

濟州産 한라봉 柑橘의 방사선 조사에 의한 貯藏性

고영환, 김재하*
제주대학교 식품공학과

Storage of citrus orange Halabong after γ -ray irradiation

Young Hwan Ko and Jae-Ha Kim
Department of Food Science and Engineering
Cheju National University, Jeju, Jeju-do, Korea

Abstracts

Effects of γ -ray irradiation on storage of citrus orange Halabong were investigated. γ -Ray was irradiated on fresh fruits of Halabong on the levels of 0 kGy, 1 kGy, 2 kGy and 3 kGy using cobalt 60 as a radiation source. Irradiated fruits were stored at room or cold(6°C) temperatures for storage. During storage, changes in decay, weight, pH and soluble solids were monitored timewisely, and molds related with fruit decay were isolated and purified. Storage at cold temperature was more effective against decay and browning. The pretreated fruits with higher dose radiation than 2 kGy showed severe decay and browning. Most of the molds associated with fruit decay were *Penicillium* species. Weight loss during cold storage was less than that during room temperature storage. And irradiation of fruits with higher dose radiation than 2 kGy gave higher weight loss. Soluble solid content and pH of juice increased on the whole as the storage time went by. This tendency was all similar in every cases of fruit storage whether stored at room temperature or cold temperature regardless of γ -ray irradiation. In conclusion, higher dose radiation than 2 kGy resulted in negative effective on fruit storage, and no

significant difference on the whole was observed between non-irradiated fruits and 1 kGy-irradiated fruits. It is highly recommended that citrus orange Halabong should be irradiated with lower dose of radiation than 1 kGy when necessary.

* corresponding author

서론

제주도에서 감귤의 경제적 재배를 시작한지는 이미 30여년이 경과하였는데 이중 미래의 기대품종으로 각광받고 있는 한라봉은 98년도에 그 이름이 확정되었다. 15브릭스(Brix) 이상 되는 높은 糖度와 豊味 및 組織이 뛰어나 1999년 기준으로 약 140여 헥타아르(hectare)에서 재배되고 있는데 그의 수확량도 약 1,300M/T을 상회하는 실정이다(제주도 농업기술원, 2001). 뿐만 아니라, 2001년을 기점으로 한라봉의 재배면적이 폭발적으로 증가할 것으로 예상된다. 따라서 이의 저장성 및 저장에 따른 곰팡이 발생 등은 경제적 생산이라는 측면에서 상당한 중요성을 가질 것으로 보여진다.

柑橘의 貯藏性 向上을 위한 연구는 여러 가지로 추진되어 왔는데 온도, 습도(白井, 1972)등 요인이 과실의 증량감소에 영향을 준다는 사실이 알려져 있으며 topsin, greener 등의 화학약품처리(金等, 1977)와 저온저장의 병행이 腐敗率을 감소시킨다고 보고된 바 있다.

또한 온주밀감의 저장을 위하여 放射線照射와 底線量의 電子線照射의 효과도 연구되었으며(黑崎, 1970), 梅田等(1969)은 γ -線의 결점을 보완하기 위하여 電子線照射로 柑橘표면의 살균에 좋은 영향을 얻었음을 보고한 바 있다.

國內에서는 早生, 中生, 晩生 温州柑橘에 150Krad까지의 γ -線을 照射한 보고(鄭等, 1983)가 있는데 適正線量의 결정과 더불어 선량별 곰팡이 발생의 調査도 중요할 것으로 여겨져 본 실험에서는 각종 곰팡이의 발생과 성장 상황도 연구에 포함시켰다.

權(1980)은 濟州柑橘의 상온 저장 중 곰팡이 발생에 의한 病害를 調査한 바 있고 조 등(1991)은 자몽종자 추출물을 부패 감귤로부터 분리한 *Penicillium*屬-곰팡이에 처리하여 곰팡이의 생육억제에 효과가 있다고 하였고, 윤(1991)은 온주 감귤의 CA저장으로 大氣下의 일반저장보다

부패율을 1/3정도 감소시킬 수 있다고 보고한 바 있다.

본 연구에서는 한라봉 감귤 저장을 위한 방사선 照射의 영향 및 온주 감귤의 부패곰팡이에 관한 고 등(1996)의 연구를 토대로 저장 중 부패에 관련되는 곰팡이를 수집하여 조사하였다.

材料 및 方法

1. 試料

제주산 한라봉 감귤(2001년 2월 수확)을 구입하여 시료로 사용하였다.

2. 방사선 照射 및 저장

1) 방사선 照射

線源 : Cobalt 60, 감마선

線量 : 0 kGy, 1 kGy, 2 kGy 및 3 kGy

照射日 및 장소 : 2001년 3월, 대전광역시 소재 한국원자력 연구소

Table 1. Radiation treatments of citrus orange Halabong prior to storage

Radiation dose (kGy)	Room temperature storage(R)	Cold storage(C)
0	R-0	C-0
1	R-1	C-1
2	R-2	C-2
3	R-3	C-3

2) 저장방법

실온저장과 저온저장(6℃)으로 구분한 후 각 방사선 조사선량별로 처리구를 총 8개로 나누어 매주 다음 항목을 조사하였는데 실온저장은 약 3개월간, 저온저장은 약 4개월간 각각 저장하였다(Table 1 참조).

3. 조사항목

- 1) **부패율** : 육안으로 부패과일을 선별하여 부패율(%)을 계산하였다.
- 2) **중량변화** : 접시저울로 감귤의 중량을 측정하여 경시적인 변화를 기록하였다.

3) **pH** : pH meter 220(Corning)으로 과즙의 pH를 측정하였다.

4) **당도** : 굴절당도계(Digital Refractometer, Atago)로 과즙중의 가용성 고형분의 농도(Brix %)를 측정하였다.

5) **부패미생물의 분리 및 동정** : 균주의 분류 및 동정은 기본적인 미생물실험방법에 따라서 실시되었으며, 균총의 색, 기균사의 발달 유무, 색소의 생산 유무, 생육속도, 균락의 밑면, 표면구조 등을 조사하였다. 사면배양한 균체의 구조를 가능한 한 온전하게 유지하면서 lactophenol (lactic acid 100ml, phenol 100g, glycerol 200ml, water 100ml)에 균체를 현탁시켜 광학현미경(Olympus CK2, Japan)으로 미세구조를 검경하였으며 유성, 무성 번식기관의 형태, 규격, 격벽 등 형태학적 특성을 분류 동정에 적용하였다. Compendium of Citrus Diseases(The American Phytopathological Society 간행)를 참고도서로 활용하였다.

결과 및 고찰

감귤저장상 가장 문제되는 것은 곰팡이 발생에 의한 연부병과 갈변현상이다. 일반적으로 모든 감귤류를 통틀어서 볼 때에 *Phomopsis*를 비롯하여 총 13개屬 정도가 나타나고 있고(Dennison, 1973) 제주산 온주감귤에서는 *Penicillium*을 주종으로 하여 5개屬 정도가 주로 軟腐를 일으키는 것으로 나타나 있다.(권, 1980). 본 실험에서도 *Penicillium*이 가장 문제되고 있는데 3개월간의 상온저장에서 線량이 높을수록 軟腐와 褐變에 의한 상품성(marketability)의 저하가 뚜렷하여 특히 2 kGy 및 3 kGy를 照射한 한라봉 감귤에서는 3개월 후에는 모두 식용불가로 나타났다. 그러나 저온 저장한 감귤에서는 4개월까지도 약 80%가 식용 가능함을 보여주었다. 여기서 또한 문제되는 것은 1 kGy 이상 되는 線량의 照射에서는 油胞과피에 의한 褐變현상으로 高線量으로 갈수록 갈변이 뚜렷하고, 이것은 또한 곰팡이 발생을 용이하게 하여 軟腐를 촉진시키므로 1 kGy 이상은 불가한 것으로 나타나고 있다. 이 유포과피현상은 한라봉에서 다른 일반 온주 밀감이나 오렌지 등에서 보다 더 뚜렷하게 관찰되는데(Fig.1 참조), 이것은 한라봉의 果皮가 다른 감귤류에

비하여 연약한데 기인한 것으로 추측된다. 저장중에 곰팡이 부패와 관련하여 나타나는 미생물은 대부분이 파란색 곰팡이 *Penicillium italicum*, 조록색 곰팡이 *Penicillium digitatum*, 그리고 회갈색의 수염곰팡이 *Penicillium ulaiense*로 *Penicillium* 속(Genus)이었다.

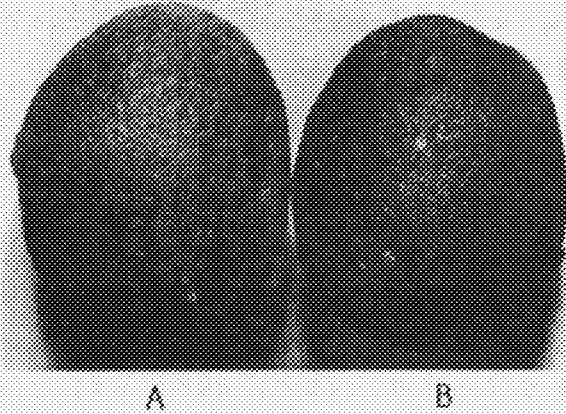


Fig. 1. Radiation damage on rind of citrus fruits Halabong

A, Not γ -ray irradiated; B, γ -ray irradiated

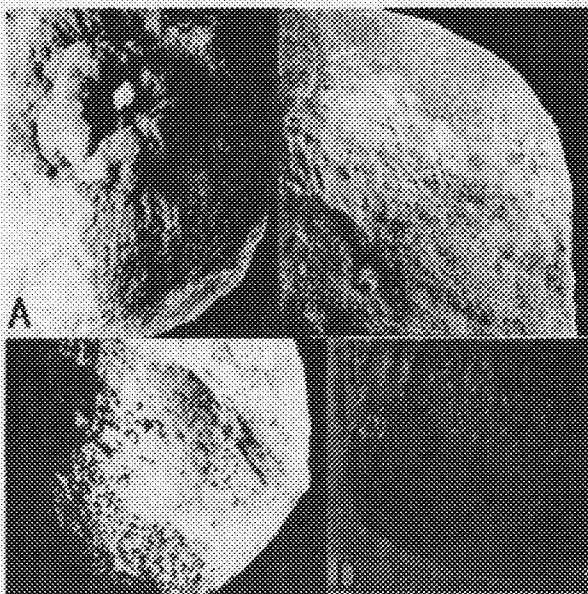


Fig. 2. *Penicillium* species growing on the rind surface of citrus fruits Halabong during post-harvest storage A, *P. digitatum*(green mold); B, *P. ulaiense*(whisker mold); C, *P. digitatum* (green mold); D, *P. italicum*(blue mold)

Table 2. Visual evaluation of citrus orange Halabong during storage (%)

Storage time	Radiation dose and storage condition	Decay	Browning	Marketability
3 Months	R-0	1.3	1	98
	R-1	2.5	0	98
	R-2	77.5	88	12
	R-3	100	100	0
4 Months	C-0	8.8	3	88
	C-1	7.5	8	85
	C-2	31	18	51
	C-3	94	90	0

방사선 조사 후 감귤을 저장했을 때의 부패율, 갈변현상, 상품성 등을 Table 2에 요약하였다. 실온저장보다 저온저장이 부패방지과 갈변억제에 보다 더 효과적이었다. 감귤을 실온에서 저장했을 때는 저장 3개월만에 2 kGy 이상 γ 방사선을 조사한 처리구 R-2와 R-3가 부패 또는 갈변 등으로 상품성을 거의 상실하였다. 저온 저장을 때는 저장 4개월만에 2 kGy 처리구 C-2의 약 50%가 그리고 3 kGy 처리구의 전체가 부패와 갈변으로 상품성을 상실하였다. 방사선을 조사하지 아니한 처리구와 γ 선을 1 kGy 조사한 처리구간에는 별다른 차이가 없었다. γ 선을 조사하여 감귤을 저장한다고 할 때, 방사선 조사선량을 1 kGy 이하로 하는 것이 바람직하다.

Table 3. Changes in weight of citrus fruits during storage(grams)

Radiation dose and storage condition	Storage time(weeks)				
	0	2	4	6	8
R-0	176.08 (100%)	168.52	159.89	148.77 (84.5%)	132.09 (75.0%)
R-1	172.56 (100%)	160.08	155.76	145.38 (84.2%)	126.15 (73.1%)
R-2	175.39 (100%)	161.85	152.83	142.56 (81.3%)	n.a.
R-3	181.77 (100%)	167.77	156.32	148.49 (81.7%)	n.a.
C-0	185.02 (100%)	192.63	187.13	184.70 (99.7%)	176.66 (95.5%)
C-1	165.29 (100%)	162.29	158.88	156.45 (94.6%)	151.01 (91.4%)
C-2	171.89 (100%)	169.88	166.56	162.78 (94.7%)	151.28 (88.0%)
C-3	178.38 (100%)	175.63	172.00	167.40 (93.8%)	147.53 (82.7%)

(%): 저장초기에 대한 저장기간 중의 과일 중량 백분율, n.a.: not available

실은 저장했을 때와 저온 저장했을 때의 감귤의 중량 변화를 비교해보면(Table 3), 저온 저장했을 때가 실온 저장했을 때보다 중량감소율이 더 낮았으며, 이러한 경향은 저장기간이 오래될수록 심화되었다. 저장 6주후에는 중량감소율에 약 10% 정도의 차이가 있었으나, 저장 8주 후에는 약 15% 정도의 차이가 있었다. 또한 γ 선을 2 kGy 이상 조사했을 경우에는 상대적으로 중량감소가 크게 나타났다. 그리고, γ 선 1 kGy 조사구와 방사선을 조사하지 아니한 대조구 간에는 중량변화에 별다른 차이가 없었다.

Table 4. Changes in pH of citrus fruits during storage

Radiation dose and storage condition	Storage time(weeks)					
	0	2	4	6	8	12
R-0	3.20	3.38	3.43	3.60	3.92	n.a.
R-1	3.44	3.71	3.40	3.52	3.88	n.a.
R-2	3.28	3.41	3.45	3.77	n.a.	n.a.
R-3	3.15	3.62	3.50	3.61	n.a.	n.a.
C-0	3.20	3.25	3.45	3.49	3.70	4.30
C-1	3.44	3.27	3.47	3.44	3.66	4.20
C-2	3.28	3.40	3.57	3.54	3.77	4.05
C-3	3.15	3.36	3.55	3.62	3.89	4.18

n.a. : not available

Table 5. Changes in total soluble solids of citrus fruits during storage(Brix %)

Radiation dose and storage condition	Storage time(weeks)					
	0	2	4	6	8	12
R-0	11.64	12.28	14.04	12.98	16.44	n.a.
R-1	12.00	11.10	13.52	13.00	13.64	n.a.
R-2	12.36	11.98	13.48	12.88	n.a.	n.a.
R-3	12.00	12.38	11.84	10.55	n.a.	n.a.
C-0	11.64	12.96	12.66	13.08	13.76	14.50
C-1	12.00	12.88	11.96	12.64	13.08	13.14
C-2	12.36	12.06	11.24	11.52	12.44	13.18
C-3	12.00	11.54	12.20	11.86	12.42	13.12

n.a. : not available

저장 중에 감귤의 pH 변화는 저장기간이 경과함에 따라서 전반적으로 산도가 감소하여 pH가 증가하는 경향이였다(Table 4). 실온저장과 저온저장 그리고 방사선 조사구와 비조사구간에는 별다른 차이가 없었다.

Table 5는 저장 중 감귤의 당도 변화를 나타낸다. 대체적으로 저장기간이 오래 경과함에 따라, 감귤의 당도는 증가하는 경향이였다. 그러나 실온저장과 저온저장 그리고 방사선 조사구와 비조사구 간에는 유의적인 차이가 인정되지 않았다.

요 약

방사선 照射가 한라봉 감귤의 저장에 미치는 영향을 조사하였다. 한라봉 신선과일에 Cobalt 60으로 감마선을 0 kGy, 1 kGy, 2 kGy 그리고 3 kGy를 각각 조사하여 실온 및 저온(6℃)에 저장하였다. 저장중의 부패율, 중량 변화, pH, 가용성고형분을 측정하였고, 부패와 관련된 미생물을 분리 동정하였다. 저온저장이 실온저장보다 부패 방지와 갈변억제에 보다 더 효과적이었다. 방사선을 조사하지 아니한 처리구나 1 kGy 조사한 처리구에 비해서, 2 kGy 이상 γ 방사선을 조사한 처리구는 부패와 갈변 정도가 심하였다. 저장 중에 감귤의 부패와 관련하여 나타나는 미생물은 대부분이 *Penicillium* 속이었다. 저온 저장했을 때가 실온 저장했을 때보다 중량감소율이 더 낮았다. 또한 γ 선을 2 kGy 이상 조사했을 경우에는 상대적으로 중량감소가 크게 나타났다. 저장 중에 감귤의 pH와 당도는 저장기간이 경과함에 따라서 전반적으로 증가하는 경향이였다. 이러한 경향은 실온저장과 저온저장 그리고 방사선 조사구와 비조사구간에는 별다른 차이가 없었다. 전반적으로 γ 방사선을 2 kGy 이상 조사하면, 감귤의 저장에 부정적인 효과가 나타났으며, 1 kGy 조사한 처리구와 방사선을 조사하지 아니한 대조구 간에는 유의적인 차이가 인정되지 않았다. 따라서, 감귤의 저장에는 방사선 조사선량을 1 kGy 이하로 하는 것이 바람직하다.

감사의 글

이 논문은 2001년도 제주대학교 발전기금 연구교수 지원계획에 의하여 연구되었다.

방사선 조사 처리를 도와주신 제주대학교 송성준 박사

님께 감사드립니다.

참고문헌

1. 제주도농업기술원(2001) : 한라봉 재배 현황, 한라봉 재배 기술, 2~2
2. 白井敏男(1972) : 溫洲ミカの 低溫貯藏技術, 農業及び園藝, 47(2), 65~69
3. 김광식, 권혁모, 고관달(1977) : 柑橘貯藏施設別貯藏, 效果農振濟試研報, 274~276
4. 黒崎敏晴, 緒方邦安(1970) : 低線量域の γ 線照射が 溫洲ミカの 貯藏性におよぼす効果, 園藝學會雜誌, 40(1), 85~90
5. Umeda Keiji, Koji Kawashima, Tomotaro Sato, Yosiaki Iba, Masao Nishiura(1969) : Shallow irradiation of *citrus unshin* by cathode ray Part 1. Effects of irradiation on the fruit quality. Japanese J. of Food Tech., 16(9), 397~404
6. 정창조, 김재하, 김수현(1983) : 放射線 照射에 依한 감귤저장에 關한 研究, Korean J. Food and Nutrition, 12(2), 116~121
7. 권오균(1980) : 감귤저장 병해에 관한 연구, 제주대학교 논문집, 12, 29
8. 조성환, 이현철, 서일원, 김재욱, 장영상, 신재익(1991) : Grapefruit 종자 추출물을 이용한 밀감의 저장효과, 한국식품과학회지, 23(5), 614
9. 윤창훈(1991) : 제주산 온주밀감의 CA 저장에 관한 연구, 한국농화학회지, 34(1), 14
10. 고영환, 김세재(1996) : 온주밀감 부패곰팡이의 분리 및 동정, 제주대학교 방사능이용연구소 연보, 10, 40~43
11. Dennison R. A. and E. M. Ahmed(1973) : Review of the status of irradiation effects on citrus fruits, I.A.E.A S·M-73/24, 623
12. The American Phytopathological Society(2000) : Compendium of Citrus Diseases, second edition, edited by L.W. Timmer, S.M. Garnsey and J.H. Graham, The American Phytopathological Society, Minnesota, USA.