저온 저장고에 貯藏하면서 發芽率은 15日 간격으로 腐敗, 重量變化, 外觀 및 肉質檢査는 1個月 간격으로 調査하여 百分率로 표시 하였고, 萎縮現象은 商品價値로서 市場性 여부로 判定하였으며, 發芽

의 判定은 감자의 싹눈이 1mm以上 자란 것을 發芽로 보았으며, 肉質은 감자를 절단한 단면의 變色 정도를 육안으로 判定하였다.

結果 및 考察

γ -線 照射에 의한 감자의 貯藏을 위한 放射線 照射 適正線量 및 適正照射時期를 究明하기 위한 發芽, 腐敗, 重量, 外觀 및 肉質變化를 調査하였다.

1. 發芽率

放射線 照射時期 및 線量에 따른 감자의 發芽率은 Table 1. 2와 같다. 無處理區에서 Irish cobbler은 貯藏 3個月에, 그리고 Shimabara는 貯藏 4個月에 100%의 發芽를 보이는데 비해, 照射區에서는 照射時期가 빠르고 線量이 높을수록 發芽가 현저히 抑制되었다. 照射時期에 따른 發芽率을 보면 수확 후 15日에 照射한 감자는 수확후 30日에 照射한 것보다 發芽率이 낮아서 Irish cobbler의 경우 貯藏 4個月에 15krad 照射區에서 수확후 15日에 照射한 감자는 전혀 發芽하지 않았으나 수확후 30日에 照射한 것은 7%, 수확후 45日에 照射한 것은 27%의 發芽率을 보였다.

이러한 結果는 감자를 수확후 休眠期間中 加급적 빨리 放射線을 照射하는 것이 發芽抑制效果가 높음을 뜻한다. Roushdy등⁹⁾도 수확직후에 14krad 照射한 감자는 저장 5개월후에도 전혀 發芽하지 않았으나 수확후 3個月에 14krad 照射한 감자는 같은 貯藏期間동안 47%가 發芽 되었음을 보고하였다. 또

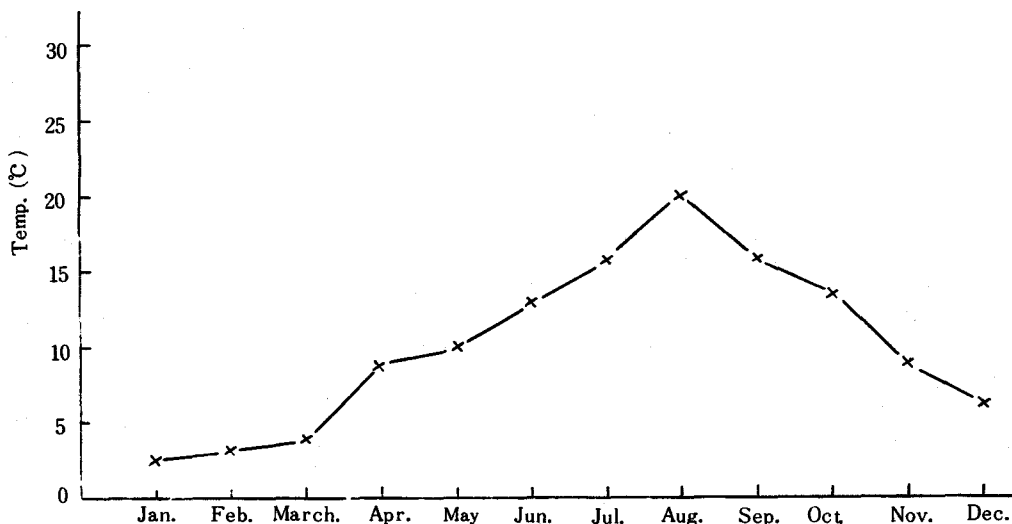


Fig. 1 The temperature change of year round at natural low temperature storage house.

Table 1. Effect of irradiation time after harvest and irradiation dose on sprouting of potato tubers. (variety:Shimabara)

Irradiation time (days after harvest)	Irradiation dose (krad)	Storage period (days)																		
		30		45		60		75		90		105		120		135		150		
		(Aug. 20)	(Sept. 5)	(Sept. 20)	(Oct. 5)	(Oct. 20)	(Nov. 5)	(Nov. 20)	(Dec. 5)	(Dec. 20)	(Aug. 20)	(Sept. 5)	(Sept. 20)	(Oct. 5)	(Oct. 20)	(Nov. 5)	(Nov. 20)	(Dec. 5)	(Dec. 20)	
S** L**		S L		S L		S L		S L		S L		S L		S L		S L		S L		
Control		7 0.3	10 1.0	50 1.5	90 2.0	100 4.0	100 6.0	100 7.0	100 13.0	100 15.0										
15	5.0	7 0.2	10 0.2	10 0.3	40 0.4	70 1.0	77 4.0	80 5.0	80 6.0	90 7.0										
	7.5	7 0.2	10 0.2	10 0.4	40 0.4	67 1.0	37 4.0	77 5.0	77 5.0	77 5.0										
	10.0	0 0	0 0	0 0	13 0.3	43 0.5	47 1.0	47 2.0	47 2.0	47 2.0										
	12.5	0 0	0 0	0 0	3 0.2	3 0.2	3 0.2	3 0.2	3 0.2	3 0										
	15.0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0										
30	5.0	7 0.2	13 1.0	13 1.3	33 0.4	63 1.5	90 2.0	90 2.5	93 5.0	93 6.0										
	7.5	7 0.2	7 0.2	7 0.2	13 0.3	53 0.5	57 0.2	57 0.5	57 3.0	57 4.0										
	10.0	0 0	10 0.2	10 0.3	13 0.3	27 0.3	27 0.3	30 0.5	30 2.0	30 2.0										
	12.5	0 0	0 0	0 0	0 0	16 0.2	16 0.2	16 0.2	20 0.2	20 0.2										
	15.0	0 0	0 0	0 0	0 0	3 0.1	7 0.1	7 0.2	7 0.2	7 0.2										
45	5.0	0 0	7 0	13 1.2	47 0.3	57 1.2	93 2.0	93 2.5	97 4.0	97 4.5										
	7.5	0 0	0 0	7 0.3	37 0.3	50 1.0	53 1.5	53 1.5	57 4.0	57 4.0										
	10.0	0 0	0 0	10 0.2	37 0.2	40 0.2	43 0.4	43 0.4	43 3.0	43 3.5										
	12.5	0 0	0 0	10 0.2	33 0.2	40 0.2	43 0.4	47 0.5	47 2.0	47 2.0										
	15.0	0 0	0 0	10 0.2	10 0.2	23 0.2	23 0.2	27 0.3	27 0.3	27 0.4										

* S: sprouted tuber (%)

** L: average length of sprout (cm)

Table 2. Effect of irradiation time after harvest and irradiation dose on sprouting of potato tubers. (variety:Warba)

Irradiation time (days after harvest)	Irradiation dose (krad)	Storage period (days)													
		30		60		75		90		105		120		150	
		(Sept. 5)	(Oct. 5)	(Oct. 20)	(Nov. 5)	(Nov. 20)	(Dec. 5)	(Dec. 20)	(Sept. 5)	(Oct. 5)	(Oct. 20)	(Nov. 5)	(Nov. 20)	(Dec. 5)	(Dec. 20)
S* L**		S L		S L		S L		S L		S L		S L			
Control		0 0	0 0	13 0.2	37 0.2	87 0.2	100 0.4	100 0.5							
15	5.0	0 0	0 0	3 0.1	20 0.1	73 0.1	83 0.2	83 0.2							
	7.5	0 0	0 0	0 0	23 0.1	23 0.1	37 0.2	37 0.2							
	10.0	0 0	0 0	0 0	16 0.1	20 0.1	30 0.1	30 0.1							
	12.5	0 0	0 0	0 0	7 0.1	7 0.1	10 0.1	10 0.1							
	15.0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	3 0.1	3 0.1							
30	5.0	0 0	0 0	0 0	47 0.1	80 0.1	83 0.1	83 0.2							
	7.5	0 0	0 0	0 0	33 0.1	33 0.1	40 0.1	40 0.2							
	10.0	0 0	0 0	0 0	20 0.1	23 0.1	33 0.1	33 0.1							
	12.5	0 0	0 0	0 0	7 0.1	7 0.1	10 0.1	13 0.1							
	15.0	0 0	0 0	0 0	0 0	3 0.1	3 0.1	3 0.1							
45	5.0	0 0	0 0	0 0	43 0.1	87 0.1	87 0.1	93 0.2							
	7.5	0 0	0 0	0 0	43 0.1	50 0.1	53 0.1	53 0.2							
	10.0	0 0	0 0	0 0	30 0.1	33 0.1	43 0.1	43 0.1							
	12.5	0 0	0 0	0 0	10 0.1	10 0.1	17 0.1	17 0.1							
	15.0	0 0	0 0	0 0	7 0.1	7 0.1	10 0.1	10 0.1							

* S: sprouting (%)

** L: average length of sprout (cm)

照射線量에 따른 發芽率을 보면 두 品種 모두 線量이 높을수록 發芽抑制效果가 현저하였고, 貯藏初期에 10krad 以下の 低線量 照射區에서 發芽率이 높은것은 放射線照射에 의한 일시적 發芽促進 現象으로 보여진다.

本 實驗의 結果는 10krad를 照射하여 14~16℃, 60~70%R.H에서 貯藏할때 發芽가 완전히 抑制되었다는 Khan⁹⁾의 보고와 10Krad를 照射하면 貯藏溫度와 관계없이 發芽가 抑制되었다는 Thomas⁵⁾의 報告 및 11.7Krad 照射로 10~11個月間 완전한 發芽抑制가 가능하였다는 Baraldi⁶⁾ 예나, 12~15 krad 照射로 貯藏 9個月까지 發芽, 腐敗, 萎縮이 크게 감소되었다는 Sekhavat⁷⁾의 結果와 適正線量이 비슷하였으며, 品種에 따라 發芽抑制線量の 差異가 있다는 Kirchman⁸⁾의 報告와 대체로 一致하였다.

以上の 結果로 볼때 감자의 發芽抑制를 위한 適正 放射線 照射時期 및 線量은 수확후 30日 以内에는 12krad 전후, 수확후 30~45日에 照射할때는 15 krad 정도가 적당하다고 생각된다.

2. 腐敗率

貯藏期間中 감자의 腐敗率은 Table3.4와 같다.

Irish cobbler에서 無處理區의 腐敗率이 貯藏 5個月 후에 17%였고, 照射區에서는 線量間에 뚜렷한 차이없이 7~27%의 腐敗率을 나타냈으며, Shimabara에서도 貯藏 4個月에 무처리구 7%, 照射區 3~10%를 보여 照射線量間이나 照射時期에 腐敗率의

뚜렷한 差異가 없었다. 그러나 品種間에 있어서 Irish cobbler은 평균 17~20% 였으나 Shimabara의 경우 7% 以下로 낮은 腐敗率을 보여 品種間的 差異를 보였다. 以上の 結果는 5~15Krad로 照射된 감자의 貯藏中 腐敗率의 차이는 없거나 극히 근소하다는 Duncan¹⁰⁾, Hooker 및 Duncan¹¹⁾의 報告와 비슷하다. 本 實驗에 나타난 腐敗의 主 原因은 細菌에 의한 soft rot(軟腐病)으로 病原菌은 *Erwinia sp.*로 보여진다. 貯藏中 감자의 腐敗는 放射線 影響 보다도 주로 貯藏溫度의 影響이 큰데 Nair¹²⁾이 밝힌 바에 의하면 貯藏溫度 15℃에서 4~14% 20℃에서는 17~18%, 28~32℃에서는 55~61%의 腐敗率을 나타냈으며, 品種間的 差도 있었다고 한다.

以上の 結果로 볼때 加급적 貯藏性이 높은 品種을 대상으로 健全한 것만 選別하여 適正照射線量을 照射하고 低溫을 유지하는 것이 腐敗를 감소시킬 수 있는데 人工低溫 貯藏에서는 貯藏費의 50%이상 이 電力費임을 감안해서 適正線量을 照射하고 自然低溫 貯藏庫에 貯藏하는 것이 가장 經濟的이며, 安 全한 貯藏法이라 생각된다.

3. 重量變化

감자는 穀物類와는 달리 多肉質이므로 貯藏條件이 乾燥하면 감자가 水分을 잃고 주물어들어 商品價値를 상실하는 동시에 腐敗의 原因이 되기도 한다. 收縮을 防止하기 위해 溫度가 높을때 濕度를 높혀주면 細菌 및 곰팡이의 繁殖으로 腐敗가 증가

Table 3. Effect of irradiation time after harvest and irradiation dose on rotting of potato tubers. (variety: Shimabara)

Irradiation time (days after harvest)	Irradiation dose (Krad)	Storage period (days)				
		30 (Aug. 20)	60 (Sept. 20)	90 (Oct. 20)	120 (Nov. 20)	150 (Dec. 20)
15	Control	3	13	13	13	17
	5.0	0	0	10	13	20
	7.5	3	3	10	10	13
	10.0	3	10	13	20	20
	12.5	0	13	16	20	20
	15.0	0	7	13	23	27
30	5.0	3	10	10	10	10
	7.5	3	3	3	10	13
	10.0	3	7	7	13	23
	12.5	3	7	10	17	17
	15.0	3	17	17	23	27
	5.0	3	3	7	10	10
45	7.5	3	3	7	17	17
	10.0	3	7	13	20	23
	12.5	3	3	3	7	7
	15.0	3	3	10	13	23

Table 4. Effect of irradiation time after harvest and irradiation dose on rotting of potato tubers. (variety: Warba)

Irradiation time (days after harvest)	Irradiation dose (Krad)	Storage period (days)			
		30 (Sept. 5)	60 (Oct. 5)	90 (Nov. 5)	120 (Dec. 5)
Control	0	3	3	7	7
	5.0	0	0	3	3
	7.5	0	0	0	0
15	10.0	0	0	0	0
	12.5	0	0	7	7
	15.0	0	0	3	3
30	5.0	0	0	3	3
	7.5	0	0	3	3
	10.0	0	0	7	7
	12.5	0	0	0	0
	15.0	0	0	0	3
	5.0	0	0	3	7
45	7.5	0	0	0	0
	10.0	0	0	0	0
	12.5	0	0	7	10
	15.0	0	0	3	7

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

Irradiation dose (Krad)	Storage period (days)				
	30 (Aug. 20)	60 (Sept. 20)	90 (Oct. 20)	120 (Nov. 20)	150 (Dec. 20)
Control(0)	2.4	3.7	6.0	12.0	16.7
5.0	1.3	2.0	5.0	11.0	15.3
7.5	1.4	2.7	5.0	10.0	12.0
10.0	1.6	4.8	8.0	12.0	14.0
12.5	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0
15.0	2.2	4.0	6.0	8.0	10.0

Table 6. Changes in fresh weight loss (dehydration) of irradiated potatoes during storage (%). (variety: Warba)

Irradiation dose (Krad)	Storage period (days)			
	30 (Sept. 5)	60 (Oct. 5)	90 (Nov. 5)	120 (Dec. 5)
Control (0)	1.2	2.4	3.8	5.1
5.0	1.2	2.4	3.7	5.0
7.5	1.4	2.8	4.1	5.7
10.0	1.3	2.7	4.0	5.4
12.5	1.6	2.9	4.2	5.5
15.0	1.4	2.9	4.2	5.7

Table 7. Shrivelled potato tubers after five months storage.

(variety: Shimabara)

Irradiation time (days after harvest)	Irradiation dose (Krad)	Degrees of shrivelling (%)		
		Sound tubers	Slightly shrivelled tubers	Severe, deformed tubers
Control	0	0	0	100
	5.0	7	20	73
	7.5	23	30	47
	10.0	33	40	27
	12.5	63	30	7
15	15.0	73	20	7
	5.0	13	30	57
	7.5	30	40	30
	10.0	30	43	27
	12.5	67	20	13
30	15.0	67	23	10
	5.0	7	23	70
	7.5	24	43	33
	10.0	37	37	26
	12.5	43	40	17
45	15.0	60	27	13

Table 8. Shrivelled potato tubers after five months storage. (Variety: Warba)

Irradiation time (days after harvest)	Irradiation dose (Krad)	Degrees of shrivelling (%)		
		Sound tubers	Slightly shrivelled tubers	Severe, dtformed tubers
Control	0	87	13	0
	5.0	90	10	0
	7.5	90	10	0
	10.0	93	7	0
15	12.5	90	10	0
	15.0	90	10	0
	5.0	93	7	0
30	7.5	90	10	0
	10.0	93	7	0
	12.5	93	7	0
	15.0	90	10	0
45	5.0	90	10	0
	7.5	93	7	0
	10.0	93	7	0
	12.5	93	7	0
	15.0	93	7	0

하므로 貯藏이 어렵다. 本 實驗條件에서 貯藏中 감자의 重量變化는 Table 5, 6과 같다. 貯藏 5個月에 Irish cobbler의 경우 無處理區에서는 16.7%나 감소한데 반해 照射區에서는 10%의 重量감소를 보였다. Shimabara에서는 貯藏 4個月에 照射區 및 無處

理區에서 5.0~5.7%만의 重量감소를 보여 Irish cobbler보다 重量감소율이 현저히 낮아 品種間的 差異를 보였으며 貯藏中 감자의 重量이 감소되는 것은 주로 溫度와 相對濕度の 영향이 큰데,¹⁾ 일단 發芽을 하게되면 旺盛한 生長에 따른 呼吸消耗의 영

항도 크므로 放射線照射로 發芽를 抑制하고 적당한 溫度 및 濕도만 維持하면 重量減少는 貯藏中 큰 問題가 되지 않을 것으로 본다.

4. 外觀 및 肉質變化

貯藏감자의 商品價値로 중요한 外觀은 Table 7, 8과 같다. Irish cobbler에서는 貯藏 5個月만에 이미 100% 수축되어 전혀 商品價値가 상실 되었으나 5 krad에서는 60~70%가 수축되었고 15 krad에서는 7~13%의 수축을 보여 線량이 증가함에 따라 또한 수확후 放射線照射 時期가 빠를수록 감자의 수축은 현저히 감소하였다. 다소 위축현상을 보이거나 商品價値로서는 큰 손색이 없는 감자를 포함하여 전전한 감자는 수확후 15~30일에 12.5~15 krad를 照射할때 90%以上, 그리고 수확후 45일에 동일한 線량을 處理할때는 83~87%를 나타내었다.

Shimabara 품종에서는 저장 5개월 까지도 無處理區를 포함한 모든 試驗區에서 100%의 商品價値를 보여 이는 발아율 및 발아신장과 중량감소와도 관계가 있으나 品種間에 뚜렷한 차이를 나타내는 것으로 즉 生理的으로나 時期的으로 早生種보다 중만생종이 저장성이 높음을 의미 한다. 한편 감자의 内部 肉質變化는 Irish cobbler 品種에서는 照射後 貯藏 5個月 동안 아무 변화가 없었으나 Shimabara 品種에서는 貯藏 2個月 부터 15 krad區에서 싹눈 주위가 열은 흑갈색으로 변하였고, 12.5 krad에서도 다소 변화된 것을 보였다. 싹눈 주위가 변색되는 것은 분화되어 있는 어린세포가 放射線 障害를 입은 것으로 생각되며, 이는 品種別 放射線 감수성을 구체적으로 調査하여 適正線량을 선택하면 문제가 되지 않으리라 본다.

要 約

감자의 長期安全貯藏法 開發을 위하여 適正照射線量 및 適正照射時期를 究명한 結果는 아래와 같다.

(1) 品種間에 差異는 있으나 수확후 15~30日 사

이에 放射線을 照射할때는 12.5 krad의 線量이 적당하고, 수확후 45日 이후에 照射할때는 15 krad 정도의 照射가 必要하며, 가급적 수확후 休眠期間중 빨리 照射하는 것이 유리하다고 본다.

(2) 適正照射線量에서의 照射區는 無處理區에 비해 物理的性質이 優秀하였으며, 放射線照射後 自然低溫貯藏庫에 貯藏 함으로서 無處理區보다 貯藏期間을 4個月以上 연장시킬 수 있었다.

文 獻

1. 松山晃: 食品의 放射線 照射, 11(11), 34(1964)
2. 梅田圭可: 澱粉科學, 24(1), 19, 1977
3. Gustafson, F. G.; *Am. Potato J.*, 34, 177, (1957)
4. Khan, I. and Wahid, M., *Pro. Symp., (Wageningen)* 63(1978)
5. Beraldi, D.: *Proc. symp. (Wageningen)*, 155 (1978)
6. Thomas, P.: *Proc. symp. (Wageningen)*, 71(1978)
7. Sekhavat, S.: *Proc. Symp. (Wageningen)*, 83 (1978)
8. Krichmann, R.: *Centre Etude Energy Nucl. BLG.*, 126, 23(1962)
9. Roushdy, H. M.: *Radiation Preservation of Food (Proc. Symp., Bombay, 1972) IAEA, Vienna*, 347(1973)
10. Duncan, D. T.: *Food Technol.*, 13, 159. (1959)
11. Hooker, W. T., and Duncan, D. J.: *Am. Potato J.*, 36, 162(1959)
12. Nair, P. M.: *Radiation Preservation of Food (Proc. Symp., Bombay, 1972) IAEA Vienna*, 83(1973)
13. L. Berg & Lentz, C. P.: *J. Food Science*, 38, 81(1973)