

X-ray 照射에 의한 濟州産 감자 貯藏

金在河, 康勳*

Preservation of Cheju Potato by X-ray Irradiation

Jai Ha Kim, Hoon Kang

ABSTRACT

For extension of storage with Cheju grown potatoes, irradiations with doses of 5 Krad, 10 Krad and 15 Krad were applied and the differences of quality were compared between the irradiated and the unirradiated and also between doses.

Irradiation is not effective on the prevention of decaying. Irradiation of 5 Krad is too low compare with 10 Krad and 15 Krad and 10 Krad is more effective and energy saving than 15 Krad. Among same irradiation doses, outdoor storage showed better quality than those stored in enclosed space in the room.

序 論

감자는 양파, 마늘등과 더불어 가장 중요한 發芽食品중의 하나로서 연간 평균 생산량은 약 50만 톤이다(농림통계연보, 1990-92). 감자소비 추세는 70년대에는 대체로 감소하는 경향이던 것이 80년대에 들어와서는 전반적인 식생활 개선의 영향으로 차츰 증가하는 경향을 보이고 있어 이의 적절한 저장 방법의 개선은 중요한 문제라 할 수 있다.

감자를 장기 저장하는 방법은 종래에는 M·H (maleic hydrazide) 등의 약제를 처리하거나 인공적으로 저온저장하는 방법이 상업적으로 이용되어 왔다. (조동, 1982). 약제처리 방법은 인체에 미칠 영향등을 고려하여 근래에는 별로 사용되지 않고 있고 인공저온 저장법은 아직도 이용되고 있어 수확후 다음해 2월 상순까지 발아를 억제시켜 비교적 적은 손실로 출하할 수 있으나 2월 중순이후 4월까지는 발아와 더불어 부패 감량에 의한 손실이

공과대학교수

* 농과대학교수

크고 전력소비에 의한 경제성을 고려할 때 그다지 바람직스러운 저장법 이라고는 할 수 없다. 감자의 장기저장을 저해하는 요인은 발아와 收縮인데 감자는 수확후 일정기간의 휴면기가 지나면 80-90%가 발아하여 영양적 및 상품적 가치를 상실하며 또 한편 공급부족으로 端境期의 가격이 수확기보다 감절이상 폭등하는 현상이 매년 되풀이 되고있다(조동, 1983). 감자저장의 기본은 발아를 억제하여 신선도를 유지하는 것인데 발아억제 방법중 가장 효과적이고 경제적 방법은 放射線을 照射하는 것으로 放射線 照射에 대하여는 지금까지 많은 연구와 또한 안전성 및 영양분 손실등에 관한 논란이 있어왔다. 그러나 1984년도 까지만 해도 세계 27개국에서 43개 품목에 한하여 허용하던 것이 (Farkas, 1984) 90년 현재 전세계적으로 38개국에서 약 2백여 품목에 대해서 放射線 照射를 허용하고 있다(IAEA Newsletter, 1990). 우리나라에서도 87년에 감자, 마늘, 양파, 밤, 생버섯, 마른 버섯등 6종과 88년에 고추, 마늘, 파, 양파, 생강, 후추 등의 건조 향신료에 허용한 바가 있다(조선일보, 1989).

감자에 대한 放射線 照射는 食品照射 許容品 目중 가장 오래된 것으로서 이미 1954년도 부터 이에 대한 연구를 시작하였으며 1958년 최초로 소련에서 법적으로 허가되었다(Macqueen, 1964, 조, 1985). 실제로 食品照射를 허용하는 거의 모든 국가에서 감자에 대한 照射를 허용하고 있는데 허용선량은 15 Krad 이하이다(Rowley and Brynjolfsson, 1980). 감자에 방사선을 照射 시킴으로서 발아를 억제할 수 있는 원리는 방사선을 쪼임으로서 감자세포내 세포핵의 DNA활동에 충격을 가하여 싹이 나오는 것을 억제하지만 감자 자체는 신선도를 유지하고 호흡을 계속하는 것이며 照射한 감자의 영양소 함량에는 별 변화를 주지 않게 되는 것이다(일본과학기술청, 1990).

본 연구는 제주대학교 방사능 이용 연구소내에 있는 X-ray machine을 이용하여 제주산 감자에 대하여 저장을 위한 발아 억제에 가장 적절한 照射線量이 얼마인지를 알아보고 또한 실용화의 가능성 여부도 타진해 보기 위하여 수행하였다.

材料 및 方法

1. 試料

濟州道 北濟州郡 朝川産 가을감자(품종: 대지마)중 품질이 고르고 우수하며 중량이 25-50gram 정도의 소형인 것을 선택하여 시료로 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 내에 설치된 독일 Siemens社製의 치료용 X-ray machine을 사용하였는데 dosimetry control은 stabilipan을 이용하여(Roongtanakiat 등, 1986) 線原으로부터 試料까지의 거리를 일정하게 하고(16.3cm) 소요시간을 달리하여(10분당 약 2 Krad) 0 Krad, 5 Krad, 10 Krad, 15 Krad되게 照射하였다. 各 區에는 약 90개씩을 배치하고 그 중 各 區當 10개 씩에는 1에서 10까지의 개체번호를 부착하여 중량감소를 측정에 사용하였다. 저장은 실내저장(2°C-29°C)과 실외저장(2°C-29°C)으로 구분하고 control중 약 100개의 시료를 따로 떼어 저온저장(4°C-6°C)하면서 照射한 시료와 經時的 品質變化를 비교하였다. 저장은 92년 3월 부터 12월 까지 9개월간 실시하였는데 이 기간중의 상대습도는 약 60-90%였다.

3. 調査項目

1) 發芽率 및 重量減少率

저장기간중 저장소의 온도와 습도를 수시로

check하여 이의 변화를 보고 매월 따로 번호를 부착한 시료의 중량을 달아 그 변화를 調査하였으며 매 調査時 마다 부패유무, 건조유무 및 발아 상태등을 육안 검사하였다.

2) 化學成分 變化

(1) 전분 : Somogyi-Nelson 법(吉野 實, 1976)

(2) ascorbic acid : hydrazine 비색법(朱鉉圭 等, 1992)으로 측정하였다.

結果 및 考察

1. 發芽, 腐敗 및 기타 貯藏上의 문제점

감자, 양파, 마늘 등 발아식품의 저장상 가장 문제되는 것은 발아로 인한 품질저하와 이에 따른 판매가능성(marketability) 문제이다. 일반적으로 발아 이외의 문제점은 부패와 수분증발로 인하여 표

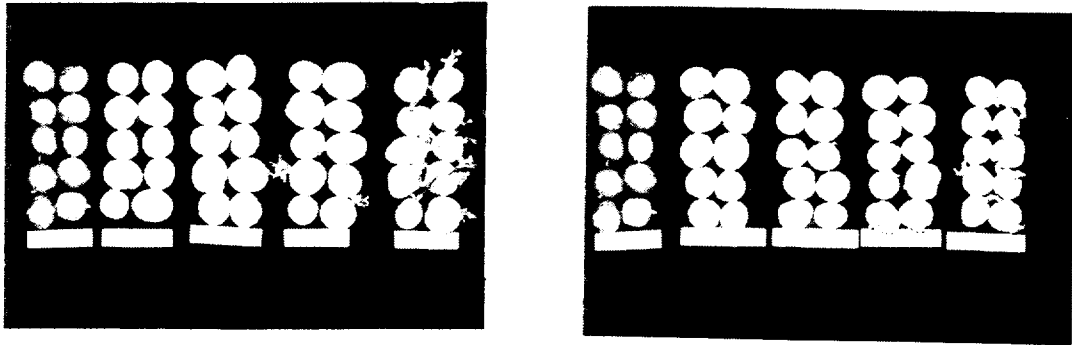
면이 주글주글하게 건조되어 신선도가 떨어지고 따라서 식용은 실제로 가능하나 판매가 불가능(unmarketable)하게 된다는 점이다.

냉장실에 저장한 것을 제외하고는 부패는 크게 문제되지 않는데 9개월에 걸친 전 저장기간을 통하여 실내 실외저장을 막론하고 부패된 것은 하나도 발견하지 못하였다. 그러나 실온저장과 비교하기 위하여 냉장실에 저장한 시료중에서는 저장 8개월째에 총26개중 완전히 부패된 것이 1개이고 부패되기 시작한 것이 2개 나타났다. 또한 냉장실에 저장한 것은 저장 6개월째 부터는 본격적으로 곰팡이가 피기 시작하여 판매 가능성을 저하시켰다. 냉장한 것은 발아 시작은 1개월 후부터 되었으나 어느정도 발아되다가 정지상태로 발아된 싹이 그 이상 성장하지 않고 수축현상도 보이지 않았다. 따라서 방사선 照射는 부패방지에는 별 효과가 없다는 것을 알 수 있다.

Table 1. Sprouting and shriveling rate on 9 months stored potatoes(%)

storage type	Dose (Krad)	storage periods(months)							
		6		7		8		9	
		Sp	Sh	Sp	Sh	Sp	Sh	Sp	Sh
Indoor storage	0	100	100	-	-	-	-	-	-
	5	18.3	4.4	19.1	53.7	20.2	72.5	20.5	75.6
	10	8.9	31.7	10.4	36.4	10.7	56.0	11.0	72.6
	15	10.1	29.1	10.4	37.7	10.7	52.0	11.0	60.3
Outdoor storage	0	100	100	-	-	-	-	-	-
	5	19.5	43.9	20.3	46.8	20.8	71.4	21.3	97.3
	10	2.5	26.6	2.6	32.5	2.7	70.6	4.1	100
	15	6.3	34.2	6.5	35.1	6.7	69.3	6.9	95.9

Sp : Sprouting Sh : Shriveling



(a)

(b)

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

(a) Indoor storage

(b) Outdoor storage

발아는 이미 저장 1개월후 부터 모든 區에서 나타나기 시작하였는데 照射하지 않은 對照區에서는 실내 저장한것과 실외 저장한 것에서는 100% 발아가 되었고 냉장실에 저장한 것에서는 약 95%의 발아율을 나타내었다. 저장기간이 경과 할 수록 발아되는 시료의 수는 차츰 증가하는데 저장 최후 기인 9개월째에는 5 Krad 照射의 경우 실내, 실외저장 모두 약 20%의 발아율을 보인 반면 10 Krad 照射의 경우 실내에 저장한 것이 11%, 실외에 저장한 것은 단지 4% 만이 발아된 것을 발견할 수 있었다. 한편 15 Krad 照射한 것은 실내저장이 11%, 실외저장이 7% 정도 인것으로 보아 일반적으로 실외저장이 실내저장에서 보다 약간 효율이 높다는 것을 알 수 있었고 10 Krad와 15 Krad간에는 별다른 차이가 없는 것으로 보아 10 Krad가 보다 효율적이고 경제성이 있는 것으로 나타났다. 그 밖에 일반적인 육안적 관찰에 있어서도 실외의

건물 처마 밑에서 통풍이 잘되는 조건하에서 저장한 것이 실내에 밀폐된 공간내에서 저장한 것 보다 저장효과가 높은 것은 당연한 일로 볼 수 있을 것이다.

수분증발로 인하여 감자의 표면이 주글주글하게 변화되는 收縮현상은 처음 1개월 저장에 있어서는 별로 눈에 띄지 않았으나 2개월째 부터 서서히 나타나기 시작하였는데 본격적으로 收縮현상을 보인 것은 저장 4개월째 부터이고 6개월째 부터는 非照射區에서는 냉장한 시료를 제외하고는 모든 區에서 약 27% 이상의 시료가 收縮현상을 보였고 非照射區에서는 실내 실외를 막론하고 모두 100%의 收縮현상을 보여 marketability를 완전히 상실하고 있음을 발견하였다. 따라서 放射線 照射를 하지 않은 일반 시료에 있어서는 4-5개월 이상의 저장은 판매 가능성이라는 면에서 보아 저장이 불가능한 것으로 나타났다. 이러한 표면 收縮현상은

대개는 발아와 정비례 한다는 것을 알 수 있으나 냉장에 있어서 만든 발아는 되어도 표면 수축은 비교적 오랫동안 일어나지 않고 있음을 알 수 있었다. 저장 9개월 짜의 收縮현상은 표 1에서 보는 바와 같이 60%-100%임을 알 수 있는데 발아율에서 보다는 照射線量間에 뚜렷한 차이는 볼 수 없었으나 단지 실내저장과 실외저장 간에는 60%-75%와 96%-100%라는 현격한 차이를 발견할 수 있었는데 이것은 발아율에서는 실내 실외 저장을 비교할 때 실외 저장이 유리하나 건조에 의한 收縮현상의 발생에 있어서는 반대로 실내저장이 오히려 유리한 것으로 나타났다. 이것은 실외 저장에 있어서는 통풍에 의하여 수분증발이 많았기 때문임이 확실한 데 이러한 사실은 차후에 설명 될 증량감소율에 있어서도 실외저장이 보다 많은 증량감소율을

나타내는 것으로 보아서 통풍이 건조를 촉진시키고 따라서 표면收縮현상으로 인한 판매 가능성과 증량감소율의 저하를 가져온다는 사실을 알 수 있었다.

2. 重量減少率

各區當 약 90개 정도의 시료중 10개를 무작위로 선택하여 각 개체의 고유번호를 표시한 후 그의 증량변화를 매월 측정하여 다음 그의 percentage의 평균치를 계산한 결과는 표 2에 나타낸바와 같다. 증량감소는 발아율과 직접 관계 되므로 매월 발아가 진행됨에 따라 증량감소율도 증가하는데 표에서 볼 수 있는 바와 같이 실내저장, 실외저장 및 냉장 등에서 대체적으로 상당한 차이가 남을 관찰할 수 있었다.

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

storage type	Dose (Krad)	Monthly weight loss (%)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Indoor storage	0	2.32	4.91	8.59	13.31	19.49	24.69	30.86	35.38	39.82
	5	1.78	4.10	6.97	10.20	14.04	17.02	19.86	22.01	23.78
	10	2.05	4.25	7.02	10.08	13.70	16.85	19.34	21.40	22.87
	15	2.09	4.33	6.18	9.46	12.67	15.07	17.93	20.00	21.59
Outdoor storage	0	2.10	5.87	9.84	19.86	28.67	36.99	44.98	50.80	53.20
	5	1.68	4.39	7.04	10.54	15.26	19.18	23.45	23.45	31.45
	10	1.56	3.63	6.20	9.01	13.24	16.87	20.73	24.65	35.47
	15	1.76	3.68	6.00	8.62	12.24	16.16	19.27	21.81	23.85
Cold storage	0	0.74	1.28	1.76	2.28	3.12	3.75	4.70	5.65	6.23

특히 냉장에 있어서는 실내 및 실외저장보다 중량감소가 아주 적게 나타남을 알 수 있었는데 이것은 냉장중 약간의 발아는 전체적으로 나타나도 싸이 그 이상 성장하지 않고 또한 냉장실내에서 저온으로 인하여 감자의 蒸散이 별로 일어나지 않기 때문임이 틀림없다. 한편 실내저장과 실외저장간에도 상당한 차이가 남을 알 수 있는데 이것은 감자 표면의 수축현상과도 관계가 있는 것으로서 실외의 통풍이 잘되는 곳에 저장한 것은 실내저장보다 수분의 증산이 많기 때문으로 볼 수 있다. 가장 중요한 차이점은 역시 照射한 시료와 照射하지 않은 시료의 차이인데 전반적으로 照射하지 않은 시료가 실내 실외저장을 막론하고 급속한 중량감소현상을 보이는 반면에 방사선 照射한 시료들은 그 감소율의 증가가 훨씬 완만하게 진행되어 6-7개월이 지난 저장 말기 까지도 20%미만의 중량감소율을 나타내고 있다. 9개월이 지난후의 중량감소를 비교해 보면 5 Krad 照射한 것이 실내저장의 경우 약 24%, 실외저장이 약 31%의 비교적 높은 수치를 보이지만 非照射區와 비교할 때는 6%-22%의 차이로 중량감소가 적게 나타남을 알 수 있다. 그러나 照射線量間에는 실외저장에서 9개월째에 24%를 보이는 것을 제외하면 별 차이를 나타내지 않는 것을 알 수 있다. 따라서 중량감소율만을 가지고는 할때에는 5 Krad의 낮은 線量이 경제적으로 유리하다고 할 수 있겠으나 발아율 등 그밖의 다른 조건을 고려할 때 역시 10 Krad 정도의 照射가 가장 우수할 것으로 판단된다.

3. 化學成分 變化

감자의 저장기간중 화학성분의 변화를 調查하기 위하여 감자의 가장 중요한 성분인 전분과

ascorbic acid의 함량변화를 관찰하였다. 저장기간중 감자의 전분함량은 모든처리區에서 계속 감소하였으나 저온 저장에서는 비교적 서서히 감소하였다. 이것은 20℃에서와 5℃에서의 전분함량 변화에 있어 20℃에서가 5℃에서 보다 함량변화가 높았다는 실험결과와 일치하고 있다(우상규, 1983).

실내와 실외의 非對照區에서는 특히 저장 초기에 급속히 감소하는 경향을 나타내었다. 일반적으로 실내에 저장한 것이 실외나 저온에 저장한 것보다 더 많이 감소하였으며 같은 조건의 저장에서도 방사능 照射線量이 높을수록 감소가 더디게 이루어졌다. 저장전분은 효소의 작용으로 당으로 가수분해되어 호흡원으로 이용되기 때문에(Salisbury and Ross, 1985) 방사선 照射에 관계없이 계속 감소된 것으로 판단되며 온도가 높을수록 호흡이 증가되어(Amthor, 1989) 더 많은 호흡원이 필요하므로 실내저장 처리가 다른 처리보다 감소가 많은 것으로 사료된다. 또한 照射線量이 높을수록 감소가 적은 것은 방사선照射로 발아가 억제되어 발아에 필요한 에너지 소모량이 그 만큼 적었기 때문으로 판단된다.

ascorbic acid 함량도 모든 처리에서 저장기간중 계속 감소하였고 저온저장이 다른 區에서 보다 저장초기에는 느리게 감소하였다. 또한 照射線量이 높을수록 감소하는 양은 많았는데 Tatsumi등(1972)도 ascorbic acid 함량은 방사선량의 수준이 높을수록 감소한다고 하였다.

X-ray 照射에 의한 濟州産 감자 貯藏

Table 3. Monthly change of starch content on 9 months stored potatoes (mg/gdw)

storage type	Dose (Krad)	storage periods (months)									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Indoor storage	0	120.9	111.5	92.8	88.7	87.5	77.7	71.9	68.8	63.7	56.9
	5	119.8	111.9	108.9	98.5	93.3	78.2	76.9	74.4	65.7	57.9
	10	119.4	115.6	109.8	101.2	95.0	84.5	77.5	75.0	69.9	61.5
	15	117.5	116.5	111.2	102.2	96.2	89.5	83.0	79.2	71.9	63.5
Outdoor storage	0	120.9	113.0	105.1	92.8	90.2	80.8	75.7	73.0	68.1	58.0
	5	119.8	115.2	110.8	96.9	96.3	86.0	82.4	76.2	70.9	61.0
	10	119.4	117.1	111.4	99.0	97.5	89.7	86.5	80.8	72.5	63.1
	15	117.5	116.0	112.2	103.8	98.2	90.7	88.2	82.0	74.6	68.4
Cold storage	0	120.9	119.9	117.3	108.9	99.5	97.0	93.8	88.2	76.2	71.9

Table 4. Monthly change of ascorbic acid content on 9 months stored potatoes ($\mu\text{g}/100\text{gtw}$)

storage type	Dose (Krad)	storage periods (months)									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Indoor storage	0	27.0	22.6	21.6	21.4	21.2	20.6	18.6	17.8	14.8	10.0
	5	24.4	22.1	21.4	18.8	17.8	17.2	16.6	15.8	12.2	8.0
	10	24.1	22.0	19.8	18.6	17.8	16.1	13.8	13.2	10.0	7.9
	15	22.2	20.1	19.4	18.0	16.6	13.8	13.2	10.4	7.8	6.8
Outdoor storage	0	27.0	25.6	22.6	21.6	21.4	20.6	19.6	18.2	15.2	13.8
	5	24.4	23.2	22.1	21.4	20.8	19.2	17.6	14.4	13.8	8.6
	10	24.1	22.8	22.0	21.0	20.2	16.3	14.7	13.2	11.4	8.2
	15	22.2	22.0	21.6	20.6	16.4	15.4	14.2	12.6	10.0	7.8
Cold storage	0	27.0	26.2	25.6	23.4	21.0	19.8	18.2	16.8	13.2	9.8

摘 要

濟州産 감자의 장기 저장을 위하여 방사선율 5 Krad, 10 Krad 및 15 Krad로 照射한 것과 照射하지 않은 것 및 各 線量과의 품질상의 차이를 비교하였다.

放射線 照射는 부패방지에는 별 효과가 없다는 것을 알 수 있었고 5 Krad는 10 Krad나 15 Krad와 비교 할 때 너무 線量이 낮았으며 10 Krad가 15 Krad보다 더 효율적이었다. 같은 선량에서는 실외에 통풍이 잘되게 저장한 것이 실내에 밀폐된 공간에 저장한 것 보다 저장효과가 높게 나타났다.

參 考 文 獻

Amthor, J. S. 1989. Respiration and crop productivity. Springer-Verlag. pp. 45-49.

朝鮮日報, 1989年 9月 26日字. 食品 放射線 照射 規制 움직임

趙漢玉, 邊明宇, 權重浩, 梁好淑. 1982. 감자 收穫後 放射線照射 時期 및 放射線量이 그 貯藏性에 미치는 影響. 韓國營養食糧學會 誌11(4) : 53-59

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 p. 44-49.

趙漢玉. 1985. 放射線과 自然 低溫貯藏에 의한 發芽食品의 Batch Scale 貯藏研究. 韓國에너지 研究所 研究報告 p. 73-91.

주현규 · 조현기 · 박충균 · 조규성 · 채수규 · 마상조 · 1992. 식품분석법 · 유림문화사 · pp. 356-359.

Farkas, J. 1984. Clearance for food irradiation granted in different countries of the world. 5th IFFIT training course handout material.

Food Irradiation Newsletter. 1990. Supplement to Food Irradiation Newsletter, I. A. E. A. 14(1) : 2-14

Macqeen, K. F. 1963. Sprout inhibition of vegetables using gamma radiation. Radiation Preservation of Foods. National Academy of Sciences-NRC Publication 1273 : 127-140

농림통계년보(1990-1992), 農水産部

日本科學技術, 1990. 食品照射에 대하여 좀더 정확하게 압시다.

Roongtanakiat, N, K. A. Hong and Z. K. U. 1986. Establishment of X-ray irradiation factors for the stabilipan. Cheju Applied Radioactive Research Institute Annual Report vol. 2, pp. 63-68.

Rowley, D. B. and A. Brynjolfsson. 1980. Potential uses of irradiation in the processing of food. Food Technology Oct. 1980. pp.75-77.

Salisbury, F. B. and C. W. Ross. 1985. Plant physiology. Wadsworth Pub. Co. pp.230-232.

Tatsumi, Y., K. Chachin and K. Ogata. 1972. Studies on the browning of potato tubers by gamma radiation. II. The relationship between the browning and changes of polyphend oxidase and peroxidase in irradiated potato tubers.

- J. Food Sci. Technol. 19 : 508
- 禹相圭. 1993. 감자 貯藏中에 일어나는 生理化學的 變化에 관한 研究. 한국영양식량학회지. 12 (3) : 297-303.
- 吉野實. 1976. 炭水化物의 分別定量法. In : 作物分析委員會編, 栽培植物分析測定法. 養賢堂. pp. 328-335.