電子線によるミカンの表面殺菌

オ1報 緑カビに対する有効殺菌線量と果実の品質に及ぼす照射の影響

農林省食研

梅田圭司・川嶋浩二・佐藤友太郎

農林省園試興津支場

伊庭慶昭・西浦昌男

Shallow Irradiation of Citrus Unshiu by Cathode Ray

Part I. Effective pasteurizing dose of radiation to Pen. digitatum and the effects of irradiation on the fruit quality

Keiji UMEDA*, Koji KAWASHIMA*, Tomotaro SATO*,
Yoshiaki IBA** and Masao NISHIURA**

* Food Research Institute, Ministry of Agriculture
and Forestry, Koto-ku, Tokyo, Japan

** Horticultural Research Station, Okitsu Branch,
Shimizu, Shizuoka Prefecture

Summary

Citrus Unshiu (Japanese mandarin orange "Satsuma") is particularly susceptible to gamma ray irradiation and the adverse effects on flesh flavor and peel appearance were found when fruit was subjected to 50 Krad or more. The work has conducted on shallow irradiation (surface radurization) of Citrus Unshiu by cathode ray to prevent the off-flavor.

Pasteurizing effect on Pen. digitatum inoculated to lower shoulder of fruit was decreased with the time from inoculation to irradiation even the inoculated fruits were stored at 5°C before irradiation. (Table 1,2) With higher dose softening of peel and the destruction of oil-gland developed during the post-irradiation storage and finally the browning of peel appeared. These phenomena depended on the storage time from the harvest to the radiation treatment; deterioration was more severe with the shorter storage after harvest. (Table 3,4) The browning was accelerated at room temperature but repressed at 5°C storage. The browning was not affected by curing treatment (RH: 75-80%, 5-7°C for 3 weeks) immediately after harvest. (Table 5)

There was same pasteurizing effect by the cathode ray of 1.0 and 0.5 Mev. (Table 3) Pannel test detected the deteriorated flavor change with gamma ray irradiation over

50 Krad and the acceptability was lost over 100 Krad, but the shallow irradiation with 1.0 Mev of cathode ray did not change the flavor acceptability up to 250 Krad. (Table 4)

Analytical data of fruit flesh and juice showed no significant differences between irradiated and non-irradiated samples after the long term storage. (Table 6) Shallow irradiation of 100~300 Krad appeared to cause some advantages in score of acceptability after the long term storage. (Table 7)

日本の柑橘類の生産量は、昭和41年に200万トンを上廻っているが、そのうち温州ミカン（以下ミカン）は175万トンを占めている¹⁾。生産量の約60%が年内に市場に出荷され、残りの40%が翌年1~4月に出荷される。この翌年出荷分の腐敗によるロスは2月中旬より著しく増加し、2月下旬には10%、3月初旬には20%、3月下旬には30%程度と推定されている²⁾。

ミカンの腐敗のほとんどは表面に附着した緑カビ、青かびによってひきおこされているが³⁾、これらのかびの放射線感受性は比較的高く、D₁₀値は25~30 Krad程度である⁴⁾。欧米諸国では、レモン、オレンジ、グレープフルーツなどの柑橘類の殺菌をγ線で行ない、実用性の高いことを示唆している⁵⁾⁶⁾。しかし日本のミカン果肉は放射線感受性が高く、γ線処理では50 Krad以上の照射で照射臭の発生のために食用価値が失われる。

そこで、貫通力の弱い電子線を用いてミカンの表面殺菌を行ない、食味、成分に変化を与えないで貯蔵性を高めることができるかどうかを検討した。この表面殺菌の考え方は、柑橘類についても食品照射研究の初期の段階で提案されたことはあるが⁷⁾、実際の研究は行なわれていない。

実 験 方 法

1. 試料調整

ミカンは園芸試験場興津支場の系統試験圃のS級の健全果実を採取した。殺菌試験の場合には、果実の花梗部の4カ所に緑かび(*Penicillium digitatum*)または青かび(*Penicillium italicum*)を針で接種した。接種の針は№8程度のゴム栓の上より4~5本の縫針をまとめて突き刺し、ゴム栓の下部に0.5 mm程度出しておき、かびの胞子をつけてミカンの皮に傷をつけながら接種した。

果皮の放射線感受性を調べるために、キュアリング処理も検討したが、これは一般に予措といわれる処理で、5~7℃、RH75~80%に3週間置いたもので、果重減は3%程度である。

2. 照射条件

電子線はバンデグラフ型電子線加速器で照射し、1 MeVのエネルギーの場合は電流値は4 μAまたは10 μAで行なった。電子線のスキャン幅20 cm、ベルト速度1 cm/secなので、たとえば電流値4 μAの場合は、1回の照射で与えられるエネルギーは

$$1 \times 10^6 \text{ V} \times 4 \times 10^{-6} \text{ A} \times 1 / 20 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} / \text{sec} = 0.2 \text{ W} / \text{cm}^2 = 0.2 \times 10^7 \text{ erg} / \text{cm}^2$$

である。この全エネルギーがミカンの表皮に吸収され、また1 MeVの電子線の最大透過距離は、0.4 g/cm²

であるが、この距離まで平均にエネルギーが吸収されているとして吸収線量を算出した。つまり、単位面積当たりのエネルギー吸収量を、単位重量当たりの吸収量として算出すると、

$$0.2 \times 10^7 \text{ erg/cm}^2 \times \text{cm}^2 / 0.4 \text{ g} = 0.5 \times 10^7 \text{ erg/g}$$

である。ここで、 $100 \text{ erg} = 1 \text{ rad}$ なので、吸収線量は

$$0.5 \times 10^7 \text{ erg} \times \text{rad} / 100 \text{ erg} = 5 \times 10^4 \text{ rad/g}$$

である。

0.5 MeVのエネルギーの電子線の場合は、電流値8 μA で照射し、吸収線量を同様に算出した。

シャーレに培養したものは、培養面を露出して1 MeV、4 μA で照射し、ミカンの表面照射と同様の方法で吸収線量を算出した。また胞子そのものは、ポリエチレンの袋に入れ、厚さ1 mm程度で1 MeV、4 μA の電子線を照射したが、貫通してしまう電子線を考慮に入れず、胞子が電子線の最大透過距離まで存在するものとして、その平均吸収線量を算出した。このために表示された胞子の吸収線量は、実際の吸収線量より若干下廻っているものと考えられる。

ガンマー線の照射は、東海区水産研究所の ^{60}Co 、1400 Ciの線源を用い、線量率30 KR/hで行ない、鉄線量計で平均吸収線量を測定した。

3. 測定項目

腐敗果：わずかでもかびの発生しているものは腐敗果として、腐敗果数/試験果数で表わした。

成分分析：電子線照射区より9区を選び、平均果重、果肉%，果汁%，可溶性固形物%，クエン酸%，甘味比を測定した。クエン酸は滴定酸度より算出し、甘味比は屈折糖度計の読みを滴定酸度で除したものである。

官能検査：殺菌試験に用いた試料は、腐敗果を除き健全果のみについて、簡単に外観、食味をチェックした。かびを接種せずに、果皮の放射線感受性を調べるために用いた試料は、5℃に2カ月貯蔵後、15人以上のパネリストによって9点法で採点し統計処理を行なって有意差を求めた。

結果および考察

1. かびの前培養時間と放射線感受性

ミカンの腐敗のおもな原因である緑かび(*Pen. digitatum*)と青かび(*Pen. italicum*)の D_{10} 値は、ガンマー線殺菌の致死曲線より、それぞれ28 Krad、25 Krad程度と推定される⁴⁾。これらのかびの胞子をミカンに接種して、電子線照射による殺菌効果を調べるわけであるが、接種してから照射処理までの時間によって放射線感受性が異なるかどうか、またどの程度の線量で殺菌が可能かの目安をつけるために次の実験を行なった。

まず、緑かびの胞子をポテト・デキストロース寒天プレートに接種し、1日および4日間培養後プレート上でそのまま250 Kradまでの電子線を照射し、直ちに1白金耳を新しいプレートに接種して再び培養しながら菌叢の発育をみたものが第1表である。胞子そのものは、濾紙に附着させこれをポリエチレン袋に包装して照射後、プレートに接種したが、培養温度はいずれの場合も25℃である(第1表)。第1表に示されたように照射後の発育は、初めの段階では胞子と前培養4日間のものが同程度であり、前培養1日間のものはかなり遅れている。ところが、照射後の培養日数が3日間以上になると、この差もほとんどなくなる。前培養1日間のものの照射直後の発育の遅れは、照射後のプレートへの接種量が明確でない

ので、前培養の時間差によるものかどうかは、この実験結果のみでは明らかでない。しかし、前培養の時間の長さにかかわらず、線量差による効果ははっきりしており、150~200Kradで十分冷蔵時間を延長させる程度の殺菌が可能と考えられる。

次に、実際にミカンの花梗部の表皮4カ所に孢子を接種して、5℃に1, 3, 5, 7日間貯蔵後、1 MeVの電子線で50~250Krad照射して殺菌効果をみたものが第2表である。各区とも7~8コの試料を用い、照射後は5~10℃に貯蔵し、40日後の腐敗果数を調べた。接種後1日目と3日目に照射したものはほとんど同じ結果を示し、150~200Kradで緑かびの発育は抑えられている。接種後5日以上を経るとかなり放射線抵抗性を増し、5日目に照射したものは、200Kradで1コの腐敗果があり、また7日目に照射したものでは、250Kradでも3コの腐敗果がある。5℃冷蔵貯蔵下でも、果皮の傷口に接種した孢子が発芽し、経過時間とともに果皮肉部に菌糸をのばし、1 MeVの電子線の透過域外までに達したために殺菌されなかったであろう。こういった意味で、傷口に附着したかびの孢子が、長期貯蔵期間中に発芽し生長したような場合は、1 MeVの電子線では殺菌できないものも出てくるであろう。以上の結果より、電子線処理による殺菌試験は孢子を接種した翌日行なうことにした。

Table 1. Radiation-sensitivity of Pen. digitatum at different incubation time on agar-plate

Incubation time after irradiation*	Incubation time before irradiation**	Growth of irradiated fungi****					
		Dose (Krad)***					
		0	50	100	150	200	250
2 days	Spore	+++	+	±	-	-	-
	1 day	±	-	-	-	-	-
	4 days	+++	++	+	-	-	-
3 days	Spore	++++	+++	++	±	-	-
	1 day	+++	++	++	±	-	-
	4 days	++++	+++	+	±	-	-
5 days	Spore	+++++	+++++	++++	+++	±	-
	1 day	+++++	++++	+++	++	+	-
	4 days	+++++	+++++	++++	++	±	-

note: * One loop of irradiated fungi was inoculated on the potato-dextrose agar plate.
 ** One loop of spore was inoculated on the potato-dextrose agar plate and incubated for 1 and 4 days before irradiation.
 *** Lids of the petri dishes were ridded off and irradiated with 1 MeV of cathode ray.
 **** +: mark shows a few colonies on the plate.
 +++++: mark shows green fungus covered over the plate.

2. ミカンの照射時期と電子線エネルギー および線質の影響

一般に果実の放射線処理で果皮、果肉の軟化がみられるが、これも収穫後の経過時間によって変化の程度が異なる⁸⁾。またジャガイモでは、収穫直後の表皮のコルク化が完全にできていない時期に照射すると表皮の傷の治癒が遅れたり、微生物に対する抵抗性を低下させる⁹⁾¹⁰⁾。ミカンでも高線量の照射で果皮が褐変したり、軟化するが、収穫後の経過時間による果皮の放射線感受性の差は明らかでない。

Table 2. Radiation-sensitivity of Pen. digitatum of different incubation time on Citrus Unshiu.
Incubated at 5°C before irradiation.
Stored at 5-10° C after irradiation.

Incubation time before irradiation*	Number of rotted fruit/Total fruit after 40 days storage.					
	Dose (Krad)**					
	0	50	100	150	200	250
1 day	7/7	7/8	4/7	2/7	0/7	0/7
3 days	8/8	6/7	6/7	2/7	0/7	0/7
5 days	7/7	8/8	7/7	4/8	1/8	1/8
7 days	7/7	8/8	8/8	6/8	5/8	3/8

note: * Pen. digitatum was inoculated at 4 points on the lower shoulder of fruit using a needle replica and stored at 5°C until the irradiation.
** Fruit were irradiated from both of the steyley-end and stem-end at each dose respectively.

次にミカンの果皮表面に附着している微生物を殺菌するだけであれば、電子線のエネルギーを1 MeV以下にできるはずである。現在の電子線加速器を考えると、0.5 MeV以下のエネルギーで十分であればコストが極端に低下できるばかりでなく、取扱いが非常に容易になる。

そこで貯蔵前期の照射処理と電子線エネルギーの差による影響を調べるために、収穫後1週間のミカンの花梗部に緑かびの孢子を接種し、1 MeVおよび0.5 MeVの電子線で100~400 Krad照射し、殺菌効果とともに食味および外観を調べてみた。これらの結果は、第3表にまとめたが、Aグループは1 MeVのエネルギーで、Bグループは0.5 MeVのエネルギーの電子線で処理したものである。

またミカンの腐敗で実際に問題になるのは、収穫後2カ月以上を経た貯蔵後期のものであるので、実際には年内に収穫したミカンを経3~5°Cに貯蔵しておき、2月中旬以降に出荷させるものについて放射線で殺菌できればよいわけである。そこで、貯蔵後期の照射処理の影響をみるために、収穫後5°Cに2カ月貯蔵したミカンに緑かびを接種し、1 MeVの電子線で50~250 Krad照射し、5°Cに17日間貯蔵して殺菌効果をみるとともに、外観、食味の変化を調べた。また放射線の線質の差をみるために、同じく5°Cに2カ月貯蔵したミカンに、こちらは青かびを接種して、 ^{60}Co の γ 線で50~300 Krad照射したものを参考にした。これらは第4表にまとめたが、Cグループは電子線、Dグループは γ 線処理のものである。

(1) 放射線障害発生と照射時期との関連

以上の結果を総括し、まず照射時期の相違によって果皮の褐変などの障害に、どの程度の影響を及ぼすかを検討してみたい。第3表のAグループと第4表のCグループは、ともに、1 MeVで処理したものである。いずれも100~150 Kradでかびの発育を阻止しているが、食味および外観は、貯蔵前期に照射したものの劣化が著しく、200 Kradで果頂部が軟化し、エステルよりのオフフレーバーが発生している。一般にこうした果皮の軟化は長期貯蔵期間中に引続き油胞陥没、褐変を生じるものである。400 Kradではすでに油胞陥没を起こしており、これ以上の線量は不適当であろう。これに対し、貯蔵後期に照射したものは250 Kradでも軟化とか油胞陥没はみられず、収穫後の貯蔵期間中にミカンの果皮の放射線抵抗性が強くなるものと考えられる。

Table 3. Effects of different energy of cathode ray on the surface pasteurization and the quality change of Citrus Unshiu which had been inoculated and irradiated at early stage of storage*

Group**	Dose (Krad)	Number of rotted fruit/number of total fruit and appearance, flavor after 20 days of storage at 5°C	
A-1	0	20/20	Normal
A-2	100	0/20	Normal
A-3	200	0/20	Softened at steyley part, slight off-flavor
A-4	400	0/20	Destruction of oil-gland, softened peel, off-flavor
B-1	100	0/20	Normal
B-2	200	0/20	Dlight off-flavor
B-3	400	0/20	Destruction of oil -gland, softened peel, off-flavor
B-4	800	0/20	Softened peel, strong off-flavor

note: * Fruit ware stored at 5°C for 1 week after crop and inoculated with Pen. digitatum the day before irradiation.

** Group A was irradiated with 1 MeV of cathode ray.

Group B was irradiated with 0.5 MeV of cathode ray.

Table 4. Effects of cathode and gamma ray irradiation at the later stage of storage of Citrus Unshiu which had been inoculated with Penicilium sp.

Sample*	Dose (Krad)	Numbers of Rotted/Total		Appearance
		17 days	60 days	
C-1	0	20/20		No differences in flavor and appearance were detected between irradiated and non-irrad.
C-2	50	18/20		
C-3	100	8/20		
C-4	150	0/20		
C-5	200	0/20		
C-6	250	0/20		
D-1	0		11/11	Normal
D-2	50		9/12	Slight off-flavor
D-3	100		2/8	Strong off-flavor were detected over 100 Krad.
D-4	200		0/8	
D-5	300		0/8	

note: * Group C; Fruit were inoculated with Pen. digitatum and irradiated with 1 MeV of cathode ray and stored at 5°C for 17 days.

** Group D; Fruit were inoculated with Pen. italicum and irradiated with ^{60}Co - γ ray and stored at 3°C for 60 days.

(2) 電子線エネルギーおよび放射線線質の相異による影響

電子線エネルギーの差による殺菌効果を調べたものが第3表で、Aグループは1 MeV、Bグループは0.5 MeVの電子線で処理してある。未照射区の全試料が腐敗しているのに対し、両照射区はともに5℃、20日間の貯蔵中のかびの発育を抑えている。ミカン果皮の表面殺菌に、0.5 MeVの電子線は、1 MeVの電子線と同様に有効である。しかし、食味および外観は、前述の1 MeV区と同じく0.5 MeV区でも200 Kradの照射で劣化している。

次に電子線と γ 線との線質の相異による殺菌効果および品質への影響を第4表にまとめたが、Cグループは、1 MeVの電子線、Dグループは ^{60}Co の γ 線で処理したものである。

電子線、 γ 線ともに150~200 Krad以上の照射で顕著な殺菌効果を示している。しかし、フレーバー変化については、大きな差があり、 γ 線処理では50 Kradでオフフレーバーが検知でき、100 Krad以上では食用に耐えなくなるが、これに対し電子線では、250 Kradまで外観、食味になんら悪影響を与えない。電子線よりも γ 線処理によって、ミカンのオフフレーバーが発生しやすいことは明らかである。また果皮の褐変といった外観の劣化は、貯蔵後期のミカンの照射では、 γ 線の場合も100~300 Kradの処理では、電子線と同じく発生していない。

3. 果皮の放射線感受性に影響を与える諸因子

これまでの実験で150~200 Kradの電子線の照射によって、ミカン果皮に附着している緑かび、青かびを効果的に殺菌できることは明らかである。しかし、放射線量を高くすると表皮の軟化、油胞陥没が起こり、これに伴い褐色の斑点が発生、果皮の褐変化が起こる。この油胞陥没から褐変までの現象が、収穫後から照射処理までの経過時間が短いほど発生しやすいこともわかった。そこで1 MeVの電子線処理による果皮の褐変現象に対して、照射時間、照射後の貯蔵温度、キュアリングなどがどのような影響を与えるかについて、長期間の貯蔵試験によって検討した。

早期照射ミカンのうち、キュアリングしたものは3週間目に、キュアリングをしないものは収穫後1週間目に1 MeVの電子線で50~250 Krad照射し、照射後常温に貯蔵した。結果は第5表に示したように、早期照射の場合は未照射区の褐変化は起きていないが、照射区は、キュアリングの有無にかかわらず、線量の増加に伴い褐変が増えていく。また照射後の貯蔵期間が15日と21日のものを比べてわかるように、貯蔵日数が長くなると褐変化も増加していく。

後期照射の場合、照射後の常温貯蔵はキュアリングをしたものだけであるが、照射後の貯蔵期間30日または40日にかかわらず、キュアリング効果はまったくみられない。しかも未照射区でも褐変化が20コ中4コ生じており、また照射区でも早期照射と異なり線量依存性がみられない。これに対し、照射後5℃に貯蔵したものは、500 Kradまでの線量範囲内でキュアリングの有無にかかわらず、1コの例外を除いては40日間以上の貯蔵を行なっても、まったく褐変化を起こしていない。

以上の結果と、第3表、第4表の結果より電子線による果皮の軟化、油胞陥没、褐変現象についてまとめてみたい。早期照射の場合は、第3表、第5表より線量の増加に伴い軟化、油胞陥没が起こるが、照射後常温に貯蔵したもののほうが5℃に貯蔵したものより同程度の貯蔵期間後の褐変化がはっきりと現われている。つまり電子線による軟化→油胞陥没→褐変といった果皮の放射線障害は、照射後の低温貯蔵で抑制される。

後期照射の場合は、第4表、第5表よりわかるように照射後の低温貯蔵によって殺菌線量程度の放射線

Table 5. Effects of curing treatment and irradiation at early and later stage of storage on the destruction of oil-gland and occurrence of brown spot of the peel of Citrus Unshiu

Treatment of Samples	Number of brown spot occurred/Total fruit								
	Dose (Krad)								
	Total	0	50	100	150	200	250	300	500
Irradiated at early stage									
Stored at R.T.									
15 days Cured*	15	0/	1/	2/	3/	4/	6/		
Non-cured**	15	0/	1/	2/	6/	8/	9/		
21 days Cured*	15	0/	3/	3/	4/	6/	12/		
Non-cured**	15	0/	3/	4/	8/	9/	15/		
Irradiated at later stage***									
Stored at R.T.									
30 days Cured**	20	4/		11/	5/	7/		11/	19/
40 days Cured**	20	4/		16/	11/	9/		16/	20/
Stored at 5°C									
40 days Cured*	20	0/		0/	0/	0/		0/	0/
60 days Non-cured	20	0/		0/	1/	0/		0/	0/

note: * Fruits were treated at 5-7°C, RH 75-80 for 3 weeks just after the crop and irradiated with cathode ray.
 ** Fruits were stored at 5°C for 1 week after crop and irradiated with 1 MeV of cathode ray.
 *** Fruits were stored at 5°C for 2 months before the irradiation.

障害を完全におさえることができる。

キュアリングは果皮の放射線感受性に影響を与えず、またキュアリング処理だけでも褐変化も起こりうることを、照射後の常温貯蔵が褐変化を促進することから、なんらかの障害による果皮の軟化→油胞陥没→褐変は、貯蔵温度ばかりでなく、貯蔵中の温度も影響を与えるものと考えられる。以上のように果皮の軟化、油胞陥没、褐変といった一連の変化に果肉のフレーバー劣化までを含めた放射線障害は、まず収穫より放射処理までの時間経過が長いほど起こりにくい。このような現象はジャガイモの放射線処理で起こる表皮の微生物抵抗性の低下にもみられることで、貯蔵中に放射線抵抗性が増すのであろう。次に、とくに果皮の一連の放射線障害の場合に強調されることであるが、放射線処理後の貯蔵温度が高いほど障害が促進されている。これは、一般に微生物の放射線障害が培養適温では促進されるかまたは回復が遅れるが、低温におくと障害抑制または回復作用をみせるのと同じような現象と考えられる。同様なことが照射後貯蔵湿度にもみられ、湿度の低い冬期の室温貯蔵で果皮の放射線障害が促進され、またRH 100%に近い冷蔵庫での貯蔵では抑制されている。こうした現象を考え合わせると、放射線処理後に低温、高湿度に貯蔵することにより、果皮の放射線障害は抑制されるばかりではなく、回復作用が促されることも予想される。また0.5 MeVと1.0 MeVの電子線エネルギーによる果皮の放射線障害は、低エネルギーのほうが若干障害度が小さいが、その差は無視できる程度である。

こうした柑橘類の果皮の放射線障害は、照射前に果実を50～53°Cの温水に3～5分漬浸することによって防止できるとの報告¹¹⁾もあるが実用性に乏しい。

4. 照射ミカンの成分分析と官能検査

ミカン照射時期および電子線エネルギーの差について実験したサンプルのうち(第3表, 第4表参照)

A-1 (貯蔵前期, 未照射), A-2, (1 MeV, 100Krad), B-1 (0.5 MeV, 100Krad) と C グループ (貯蔵後期, 1 MeV) の C-1 ~ C-6 (未照射 ~ 250Krad) について, 長期間の貯蔵後成分分析を行なった。第3表, 第4表で用いた各試験区は, いずれも照射前にかびを接種したものであるが, 成分分析に用いたものは同一試料ではあるが, かびを接種せずに長期貯蔵にまわした。

Table 6. Some analytical data on flesh and juice of irradiated Citrus Unshiu

Sample & Group*	Number of sample	Average of wt.(g)	Flesh (%)	Juice (%)	Soluble solid (%)	Citric acid (%)	Dextrose /Acidity**
A-1	10	63.2	67	73	12.9	0.69	18.7
A-2	10	61.9	69	73	12.1	0.71	17.0
B-1	10	62.0	68	69	12.3	0.74	16.7
C-1	10	63.7	70	73	12.4	0.86	14.4
C-2	10	65.0	70	76	12.2	0.83	14.7
C-3	10	60.7	71	75	12.3	0.85	14.5
C-4	10	60.9	70	78	12.6	0.88	14.3
C-5	10	63.5	71	74	12.7	0.85	14.9
C-6	7	63.3	71	75	12.7	0.94	12.9

note: * Group A and B were stored at 5°C for 5 months. Group C were stored at 5°C for 3 months. All samples were not inoculated with Pen. sp.

** Readings of hand refract-meter/Acid titration value.

Table 7. Acceptability of irradiated Citrus Unshiu which had been irradiated at later stage and stored at 5°C for 2 months.

Dose(Krad)	Average Score (9 points hedonic-scale)					
	Non-Irrad.	100	150	200	300	500
Cured	4.8	5.8*	5.4	4.4	4.4	
Non-cured	4.4	5.5*	5.9*	5.7**	5.4*	5.2

note: * Significant from non-irradiated by probability 0.05.

** Significant from non-irradiated by probability 0.01.

18 panellists for cured sample and 15 panellists for non-cured sample.

結果は第6表にみられるように甘味比で前期照射のA, BグループのうちB-1が, 後期照射のCグループではC-6が低い数値を示しているほかはほとんど差がない。

官能検査に用いた試料は, 果皮の褐変化に用いた試料(後期照射, 5°C貯蔵)と同じものである。第7表に示されたように, 照射処理によってフレーバーが劣化した例はなく, 逆にキュアリングしないものは100~300Kradの照射で味がよくなっている。とくに200Krad照射区は99.9%の信頼度で未照射区よりもうまいミカンといえる。

電子線とγ線処理の差はこの照射後のフレーバー変化にはっきりと現われており, γ線処理の場合は殺菌効果の期待される線量以下でオフフレーバーが発生したが, 電子線処理では十分殺菌効果の認められる線量でまったくオフフレーバーは発生しないばかりか, 逆にうまさの点で品質が向上するわけである。

要 約

- (1) 緑かびの胞子をミカンの果皮に接種して、5℃に貯蔵後、1 MeVの電子線で処理すると、電子線照射前の貯蔵期間が長いほど殺菌効果は小さくなる。
- (2) 電子線照射線量が高くなると、果皮の軟化、油胞陥没が起こり、これに伴い褐色の斑点が発生し果皮の褐変化が起きる。この油胞陥没から褐変までの現象は、収穫から照射処理までの経過時間が短いほど発生しやすい。
- (3) 電子線照射による軟化→油胞陥没→褐変といった果皮の放射線障害は照射後の常温貯蔵によって促進され、3～5℃の低温貯蔵で抑制される。また電子線処理前のキュアリング（予措）は放射線障害の発生に抑制効果はない。
- (4) ミカン果皮の表面殺菌に、0.5 MeVの電子線は、1 MeVの電子線と同様な殺菌効果を示し、0.5～1.0 MeVのエネルギーでは差がなかった。1 MeVの電子線と⁶⁰Coのγ線を比較すると、殺菌効果は同程度であるが、γ線処理では50 Kradの低線量でオフフレーバーが発生し、電子線では250 Kradまで外観、食味はなんら悪影響を与えない。
- (5) 長期貯蔵後の電子線処理ミカンの成分と、未照射試料との間に差はなかった。また貯蔵後の官能検査では、照射処理によってフレーバーが劣化した例はなく、逆に100～300 Kradでは未照射区よりも高いスコアを示した。

文 献

- 1) 農林省統計調査部編：ポケット農林水産統計，（1968）。
- 2) 日園連 神田市場推定（1966）。
- 3) 農林省食糧研究所：食糧，Ⅱ9，1（1966）。
- 4) Sommer, N.F., Maxie, E.C. and Fortlage, R.J.: U.S. AEC. Research and Development, UCD-34 P 80-2 (1964).
- 5) Dennison, R.A. and Ahmed, E.M.: Food Irradiation 619, International Atomic Energy Agency (1966).
- 6) Kahan, R.S., Eisenberg, E. and Lapidot, M.: Food Irradiation 619, International Atomic Energy Agency, 743 (1966).
- 7) Hannan, R.S.: Special Report 61, Her Majesty's Stationery Office, (1965).
- 8) Maxie, E.C., Sommer, N.F. and Brown, D.S.: U.S. AEC. Research and Development Report, UCD-34 P 80-3 (1965).
- 9) Waggoner, P.E.: Am. Potato J., 32, 448 (1955).
- 10) Burton, W.G. and Hannon, R.S.: J. Sci. Food Agric., 8, 707 (1957).
- 11) Dennison, R.A. and Ahmed, E.M.: Seventh Annual AEC Food Irradiation Contractors Meeting, (U.S. AEC) 89 p. (1967).