

JAERI-M

6 5 4 8

高崎研究所における食品照射に関する開発研究 No.2

(1973年4月～1976年3月)

1976年5月

食品照射開発試験室

日 本 原 子 力 研 究 所
Japan Atomic Energy Research Institute

この報告書は、日本原子力研究所が JAERI-M レポートとして、不定期に刊行している研究報告書です。入手、複製などのお問い合わせは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしてください。

JAERI-M reports, issued irregularly, describe the results of research works carried out in JAERI. Inquiries about the availability of reports and their reproduction should be addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

高崎研究所における食品照射に関する開発研究 No.2

(1973年4月～1976年3月)

日本原子力研究所高崎研究所

食品照射開発試験室

(1976年4月24日受理)

この報告はさきに刊行したJAERI-M 5458(1973年12月)「高崎研究所における食品照射に関する開発研究・No.1」の続報として、1973年4月から1976年3月までの3カ年間に
おける研究成果を要約し、集録したものである。

食品照射特定総合研究関係では、馬鈴薯について傷を受けたものに対する照射の影響を調べ、
傷ついたものに照射しても実用上問題ないことを認めた。また照射用の大型コンテナ中の線量分
布の測定結果に基づいて土幌馬鈴薯照射施設の概念設計を行なった。さらに $5 \times 10^3 \sim 1 \times 10^5$
rad/hrにおいて、発芽抑制に及ぼす線量率の影響はほとんどないことを認めた。タマネギにつ
いては線量および照射時期と発芽抑制効果との関係について検討し、適期に照射すれば3～7
kradで十分発芽抑制できること等を認めた。米については放射線抵抗性の強い酵母菌の新種を
発見し、ウィンナーソーセージについては γ 線照射における線量と照射臭との関係および電子線
照射による表面殺菌の可能性等を検討した。

関連研究では、 γ 線照射によるマツタケの開傘抑制およびキノコ人工培養基の放射線殺菌につ
いて実用化の可能性があると思われる結果を得た。また発酵調節物質ビオチンの放射線分解、酵
素による放射線抵抗性菌の溶菌および γ 線照射によるブドウ酒中の褐変物質の褪色について基礎
的検討を行なった。

Food Irradiation in the Takasaki Radiation Chemistry Research
Establishment, No. 2. (April 1973 - March 1976)

Food Irradiation Development Laboratory, Takasaki, JAERI

(Received April 24, 1976)

The results of food irradiation research and development carried out from April 1973 to March 1976 are described.

In the national special nuclear research program of food irradiation, irradiation techniques and storage effects of potatoes, onions and vienna sausages were investigated. For potatoes, it was found that wounded potatoes are cured during storage after irradiation and keep good quality without sprouting. A conceptual design of the potato irradiator planned in Shihoro, Hokkaido was made on the basis of the dose distribution in a potatoes container. Effect of dose rate upon sprout inhibition of potatoes was not observed in the range of 5×10^3 to 1×10^5 rad/hr. For onions, effects of the radiation dose and irradiation timing on sprout inhibition were investigated. If onions were irradiated with 3 - 7krad within one month after harvesting, complete inhibition of sprouting could be achieved. For vienna sausages, changes in organoleptic qualities with γ -radiation dose and irradiation conditions were investigated. Shallow-irradiation of the vienna sausages by electron-beams for prevention of the slime production was also investigated. A new species of radio-resistant yeast was isolated from unpolished rice.

Other investigations carried out are effect of γ -irradiation in extending storage life of mushroom "Matsutake", radio-pasteurization of sawdust-media for cultivation of mushrooms, radiolysis of biotin, lysis of radio-resistant bacteria by lytic enzyme, and discolorization of browning compounds in wines by irradiation.

目 次

1. 食品照射特定総合研究関係	1
1) 放射線による馬鈴薯の発芽抑制 (第4報)	1
傷イモの治癒に及ぼすガンマー線照射の影響	
高野博幸, 青木章平, 梅田圭司, 佐藤友太郎	
2) 北海道士幌馬鈴薯照射施設の概念設計	4
佐藤友太郎, 田村直幸, 青木章平, 二階堂昭二, 橋 宏行, 久米民和,	
田中隆一, 田島 訓, 菊地孝行, 河合視己人, 景山英一	
3) γ 線照射による馬鈴薯の発芽防止における必要最低線量と線量率効果	10
久米民和, 橋 宏行, 青木章平, 佐藤友太郎	
4) 放射線によるタマネギの発芽抑制 (第3報)	14
“札幌黄”の発芽抑制効果と照射線量との関係	
高野博幸, 梅田圭司, 佐藤友太郎	
5) 放射線によるタマネギの発芽抑制 (第4報)	20
“札幌黄”の最適照射期間の延長	
高野博幸, 青木章平, 梅田圭司, 佐藤友太郎	
6) 実用規模におけるタマネギの放射線処理と線量分布	25
亀山研二, 高野博幸, 梅田圭司, 青木章平	
7) γ 線照射によるウインナーソーセージの品質変化	30
(ウインナーソーセージの放射線保蔵に関する研究, 第5報)	
渡辺 宏, 青木章平, 佐藤友太郎	
8) ウインナーソーセージの照射臭に関する予備的検討	35
(ウインナーソーセージの放射線保蔵に関する研究, 第6報)	
渡辺 宏, 青木章平, 佐藤友太郎	
9) 電子線照射によるウインナーソーセージの表面殺菌	40
渡辺 宏, 久米民和, 伊藤 均, 青木章平, 佐藤友太郎	
10) 米より分離した放射線抵抗性菌の新種 <i>Trichosporon orizae</i> nov. sp.	
について	45
伊藤 均, 飯塚 広, 佐藤友太郎	

2. 関連研究関係	50
1) γ 線照射による“マツタケ”の開傘抑制	50
青木章平, 渡辺 宏, 佐藤友太郎	
2) オガクズ培養基の放射線殺菌とキノコの栽培	55
伊藤 均, 佐藤友太郎	
3) ブドウ酒中の褐変物質に対する γ 線照射の影響	60
横塚弘毅, 渡辺 宏, 白石好博, 櫛田忠衛	
4) 水, エタノールの γ 線照射分解生成物による甲州ワイン中の 油状褐変物質の褪色	64
横塚弘毅, 渡辺 宏, 白石好博, 佐藤友太郎, 櫛田忠衛	
5) γ 線照射による希薄水溶液中でのビオチンの失活	68
(グルタミン酸発酵培地の放射線処理, 第2報)	
渡辺 宏, 青木章平, 佐藤友太郎	
6) <i>Achromobacter lunatus</i> の生産する溶解酵素による放射線抵抗性菌の溶菌	72
渡辺 宏, 久米民和, 岡沢精茂, 佐藤友太郎	
3. 総説その他発表リスト	76
3.1 総 説	76
3.2 講 演	76
3.3 放 送	76
3.4 公開特許	76

Contents

1. Studies on national special nuclear research program of food irradiation	1
1) Sprout inhibition of potatoes by ionizing radiation Part IV. Effect of γ -irradiation on the cure of wounded potatoes	1
Hiroyuki TAKANO, Shohei AOKI, Keiji UMEDA and Tomotaro SATO	
2) Conceptual design of a commercial potato irradiator for installation in Shihoro, Hokkaido	4
Tomotaro SATO, Naoyuki TAMURA, Shohei AOKI, Shoji NIKAIDO, Hiroyuki TACHIBANA, Tamikazu KUME, Ryuichi TANAKA, Satoshi TAJIMA, Takayuki KIKUCHI, Mikito KAWAI and Eiichi KAGEYAMA	
3) Effective γ -ray dosage and dose rate in sprout inhibition of potatoes	10
Tamikazu KUME, Hiroyuki TACHIBANA, Shohei AOKI and Tomotaro SATO	
4) Sprout inhibition of onions by ionizing radiation Part III. Effect of irradiation dose level on the sprouting of onions var. "Sapporoki"	14
Hiroyuki TAKANO, Keiji UMEDA and Tomotaro SATO	
5) Sprout inhibition of onions by ionizing radiation Part IV. Effect of post-harvest treatment on extension of irradiation time for storage of onions	20
Hiroyuki TAKANO, Shohei AOKI, Keiji UMEDA and Tomotaro SATO	

6) Dose distribution in onion container irradiated by commercial irradiator	25
Kenji KAMEYAMA, Hiroyuki TAKANO, Keiji UMEDA and Shohei AOKI	
7) Changes in the organoleptic qualities of vienna sausages by gamma irradiation (Radiation preservation of vienna sausage, Part V)	30
Hiroshi WATANABE, Shohei AOKI and Tomotaro SATO	
8) Studies of the off-flavor of vienna sausage irradiated with gamma rays (Radiation preservation of vienna sausage, Part VI)	35
Hiroshi WATANABE, Shohei AOKI and Tomotaro SATO	
9) Shallow irradiation of vienna sausage by electron beams for Prevention of the slime production	40
Hiroshi WATANABE, Tamikazu KUME, Hitoshi ITO, Shohei AOKI and Tomotaro SATO	
10) A new radio-resistant yeast of <u>Trichosporon oryzae</u> nov. sp. isolated from rice	45
Hitoshi ITO, Hiroshi IIZUKA and Tomotaro SATO	
2. Related studies	50
1) Extending the storage life of mushroom "Matsutake" by γ -irradiation	50
Shohei AOKI, Hiroshi WATANABE and Tomotaro SATO	

2) Radiopasteurization of sawdust media used in propagation of mushrooms	55
Hitoshi ITO and Tomotaro SATO	
3) Effects of cobalt-60 gamma-irradiation on browning compounds in wines	60
Koki YOKOTSUKA, Hiroshi WATANABE, Yoshihiro SHIRAIISHI and Tadae KUSHIDA	
4) Decolorization of oily browning compounds from Kosshu wine by products formed by γ -radiolysis of water and ethanol	64
Koki YOKOTSUKA, Hiroshi WATANABE, Yoshihiro SHIRAIISHI, Tomotaro SATO and Tadae KUSHIDA	
5) Gamma-ray inactivation of biotin in dilute aqueous solution (Irradiation treatment of medium on L-glutamic acid fermentation Part II)	68
Hiroshi WATANABE, Shohei AOKI and Tomotaro SATO	
6) Lysis of radio-resistant bacteria by enzyme of <u>Achromobacter</u> <u>lunatus</u>	72
Hiroshi WATANABE, Tamikazu KUME, Yoshishige OKAZAWA and Tomotaro SATO	
3. List of reviews and others	76
3.1 Reviews	76
3.2 Lectures	76
3.3 Television	76
3.4 Patents	76

1. 食品照射特定総合研究関係

1) 放射線による馬鈴薯の発芽抑制 (第4報)

傷イモの治癒に及ぼすガンマー線照射の影響

高野博幸*・青木章平・梅田圭司*・佐藤友太郎

(* 農林省食品総合研究所)

目 的

前報^{1,2,3)}では放射線照射による馬鈴薯の発芽抑制効果について検討し、休眠期間中に7~15krad照射すれば少なくとも収穫後8カ月間は発芽抑制できることを報告した。これらの研究成果がみのり、昭和47年8月30日馬鈴薯の発芽防止のためのCo-60 γ 線照射が許可され、現在実用化の段階へと進んでいる。実用化に際しては収穫時あるいは輸送中に損傷を受けた馬鈴薯の傷の治癒に対して照射が影響するかどうか問題となる。この点に関しては、15krad以上の照射の場合、損傷馬鈴薯が入っていたり、あるいは照射後損傷を受けたりすると腐敗が多くなるという報告⁴⁾がある。また、照射馬鈴薯ではコルク層の形成が遅れたり⁵⁾、必要以上に高い線量では病原菌に対する抵抗性が減少して腐敗することがあると述べた報告⁶⁾もある。しかし実用化を前提として各種傷イモの治癒について研究した例は見あたらない。そこで今回は昭和46年および47年北海道十勝産の馬鈴薯を用い、傷の治癒に及ぼす照射の影響について検討した。

実験方法

1. 試 料

46年産試料としては「男しゃく」の健全個体を用い、照射の30日前、20日前、10日前、直前、直後、10日後、20日後、30日後に、切傷(深さ約0.5cm,長さ約5cm)、切取傷(表面の一部を径2~3cm切取る)、打撲傷(表面をたたいて破壊)を故意につけた。そして各区100個体を5℃に貯蔵し、傷の治癒程度および腐敗の発生を観察した。

47年産試料としては10~11月に収穫した「男しゃく」、「メイクイン」、「農林1号」、および「雪白」の4品種について収穫時すでに打撲や切傷など著しい傷を受けたものを用いた。そして各区50個体を照射後5℃および常温に貯蔵し、46年産試料の場合と同じく傷の治癒程度、腐敗の発生、および発芽状態を観察した。照射は11月8日に行なった。

2. 照射方法

照射は原研高崎研究所の γ 線照射施設により行なった。各傷イモ別に幅15×30×30cmの穴あきダンボールに50個体(7~8kg)の試料を入れ、線量率 1×10^5 R/hrの位置で反転両面照射した。線量は10krad、照射温度は室温とした。

実験結果および考案

照射前に切傷、切取傷、または打撲傷をつけ、10krad照射しても、照射後45日目において傷部はすでに完全に治癒され、腐敗個体も認められなかった。照射後に傷をつけた場合も照射後100日目の観察において同じく傷は完全に治癒していた。

収穫時に傷を受けた試料に10krad照射した場合も5°Cまたは常温貯蔵中に傷部は完全に治癒され、内部にまで傷が進行することなく収穫後8カ月間の貯蔵が可能であった。なお、傷の治癒程度に関して品種間に差は認められなかった。

文 献

- 1) 梅田圭司・高野博幸・佐藤友太郎：食品工誌，16，508(1969)。
- 2) 梅田圭司・川嶋浩二・高野博幸・佐藤友太郎：食品工誌，16，515(1969)。
- 3) 高野博幸・田中芳一・梅田圭司・佐藤友太郎：農林省食研報告，No.27，64(1972)。
- 4) Brownell, L. E., Gustafson, F. G., Nchemias, J. V., Isleib, D. R. and Hooker, W. J. : Food Technol., 11, 306(1957)。
- 5) Sawyer, R. L. : Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 67, 5146(1956)。
- 6) Workman, M., Petterson, M. E., Ellis, N. K. and Heiligman, F. : Food Technol., 14, 395(1960)。

Sprout Inhibition of Potatoes by Ionizing Radiation Part IV.

Effect of γ -Irradiation on the Cure of Wounded Potatoes

Hiroyuki TAKANO*, Shohei AOKI, Keiji UMEDA*

and Tomotaro SATO

(* National Food Research Institute)

Effect of γ -irradiation on the cure of wounded potatoes was studied using four varieties harvested in Hokkaido. The intentional wounds as incision, cut and bruise were inflicted at 1, 10, 20 and 30 days before and after irradiation with 10 krad on potatoes var. "Danshaku" harvested in 1971. On the potatoes wounded before irradiation, these wounds were cured during storage for 45 days at 5°C after irradiation. Similarly the wounds were also cured when the potatoes were wounded after irradiation. Naturally wounded potatoes as incision and bruise were collected from four varieties of "Danshaku", "Norin Ichigo", "May Queen" and "Yukishiro" harvested in 1972. These wounded potatoes were irradiated after about 20 days of harvest and stored at 5°C or ambient temperature. The wounds were cured during storage irrespective of the storage temperature.

Report of National Food Research Institute, No.29, 48 (1974).

2) 北海道士幌馬鈴薯照射施設の概念設計

佐藤友太郎・田村直幸・青木章平・二階堂昭二・橘 宏行・久米民和・
田中隆一・田島 訓・菊地孝行・河合視己人・景山英一

はじめに

昭和42年以降原子力特定総合研究として進められている食品照射開発研究における成果の一つとして、昭和47年8月馬鈴薯について発芽防止を目的とする γ 線照射が厚生省により正式に許可された。¹⁾これによりわが国の食品照射も実用化・企業化の段階へと進むことになった。ここにおいて農林省では、48年度事業として馬鈴薯の発芽防止のための⁶⁰Co照射施設を馬鈴薯の主生産地である北海道士幌町に建設することを計画した。この計画の事業主体となる士幌町農協では、この計画を受けて施設の概念設計に関する技術指導を原研高崎研究所に依頼した。そこで高崎研究所ではこの研究指導依頼に十分対処するため、食品照射開発試験室および照射施設課を中心として士幌照射施設ワーキンググループ(γ 線照射施設開発グループ)を組織し、馬鈴薯照射施設の概念設計について技術面、経済面等について検討を行ない、48年2月その結論をまとめた。本報告はその内容をまとめたものである。

概念設計の条件

士幌町農協より依頼された技術指導内容は、馬鈴薯を大型照射容器によって効率よくかつ均一に照射するための γ 線照射施設の概念設計を行なうことであり、その条件は、照射容器として内法巾98×長164×高130cmのコンテナを用い、吸収線量6~15krad(線量均一度2.5)の範囲で10,000ton/月の処理能力を有することであった。この照射要因をみたま鈴薯照射施設の設計にあたって必要なことは、大型コンテナ内での馬鈴薯の吸収線量分布の算定と、それを所定の線量範囲内におさめるための照射方式および照射条件の決定であった。

線量分布の算定

線量分布の算定において最も重要な因子はビルドアップ係数の取扱いである。従来より求められているビルドアップ係数は、単純化された幾何学的条件を仮定しているのので、本照射施設のような複雑な幾何学的条件に対してそのまま適用することはできない。そこで実際に用いる大型コンテナに馬鈴薯を詰めて吸収線量分布の測定を行ない、その結果からビルドアップ係数を実験的に求めることとした。フリツケ線量計を用いて測定した大型コンテナ中の馬鈴薯の吸収線量分布をFig. 1に示した。この結果からコンテナ内の深さ t cmにおけるビルドアップ係数 $B(t)$ を求める近似式を計算したところ、 $B(t) = 2.10 \times 10^{-6} t^3 - 1.528 \times 10^{-4} t^2 + 3.45 \times 10^{-2} t$ という式が得られた。この近似式により求められたビルドアップ係数は、種々の条件下における測定値とよく一致し、また他の文献値²⁻⁴⁾との相対的比較からも十分妥当であると考えられた。

照射方式の検討

求められたビルドアップ係数を用いて、考えられる種々の照射方式について線量分布計算を行ない所定の条件を満足する最も効率的かつ実現可能な照射方式の検討を行なった。Table 1にリニアライン方式(1段式, 2段式, 3段式)およびサークルライン方式について線量分布計算から検討した結果を示した。リニアライン方式では、照射有効幅を大きくすると照射処理量は増加するが、斜め入

射成分の影響で線量均一度は悪くなる。したがって、照射処理量一定の条件では、線量均一度をよくするためには、線源量を大きくする以外方法がないと結論された。これに対しサークルライン方式では照射有効幅が大きく、かつ線量均一度がよい照射方式であると考えられた。以上の検討内容から総合的に判断した結果、必要線源量が比較的少なくかつコンベア機構の単純なサークルライン方式の採用が望ましいと結論された。

まとめ

以上、馬鈴薯照射施設設計上考慮を必要とする照射条件および装置の概要等について検討した結果を概念的な仕様としてまとめ、Table 2に示した。

士幌町農協は本報告内容を基にして照射施設の詳細仕様を定め、建設を行なった。そして昭和49年1月11日「士幌アイソトープ照射センター」として本格的操業を開始した。最後に参考として、完成した照射施設の平面図を本装置の施工に当たった川崎重工業(株)の発表資料⁵⁾より引用し、Fig. 2に示した。

文 献

- 1) 厚生省告示第285号, 昭和47年8月30日, 官報第13707号(1972).
- 2) Goldstein, H. and Wilkins, J. E. : NYO-3075(1954).
- 3) Furuta, Y., Tsuruo, A., Miyasaka, S., Tamura, K., and Kanemori, Y. : Nucl. Sci. Eng., 25, 85(1966).
- 4) Taylor, J. J. : WAPD-RM-217(1954).
- 5) 田中義久, 竹村守雄, 西山昭之助, 清水信男, 高田成美, 鈴木 熙, 猪鹿倉幸治, 塩見信孝 : FAPIG. No. 74. 35 (1974).

Conceptual Design of a Commercial Potato Irradiator
for Installation in Shihoro, Hokkaido

Tomotaro SATO, Naoyuki TAMURA, Shohei AOKI,
Shoji NIKAIDO, Hiroyuki TACHIBANA, Tamikazu KUME,
Ryuichi TANAKA, Satoshi TAJIMA, Takayuki KIKUCHI,
Mikito KAWAI and Eiichi KAGEYAMA

With permission of the γ -irradiation of potatoes for sprout inhibition by the Government in August 1972, it was decided to construct a commercial potato irradiator in Shihoro, Hokkaido. Design study of the irradiator has been carried out by the Takasaki Research Establishment, JAERI, upon request of Shihoro Agricultural Co-operative Association which will be owner of the irradiator. Concerning the irradiation conditions and the dose distribution in a potatoes container, the following were revealed : For the large container holding 1.5 tons of potatoes with irradiation by a circular-line conveyor moving around the ^{60}Co source, 300 kCi of ^{60}Co at least is necessary for attaining the absorbed-dose range of 6 - 15 krad and the irradiation capacity of 10,000 tons per month. If a straight-line motion conveyor is used instead, larger intensity of the ^{60}Co source is required to attain the same irradiation conditions. The source may preferably be stored in a water-filled pool rather than a lead- or concrete-shielded dry container.

JAERI-M 6000 (1975).

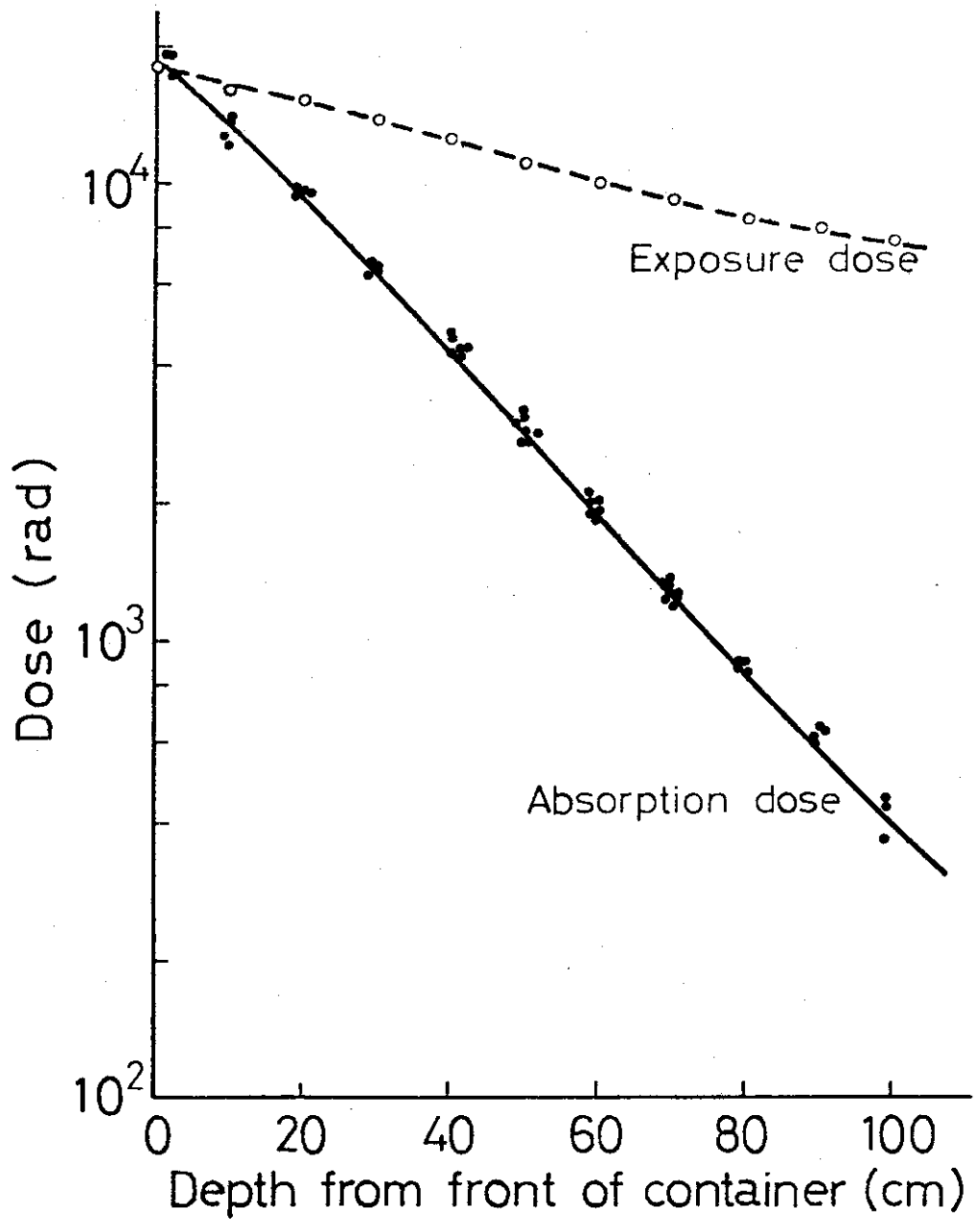


Fig.1. Dose Distribution in Container with Potatoes

Distance between source and container : 205cm

Source : ^{60}Co 62,500Ci, ρ : 0.72g/cm^3

Table 1. Comparison of Various Conveyer Systems When Dose Uniformity is 2.50 and Less

Conveyer system	Distance between source and sample(cm)	Required source activity(kCi)	Utilization efficiency(%)
Circular-line	450	255	10.6
Single straight-line	600	992	2.7
Double straight-line	700	929	2.9
Triple straight-line	600 and 900	546	5.0

Table 2. General Descriptions of Irradiation Facility

Item	Descriptions
Gamma-source	^{60}Co pellet (12mm ϕ x 300mm) ; 300kCi (possible to contain 1,000kCi)
Absorbed dose	6 ~ 15krad
Dose uniformity	2.5
Irradiation container	Internal dimentions; 98cm x 164cm x 130cm
Processing capacity	10,000ton / M
Source suppoter	Cylindrical shape (1m ϕ x 1m)
Distance from source to conveyer	More than 4m
Method of source strage	Water pool

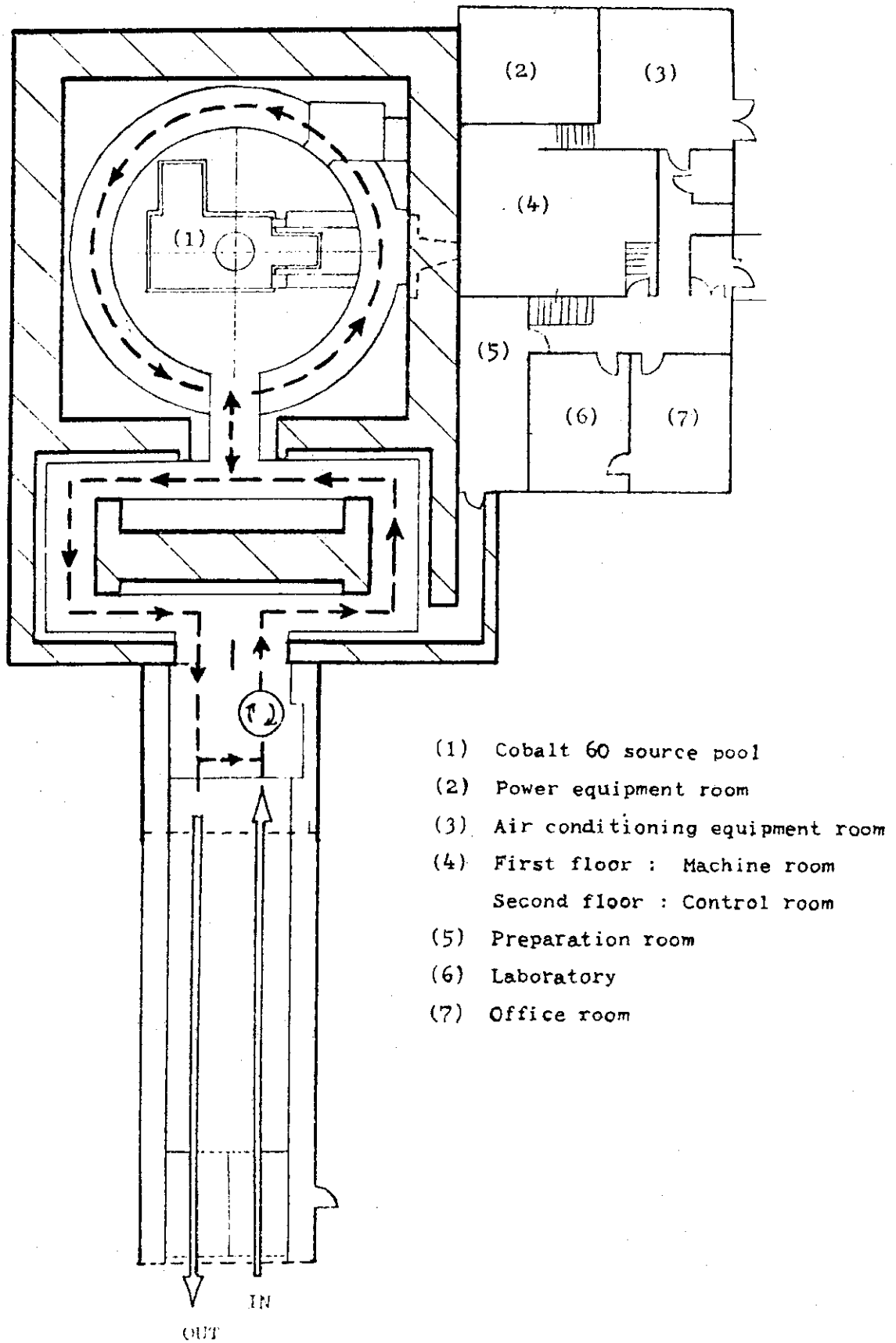


Fig. 2. Ground Plane of "Shihoro" Cobalt 60 Irradiation Facility

3) γ 線照射による馬鈴薯の発芽防止における必要最低線量と線量率効果

久米民和・橋 宏行・青木章平・佐藤友太郎

目 的

発芽防止を目的とした馬鈴薯の実用照射においては、発芽防止に必要な最低線量と許可線量 15krad の範囲内で照射を行なわなければならない。この場合、許容線量範囲が広いほど大量の試料を経済的かつ効率よく照射することが可能となる。しかし、馬鈴薯の発芽防止に必要な最低線量の厳密な測定は我国ではほとんど行なわれていない。わずかに、これまでに行なわれた発芽防止効果に関する試験結果から、パッケージ照射における線量均一度を考慮して、6 krad の照射で十分発芽防止効果があると推定されているだけである¹⁾。また馬鈴薯の発芽防止に及ぼす線量率の影響に関する報告はいくつかあるが、我国では線量率 $5 \times 10^2 \sim 1 \times 10^3$ R/hr の場合より 1.6×10^5 R/hr の方が効果が大きいという緒方らの報告²⁾があるにすぎない。

そこで、本実験では馬鈴薯の発芽防止に必要な最低線量と、馬鈴薯の実用照射において使用可能であると考えられる線量率範囲での線量率効果の有無について検討した。

実験方法

試料としては北海道士幌町で収穫された 48 年産 (昭和 48 年 10 月収穫) および 49 年産 (昭和 49 年 9 月収穫) の“男爵”種を用いた。線源としては約 50,000Ci および 25,000Ci の⁶⁰Co 板状線源を用い、厚さ 15 cm あるいは 10 cm のダンボール箱に馬鈴薯を詰めて反転照射した。馬鈴薯を詰めたダンボール箱内の吸収線量分布の測定は鉄線量計を用いて行なった。48 年産試料の照射は昭和 48 年 12 月 2 日に行ない、照射後室温 (1~24°C) および低温 (4°C) と貯蔵条件を変えて、共に 6 カ月間貯蔵した。49 年産試料の照射は昭和 49 年 10 月 21 日に行ない、照射後室温で 7 カ月間貯蔵した。貯蔵中一定期間毎に各試料区の発芽率、腐敗率および発芽の状態について調べた。

実験結果および考察

48 年産馬鈴薯を 4, 5, 6, 7 krad 照射し、照射後室温で 4 カ月および 6 カ月間の貯蔵試験を行なった結果を Table 1 に示した。なお、本実験で用いた各試料区の吸収線量のバラツキは、パッケージ内吸収線量分布を測定した結果から $\pm 2\%$ 程度の範囲内であると考えられる。4 カ月貯蔵では非照射区のみが発芽が認められたが、各照射区ではいずれも発芽は認められなかった。6 カ月貯蔵後では、非照射、4 krad および 5 krad 照射区で腐敗した試料を除く全ての試料が発芽した。6 krad 照射区では 3.9% の発芽 (実際には幼葉であり³⁾、その後の伸長は抑制されていた) が認められたが、7 krad 照射区では発芽は認められなかった。また発芽した芽の長さは線量が高いほど短かく、馬鈴薯 1 個当りの発芽個所も少なくなる傾向が認められた。照射後 4°C で貯蔵した試料は 6 カ月貯蔵後でも発芽はほとんど認められなかったが、この試料を約 20°C の室温に移してさらに 24 日間貯蔵した結果は Table 1 に示した結果とほぼ同じであった。以上の結果から、収穫年度、試料の品種、照射時期、貯蔵条件等により多少異なることは考えられるが、収穫後 8 カ月間以上馬鈴薯の発芽を防止する

ための必要線量はほぼ6 krad であると結論された。

北海道札幌アイソトープ照射センター⁴⁾における馬鈴薯の実用照射は、大型コンテナを用いているため $5 \times 10^3 \sim 1 \times 10^4$ rad/hr 程度の線量率を用いている。線源利用効率等経済性を考慮すると、これよりも低い線量率を用いることは実用上不可能であろうと考えられる。また高崎研の食品照射Co棟のコンベアを用いて線量率 1×10^5 rad/hr の位置で照射する場合、厚さ30 cmのパッケージを用いれば線量均一度2.5以内で約4 t/hr (線源40,000Ci)の処理能力が得られる。このように小さいパッケージを用いる場合には、 1×10^5 rad/hr の線量率を用いた実用照射も可能であると考えられる。そこで49年産馬鈴薯を用いて、実用照射で使用可能と考えられる $5 \times 10^3 \sim 1 \times 10^5$ rad/hr の線量率範囲で6 krad の照射を行ない、照射後室温で6カ月および7カ月間の貯蔵試験を行なった結果をTable 2に示した。6カ月貯蔵後では、非照射区のみが発芽が認められ、照射区ではいずれの線量率を用いた場合にも発芽は認められなかった。7カ月貯蔵後では、各照射区でわずかな発芽が認められたが、線量率による発芽防止効果の相異はほとんど認められなかった。48年産馬鈴薯について、 $5 \times 10^3 \sim 5 \times 10^4$ rad/hr の線量率を用いて5 krad および7 krad 照射した場合にも線量率の影響はほとんど認められなかった。したがって、 $5 \times 10^3 \sim 1 \times 10^5$ rad/hr の実用線量率範囲では、馬鈴薯の発芽防止効果に及ぼす線量率効果はほとんどないと考えられた。

文 献

- 1) 佐藤友太郎ら : JAERI-M 6000 (1975)
- 2) 緒方邦安 : 第6回日本アイソトープ会議報文集, 939 (1965).
- 3) 高野博幸・田中芳一・梅田圭司・佐藤友太郎 : 農林省食糧研究所報告, 27, 64 (1971).
- 4) 安村司郎 : 第10回日本食品照射研究協議会講演資料 (1974).
- 5) 橘 宏行・久米民和・八木国光・青木章平・佐藤友太郎 : 食品照射, 10, 76 (1975).

Effective γ -Ray Dosage and Dose Rate in Sprout

Inhibition of Potatoes

Tamikazu KUME, Hiroyuki TACHIBANA, Shohei AOKI

and Tomotaro SATO

Effective minimum dosage and effect of the dose rate have been studied for commercial γ -irradiation of potatoes, to inhibit their sprouting, with the variety "Danshaku".

Potatoes harvested in October 1973 were irradiated to 4~7 krad at a dose rate of 1×10^4 rad/hr, and stored at ambient (1~24°C) and low temperature (4°C) for 8 months after harvest. The dosages of 6 and 7 krad are effective for 8 months, but 4 and 5 krad are not. The minimum dose to inhibit sprouting of potatoes is 6 krad.

Effect of dose rate was examined with the potatoes harvested in October 1973 and September 1974. They were irradiated to 5~7 krad at the dose rates of $5 \times 10^3 \sim 1 \times 10^5$ rad/hr, to observe the percentage of sprouting in 8 months storage. There is no differences in the range of dose rate.

JAERI-M 6408 (1976).

Table 1. Effect of Gamma Irradiation on Spoilage of Potatoes Stored at Ambient Temperature for 4 and 6 Months after Irradiation

Storage after irradiation	Dose (krad)	Total number	Sprout		Rot		Sprout length(mm)
			number	%	number	%	
4 months	Unirradiated	102	101	99.0	1	1.0	<10
	4	90	0	0	1	1.1	
	5	72	0	0	0	0	
	6	76	0	0	1	1.3	
	7	80	0	0	1	1.3	
6 months	Unirradiated	102	101	99.0	1	1.0	20 ~ 150
	4	90	83	92.2	7	7.8	10 ~ 30
	5	72	62	86.1	10	13.9	5 ~ 10
	6	76	3	3.9*	6	7.9	< 5
	7	80	0	0	7	8.8	

Samples were harvested in Oct. 1973 and irradiated on 2 Dec. 1973 at dose rate of 1×10^4 rad/hr.

* These buds were rudimentary leaves and failed to grow further.

Table 2. Effect of Dose Rate on Spoilage of Potatoes Stored at Ambient Temperature for 6 and 7 Months after Irradiation

Storage after irradiation	Dose rate (rad/hr)	Dose (krad)	Total number	Sprout		Rot		Sprout length(mm)
				number	%	number	%	
6 months	Unirradiated		94	85	90.4	9	9.6	<10
	5×10^3	6	91	0	0	9	9.9	
	1×10^4	6	84	0	0	3	3.6	
	5×10^4	6	83	0	0	1	1.2	
	1×10^5	6	83	0	0	0	0	
7 months	Unirradiated		94	85	90.4	9	9.6	10 ~ 50
	5×10^3	6	91	2	2.2*	9	9.9	< 5
	1×10^4	6	84	1	1.2*	3	3.6	< 5
	5×10^4	6	83	2	2.4*	1	1.2	< 5
	1×10^5	6	83	3	3.6*	0	0	< 5

Samples were harvested in Sep. 1974 and irradiated on 21 Oct. 1974.

* See footnote of Table 1.

4) 放射線によるタマネギの発芽抑制 (第3報)

“札幌黄”の発芽抑制効果と照射線量との関係

高野博幸*・梅田圭司*・佐藤友太郎

(* 農林省食品総合研究所)

目 的

放射線照射によるタマネギの発芽抑制効果について、これまで“泉州黄”は収穫後60日以内に照射すれば7~15kradの照射で十分発芽抑制できるが、“札幌黄”では発芽抑制効果が明らかとならず、なお詳細な検討が必要であることを報告した^{1,2)}。そこで今回は昭和44年産および45年産“札幌黄”を用い、照射線量と発芽抑制効果との関係について検討した。

実験方法

試料として用いた“札幌黄”は44年9月および45年9月北海道岩見沢で収穫したものである。44年産については収穫後27日および104日に15, 30および60krad照射した。また45年産については収穫後35日および88日に3, 7および15krad照射した。照射は原研高崎研の⁶⁰Co γ 線照射施設により行なった。照射後44年産試料は5°C, 10°Cおよび常温に、また45年産試料は5°Cおよび常温にそれぞれ収穫後8カ月まで貯蔵し、各区100個体について貯蔵中における発芽球数と腐敗球数とを調べた。さらに照射処理、照射時期および貯蔵条件が発芽抑制効果に及ぼす影響を及ぼすか分散分析法³⁾により検討した。

実験結果および考察

1. 44年産試料

照射時期および貯蔵温度に関係なく30krad以上の線量では発芽抑制効果は認められなかった。15krad照射でも発芽を完全に抑制することはできなかったが、貯蔵中における発芽率は他の照射区より小さく、収穫後8カ月の健全球率において非照射試料との間に有意差が認められた。また、44年産試料では貯蔵中の腐敗が照射とは関係なく極めて多かった。これは収穫後の乾燥が十分でなかったか、試料自体が未熟であったためではないかと考えられる。適期に収穫したものを十分乾燥して用いれば、腐敗率は低下すると考えられる。

2. 45年産試料

Table 1および2に照射後の貯蔵中における発芽率と腐敗率を示した。収穫後35日に3~15krad照射した試料は5°Cおよび常温貯蔵区とも発芽率は0~1%と極めて低く、ほぼ完全に発芽抑制することができた。いっぽう収穫後88日に照射した試料では発芽抑制効果が完全ではなかった。Table 3には収穫後8カ月まで貯蔵した試料の健全球率を示した。健全球率は発芽球、発根球および腐敗球を除いて算出したものである。この結果、非照射試料の健全球率は21~26%であるのに対し、収穫後35日に照射した試料では98~100%と照射時の状態をほぼ完全に保持していた。一方、収穫後88日に照射した試料では非照射試料にくらべ健全球率は高かったが、照射試料間で比較した

場合、線量が増加するにつれて健全率は低下した。いずれの試料についても貯蔵温度による差は認められなかった。

以上のことから、収穫後8カ月間の貯蔵を目的とした発芽抑制のためには収穫後約1カ月以内に3～15 krad 照射するのが良いと考えられた。なお、照射時にタマネギを半割りにし、内芽の伸長状態を観察したところ、収穫後35日においては内芽の伸長は1 cm 程度であった。しかし収穫後88日ではタマネギの直径の3分の2以上にまで伸長していた。この内芽の伸長度と放射線による発芽抑制効果との間には何らかの関係があるものと思われる。

文 献

- 1) 梅田圭司・早川 昭・高野博幸・佐藤友太郎：農林省食研報告，No.25，24（1970）。
- 2) 高野博幸・田中芳一・梅田圭司・佐藤友太郎：農林省食研報告，No.27，59（1972）。
- 3) 数理統計学手法の理論と応用，農林水産技術会議，農林協会刊（1966）。

Sprout Inhibition of Onions by Ionizing Radiation
Part III. Effect of Irradiation Dose Level on the
Sprouting of Onions var. "Sapporoki"

Hiroyuki TAKANO*, Keiji UMEDA* and Tomotaro SATO
(* National Food Research Institute)

The effect of Co-60 γ -irradiation was studied on the sprouting and decaying of "Sapporoki" onions. Samples were harvested in September 1969 and 1970. In the case of 1969 year samples, they were irradiated with 15 - 60 krad at 27 and 104 days after harvest and stored at ambient temperature, 10°C and 5°C. Complete inhibition of sprouting was not possible in such high doses. In the case of 1970 year samples, they were irradiated with 3 - 15 krad at 35 and 88 days after harvest and stored at ambient temperature and 5°C. Almost complete inhibition of sprouting was observed in onions irradiated at 35 days after harvest. In onions irradiated at 88 days after harvest, the sprouting ratio was higher than that in the samples irradiated at 35 days. The results show that if "Sapporoki" onions are irradiated with 3 - 15 krad within about one month after harvest, the inhibition of sprouting and the extension of shelf-life up to 8 months after harvest can be achieved.

Report of National Food Research Institute, No.29, 55 (1974).

Table 1. Effect of γ -ray Irradiation on the Spoilage (%) of Irradiated Onions during Storage

Samples were irradiated at 35 days after harvest.

Storage temp.	Dose (krad)	Days from harvest						
		35	73	108	147	170	210	228
Room temp. (R.T.)	0							
	Sprout	0	0	0	5	5	33	65
	Rot	0	0	0	0	0	0	0
	3							
	Sprout	0	0	0	2	2	2	2
	Rot	0	0	0	0	0	0	0
	7							
	Sprout	0	0	0	0	0	1	1
	Rot	0	0	0	0	0	0	0
	15							
	Sprout	0	0	0	0	0	1	1
	Rot	0	0	0	0	0	0	0
5°C	0							
	Sprout	0	0	0	1	1	11	20
	Rot	0	0	0	0	0	0	0
	3							
	Sprout	0	0	0	0	0	0	0
	Rot	0	0	0	0	0	0	0
	7							
	Sprout	0	0	0	1	1	1	2
	Rot	0	0	0	0	0	0	0
	15							
	Sprout	0	0	0	0	1	1	1
	Rot	0	0	0	0	0	0	0

Table 2. Effect of γ -ray Irradiation on the Spoilage (%) of Irradiated Onions during Storage

Samples were irradiated at 88 days after harvest.

Storage temp.	Dose (krad)	Days from harvest					
		88	108	147	170	210	228
Room temp. (R.T.)	0						
	Sprout	0	0	2	4	35	63
	Rot	0	0	0	0	0	0
	3						
	Sprout	0	0	1	5	24	31
	Rot	0	0	0	0	0	0
	7						
	Sprout	0	0	6	11	34	59
	Rot	0	0	0	0	0	0
	15						
	Sprout	0	0	7	11	42	66
	Rot	0	0	0	0	0	0
5°C	0						
	Sprout	0	0	0	1	8	18
	Rot	0	0	0	0	0	0
	3						
	Sprout	0	0	0	0	5	19
	Rot	0	0	0	0	0	0
	7						
	Sprout	0	0	0	0	15	34
	Rot	0	0	0	0	0	0
	15						
	Sprout	0	0	0	2	15	38
	Rot	0	0	0	0	0	0

Table 3. Survivals (%) of Irradiated Onions after
8 Months Storage

	Dose (krad)			
	0	3	7	15
Sample A *				
Stored at R.T.	22	98	99	99
" 5°C	25	100	98	98
Sample B **				
Stored at R.T.	21	60	34	34
" 5°C	26	65	54	47

* Sample A was irradiated at 35 days after harvest.

** Sample B was irradiated at 88 days after harvest.

5) 放射線によるタマネギの発芽抑制 (第4報)

“札幌黄”の最適照射期間の延長

高野博幸*・青木章平・梅田圭司*・佐藤友太郎

(* 農林省食品総合研究所)

目 的

Co-60 の γ 線を用いてタマネギの発芽抑制を行なう場合、収穫後1カ月以内に照射すれば3~15 krad 照射ではほぼ完全に発芽抑制されることを報告した¹⁾。しかし、収穫後1カ月以内に照射しなければならないということは、収穫後の乾燥期間(約2週間)を除くと照射期間は2週間しかないことになる。実用化をはかる場合には、このような短期間に大量処理することはほとんど不可能である。そこで乾燥途中で照射しても発芽抑制が可能かどうか、また低温貯蔵で内芽の伸長を抑制しておくことにより照射期間を延長することができるか否かについて検討した。

実験方法

試料として用いたタマネギは昭和46年9月札幌産、47年8月北見産および9月十勝産の“札幌黄”である。

46年産試料については、乾燥途中で照射したときの発芽抑制効果を調べるため、収穫直後で未乾燥のもの、収穫後1週間乾燥したものおよび収穫後2週間乾燥したものをそれぞれ50個体照射し、照射後室温(20±2°C)貯蔵中における発芽球数と腐敗球数とを調べた。

47年産試料のうち北見産については、照射期間延長の可能性を調べるため、試料を150個体ずつ5区分にわけ、1区分は試料入手後ただちに(収穫後36日)照射した。残りは2区分ずつ3°Cと室温に貯蔵し、収穫後70日および114日に各貯蔵区から1区分ずつ出して照射を行ない、照射前の貯蔵温度の相違が照射後の発芽抑制効果に及ぼす影響を調べた。十勝産の試料については入手後ただちに(収穫後26日)照射し、3°Cに収穫後8カ月間貯蔵したのち室温に1カ月間貯蔵し、内芽の褐変状態を観察した。

照射は北海道大学(46年産試料)および原研高崎研(47年産試料)のCo-60 γ 線照射装置により行なった。線量は3および7 krad, 線量率は北海道大学の場合 3.03×10^3 R/hr, 原研高崎研の場合3 krad 区は 3×10^4 R/hr, 7 krad 区は 7×10^4 R/hr である。

実験結果および考察

46年産試料について収穫直後あるいは1週間乾燥後に3~7 krad 照射しても、照射後再び乾燥を行なうならば、2週間乾燥後に照射した場合と同様に室温で7カ月間ほぼ完全に発芽抑制されるという結果が得られた。また照射時において内芽は未だほとんど伸長していなかったため、照射による内芽の褐変化はほとんどみられなかった。さらに照射により腐敗率がとくに高くなるということもなかった。

47年産試料について収穫後室温貯蔵を行ない、36日、70日または114日後に3および7 krad 照射し、照射後再び室温に貯蔵したときの発芽率と腐敗率をTable 1 に示した。収穫後36日に照射した試料の発芽率は、収穫後253日で1.5%ときわめて低くほぼ完全に発芽抑制された。いっぽう

収穫後 70 日に照射した試料の発芽率は 33~39%, 収穫後 114 日の照射では 77.5~79.5%と照射時期が遅くなるほど発芽抑制効果は低下した。とくに内芽が上部にまで達している収穫後 114 日の照射では、発芽抑制効果は認められなかった。

また 47 年産試料を入手後(収穫後 36 日)ただちに 3°C に貯蔵し、収穫後 70 日または 114 日に 3 および 7 krad 照射を行ない、照射後室温に貯蔵したときの発芽率と腐敗率を Table 2 に示した。収穫後 253 日における発芽率は 8.5~12.5% と低かった。このことから、収穫後、照射までの間低温に貯蔵することによって照射可能期間を延長することができることが明らかになった。

照射タマネギの唯一の欠点は、実用的には問題ないとはいえ、貯蔵中に内芽が枯死、褐変することである。この内芽の褐変についてはこれまでに照射後 0°C に貯蔵することによって防止できると報告²⁾されているが、今回の実験でもほぼ同様の結果が得られた。即ち、47 年産試料を収穫後 26 日に照射し、収穫後 8 カ月間 3°C に貯蔵して調べた結果、内芽は貯蔵中黄色を示すのみで褐変しなかった。また 3°C 8 カ月貯蔵した試料を室温に移して 1 カ月経過したときの観察においても、内芽の褐変は認められず、商品価値が維持された。

文 献

- 1) 高野博幸・梅田圭司・佐藤友太郎 : 農林省食研報告, No. 29, 55 (1974).
- 2) Temkin-Gorodeiski, N., Kahan, R. S. and Padova, P. : Can. J. Plant Sci., 52, 817 (1972).

Sprout Inhibition of Onions by Ionizing Radiation
Part IV. Effect of Post-harvest Treatment on Extension
of Irradiation Time for Storage of Onions

Hiroyuki TAKANO*, Shohei AOKI, Keiji UMEDA* and
Tomotaro SATO

(* National Food Research Institute)

The dormancy period of "Sapporoki" onions was about one month after harvest. Sensitivity of onion to irradiation gradually decreased after dormancy and inhibition of sprouting could not be achieved by irradiation 3 months after harvest. Complete suppression of sprouting was achieved by irradiation with 3 - 7 krad during the dormancy period. Harvested onions are usually dried for 2 weeks before irradiation. Inhibition of sprouting and keeping quality were maintained with a dose of 3 - 7 krad when freshly harvested onions were irradiated either before or during drying. Irradiation period could be extended by low temperature storage after harvest. Browning of buds was observed in irradiated onions during storage. This was prevented by low temperature storage and such onions retained good market quality for one month after transfer to ambient temperature.

J. Food Sci. Technol. Japan, 21, 273 (1974).

Table 1. Effect of Term before Irradiation on Spoilage of
Irradiated Onions during Storage
(Samples were stored at room temperature.)

Storage before irradiation	Dose (krad)	Days from harvest						
		114	133	173	191	230	253	
36 days	0							
	Sprout	0	23.0	54.5	63.5	78.0	79.0	
	Rot	0	8.5	10.5	13.5	13.5	13.5	
	3							
	Sprout	0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
	Rot	0	7.0	10.0	13.0	26.0	32.0	
	7							
	Sprout	0	0.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
	Rot	0	3.5	6.5	9.5	13.0	22.0	
	70 days	0						
		Sprout	0	23.5	58.5	72.5	87.5	95.0
		Rot	0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
3								
Sprout		0	26.0	33.0	33.0	33.0	33.0	
Rot		0	5.0	5.5	5.5	8.0	9.0	
7								
Sprout		0	21.0	35.0	37.5	37.5	39.0	
Rot		0	5.5	5.5	6.0	8.0	12.5	
114 days		0						
		Sprout	0	18.5	54.0	64.5	83.0	85.5
		Rot	0	8.0	8.5	11.0	11.0	11.0
	3							
	Sprout	0	19.5	57.0	68.5	75.0	77.5	
	Rot	0	3.0	4.0	7.0	7.0	7.0	
	7							
	Sprout	0	19.5	54.0	61.0	75.0	79.5	
	Rot	0	5.0	6.0	9.0	9.0	9.0	

Table 2. Effect of Term before Irradiation on Spoilage of Irradiated Onions during Storage
(Samples were stored at 3°C before irradiation and transferred to room temperature after irradiation.)

Storage before irradiation	Dose (krad)	Days from harvest						
		114	133	173	191	230	253	
70 days	0							
	Sprout	0	20.5	62.5	76.0	89.0	91.5	
	Rot	0	3.0	3.0	3.5	3.5	3.5	
	3							
	Sprout	0	6.0	8.0	8.5	8.5	8.5	
	Rot	0	8.5	16.5	17.5	28.5	35.0	
	7							
	Sprout	0	4.5	9.0	10.0	10.0	10.0	
	Rot	0	7.5	9.5	9.5	11.5	19.5	
	114 days	0						
		Sprout	0	1.0	19.5	44.0	80.0	86.5
		Rot	0	2.0	4.0	6.5	6.5	6.5
3								
Sprout		0	0	7.0	9.0	9.0	9.0	
Rot		0	4.0	10.0	11.5	22.5	28.5	
7								
Sprout		0	0	9.0	12.0	12.5	12.5	
Rot		0	4.0	5.0	6.0	8.0	11.5	

6) 実用規模におけるタマネギの放射線処理と線量分布

亀山研二*・高野博幸**・梅田圭司**・青木章平

(* 土幌町農業協同組合)

(** 農林省食品総合研究所)

目 的

馬鈴薯について放射線によるタマネギの発芽防止の研究が進められており、近い将来許可がおりれば、それに伴い実用プラントの設計が進められるものと思われる。今回は馬鈴薯¹⁾と同様に大型コンテナ(内法100×160×130 cm)で照射した場合を想定し、実際にタマネギを詰めた大型コンテナ中の線量分布を鉄線量計で測定し、得られた線量均一度から線源量、照射処理能力等を計算した。

実験方法

1. 照射条件

土幌農協の内寸14.2×14.2 mの正方形の照射室の中央に直径1 m高さ1.2 mの円筒形の線源組立枠を設置し、この組立枠の周囲に1ケース32.8 kCiのCo-60線源6ケースを均等に配置し、総量を197 kCiとした。被照射体であるタマネギは馬鈴薯用大型コンテナに入れ、Fig.1のごとく円筒形線源中心とコンテナ表面までの距離が3.5 m, 4.5 m, 5.5 mの位置で照射した。

2. 鉄線量計による吸収線量測定²⁾

鉄濃度 10^{-3} モル, 食塩濃度 10^{-3} モルを含む0.8 規定硫酸酸性溶液を酸素飽和したのち、15×150 mm, 肉厚1 mmの共栓試験管に満し、Fig. 1のA, B, C各ライン上にセットして照射した。照射後直ちに測定液の温度を記録しながら304 nmにおける吸光度を測定し、次式により吸収線量を求めた。

$$\text{吸収線量 (rad)} = \frac{100 \times N \times C}{G \times 100 \times 6.242 \times 10^{11} \times 10^3 \times \rho}$$

$$C = \frac{\Delta E}{\epsilon \times \left\{ 1 + \frac{k}{100} (t - 20) \right\}}$$

ここで、 ΔE : 吸光度変化, G : 鉄線量計のG値 (15.6)³⁾, ρ : 溶液の比重 (1.025), C : 変化した溶質 Fe^{3+} の濃度 (M/l), ϵ : 分子吸光係数 (2127 at 20°C), N : アボガドロ数 (6.023×10^{23}), k : 温度補正係数 (0.806), t : 測定液の温度 (°C)

実験結果および考察

線源中心からコンテナ表面までの距離を 3.5 m および 4.5 m にした時のコンテナ内の中心線 A ラインと上下 B, C ライン上の奥行方向の線量分布を比較したのが Fig. 2, Fig. 3 である。Fig. 4 は距離 5.5 m の位置でコンテナの両面から照射した場合の線量分布曲線である。この結果から両面照射した場合の線量均一度（最高線量/最低線量）を計算すると、3.5 m で 2.70, 4.5 m で 2.34, 5.5 m で 2.19 となった。

ここでタマネギの許可線量の上限を 10 krad と想定した場合、発芽防止に必要な最低線量は約 3 krad⁴⁾ なので、大型コンテナで実用照射する場合、線量均一度は $10/3=3.3$ まで許容されることとなる。タマネギを実用照射する場合には線量均一度の許される限りコンテナを線源に近づけて表面線量を上げた方が線源の利用効率もよく、照射処理能力の増加もはかれるから経済的に有利である。以上の観点から実験データを見ると距離 5.5 m, 4.5 m では線量均一度に余裕があり過ぎ、線源の利用効率も悪い。また 3.5 m では線量均一度は 2.70 であるが、タマネギの平均密度が変動して大きくなった場合、余裕のある値とはいえない。

そこで、(イ) 線源中心からコンテナ表面までの距離を 4.5 m とし、100×100×100 cm のコンテナを用いた場合と、(ロ) 現有の馬鈴薯照射施設（線源中心からコンテナ表面まで 5.5 m）で現在の大型コンテナを使った場合とについて照射処理能力と必要線源量を試算した。その結果、1 カ月 1 万トンの照射処理能力を考えた場合、(イ) では 202 kCi の Co-60 が必要であり、3~7 krad の範囲で照射できる。また(ロ) では 174 kCi 必要で、3~6.6 krad で照射できることがわかった。

文 献

- 1) 久米民和・橋 宏行・青木章平・佐藤友太郎：食品工誌，20，492（1973）。
- 2) 寺川 彰：線量測定講習会テキスト，東京，p. 66（1960）。
- 3) Hochanadel, C. J. and Chormeley, J. A. : J. Chem. Phys., 21, 880（1953）。
- 4) 高野博幸・青木章平・梅田圭司・佐藤友太郎：食品工誌，21，273（1974）。

Dose Distribution in Onion Container Irradiated
by Commercial Irradiator

Kenji KAMEYAMA*, Hiroyuki TAKANO**,

Keiji UMEDA** and Shohei AOKI

(* Shihoro Agricultural Cooperative Association)

(** National Food Research Institute)

Considering the feasibility of commercial scale radiation of sprout inhibition of onions, the dose distribution in onion container was measured at Shihoro potato irradiator. The dose distribution in large container (100 x 160 x 130 cm) filled with onions was measured with Fricke dosimeter at different distances from cylindrical source which had about 197 kCi of Co-60.

The dose uniformity ratios (D_{\max}/D_{\min}) were 2.70, 2.34 and 2.19 at distances of 300, 450 and 550 cm from the center of source respectively. From these results, ten thousand tons of onions could be treated in a month at the dose range of 3 - 6.6 krad using a same type of irradiator in Shihoro with 174 kCi of Co-60 source.

J. Food Sci. Technol. Japan, 22, 454 (1975).

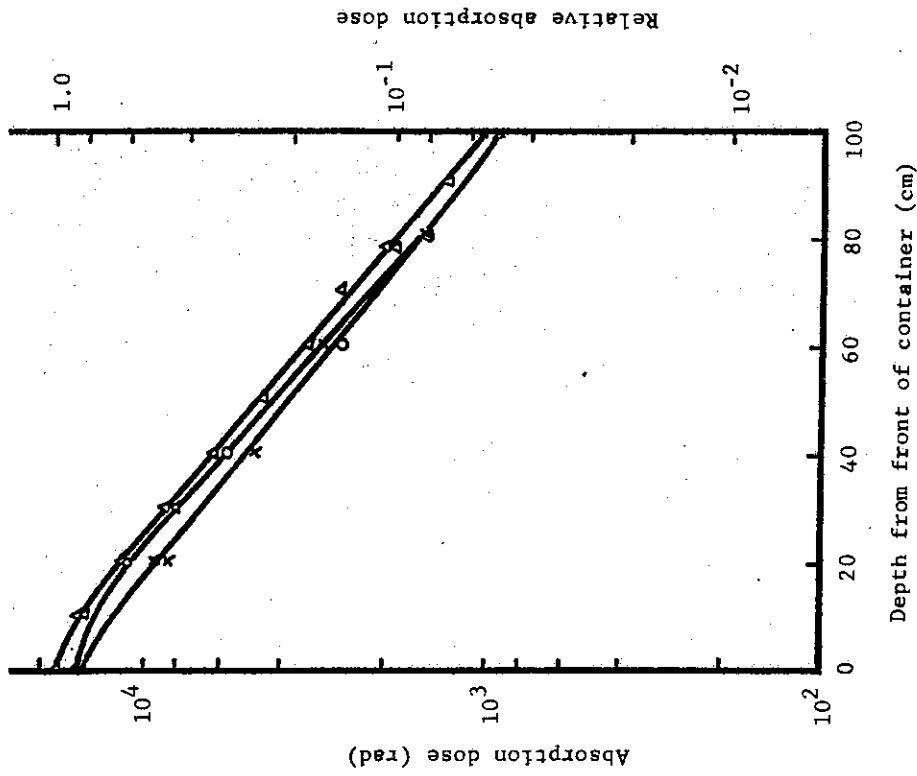


Fig. 2. Dose Distribution in Container with Onion
 Distance from source to container was 350cm and 197
 kCi Co-60 source was used.
 Δ: A-Line, O: B-Line, X: C-Line

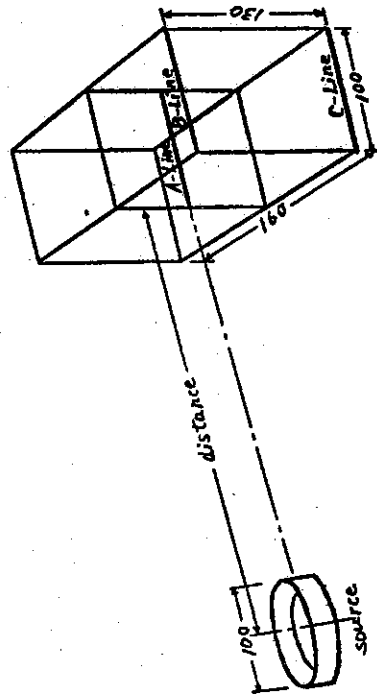


Fig. 1. Schematic Diagram of Irradiation Container

Dosimeters were placed on A-Line, B-Line and C-Line.

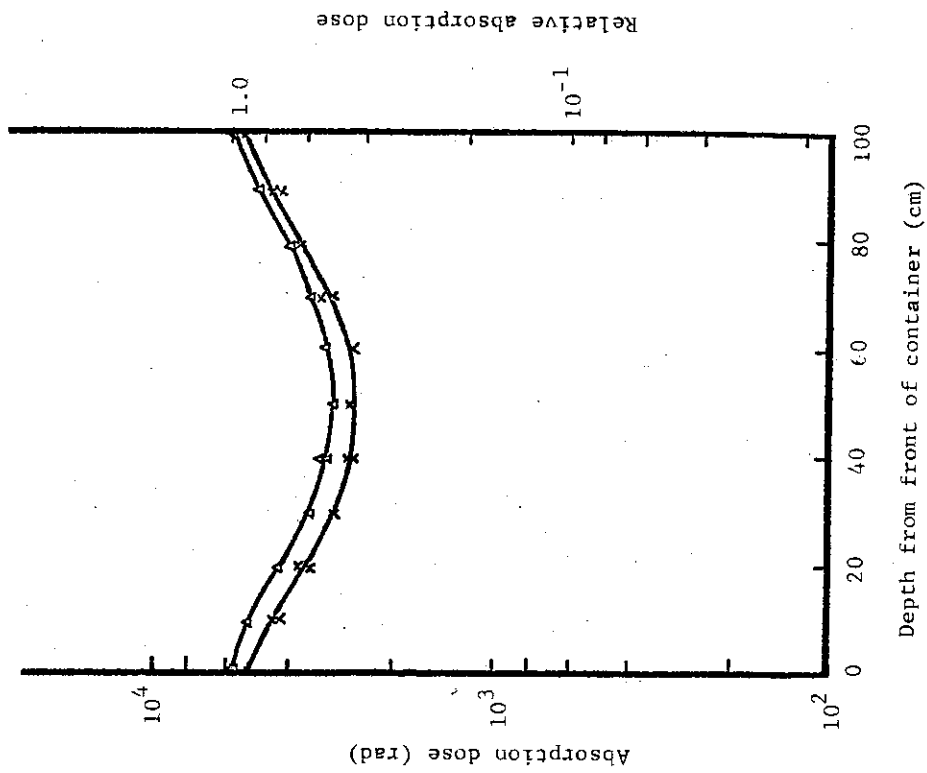


Fig. 4. Dose Distribution in Container with Onion
 Distance from source to container was 550cm and 197
 kCi Co-60 source was used
 Δ : A-Line, \times : C-Line

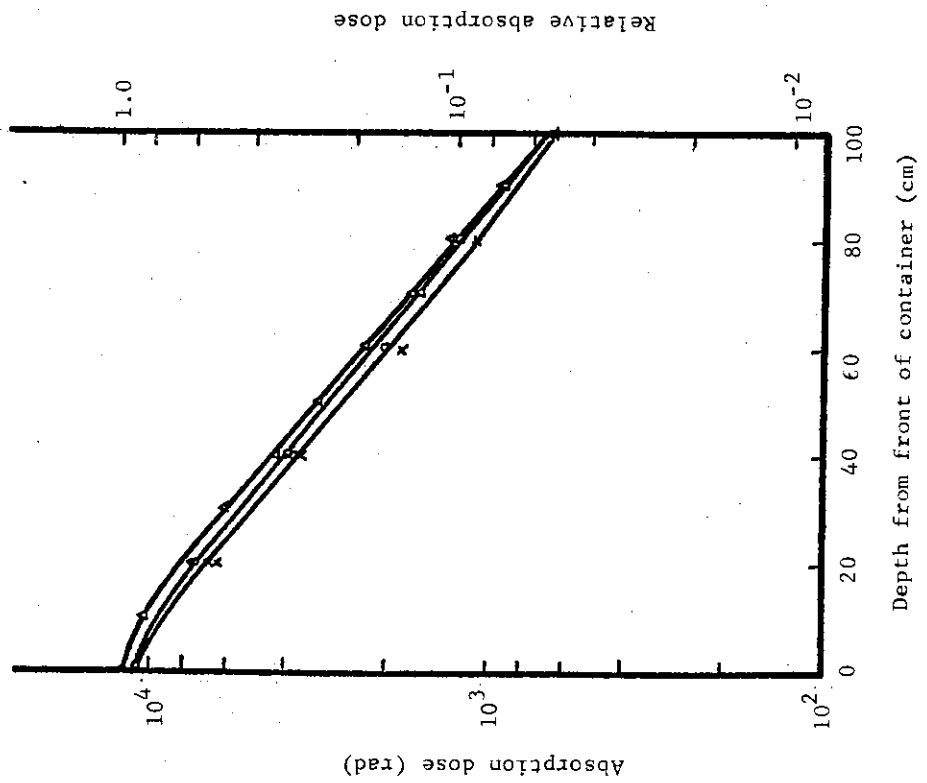


Fig. 3. Dose Distribution in Container with Onion
 Distance from source to container was 450cm and 197
 kCi Co-60 source was used.
 Δ : A-Line, \circ : B-Line, \times : C-Line

7) γ 線照射によるウインナーソーセージの品質変化

(ウインナーソーセージの放射線保蔵に関する研究, 第5報)

渡辺 宏・青木章平・佐藤友太郎

目 的

ウインナーソーセージ(以下VSと略す)に発生するネットを防止し,貯蔵期間を延長するための γ 線照射に関する研究が進められてきている。 γ 線照射によるネット防止効果について,高坂ら¹⁾は0.5 Mrad 照射することにより1週間はネットの発生を抑制できると報告しているし,当研究室での実験結果からも0.5 Mrad の照射により,充分ネットの発生を抑制できることが明らかになった。²⁾ところが実用的な照射方法としてPackage Irradiationを考えると,厚さ10 cmのPackage を使用してもPackage 内の線量均一度(D_{max}/D_{min})は7万Ciで1.26となり,最小線量0.5 Mrad 照射しても最大線量は約0.6 Mradとなる。0.5 MradではVSの風味の変化はあまりみられない³⁾といわれているが,Package Irradiation を考えると風味を変えないで照射できる最大線量を検討する必要がある。そこで,包装材,雰囲気,照射温度などの諸条件を変えることにより,VSの品質を変化させないで照射できる処理条件について検討した。

実験方法

試料としては特定総合研究用に特別調製したVSを使用した。包装材としてポリセロとナイロン-12 を使って窒素充填,酸素充填および空気包装を行ない,7万CiCo-60で照射したVSを官能検査に使用した。官能検査は15名のパネルにより,品温が室温と同じになったVSを用いて11点法で採点した。

実験結果および考察

官能的品質に及ぼす包装材の影響を調べるため,2.5 Mradまで全く照射臭の出ないナイロン-12 で包装した場合とポリセロによる包装の場合とを比較した。Table 1 に示すように窒素充填し,0.45 Mrad 照射した試料においては外観,香り,味,粘り,硬さ,総合評価ともに非照射試料に対して有意差は認められなかった。また0.7 Mrad まで照射した場合に包装材の影響があらわれるかどうか検討したが,ポリセロ包装とナイロン-12 包装との間で有意差は認められなかった。したがって,これまでVSの包装のために一般に使用されてきたポリセロ袋を使っても, γ 線照射したVSの品質には特に影響を与えないことが明らかとなった。

現在VSは窒素ガス気流中で包装されているが,包装内雰囲気が照射したVSの品質に与える影響を次に検討した。Table 2 に示すように各気体(O_2 , N_2 , Air)を充填したのち0.45 Mrad 照射した場合,空気や窒素ガスで包装したものではありませんが,酸素を封入した場合には香りが非照射のVSよりも明らかに低下した。さらに0.7 Mrad まで線量を上げると空気包装のVSにも品質の低下が認められ,照射によるVSの品質変化には酸素が大きく影響すると思われる。

Table 3 には照射時の温度を変えて0.6Mrad 照射したときの官能的品質の変化が示してある。品温が高い場合には照射臭が発生しやすい傾向を示し、また5.3°Cのように低い場合にはV Sの色調が低下する傾向を示した。照射臭の主成分は、比較的沸点の高い化合物である⁴⁾と考えられるから、品温が高い方が検出されやすくなると考えられる。またV Sの表面色は酸素によって非常に影響されることを考えると、低温照射で色調が低下するのはV S表面に溶存する酸素濃度が高くなるためではないかと思われる。一方、味については品温が違って0.6Mrad 照射すると明らかに有意差が認められた。Table 4 の結果では0.4~0.6Mrad の線量で有意差はみられないが、これは検査方法の違いによるものと考えられる。0.5Mrad の照射に関しては、シェッフエの方法でも検査したが0.3~0.5Mrad まで照射しても有意な照射臭の発生は認められなかった。官能検査の方法によって幾分相違はあるが、0.6Mrad 照射したV Sでは非照射のV Sよりも品質が低下する。しかし0.5Mrad では2種類の検査方法でどちらも有意差は認められなかった。したがって、包装材、雰囲気、照射温度などを適切に調整したとしても0.5Mrad がV Sの官能的品質を変化させないで照射できる最大線量であると考えられる。

文 献

- 1) 高坂和久, 塚田 武, 矢野幸男, 壇原 宏 : 食品工誌, 15, 507(1968).
- 2) H. Ito and T. Sato : Agr. Biol. Chem., 37, 233(1973).
- 3) 高坂和久, 小沢総一郎, 壇原 宏 : 食品工誌, 20, 559(1973).
- 4) 渡辺 宏, 青木章平, 佐藤友太郎 : JAERI-M 5772(1974).

Changes in the Organoleptic Qualities of Vienna Sausages by
Gamma Irradiation

(Radiation Preservation of Vienna Sausage, Part V)

Hiroshi WATANABE, Shohei AOKI and Tomotaro SATO

Changes in the organoleptic qualities of vienna sausages by gamma irradiation and the conditions of irradiation not affecting their qualities have been investigated. The results obtained are as follows: (1) Packing in poly-cello (polyethylene-coated cellophane) bags does not affect qualities of the sausages when the sausages are packed in the bags filled with nitrogen gas. (2) The presence of oxygen in the bags influences markedly on the organoleptic properties. (3) The fading in color of the sausages occurs in irradiation at about 5°C, but not at 26°C. Off-flavor is observed when the sausages are irradiated at about 26°C. The induction of "irradiation flavor" in the sausages is mitigated when the irradiation temperature is kept at about 5°C. (4) In comparing the sausages irradiated to a dose of 0.6 Mrad at about 26°C with the unirradiated ones, the changes in both odor and taste are considerable in the former. The maximum dose which does not cause the deterioration in qualities of the vienna sausages, therefore, may be 0.5 Mrad.

JAERI-M 5609 (1974).

Table 1. Effect of Irradiation with a Dose of 0.45 Mrad on Some Organoleptic Properties of Vienna Sausages Packed in the Poly-cello* bags and in the Nylon-12 bags.

	Hedonic score (11-point scale)		
	Unirradiated	Irradiated	
		Poly-cello	Nylon-12
Appearance	5.27	5.73	5.60
Odor	5.27	5.13	5.13
Taste	5.27	4.80	4.80
Cohesiveness	5.54	5.46	5.62
Hardness	5.80	5.60	5.13
Over-all evaluation	5.40	5.20	5.13

The sausages were sealed in each bag with nitrogen, and irradiated by γ -ray. Samples were judged immediately after irradiation by 15 persons without using the control samples. All results given are means of fifteen judgements, and hedonic scale 6 is neither like nor dislike.

* Polyethylene coated cellophane.

Table 2. Effect of Irradiation with a Dose of 0.45 Mrad on Some Organoleptic Properties of Vienna Sausages Packed in the Nylon-12 Bags with Different Atmospheres.

	Hedonic score (11-point scale)			
	Unirradiated	Irradiated		
		Oxygen	Air	Nitrogen
Appearance	5.47	5.27	5.00	5.80
Odor	5.53	4.33*	5.33	4.93
Taste	5.27	4.73	5.00	4.93
Cohesiveness	5.31	5.38	5.38	5.69
Hardness	5.47	5.47	5.47	5.53
Over-all evaluation	5.47	4.67*	5.27	5.47

The sausages were sealed in the nylon-12 bags, and irradiated with a dose of 0.45 Mrad, and judged immediately after irradiation by 15 persons without using the control samples. A result in * mark was significantly different from the corresponding control value by 95% of probability.

Table 3. Effect of Temperature during Irradiation on Some Organoleptic Properties of Vienna Sausages

	Hedonic score (11-point scale)		
	Unirradiated	Temperature (°C)	
		25.0	5.3
Appearance	5.67	5.20	4.80*
Odor	5.47	4.53*	4.67
Taste	5.93	4.60**	4.27**
Cohesiveness	5.79	5.79	5.50
Hardness	5.86	5.71	5.71
Over-all evaluation	5.86	5.07*	4.71**

The sausages were sealed in the poly-cello bags with nitrogen, and irradiated with a dose of 0.6 Mrad. When irradiated at 5.3°C, the sausages were judged by 15 persons without using the control samples after that temperature of sausages reverted to room temperature.

* 95% significance, ** 99% significance.

Table 4. Effect of Dose on Some Organoleptic Properties of Vienna Sausages.

	Hedonic score (11-point scale)			
	Unirradiated	Irradiated (Dose;Mrad)		
		0.4	0.5	0.6
Appearance	5.60	4.87	5.27	5.60
Odor	5.13	4.27	5.27	4.93
Taste	5.67	5.07	4.80	4.80
Cohesiveness	5.86	5.71	5.86	5.93
Hardness	5.86	6.00	5.86	5.93
Over-all evaluation	5.50	4.86	4.93	4.79

The sausages were sealed in the poly-cello bags with nitrogen, and irradiated with various doses, and judged immediately after irradiation by 15 persons without the control samples.

8) ウィンナーソーセージの照射臭に関する予備的検討

(ウィンナーソーセージの放射線保蔵に関する研究, 第6報)

渡辺 宏・青木章平・佐藤友太郎

目 的

照射したウィンナーソーセージ(以下VSと略す)における官能的な品質の変化は主として風味と色の変化である。色の変化は照射時の雰囲気脱酸素状態にすることによってかなり低減できるが、照射臭の発生で起る風味の変化は雰囲気にあまり影響されないばかりでなく、比較的低線量で起る。前報¹⁾では風味の変化を起さないで γ 線照射できる線量は0.5Mradが限界であることを明らかにし、また別報²⁾では電子線照射試験の結果から、照射臭の発生が放射線の透過性や線量と密接な関係にあることを示した。しかし照射臭の構成成分およびその生成機構についてはまだ明らかではない。そこで官能的な照射臭との関係において、VSのhead space vapor(HSVと略す)中の揮発性成分の分析を行ない、ガスクロマトグラムの変化から照射臭の構成成分についての予備的検討を行なった。

実験方法

試料は特定総合研究用に特別調製したVS(以下特注品という)と無着色の市販品VSを使用した。HSVを分別、濃縮するために、トラップとして食塩-氷、ドライアイス-アセトン、液体窒素の3種類を使った。照射容器に細砕したVS 100gを入れ、窒素ガスで雰囲気を置換したのち照射し、照射後Fig. 1に示したように接続した。130ml/minの流速でHeガスを流しながらVSを90°C、10分水浴中で加熱し、さらに1.5時間通気することによってHSVを各トラップに分取した。各トラップ中の揮発性成分の分析条件を次に示す。日立063型ガスクロマトグラフィーを使用し、カラムとしてはCarbowax 1500をコーティングした45mのcapillary columnを使用した。検出はFIDで行なった。

実験結果および考察

VSのHSVを各トラップに分取すると、食塩-氷のトラップに濃縮されたHSVが最も照射臭に近い香りを持っており、また同時に非照射のVSの香りにも近かった。市販品VSの場合をFig. 2に示した。各成分は照射によって増加し、特に非照射ではほとんど検出できなかったピーク9以上の比較的高沸点の成分が増加した。また照射によって生成または増加する成分としてピーク4が検出された。特注品でもFig. 3に示すように、高沸点成分の増加がみられ、新しく生成されるピークが1成分検出された。

液体窒素のトラップからは官能的な照射臭は全く検出されないから、このトラップに濃縮された成分は直接照射臭とは関係がないと考えられる。一方、ドライアイス-アセトンのトラップからは全体にコゲ臭い香りが強く感じられた。照射臭そのものとは異質なものであるが、このコゲ臭い香りと食塩-氷トラップでの照射臭に近い香りとを混合したものは、照射したVSから感知される照射臭にさらに近いものではないかと思われる。そこでドライアイス-アセトンのトラップの分析結果をFig. 4に示した。非照射に比べて、小さなピークが照射によって消失する以外は全体にパターンの変化は

みられなかった。また照射時の雰囲気を変えてもほとんど変化はなかった。したがってこのトラップ中の成分が照射臭に関与しているとしてもその寄与は少なく、照射臭を構成する主要な成分は食塩-氷にトラップされてくるものと考えられる。

HSVのトラップによる分析結果から考えると、VSの照射臭は特定の成分が多量に生成されることによって生じるのではなく、種々の成分が変化した複雑な混合物であると考えられる。VSの揮発性成分は、高級カルボニル化合物(n-alkanal)が照射によってすべて増加することが知られているが、³⁾今回の結果からも、比較的沸点の高い成分が全体として増加した。食塩-氷のトラップに照射臭の主構成成分が存在すると考えられるから、さらに各成分の同定を行なうことによって照射臭の本質を明らかにしていくことができると思われる。

文 献

- 1) 渡辺 宏, 青木章平, 佐藤友太郎 : JAERI-M 5609(1974).
- 2) 渡辺 宏, 須永博美, 久米民和, 伊藤 均, 青木章平, 佐藤友太郎 : JAERI-M 5610(1974).
- 3) 日本アイソトープ協会食品照射委員会 : 食品照射における照射効果に関する試験研究, 日本アイソトープ協会, p. 32(1971), p. 8(1972).

Studies on the Off-Flavor of Vienna Sausage Irradiated with
Gamma Rays

(Radiation Preservation of Vienna Sausage, Part VI)

Hiroshi WATANABE, Shohei AOKI and Tomotaro SATO

Studies of the vienna sausage off-flavor have been made to detect the organic compounds responsible for the characteristic unpleasant odor of vienna sausage treated by gamma radiation. The amounts of volatile sulfur compounds are little influenced by irradiation, so the changes in volatile bases, alcohols and carbonyl compounds in sausages were investigated. When the sausages are irradiated to a dose of up to 1.0 Mrad, no changes are observed in the amounts of total volatile bases. Therefore, it is considered that the total volatile bases play little role in occurrence of the odor.

The unpleasant odor in head space vapor of the irradiated sausages can be collected in the trap cooled with a NaCl-ice mixture. Gas-chromatography analysis using a capillary column of the compounds in this trap reveals that the unpleasant odor is a mixture of various volatile components.

JAERI-M 5772 (1974).

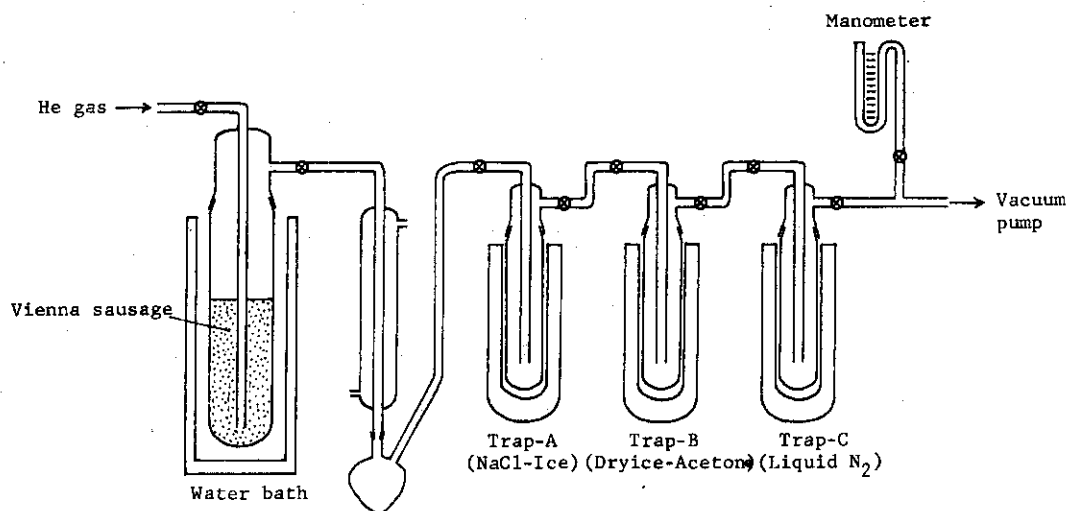


Fig.1 Apparatus for Concentration of Head Space Vapor

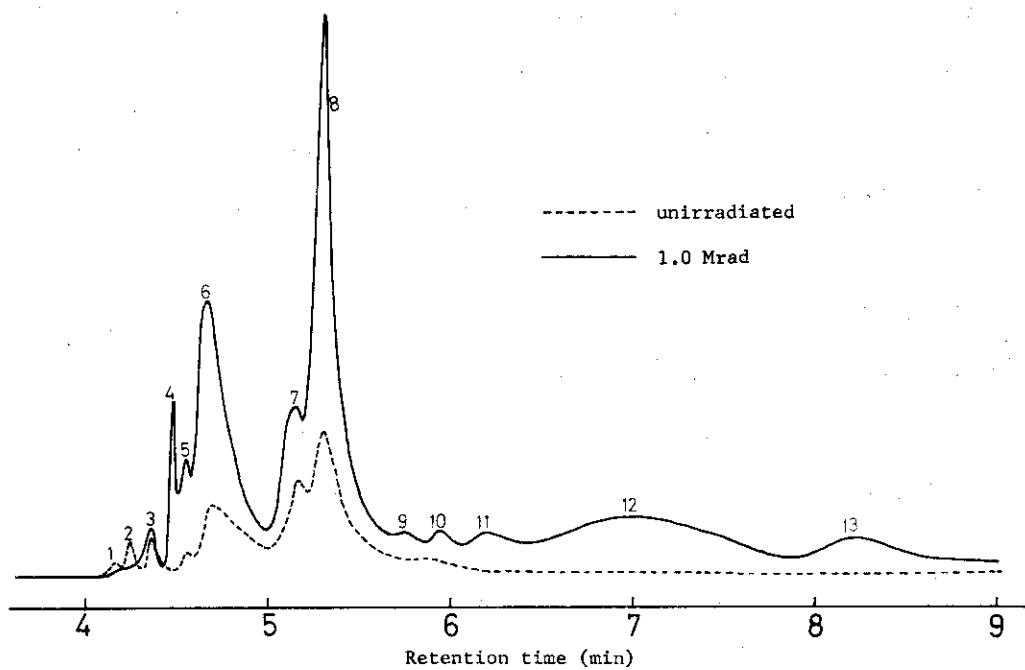


Fig.2 Gas Chromatograms of Head Space Vapor Concentrated in Trap Cooled with NaCl-Ice
(Commercial vienna sausage)

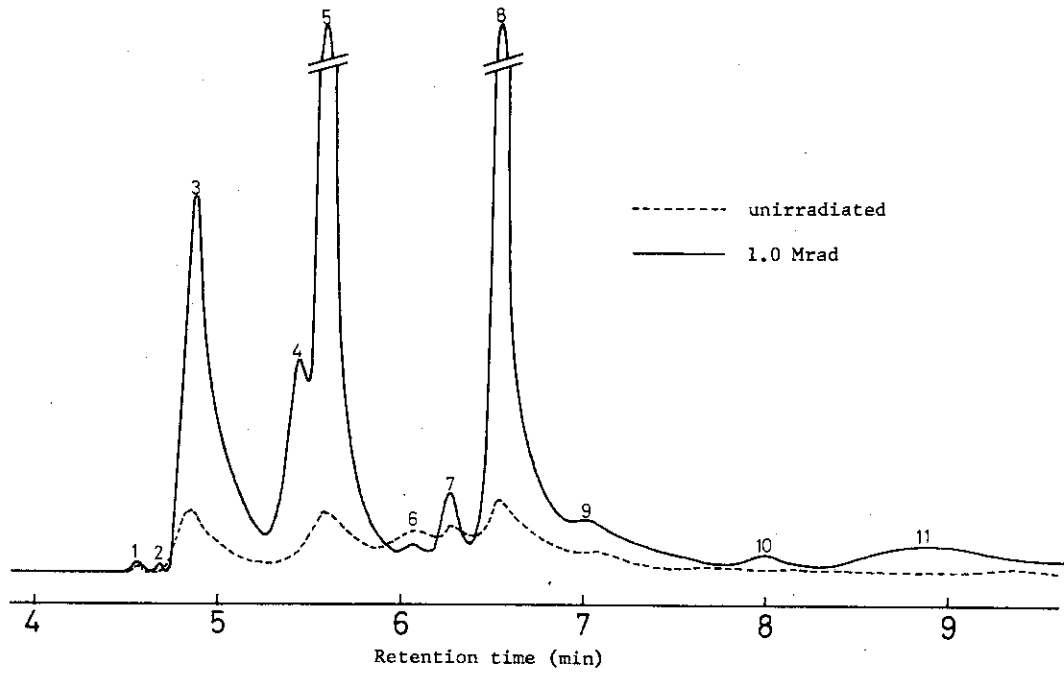


Fig.3 Gas Chromatograms of Head Space Vapor Concentrated in Trap Cooled with NaCl-Ice
 (Specially made vienna sausage)

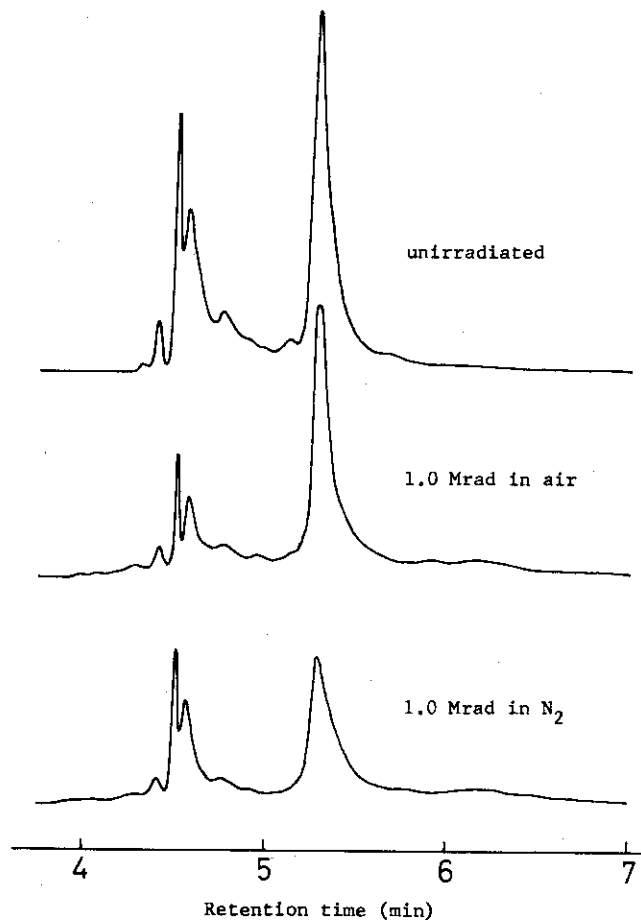


Fig.4 Gas Chromatograms of Head Space Vapor Concentrated

9) 電子線照射によるウィンナーソーセージの表面殺菌

渡辺 宏, 久米民和, 伊藤 均, 青木章平, 佐藤友太郎

目 的

ウィンナーソーセージ(以下VSと略す)に発生するネットの主要な構成成分は、表面に繁殖してきた微生物体そのものと微生物によるVSの分解生産物との集合体であるといわれている。したがって、VS表面近くに分布している微生物が主にネットを形成するとすれば、従来使用されてきた γ 線照射によらなくても、電子線での表面殺菌によりネットの発生を抑制できると考えられる。またネットの抑制に必要な線量を照射しても、電子線では表面部分しか照射されないため、 γ 線で照射する場合よりもVSの品質に与える影響は少ないことが期待される。そこで電子線照射によるVSの貯蔵性の延長と、照射がVSの官能的品質に及ぼす影響について検討した。

実験方法

試料としては特定総合研究用に特別調製した高崎ハム製のVSを使用した。VSを4~5本ずつポリセロ袋またはナイロン12袋に入れ、真空包装したのち照射した。電子線の照射はコッククロフト・ワルトン形電子線加速器を用い、コンベアで移動照射を行なった。吸収線量の均一を図るため、試料を反転することにより両面から同線量照射した。1.0MeV以下のエネルギーで照射する場合にはスキャンナーとコンベアの間アルミニウム板を入れることによって電子線エネルギーを下げた。線量はCDA(セルロースジアセテート)フィルムを線量計として使用し、照射による280nmの吸光度の変化から求めた。電子線で照射したときの吸収線量はVS表面における線量で表わした。官能検査は非照射試料を対照として、ラテン方格によって試食順序を定め、14名のパネルにより11点法で採点した。

実験結果および考察

電子線のエネルギーを変えることにより、電子の飛程が変化するため、種々のエネルギーの電子線で照射すればVSの殺菌に必要なエネルギーを求めることができる。1.0MeV, 1mAで照射したとき種々の厚さのアルミニウム板透過後の深部線量分布をCDAについて求め、Fig. 1に示した。この深部線量分布曲線からKatzら¹⁾の式を用いてエネルギーを計算した結果がTable 1である。種々のエネルギーで照射したときVS中での電子線の最大透過距離は、VSの密度が $0.967 \pm 0.009 \text{ g/cm}^3$ であるから、0.5MeVでは0.21cm, 1.0MeVで0.43cm, 2.0MeVでは1.09cmとなる。VSの直径は平均1.8cmであるから2.0MeVの場合にはVSの中心部まで電子線が透過していることになる。

VSをポリセロ袋で真空包装し、照射後11°Cで貯蔵して浸出液の濁りからネットの発生を判定した結果がTable 2である。非照射試料ではすでに4日目で濁りが検出されるのに対し、0.5MeVで0.8Mrad照射したVSでは8日間微生物の生育が抑制された。また照射したVSでは濁りが検出されても、それは全般に非照射のものに比べると濁りの程度は低く、微生物の生育がかなり抑えられているものと思われる。エネルギーが一定のときは表面線量が高い程殺菌効果は大きく、また同一線量の

場合にはエネルギーの高い方が殺菌効果が大きくなる傾向を示した。しかし1.0MeVと2.0MeVでは殺菌効果における差があまりみられなかった。これはネトの発生に關与する微生物がV Sの比較的表
面近くに分布しており、その殺菌には2.0MeVの透過力は必要がないことを意味しているものと考え
られる。殺菌に必要な線量を0.5Mradと仮定すると、1.0MeVで表面0.5Mrad照射した場合には
V S表面から0.21cm、2.0MeVでは0.66cmまでが殺菌されていることになり、2.0MeVの方が約3
倍の深さまで照射されていることになる。にもかかわらず殺菌効果においてはあまり差が認められな
かった。したがってV Sの表面殺菌には1.0MeV程度の飛程があればかなり効果的に殺菌できるもの
と考えられる。

次にV Sの風味に対する電子線照射の影響を検討した。0.5~2.0MeVのエネルギー範囲で0.5Mrad
照射しても風味の変化はみられなかったので、さらに高い線量を照射した場合の検査結果をTable 3
に示した。2.0MeVで0.7Mrad照射したV Sでは外観の色、香りとも非照射V Sと区別できないが、
味には有意差が認められ、味の低下を示した。さらに1.0Mrad照射すると香りと味に有意差がみら
れ、かなり品質の低下があることが明らかになった。しかし1.0MeVでは1.0Mrad照射しても有意
差は認められなかった。このように電子線の透過性はV Sの品質に大きく影響している。r線
で照射した場合には0.5Mradでもわずかにoff-flavorが生じる²⁾し、0.6Mradでは風味が著しく低下
する³⁾。しかし電子線で照射した場合には2.0MeVで0.5Mrad照射しても変化はないし、1.0MeVでは
表面1.0Mrad照射しても全く変化はみられないから、V Sの風味を変えないで殺菌する方法として
は電子線照射の方がr線照射よりも有効であると考えられる。

文 献

- 1) L. Katz and A.S. Penfold : Rev. Mod. Phys., 24, 28 (1952).
- 2) 高坂和久, 小沢総一郎, 壇原 宏 : 食品工誌, 20, 559 (1973).
- 3) 渡辺 宏, 青木章平, 佐藤友太郎 : JAERI-M 5609 (1973).

Shallow Irradiation of Vienna Sausage by Electron Beams
for Prevention of the Slime Production

Hiroshi WATANABE, Tamikazu KUME, Hitoshi ITO, Shohei AOKI
and Tomotaro SATO

Vienna sausages get spoiled by slime production or putrefaction due to the propagation of microorganisms when stored only for 3 to 5 days at 10°C. The radiation pasteurization of vienna sausages has mainly been studied with gamma irradiation. The slime of sausages is believed to be microorganisms themselves growing on the surface of sausages. Pasteurization of the surface of vienna sausages with electron irradiation was thus investigated. The results obtained are as follows:

The vienna sausages irradiated with a dose of 0.8-1.0 Mrad by 0.5 MeV electrons could be stored without slime production or putrefaction for more than a week at 11°C. The effect of pasteurization increased with energy and dose of electrons. However, the changes in the organoleptic qualities of vienna sausages were detected when the sausages were irradiated with a dose of over 0.7 Mrad by 2.0 MeV electrons. Consequently, the irradiation with a dose of 1.0 Mrad by 1.0 MeV electrons was effectual in lengthening their shelf-life without deterioration of the organoleptic qualities.

J. Food Sci. Technol. Japan, 22, 71 (1975).
JAERI-M 5610 (1974).

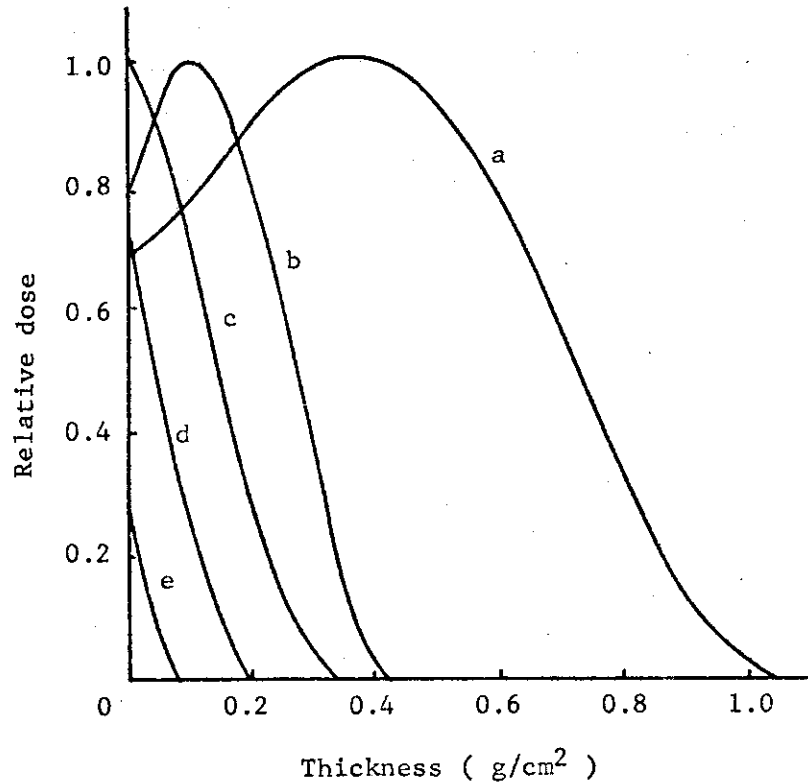


Fig. 1. Dose Distribution in CDA (Cellulosediacetate)
Irradiated by Electrons of Different Initial Energies.

a; 2.0 MeV, b; 1.0 MeV, c; 1.0 MeV (Al-2)*,
d; 1.0 MeV (Al-4)*, e; 1.0 MeV (Al-6)*

* Initial energy (1.0 MeV) of electrons was reduced by passing the electrons through the aluminium plates of different thickness. () shows number of aluminium plates.

Table 1. Changes in Practical Range and Energy of Electrons
by Aluminium Absorbers

Number of plates	Thickness of absorber (μ)	Practical range (g/cm^2)	Energy (MeV)
0	0	0.38	0.9
2	400	0.27	0.7
4	800	0.16	0.5
6	1200	0.06	0.3

An aluminium plate of $200\mu \times 77\text{cm} \times 40\text{cm}$ was used as absorber of electrons. The energies of electrons were calculated by the empirical equation of L.Katz and A.S. Penfold.

Table 2. Effect of Electron Irradiation on Storage of Specially Made Vienna Sausage

Energy (MeV)	Dose [*] (Mrad)	Number of slimy vienna sausages				
		Storage (days)				
		0	4	8	11	14
	unirradiated	0	2	24	30	30
0.5	0.3 (0.12)	0	0	18	30	30
	0.5 (0.20)	0	0	15	20	30
	0.8 (0.31)	0	0	0	5	30
	1.0 (0.39)	0	0	0	6	30
1.0	0.3 (0.24)	0	0	3	13	30
	0.5 (0.39)	0	0	0	12	24
	0.8 (0.63)	0	0	0	2	15
	1.0 (0.79)	0	0	0	0	9
2.0	0.3 (0.30)	0	0	0	12	30
	0.5 (0.49)	0	0	0	10	21
	0.8 (0.79)	0	0	0	0	12
	1.0 (0.99)	0	0	0	0	15

The slime was detected by turbidity of an exudate from sausages. Thirty sausages were used, and packed in vacuum, and stored at 11°C.

* Dose means the surface dose, and numerals in parentheses show the mean dose of up to maximum range.

Table 3. Organoleptic Evaluation of Specially Made Vienna Sausage Irradiated by Electrons of Different Energies

Energy (MeV)	Dose ¹⁾ (Mrad)	Hedonic score		
		Appearance	Odor	Taste
	unirradiated	5.50	5.43	5.64
1.0	1.0 (0.79)	4.86	4.64	4.71
	0.7 (0.69)	4.71	4.57	4.50*
2.0	1.0 (0.99)	4.71	4.21*	4.07**

Samples were judged by fourteen persons using the eleven-point scale.

1) Dose means the surface dose, and numerals in parentheses show the mean dose of up to maximum range.

* Significance from unirradiated vienna sausages by 95% of probability.

** Significance from unirradiated vienna sausages by 99% of probability.

10) 米より分離した放射線抵抗性菌の新種 Trichosporon oryzae nov. sp. について

伊藤 均・飯塚 広*・佐藤友太郎

(* 東京理科大学)

目 的

米の γ 線照射によるマイクロフローラの変動について検討している際に分離した放射線抵抗性の無孢子酵母菌は収穫直後の正常玄米の特有菌であることについてはすでに報告した。^{1,2)}

今回は、玄米より分離された酵母菌の代表株について Trichosporon 属の新種としての分類学的性質の記載を行ない、さらに放射線感受性についての検討を行なった。

実験方法

供試菌株の R1 株および R3 株は 10mg/ℓ のクロラムフェニコールを含む Malt extract - Yeast extract agar を用いて玄米より分離したものである。これらの菌株の同定は J. Lodder の The Yeasts (1970)³⁾ および飯塚・後藤の「酵母の同定法」⁴⁾ を参考にして行なった。放射線感受性については、Potato-sucrose 液体培地および Malt extract 液体培地中で 30°C・1~4 日間通気培養をした細胞を集菌し、2 回洗浄細胞を 0.067 M 燐酸緩衝液中に懸濁して、コバルト-60 γ 線を照射して平板培養法により生存率の測定を行なった。なお比較のため C. B. S. よりとりよせた Trichosporon の標準菌株 7 種、および Geotricum sp. ml-13 株、Candida sp. V3-1 株、Saccharomyces cerevisiae 52 a 株も実験に用いた。

実験結果および考察

本菌は収穫直後の正常玄米の特有菌であるが、玄米の常在細菌数にくらべ非常に少ないためもあって従来気づかれずにいた。本菌種は ascospore 形成能がなく、arthrospore および blastospore を形成し、多極出芽法で増殖する点から Trichosporon 属に属する無孢子酵母菌と同定された。本菌種は "The Yeasts"³⁾ の分類検索表からは、Lactose 資化性を有する点からすると Tr. cutaneum, Tr. inkin, Tr. pullulans の group に入れることができる。また本菌は KNO₃ および NaNO₃ 資化能力を有し、各種糖類の酸化性資化能力は非常に活発である。しかし発酵能は有していない。またアルブチン分解能、ウレアーゼの作用も活発であり、Tr. pullulans と生理的性質がよく似ている。しかし本菌は栄養細胞が非常に小型であり、2~3×2~10 μ の大きさであった。生育適温も 27~33°C であり、Tr. pullulans の 23~25°C とは著しく異っている。また本菌種はヨード反応で青色反応を示さない澱粉類似物質の蓄積能を有している。本菌種の培養的性質は他の菌種と異なっており、培養の初期には栄養細胞による出芽増殖が活発であり、3 日間以上培養することにより菌糸や arthrospore の発達が見られるようになってくる。また本菌は耐滲透圧性が強く 50% 濃度の glucose 培地でも生育が認められた。コロニーも黄褐色に近い色を示し他菌種と区別できる。これらの性質を他菌種と比較すると Table 1 のようになる。そこで本菌種を Trichosporon 属の新種として同定し、Trichosporon oryzae nov. sp. と命名した。

次に Trichosporon の各菌種の標準菌株 7 株と Geotricum sp. ml-13, Tr. oryzae nov. sp. R1, R3 株を Malt extract - yeast extract agar 培地上で 7 日間培養して、0.067M 磷酸緩衝液に菌糸を除いた菌体を懸濁し、溶存空気平衡下の条件で 125, 500, 1000krad 照射して、生存率を比較したところ Table 2 に示すような結果が得られた。この場合 Tr. capitatum が最も大きな放射線抵抗性を示しており、その次に Tr. inkin, Tr. oryzae nov. sp. R1, R3 が続き、Geotricum sp. ml-13 株も放射線抵抗性が強かった。しかし、Tr. pullulans や Tr. cutaneum などの放射線感受性は対照に用いた Saccharomyces cerevisiae や Candida sp. と同程度であり、放射線抵抗性の強い酵母菌とはいえない。次に、Tr. oryzae nov. sp. R1 株の生存曲線をしらべるために Potato-Sucrose 液体培地 (Sucrose 50g/l) で通気培養を 4 日間行ない、主に brastaspore で構成されている細胞懸濁液の放射線感受性をしらべた。Fig. 1 は通気照射した場合の生存曲線であるが、明らかに二成分形を示している。比較として、Malt extract 液体培地で 18 時間通気培養して得られた栄養細胞の生存曲線をしらべたところ、同様に exponential curve と sigmoidal curve の混合した二成分形だった。しかし、栄養細胞の方が放射線抵抗性細胞の比が明らかに高く、このことは栄養細胞のある phase の状態のものが著しい放射線抵抗性を示しているように思われる。なお、本菌の放射線抵抗性細胞の D_{10} 値は 120k rad であり induction dose も 300 ~ 350 krad あり、Pullularia pullulans や Micrococcus radiodurans と同程度であった。

文 献

- 1) 飯塚 広, 伊藤 均 : 日農化誌, 41, 578 (1969).
- 2) H. Iizuka and H. Ito : Cereal Chem., 45, 503 (1968).
- 3) J. Lodder : "The Yeasts", North-Holland publishing Company, 1970.
- 4) 飯塚 広, 後藤昭二 : "酵母の分類同定法", 東京大学出版会, 1973.

A New Radio-resistant Yeast of Trichosporon oryzae nov. sp.

Isolated from Rice

Hitoshi ITO, Hiroshi IIZUKA* and Tomotaro SATO

(* Science University of Tokyo)

A radio-resistant asporogenous yeast has been isolated from unpolished new crop rice. On the cultivation of this species, formation of true mycelium, arthrospores and blastospores were observed, and it could be classified as in one group of genus Trichosporon. Its taxonomic characteristics were found to be sufficiently different from all the described species in this genus to warrants its description as a new species and was named as Trichosporon oryzae nov. sp.

This species exhibited high resistance to gamma-radiation as same as Pullularia pullulans, and the D_{10} value of radio-resistant cells was to be ca. 120 krad in 0.067 M phosphate buffer which was about 4 to 5 times larger than that of Saccharomyces cerevisiae. In this study, high resistance to gamma-radiation was also observed on the species of Trichosporon capitatum and Tr. inkin.

Agr. Biol. Chem., 38, 1597 (1974).

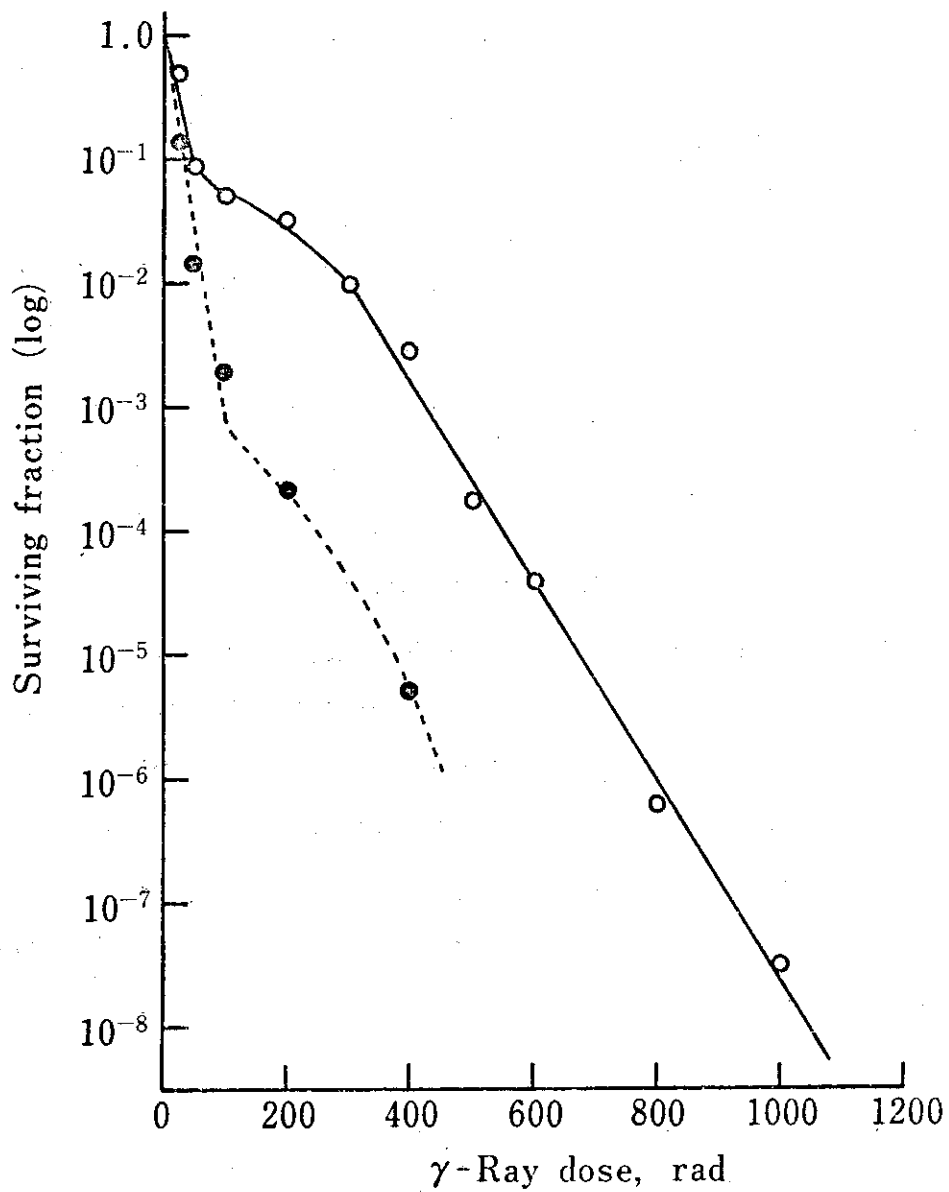


Fig. 1. Survival curves of *Trichosporon oryzae* nov. sp. No. R1 in 0.067 M phosphate buffer irradiated under the condition of air-bubbling.
 ○—○ vegetative cells harvested after 18 hr of growth in Malt extract medium; ●---● 3 days incubated cells in Malt extract medium.

Table 1. Salient Characteristics of the Species in the Genus Trichosporon

Species	Budding cells	Fermentation	Assimilation of NO ₃	Growth in vitamin free medium	Hydrolysis of urea	Growth on 50% glucose	Assimilation of							Optimum temp. (°C)	
							Ga	Su	Ma	La	Cel	Xy	Ar		
<u>Tr. oryzae</u> nov. sp. R1, R3	2~3x2~10	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	27~33
<u>Tr. cutaneum</u>	4~7x4~14	-	±	±	±	-	±	±	±	+	±	+	±	±	36~38
<u>Tr. inkin</u>	3~7x4~11	-	-	-	±	-	+	+	+	+	+	+	+	+	37~40
<u>Tr. pullulans</u>	4~7x5~21	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	±	+	+	23~25
<u>Tr. capitatum</u>	3x10~20	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	40~43
<u>Tr. fermentans</u>	4~7x7~18	+	-	+	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	36~38
<u>Tr. penicillatum</u>	3x4x4~10	+	-	+	±	-	+	-	-	-	-	+	-	-	30~33
<u>Tr. aculeatum</u>	3x5~10	+	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	+	+	30~32

Ga: galactose, Su: sucrose, Ma: maltose, La: lactose, Cel: cellobiose, Xy: xylose, Ar: arbutin

Table 2. Radiation sensitivities of typical strains of genus Trichosporon

Strain	Survival fraction		
	125 krad	500 krad	1000 krad
<u>Tr. oryzae</u> nov. sp. R1	3.8×10^{-2}	4.4×10^{-3}	8.5×10^{-4}
<u>Tr. oryzae</u> nov. sp. R3	4.5×10^{-2}	2.7×10^{-2}	1.4×10^{-3}
<u>Tr. cutaneum</u> CBS2466	3.0×10^{-2}	3.7×10^{-6}	-
<u>Tr. inkin</u> CBS5585	1.7×10^{-1}	5.1×10^{-3}	1.7×10^{-3}
<u>Tr. pullulans</u> CBS2532	6.9×10^{-2}	2.2×10^{-5}	-
<u>Tr. capitatum</u> CBS2364	9.5×10^{-1}	4.3×10^{-1}	3.0×10^{-2}
<u>Tr. fermentans</u> CBS2529	1.3×10^{-1}	1.7×10^{-3}	9.8×10^{-5}
<u>Tr. penicillatum</u> CBS5586	2.4×10^{-1}	2.2×10^{-3}	2.2×10^{-5}
<u>Tr. aculeatum</u> CBS5578	3.5×10^{-4}	-	-
<u>Geotricum</u> sp. ml-13	6.9×10^{-1}	1.1×10^{-1}	1.2×10^{-4}
<u>Sacch. cerevisiae</u> 52a	2.8×10^{-2}	1.9×10^{-4}	-
<u>Candida</u> sp. v3-1	1.7×10^{-2}	7.5×10^{-5}	-

2. 関連研究関係

1) γ 線照射による“マツタケ”の開傘抑制

青木章平・渡辺 宏・佐藤友太郎

目 的

放射線照射による貯蔵性の延長の例として有望とされているものの一つにマッシュルームの開傘抑制がある。Markakisら¹⁾は25～100kradの照射でshelf lifeを3～5倍に延長できるとしており、Yamaguchiら²⁾も同様の結果を得ている。オランダではすでに1969年マッシュルームの照射処理が許可され、市販されているという。

わが国で賞味されているマツタケは高価な食品であるが、収穫後まもなく開傘するとともに風味が劣化する欠点があり、傘の開かないものが珍重される。そこで γ 線照射による開傘抑制について検討した。

実験方法

1. 試料

マツタケ試料には広島県産の市販品を使用した。昭和47年11月9日購入したものである。

2. 照射

線源としては14万CiのCo-60を用い、1時間に50, 100, 200 krad 照射される位置に試料を置いて照射した。照射後試料を深さ約10cmのダンボール箱に並べ、室温に貯蔵した。貯蔵中の温度は昼間で20～23°C、夜間では約17°Cまで低下した。また湿度は55～90%の範囲で変化した。なお照射は11月10日に行なった。

3. 開傘率 (Opening ratio, 以下O. R. と略す)

Gillら³⁾の方法を用いて傘の開き具合を観察し、O. R.として表わした。O. R.の算出方法はFig. 1に示すとおりである。

実験結果および考察

1. 照射マツタケの物理的变化

マツタケの全長は照射するとやや短くなる傾向にあったが、線量依存性はみられなかった。傘の開き方は照射によって明らかに遅れることがわかった。軸の直径は非照射、照射試料とも同じ程度に減少した。

2. 開傘率に及ぼす照射の影響

O. R.を比較するとFig. 2となる。非照射区と照射区との間には、O. R.にかなり差があり、照射によって開傘をおくらせる効果は50kradで十分であることが認められた。50～200 kradの線量範囲では線量依存性はみられなかった。

3. 照射マツタケの食味

照射直後の試料を電子レンジで2分間加熱し、基準点を6とした11点法により5人のパネルで食

味検査を行なった。結果はTable 1 に示すとおりである。外観, 香り, 味のいずれも 200krad までの線量範囲において顕著な差は認められなかった。

以上の結果からマツタケの γ 線処理は開傘抑制のための有効な手段となると考えられた。

文 献

- 1) Markakis, P. and Nicholas, R. C. : *Isotopes and Radiation Technol.*, 9, 472 (1972).
- 2) Yamaguchi, M. and Campbell, J. D. : *Rad. Botany*, 13, 55 (1973).
- 3) Gill, W. J., Nicholas, R. C. and Markakis, P. : *Food Technol.*, 23, 385 (1969).

Extending the Storage Life of Mushroom "Matsutake"
by γ -Irradiation

Shohei AOKI, Hiroshi WATANABE and
Tomotaro SATO

Effect of γ -irradiation for extending the storage life of mushroom "Matsutake" was investigated. Samples were irradiated by Co-60 γ -ray with the doses of 50 - 200 krad and stored at about 20°C for 10 days. As the index of cap opening the opening ratio was measured during storage, and the organoleptic properties were evaluated by the taste panels immediately after irradiation. The results were ; γ -irradiation reduced the rate of cap opening even at 50 krad ; no dose effect was apparent ; there were no significant differences in hedonic score between non-irradiated and irradiated ones. These results suggest that γ -irradiation is considerably effective to extend the storage life of "Matsutake".

J. Food Sci. Technol. Japan, 21, 290 (1974).

Table 1. Organoleptic Evaluation of Irradiated Mushroom
"Matsutake"

Dose krad	Hedonic Score*		
	Appearance	Odor	Taste
0	6.0	5.8	5.6
50	5.4	6.2	6.0
100	6.4	6.8	5.8
200	5.8	4.8	6.2

* Average of five judgements.

No significance between non-irradiated and irradiated samples by 95% of probability.

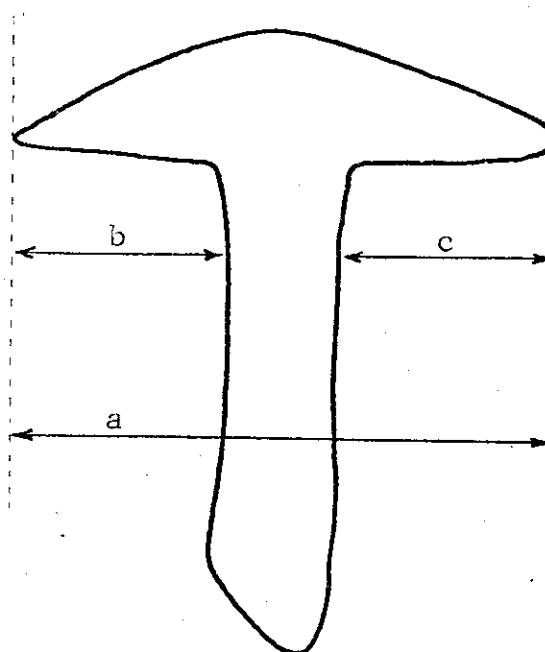


Fig. 1. Calculation of Opening Ratio (O.R.)

$$\text{O.R.} = (b + c) / [a - (b + c)]$$

a : diameter of cap

b : distance from one gill tip to the stem

c : distance from the opposite gill tip to the stem

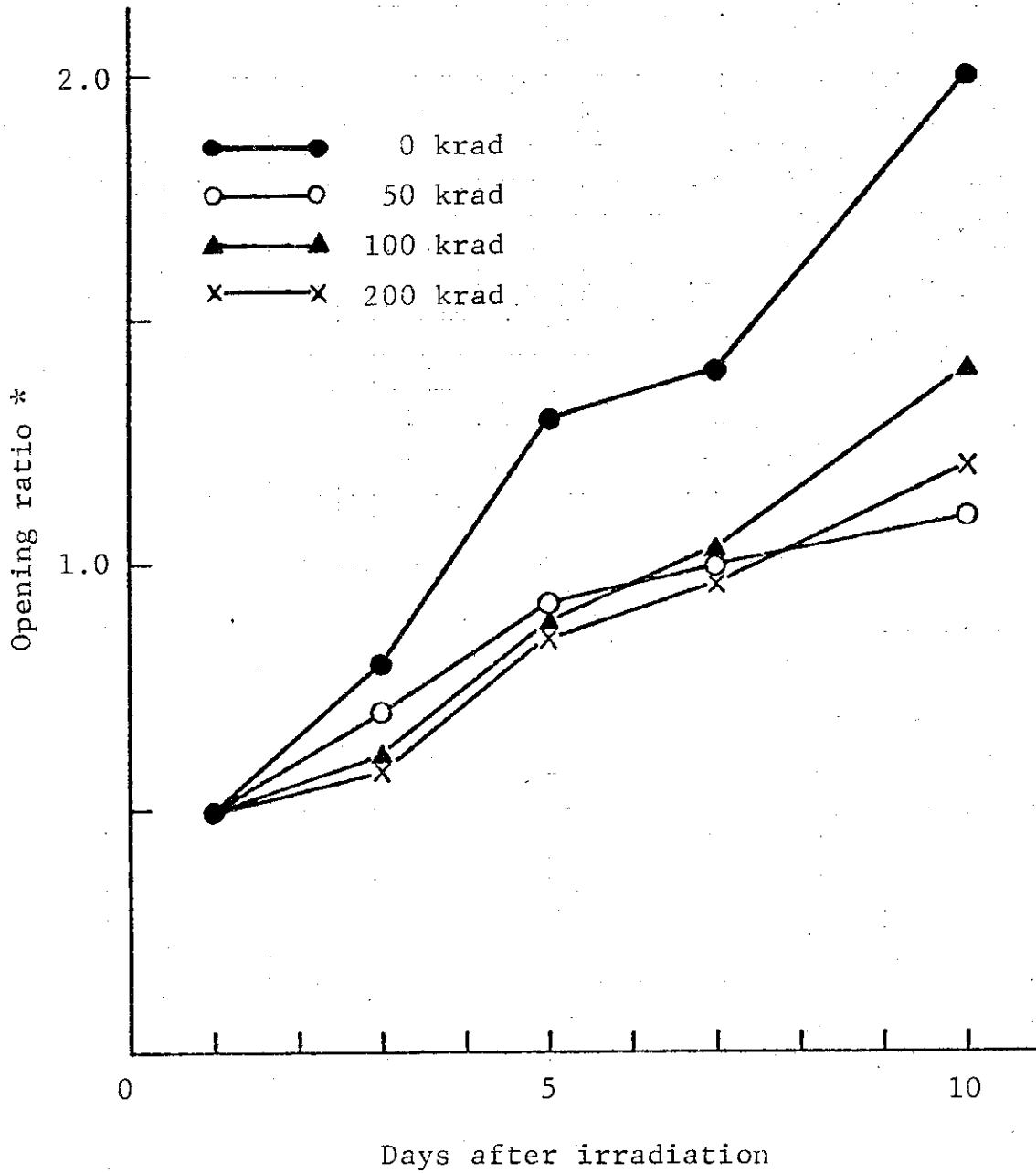


Fig. 2. Changes in Opening Ratio of Irradiated Mushroom "Matsutake" Stored at $20 \pm 3^\circ\text{C}$

* Average values of four samples

2) オガクズ培養基の放射線殺菌とキノコの栽培

伊藤 均・佐藤友太郎

目 的

食用菌等のキノコ類の人工栽培には、鋸屑と米糠その他の栄養素を混合・調製した培養基を用いている。これらの人工培養基はあらかじめ殺菌処理してから種菌を接種することが必要であり、従来は100°C・4～6時間の加熱処理をしたり、120°C・60～90分加熱するなどの蒸気殺菌法が用いられてきた。しかし、加熱処理法は熱の伝導が不均一のため処理時間が長く、殺菌効果も必ずしも十分でないという欠点がある。そこで著者らは従来の加熱処理法に変わる電離放射線処理法をこころみた。

実験方法

食用菌類の固型培養基として、鋸屑7，米糠1，石灰0.01の割合で混合し、水分含量約80%の組成にしたものを用いた。これにCo-60 γ 線を0.5, 1.0, 2.0Mradになるように照射して20～25°Cの条件での貯蔵中の菌数増加とキノコ菌系の生育について検討した。また、培養基中のマイクロフローラの変化についてもしらべた。なおキノコの栽培試験には生育の速いヒラタケ (*Pleurotus ostreatus*)を用いた。

実験結果および考察

キノコ菌系の生育が可能のためには先ずどの程度の放射線処理線量が必要かどうか知る必要がある。そこで、ポリエチレン袋およびポリプロピレン袋中に密封状態の固型培養基を0.5, 1.0, 2.0Mradとなるように照射して、非照射の培養基と共に種菌を接種し完全密封状態で20°C，7日間培養してみた。その結果、Table 1 にみられるように非照射の培養基の場合、基質中の微生物の発酵でガスが発生し、ポリプロピレン袋は発生したガスでふくれ上っていた。そして、キノコ菌系は死滅し、糸状菌の発育さえも認められなかった。ポリエチレン包装の非照射培養基ではキノコ菌系の生育はかすかに認められ、糸状菌の発生も観察された。ところが、0.5Mrad照射されるとガスの発生は認められなくなり、キノコ菌系の生育は活発だった。しかし培養基の黒変化と糸状菌の発生も認められた。1.0Mrad照射のものでは糸状菌の発生は認められなくなったが培養基の黒変化は認められた。2.0Mradまで照射されると培養基の変化は一切認められずキノコ菌系の生育は活発だった。次に、ポリウレタンの通気栓を有するポリエチレン包装の培養基に各線量照射し、加熱処理培養基とのキノコ菌系の生育を比較してみた。この場合は密封状態のものより菌系の成育は明らかに速く、0.5, 1.0, 2.0Mradの各線量区で生育速度に差は認められなかった。キノコ菌系が培養基全面をおおうまでの期間は放射線処理したもので20～22日、加熱処理したものでは26～30日と6～10日の差が認められた。そして子実体の発生量も照射処理したもののほうが約2倍多かった。

次に、各線量照射処理した固型培養基を非照射のものと共に25°C・10日間放置(種菌非接種)して、1gあたりの増菌数をしらべたところTable 2 に示すような結果が得られた。すなわち、非照射の培養基ではグラム陰性細菌の増殖が他を圧倒しており、中でもガス発生原因菌の *Citrobacter* が

主要なマイクロフローラを構成していた。また糸状菌では Fusarium が主要菌で、酵母菌はすべて無孢子酵母だった。0.5Mrad の照射では培養基が黒変しはじめており、Bacillus や酵母菌が主要なマイクロフローラを構成し、糸状菌も若干認められた。1.0Mrad 照射の場合にも Bacillus と酵母菌が増殖しており、これらの微生物が培養基の黒変の原因菌と思われる。2.0Mrad の照射の培養基では微生物は検出されなかった。

そこで次に約 10 日間 25°C で放置しておいた非照射のオガクズ培養基を粉碎し、各 1 g を照射用のガラス容器に取り、各線量照射後のマイクロフローラの変化と殺菌効果をしらべたところ Fig. 1 のような結果が得られた。ここで gram negative rods とあるのは Citrobacter と Pseudomonas であり、大部分は Citrobacter で占められていた。しかし、これらの主要変敗菌は 0.3Mrad 以下で簡単に死滅し、0.8Mrad でも生き残っていたのは Bacillus のみだった。糸状菌は Fusarium が主要菌だったが、この図からはそれほど放射線抵抗性があるようには思われぬ。酵母菌も同様に 0.4Mrad 以下で検出されなくなったが、1.0Mrad 照射の培養基に増殖してきたことと矛盾している。なお、ここで述べた Citrobacter や Fusarium、酵母菌、Bacillus などの微生物はオガクズ培養基の内部にも均一に分布しており、0.5Mrad 照射された培養基の表面にも生育してきた Cephalosporium や Alternaria、Helminthosporium、Spicaria などの不完全菌類とは生育のしかたが異なっていた。なお、キノコの栽培はシメジやナメコでも試みられたがヒラタケと同様な効果が認められた。

以上のように、放射線処理した人工培養基によるキノコの栽培法は従来の加熱処理法よりもすぐれた面が多い。また、ポリプロピレンのような耐熱性の材質を用いる必要がなく、ベルトコンベアで大量に殺菌処理できるという利点もあり、今後の企業的規模での大量栽培が期待できるだろう。

おわりに、オガクズ培養基を提供していただき、ヒラタケの栽培試験に御協力いただいた日本農水産(株)の土屋 厚氏、森田吉春氏に感謝する。

Radiopasteurization of Sawdust media Used in Propagation of
Mushrooms

Hitoshi ITO and Tomotaro SATO

In our country, cultivation of mushrooms such as Pleurotus ostreatus, Kuehneromyces nameko, and Lentinus edodes (Cortinellus shiitake) are expanding, and has reached considerable amounts. These mushrooms are cultivated generally on decaying logs of broad leaf trees. Recently, these mushrooms are also cultivated artificially on the sawdust-media containing rice bran and other nutrient in the room of which temperature is controlled. However, these artificial culture media must be germicidated for 2 or 6 hours at 100 to 120°C before inoculation of mushroom spawn.

In this study, attempts were made to cultivate Pleurotus ostreatus on the sawdust-media pasturized by ionizing radiation. Inhibition of mushrooms growth were caused mainly by multiplication of Citrobacter and Fusarium, and these organisms were eliminated by a dose of 0.5 Mrad gamma irradiation. A surprising result was that many of sawdust media subjected to 0.5, 1.0 and 2.0 Mrad increased mycelial growth rates more than heat treatments, and also mushroom yields were enhanced. The multiplication of remaining microorganisms such as Bacillus and yeasts after irradiation with a dose of 0.5 Mrad or 1.0 Mrad did not inhibit the mycelial growth of mushrooms.

J. Food Sci. Technol. Japan, 22, 401 (1975).

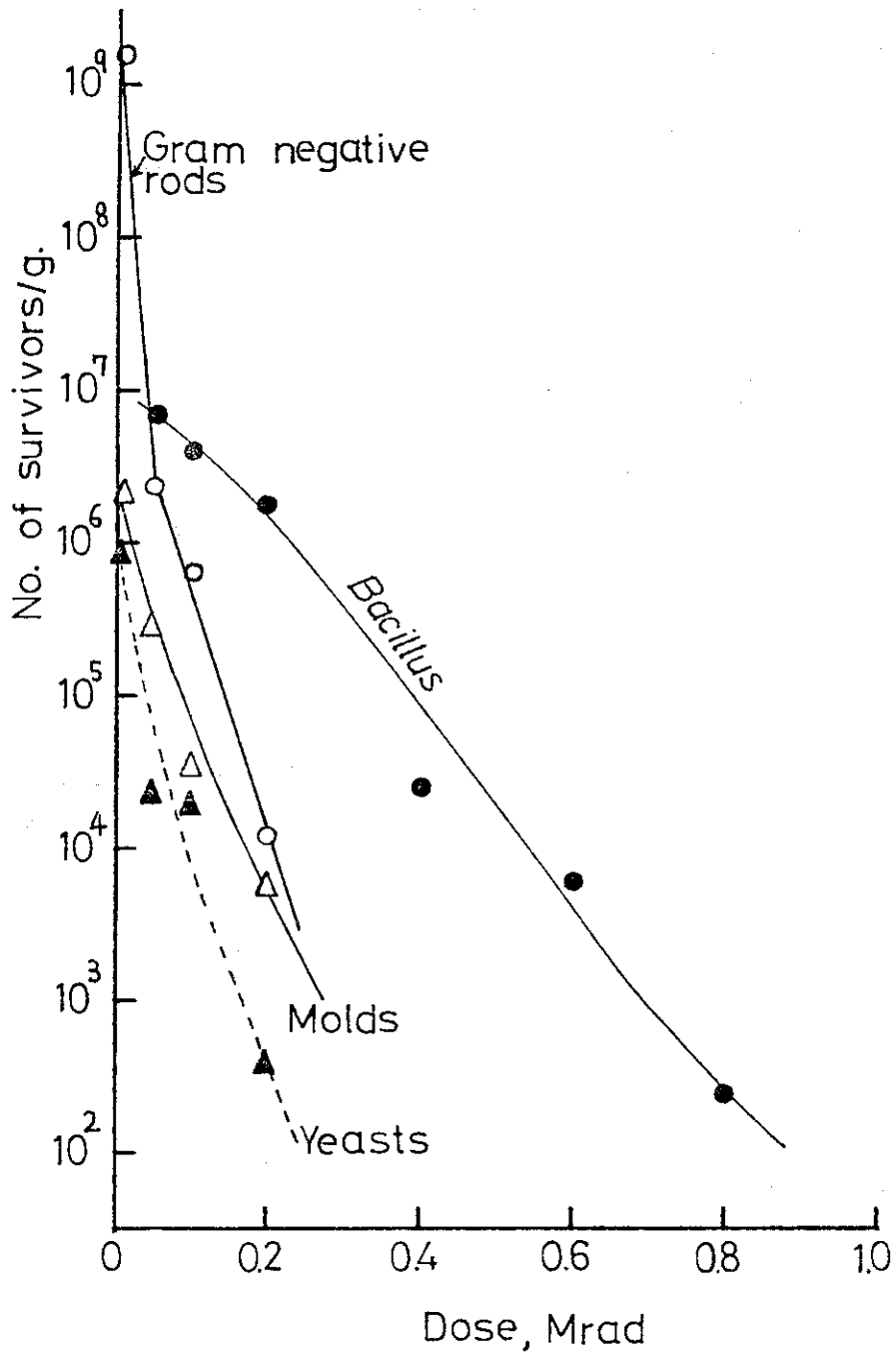


Fig. 1. Microbial flora change in aged sawdust medium as a result of irradiation.

Table 1. Effect of radiation and subsequent incubation of Hiratake mushroom (Pleurotus ostreatus) in the sawdust medium which was sealed up by film package and stored at 20°C for 7 days.

(1) Growth of mycelia

film	Dose	non-irrad	0.5 Mrad	1.0 Mrad	2.0 Mrad
polyethylene		±	++	++	++
polypropylene		-	+	+	+

(2) Change of medium by microbial growth

film	Dose	non-irrad	0.5 Mrad	1.0 Mrad	2.0 Mrad
polyethylene	gas production	+	-	-	-
	molds growth	+	+	-	-
	browning	+	+	+	-
polypropylene	gas production	+	-	-	-
	molds growth	-	+	-	-
	browning	±	+	+	-

Table 2. Effect of radiation on the multiplication of microorganisms in the sawdust medium when stored at 25°C for 10 days.

Microorganisms	non-irrad	0.5 Mrad	1.0 Mrad	2.0 Mrad
<u>Bacillus</u>	$5.6 \times 10^7/g$	$8.0 \times 10^6/g$	$5.0 \times 10^6/g$	-
Gram negative rods	$6.2 \times 10^8/g$	-	-	-
Yeasts	$1.2 \times 10^6/g$	$1.8 \times 10^6/g$	$5.0 \times 10^3/g$	-
Molds	$6.2 \times 10^5/g$	$8.5 \times 10^3/g$	-	-

3) ブドウ酒中の褐変物質に対する γ 線照射の影響

横塚弘毅*・渡辺 宏・白石好博*・櫛田忠衛*

(*山梨大学工学部発酵化学研究施設)

目 的

ブドウ酒を γ 線で照射すると褪色すると同時に紫外部吸収も減少することが知られている。^{1~3)}この現象についてはブドウ酒中の褐変物質やポリフェノールが変化するためであると考えられてきたが、これらの化合物が照射後どのように変化するかということはまだ詳細には調べられていない。そこで照射したブドウ酒中の褐変物質の変化について検討した。

実験方法

ブドウ酒は甲州産の白ブドウ酒と加熱白ブドウ酒を使用した。加熱白ブドウ酒は白ブドウ酒を60°C、80日間加熱処理することによって調製した。ブドウ酒は照射前にミリポアフィルターで濾過し、褐色ビンに入れてシリコン栓をし、室温で0.2~10.0 Mrad まで照射した。照射には14万Ciコバルト60を用いた。照射したブドウ酒を濾紙で濾過したのち、400mlの濾液をエバポレーターで10mlまで濃縮した。濃縮によって出てくる沈殿を濾過し、濾液をSephadex G-15(2.2×110cmカラム)によって分画した。

Sephadex G-15によって分画された各フラクションを一定量に濃縮し、電気泳動やペーパークロマトグラフィによって精製して褐変物質の性質を調べた。

実験結果および考察

白ブドウ酒と加熱白ブドウ酒はともに線量の増加につれて褪色し、400nmの吸収は約0.2まで減少した(Fig. 1)。すなわち加熱処理によって生成される褐変物質も照射によって完全に消失することを示している。この可視部の吸収は600nmまで測定してもすべての波長で減少し、また紫外部においては非照射でみられる280nmの極大吸収も線量の増加とともに減少した。

ブドウ酒の一般分析の結果では、エキス、還元糖、総酸、エステル、アルコールなどには照射の影響がみられなかったが、Table 1に示すようにポリフェノール含量とアルデヒド含量は照射とともに増加した。

ブドウ酒の味は照射によって全般にマイルドになり、0.5Mrad以上照射したものではコクがなくなり、アルデヒド臭が強くなった。

非照射白ブドウ酒中の褐変物質をSephadex G-15で分離するとW1, W2, W3の3成分が得られた。Fig. 2に示すように、W2とW3は照射によって減少したが、W1は逆に照射することによって増加した。各成分は紫外部の吸収、形状、色調とも照射前と後ではほとんど変化はみられず、照射により量的変化が起るだけであると思われる。一方、加熱白ブドウ酒中の褐変物質を同様にSephadex G-15で分離すると、F1, F2, F3, F4, F5の各成分に分かれた。各成分の収量はそれぞれ38mg, 160mg, 9.1mg, 12.1mg, 11.6mgであり、褐変物質としてF2が最も多量に存在することが解っ

た。Fig. 3 に示すように F 2 から F 5 までの成分は照射によって一様に減少するが、F 1 は白ブドウ酒の場合と同様に照射する線量が高い程、増加した。この F 1 が他の F 2 から F 5 までの成分から由来するのか、ブドウ酒の他の成分から由来するかは明らかではないが、照射によって生成されてくる褐変物質を F 1 は含んでいる。

白ブドウ酒の場合と異なり、加熱白ブドウ酒中の褐変物質は照射により、紫外部吸収、形状、色調などが変化した。すなわち、F 3, F 4, F 5 は粉末状であったものが照射により油状になり、F 2 と F 5 は λ_{max} が 280 nm から 255 nm にシフトした。また F 1 以外の 4 成分では照射により色が明るくなった。以上の結果から考えると、ブドウ酒中の褐変物質量は照射によって全体的にかなり減少するが、各褐変物質の性質はそれぞれの物質によって異なっている。

文 献

- 1) 飯田茂次, 岡沢精茂, 並木満夫, 松山 晃 : 農化, 36, 674 (1962).
- 2) 岡沢精茂, 並木満夫, 高田君枝, 松山 晃 : 農化, 36, 680 (1962).
- 3) V.L. Singleton : Food Technol., 17, 790 (1963).

Effects of Cobalt-60 Gamma-Irradiation on Browning
Compounds in Wines

Koki YOKOTSUKA*, Hiroshi WATANABE, Yoshihiro SHIRAIISHI*,
and Tadae KUSHIDA*

(*Research Institute of Fermentation, Yamanashi University)

Samples of white table wine and baking wine were irradiated with doses of 0.2 to 10 Mrad by gamma radiation. Chemical and physical analyses showed that visible and ultraviolet absorption of the wines diminished considerably, and the amounts of aldehydes and polyphenols increased, but changes in extract, total acids, esters or alcohol were not evident. The pH of the wines increased slightly. The browning materials in the unirradiated and irradiated wines were fractionated by gel filtration on Sephadex G-15, purified on paper chromatography and paper electrophoresis, and classified on the basis of their behavior on chromatography and electrophoresis.

Three fractions(W1,W2 and W3) were obtained from the white wines and five fractions(F1,F2,F3,F4 and F5) from the baking wines, whether or not the wines were irradiated, and irrespective of dose. The yields of W1 and F1, which were eluted first on gel filtration, increased on irradiation and those of the other fractions decreased. The lyophilisates of the four fractions F2,F3,F4 and F5 changed considerably before and after irradiation in absorption spectra, colors and forms, but no significant change was observed in the analyses of F1,W1,W2 and W3, except for the change in absorption maximum of W3.

J. Ferment. Technol., 53, 84 (1975).

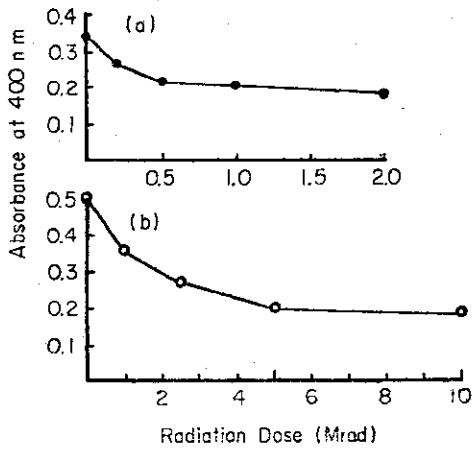


Fig. 1. Effect of irradiation on optical density (at 400 nm) of white wine (a) and baking wine (b).

Table 1. Physical and chemical analyses of irradiated wines.

	pH	Total polyphenol (mg/l as gallic acid)	Aldehydes (mg/l as acetoaldehyde)
White wine			
Control	3.20	220	4.9
0.2 Mrad	3.30	225	5.1
0.5 Mrad	3.28	231	7.9
1.0 Mrad	3.28	289	9.2
2.0 Mrad	3.28	367	9.9
Baking wine			
Control	3.30	190	5.3
1.0 Mrad	3.32	225	10.8
2.5 Mrad	3.40	375	13.7
5.0 Mrad	3.46	420	16.9
10.0 Mrad	3.50	485	17.9

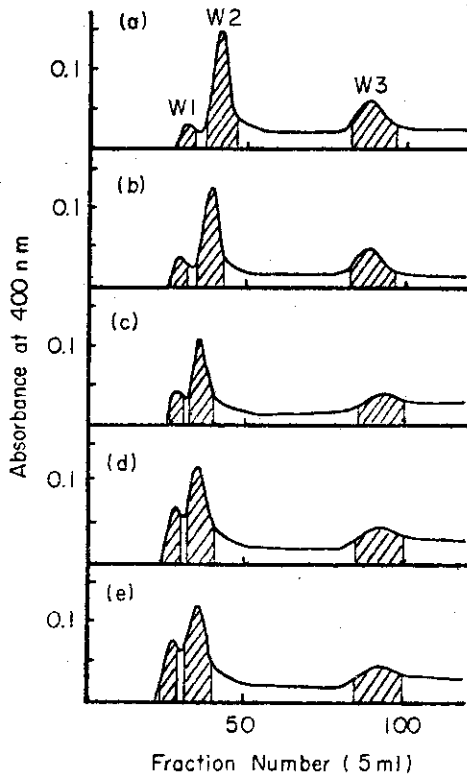


Fig. 2. Elution patterns of browning compounds in unirradiated and irradiated white wines on Sephadex G-15 chromatography.

The browning materials in the white wines irradiated with doses of 0 Mrad (a), 0.2 Mrad (b), 0.5 Mrad (c), 1.0 Mrad (d) and 2.0 Mrad (e), respectively, were eluted from a Sephadex G-15 column (2.2×110 cm) at a flow rate of 20 ml per hour with distilled water.

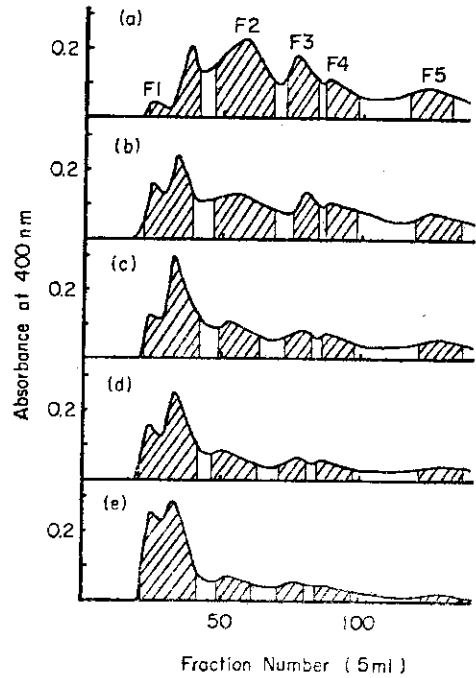


Fig. 3. Elution patterns of browning compounds in unirradiated and irradiated baking wines on Sephadex G-15 chromatography.

The browning materials in the baking wines irradiated with doses of 0 Mrad (a), 1.0 Mrad (b), 2.5 Mrad (c), 5.0 Mrad (d) and 10.0 Mrad (e), respectively, were eluted from a Sephadex G-15 column (2.2×110 cm) at a flow rate of 20 ml per hr with distilled water.

4) 水, エタノールの γ 線照射分解生成物による甲州ワイン中の油状褐変物質の褪色

横塚弘毅*, 渡辺 宏, 白石好博*, 佐藤友太郎, 櫛田忠衛*

(* 山梨大学工学部発酵化学研究施設)

目 的

前報¹⁾において, 白ブドウ酒と加熱白ブドウ酒中の褐変物質が γ 線照射によって変化することを報告した。また, その中で加熱白ブドウ酒中の褐変物質がSephadex G-15を用いたクロマトグラフィにより5成分(F1~F5)に分離され, F2~F5は照射によって一様に減少するがF1は逆に増加することを明らかにした。そこでこれらの褐変物質がブドウ酒中でどのように褪色するかを調べるため, 照射による褪色や重量減少が最も大きいF2を使用し, F2の褪色に影響を及ぼす水やアルコールの放射線分解生成物の効果について検討した。

実験方法

F2は甲州白ブドウ酒を60°C, 80日間加熱処理したブドウ酒中からSephadex G-15クロマトグラフィにより調製した。F2を水または14%エタノールを含む水で400nmでの吸光度が約0.3になるように希釈し, 1N NaOHでpH 7.0に調整した溶液をN₂, O₂, N₂Oなどの各ガスで置換したのち照射した。照射後400nmの吸光度を測定することによりF2の褪色を調べた。照射は6万Ciコバルト60を用い, 0.2~1.0Mrad/hrの線量率で行なった。

実験結果および考察

水は放射線によって分解し, OH, H, e_{aq}^- , H₂, H₂O₂などを生成する。H₂ガスはF2の褪色には影響しなかったが, Fig. 1に示すようにH₂O₂は高濃度でF2の褪色に効果があった。しかし10⁻³M以下のH₂O₂は褪色にほとんど影響しなかった。H₂O₂のG値を0.7として計算すると1.0Mrad照射しても水溶液中の濃度は約7×10⁻⁴MであるからF2の褪色にH₂O₂が関与しているとしても, その寄与は非常に小さいと考えられる。そこで次に褪色に関係する水生成ラジカルについて調べた。F2溶液を各種のガスで飽和したのち照射したときの褪色をFig. 2に示した。N₂O中では e_{aq}^- が捕捉されてOHになり, N₂中と比べるとOH濃度は2倍になるが e_{aq}^- は消失する。実験結果はF2の褪色がN₂Oによって保護されることを示しており, これはF2の褪色に e_{aq}^- が関与するがOHは影響しないことを示唆している。OHの作用についてはフェントン試薬を用いてさらに検討したが, 褪色には全く効果を示さなかった。したがってN₂O中での褪色はほとんどHによっており, N₂中ではH以外に e_{aq}^- も褪色に関与していると考えられる。空気やO₂で飽和すると褪色が促進されたが, これは還元性ラジカルとO₂との反応によって生成されるO₂⁻イオンが褪色に寄与しているためであると思われる。

ブドウ酒に近い条件として, 14%エタノールを含む水溶液を各ガス置換したのち照射したときのF2の褪色がFig. 3に示してある。N₂中でもN₂O中でも添加したエタノールはF2の褪色を促進し, その褪色率はN₂中よりもN₂O中の方が幾分効果的であった。しかしエタノールの促進効果はO₂中でかなり抑制された。エタノール濃度を変化させると, 5%以上では一定となった(Fig. 4)。

1.0Mradでは5%以上のエタノールがあれば最大の促進効果が得られ、このことは1.0Mradでのエタノールの照射生成物濃度が最大になることを意味していると考えられる。エタノール水溶液の放射線分解生成物は H_2 , H_2O_2 , アセトアルデヒド, (無酸素中だけ) ブタンジオールなどである²⁾。そこで主成分であるアセトアルデヒドの添加効果を $10^{-5} \sim 10^{-2} M$ の範囲で調べたが、添加による褪色は全く認められなかった。またさらに、エタノール水溶液を最大3.2Mradまで照射し、照射エタノールを14%になるようにF2に添加したが褪色はみられなかった。したがってエタノールから生成される安定な照射生成物は褪色には関係していないと考えられる。エタノールによる褪色促進効果が照射中にエタノールが共存するときだけ認められることから、この促進効果はエタノールラジカルによるのではないかと考えられる。エタノールラジカルは O_2 が存在すると反応してアセトアルデヒドを生成する³⁾。アセトアルデヒドは褪色に関係しないから O_2 が存在するとエタノールの褪色促進効果は抑制されることが推定される。Fig. 3の結果はこの推定を支持している。すなわち、14%エタノールを含むF2溶液を O_2 飽和したのち照射すると、0.2Mradまでは N_2 飽和した場合と同じ褪色率を示し、エタノールの促進効果はみられない。しかしさらに高線量照射すると促進効果が認められた。これは溶存酸素が消費されてしまっても多量に存在するエタノールから生成されるエタノールラジカルによって褪色が促進されているものと考えられる。

文 献

- 1) K. Yokotsuka, H. Watanabe, Y. Shiraiishi, T. Kushida; J. Ferment. Technol., 53, 84 (1975).
- 2) M. Anbar, P. Neta; Int, Appl. Radiat. Isotop., 18, 493 (1967).
- 3) A. E. Ekstrom, J. L. Garnett; J. Phys. Chem., 70, 324 (1966).

Decolorization of Oily Browning Compounds from Koshu Wine
by Products Formed by γ -Radiolysis of Water and Ethanol

Koki YOKOTSUKA*, Hiroshi WATANABE, Yoshihiro SHIRAIISHI*,
Tomotaro SATO, and Tadae KUSHIDA*

(* Research Institute of Fermentation, Yamanashi University)

An oily browning fraction, F2, isolated from baking Koshu wine, was dissolved in water or aqueous ethanol solution. The sample solutions were adjusted to pH 7.0, saturated with N_2 , N_2O or O_2 , and then irradiated with 0.2 to 1.0 Mrad of gamma radiation. Decolorization of the sample solutions progressed with increasing dose.

The effects of the products formed by γ -radiolysis of water and ethanol on the decolorization of F2 were investigated. Decolorization of F2 was never or hardly affected by addition or introduction of H_2O_2 , H_2 , and OH formed by radiolysis of water; acetaldehyde; and ethanol itself and pre-irradiated ethanol. F2 was decolorized, however, by reducing radicals, e_{aq}^- and H, formed by radiolysis, and ethanol radical formed by reaction of ethanol with OH in the absence of O_2 , and by O_2^- formed by reaction of the reducing radicals with O_2 in the presence of O_2 .

J. Ferment. Technol., 54, 109 (1976).

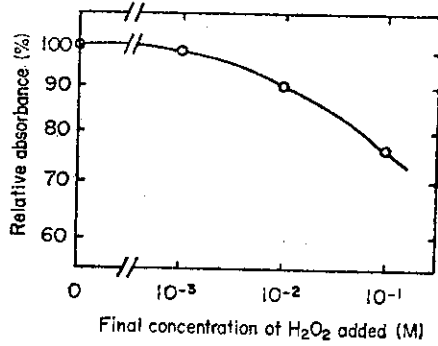


Fig. 1. Effect of H₂O₂ on decolorization of F2 solution.

To the F2 solution was added hydrogen peroxide to give a final concentration of 10⁻³ to 10⁻¹ M and the mixture was incubated at room temperature (about 25°C) for 2 hr.

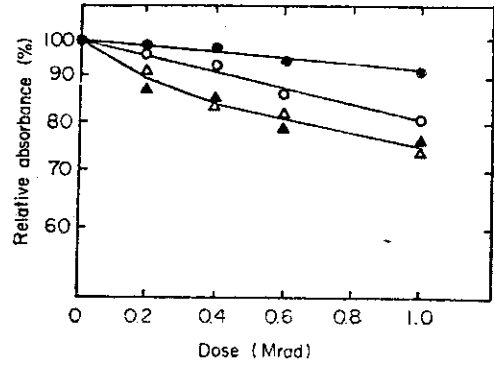


Fig. 2. Effects of saturating gases on decolorization of F2 solution.

After saturation with N₂, N₂O or O₂, the F2 solution was irradiated with doses of 0.2 to 1.0 Mrad.
 ○-○- N₂, ●-●- N₂O, -△-△- Air,
 ▲-▲- O₂

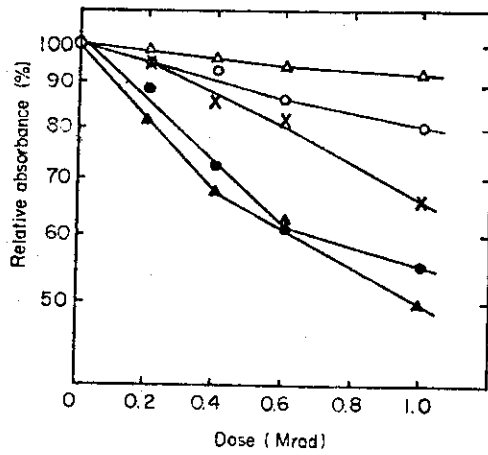


Fig. 3. Effects of ethanol and saturating gases on decolorization of F2 solution.

After saturation with O₂, N₂ or N₂O and addition of ethanol to a final concentration of 14%, the F2 solution was irradiated with doses of 0.2 to 1.0 Mrad.

-x-x- O₂-saturated, 14% ethanol
 -●-●- N₂-saturated, 14% ethanol
 -▲-▲- N₂O-saturated, 14% ethanol
 -○-○- N₂-saturated
 -△-△- N₂O-saturated

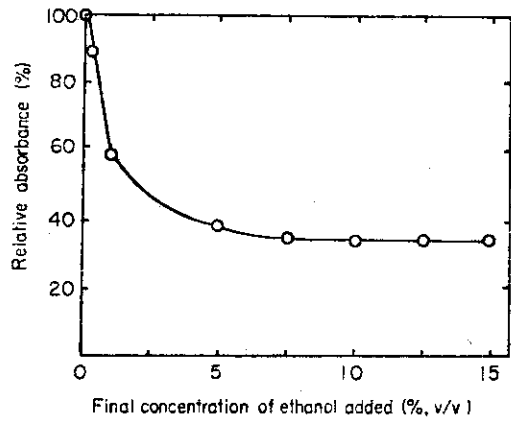


Fig. 4. Effect of ethanol concentration on decolorization of F2 solution.

To the F2 solution was added ethanol to give a final concentration of 0.1 to 50% and the mixture was irradiated with a dose of 1.0 Mrad in the presence of air.

5) γ 線照射による希薄水溶液中でのビオチンの失活
(グルタミン酸発酵培地の放射線処理, 第2報)

渡辺 宏・青木章平・佐藤友太郎

目 的

グルタミン酸生産菌は至適濃度(約 $3\mu\text{g}/\ell$)のビオチンが存在するとき最大のグルタミン酸生成を行なう。しかし発酵培地として使用される廃糖蜜は多量のビオチンを含有しており, そのままでは培地として不適當である。そこで放射線による殺菌と同時にビオチン含量を調節できるかどうかを知るために, 前報¹⁾においては高濃度水溶液中でのビオチンの放射線分解について検討した。今回は希薄水溶液中でのビオチンの失活に係る水の放射線分解生成物の影響について検討し, 水溶液中におけるビオチン失活の機構について推定した。

実験方法

ビオチンを3回蒸留水に溶解し, pHを中性に調整したのち, $\text{N}_2, \text{O}_2, \text{N}_2\text{O}$ などの各気体で飽和し, 6万Ciコバルト60を用いて50krad/hrで照射した。ビオチンの定量は Lactobacillus arabinosus 17-5 (ATCC 8014) を用いて, パルプディスク法で行なった。

実験結果および考察

水溶液中でのビオチンの失活は10~500krad/hrの線量率範囲では線量率に依存せず, 線量に依存した。これはラジカルの再結合や長寿命ラジカルなどが存在しないことを意味しており, 以下の実験はすべてこの線量率範囲で行なった。ビオチンの活性はFig. 1に示すように指数函数的に減少した。種々の濃度のビオチン溶液の失活曲線からビオチンの失活のG値を求めると, pH3.8では4.86, pH7.0では4.16となった。今まで酵素やホルモンなどについて多くのG値が得られているが, 酵素の中で最も失活のG値が大きいパインで2.4であり, ペプチドホルモンであるオキシトシンでも3.9であるから, ビオチンの失活のG値はかなり大きい。

そこでビオチンの失活に係る水の放射線分解生成物について調べた。水は放射線で分解しOH, H, e_{aq}^- , H_2 , H_2O_2 などを生じる。この中で分子状生成物である H_2 と H_2O_2 はビオチンの失活には全く関係しなかった。すなわちビオチンの失活は水生成ラジカルによると考えられる。種々のガスで置換したときの失活曲線をFig. 1に示した。 N_2 に比べて N_2O では失活は促進され, また O_2 が溶液中に存在すると失活は大きくなった。また20mMイソプロパノール(OHラジカルの捕捉剤)を含むビオチン水溶液を N_2 または N_2O で飽和したのち照射した結果がFig. 2である。イソプロパノールの添加により著しくビオチンの失活は保護され, N_2 中よりも N_2O の方が保護効果は大きかった。このことはOHがビオチンの失活に大きな役割をはたしていることを意味している。そこで各条件下で照射したときの失格のG値と, 各ラジカルの失活効率をTable 1とTable 2に示した。Table 1において, N_2 中では3種のラジカル(OH, H, e_{aq}^-)が作用できると考えられるが, 溶存酸素が存在した場合には, e_{aq}^- とHは O_2 と反応しpH4.8以上では O_2 として大部分が存在するであろう²⁾。 O_2 が存在するとG値

は N_2 中の2倍となった。これは O_2 が非常に大きく失活に寄与しているためであると考えられる。イソプロパノール添加の系では照射によってアルコールラジカルの生成が考えられる。 N_2O では N_2 中の約2倍のアルコールラジカルが生成するはずであるが、G値は N_2O +アルコール系の方が小さかったから、アルコールラジカルがピオチンを失活できるとしてもその効率は e_{aq}^- よりも小さいと思われる。Table 2から各ラジカルの中で失活効率はOHが最も大きく、ピオチン分子を失活するのに1.37個必要であるが、Hでは10個、 e_{aq}^- では50個のラジカルを必要とすることになる。

イオウを含む化合物が放射線に対する感受性が大きいということはすでによく知られており、OHとイオウが反応してスルフォキシドやスルフォンを生成する。^{3,4)}ピオチンの場合にも照射によって ℓ -スルフォキシドが生成されるという報告⁵⁾があるから、ピオチンのウレイド環中のイオウがラジカルの攻撃を受けると考えられる。 d -スルフォキシドはピオチンと同じ活性を示すが、 ℓ -スルフォキシドはピオチンの5%しかL. arabinosusに対して活性を示さない。⁶⁾したがってピオチンがほぼOH 1分子と反応することによって失活するという事は、OHとの反応によって生成されるスルフォキシドはほとんど ℓ -型であると推定できる。 O_2 がピオチンを1.56個という高い効率で失活できることは他に例をみない特異的現象である。ピオチンは O_2 と反応してスルフォンを生成する可能性が考えられるが、この反応についてはさらに多くの実験的証明が必要であろう。

文 献

- 1) H. Watanabe and T. Sato ; Amino Acid. Nucleic Acid, 27, 50 (1973).
- 2) J. Rabani and S. O. Nielson ; J. Phys. Chem., 73, 3736 (1969).
- 3) H. Nishimura, S. Kawakishi and M. Namiki ; Agr. Biol. Chem., 34, 609 (1970).
- 4) A. Ohara ; J. Radiat. Res., 7, (1), 18 (1966).
- 5) M. Sjoestedt and L. E. Ericsson ; Acta Chem. Scand. 16, 1989 (1962).
- 6) J. M. Lee ; J. Biol. Chem., 208, 503 (1954).

Gamma-ray Inactivation of Biotin in Dilute Aqueous Solution
(Irradiation Treatment of Medium on L-Glutamic Acid
Fermentation. Part II)

Hiroshi WATANABE, Shohei AOKI and Tomotaro SATO

The relative roles of the radicals produced by water radiolysis in the inactivation of biotin in aqueous solution were investigated. The effect of nitrous oxide and isopropanol used as selective free radical scavengers allowed the inactivation efficiencies per unit G-value of OH, H, and e_{aq}^- to be estimated; these efficiencies were 0.73, 0.10, and 0.02 in neutral solution, respectively. The activity of biotin was unaffected by hydrogen gas and hydrogen peroxide. G_0 -value for biotin inactivation in oxygen-free neutral solution was 2.08. Under these conditions the hydroxyl radical attack was found to be responsible for the large part of inactivation. On the other hand, in oxygenated neutral solution, G_0 -value was 4.16. This large increase of inactivation in oxygenated solution suggested that, although hydrated electrons were considerably ineffective as an inactivating species in oxygen-free solution, superoxide ions would be much more effective in causing inactivation of biotin in oxygenated solution.

A rate constant for the reaction of biotin with hydroxyl radical was $1.34 \times 10^{10} \text{ M}^{-1} \text{ sec}^{-1}$ as determined by the PNDA method.

Agr. Biol. Chem., 40, 9 (1976).

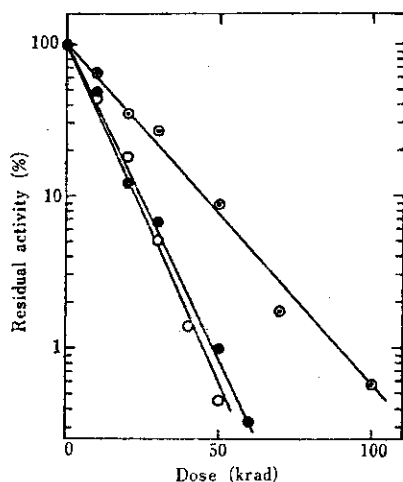


FIG. 1. Effect of Dose on the Activity of γ -Ray Irradiated Solutions Containing 10 μ g/ml Biotin, pH 7.0.

○, N₂-saturated; ●, N₂O-saturated; ○, air-saturated.

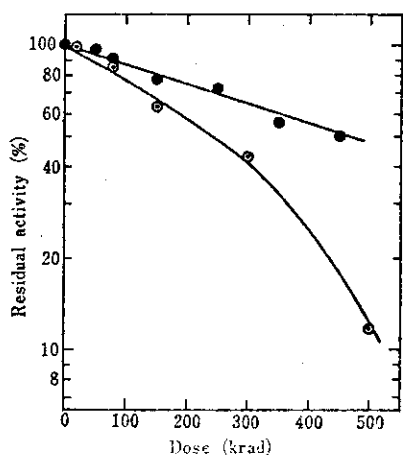


FIG. 2. Effect of Dose on the Activity of γ -Ray Irradiated Solutions Containing 10 μ g/ml Biotin and 20 mM Isopropanol, pH 7.0.

The symbols are the same as shown in Fig. 1.

TABLE I. D₃₇ DOSE AND G₀-VALUE FOR BIOTIN INACTIVATION AT pH 7.0 FOR SEVERAL COMBINATIONS OF RADICALS

Solute	Inactivating radical and ion	D ₃₇ (krad)	G ₀ ^{a)} (inactivation)
Air	OH, O ₂ ⁻	9.5	4.16
N ₂	OH, H, e _{aq} ⁻	19.0	2.08
N ₂ O	2(OH), H	10.2	3.88
N ₂ /isopropanol	e _{aq} ⁻ , H	370.0 ^{b)}	0.11
N ₂ O/isopropanol	H	670.0	0.06

^{a)} G₀(inactivation) was obtained by dividing the initial biotin concentration by the D₃₇ dose. The factor 9.65 × 10⁸ was used to convert G₀ in moles/(liter rad) to molecules/(100 eV).

^{b)} The D₃₇ dose was obtained from the initial slope of curve.

TABLE II. INACTIVATING EFFICIENCIES OF OH, H, e_{aq}⁻, AND O₂⁻

Radical and ion	Inactivating efficiency	Inactivating efficiency per unit G-value
OH	1.97 ^{a)}	0.73
	1.91 ^{b)}	0.71
H	0.06	0.10
e _{aq} ⁻	0.05	0.02
O ₂ ^{- c)}	2.19	0.64

^{a)} Calculated from N₂/isopropanol and N₂ data.

^{b)} Calculated from N₂O/isopropanol and N₂O data.

^{c)} The efficiency of O₂⁻ was calculated by assuming that e_{aq}⁻ and H were converted mostly to O₂⁻ by the reaction with O₂, and that the formation yield of O₂⁻ was 3.4 molecules/100 eV.

6) Achromobacter lunatus の生産する溶解酵素による放射線抵抗性細菌の溶菌

渡辺 宏, 久米民和, 岡沢精茂,* 佐藤友太郎

(* 理化学研究所)

目 的

これまで分離された放射線抵抗性細菌は M. radiodurans のようにグラム陽性菌であっても、一般にリゾチームによる溶菌が困難であり、Ps. radiora は全く作用を受けない。そのためこれら抵抗性細菌から細胞内成分を温和な条件下で抽出することがむずかしく、抵抗性の原因を分子レベルで研究する上での一つの障害となっていた。そこで抵抗性細菌を溶解する酵素の探索を行なった結果、津村ら¹⁾ が分離した Ac. lunatus の生産する溶解酵素が放射線抵抗性細菌 6 株 (M. radiodurans, M. radioprotelyticus, M. spH 55, Ar. radiotolerans, Ps. radiora O-1, RP-C) をすべて溶菌できることを見出したので、抵抗性の小さい細菌 14 株をも含めて、この溶解酵素に対するこれらの細菌の感受性を検討した。

実験方法

各細胞を肉エキスーペプトン培地 (pH7.0) で 30°C (Ar. radiotolerans では 40°C) で振盪培養し、定常期細胞を遠心機で集め、3 回洗浄したのち脱イオン水に懸濁して溶菌試験用の試料とした。溶菌試験は次のように行なった。酵素蛋白 0.02mg/ml, 0.01M リン酸緩衝液 (pH7.0), 1.6×10^4 M トリトン X-100 を含む反応液に、細菌懸濁液を 660nm での吸光度が約 0.7 になるように加え、30°C または 50°C で 1 時間反応させた。各細菌の溶解酵素に対する感受性は反応後における 660nm での吸光度の減少から測定した。

実験結果および考察

グラム陰性菌は一般に溶解酵素の作用を受けにくい。Table 1 に示したように 30°C で反応させてもグラム陰性菌はほとんど溶菌しなかった。しかし B. sphaericus を除くグラム陽性菌は放射線抵抗性菌も含めてすべて溶菌した。本酵素の至適反応温度に近い 50°C で反応させると、Ps. radiora O-1 と E. coli K-12 を除くすべての細菌が酵素だけの作用によって溶菌した。Ps. radiora は酵素だけまたは界面活性剤だけでは溶菌しにくかったが、酵素と界面活性剤との協同作用によって溶菌することが判った。このように界面活性剤を反応系に添加すると、本実験で使用した細菌 20 株は程度の差はみられるものの、すべての細菌が酵素の作用を受けて溶菌した。

Ac. lunatus の溶解酵素中にはプロテアーゼ活性とグルカナーゼ活性が見出されており、本酵素が酵母細胞壁を溶解することが知られている。プロテアーゼの至適 pH は 8~9.5 であり、グルカナーゼの至適 pH は 5.4~5.8 である。²⁾ M. radiodurans の生菌を用いて調べた本酵素の至適 pH は 8.8 であるから、溶菌作用は主にプロテアーゼによっているものと考えられる。M. radiodurans の細胞壁は多量のリポ蛋白と多糖類を含む外壁 (一般にグラム陰性菌に検出される) とリゾチームによって作用を受けるムコペプチドの内壁から構成されている。³⁾ したがって M. radiodurans がリゾチームの作

用を受けにくいのは外壁によって保護されているためであると思われる。Ac. lunatus の溶解酵素が界面活性剤の協力なしに、酵素だけで溶菌するという事は、本酵素中のプロテアーゼが外壁と内壁の両者に作用することができることを意味していると考えられる。

文 献

- 1) N. Tsumura and M. Ishikawa ; Rep. Food Res. Inst., 28, 38 (1973).
- 2) N. Tsumura ; Abstracts of Symposium Papers, 21th National Meeting of Japanese Society of Food Science and Technology, Tokyo , April, 1974, pp. 18~24.
- 3) E. Work and H. Griffiths ; J. Bacteriol., 95, 641 (1968).

Lysis of Radio-resistant Bacteria by Enzyme of
Achromobacter lunatus

Hiroshi WATANABE, Tamikazu KUME, Yoshishige OKAZAWA*
and Tomotaro SATO

(* Institute of Physical and Chemical Research)

Radio-resistant bacteria such as Micrococcus radiodurans, Micrococcus radioproteolyticus, Micrococcus sp. H55, Arthrobacter radiotolerans and Pseudomonas radoria are never or hardly lysed by lysozyme. Therefore, it has been difficult to extract gently intracellular components from cells of these bacteria. The susceptibilities of these radio-resistant bacteria and some other strains of bacteria to the lytic enzyme of Achromobacter lunatus isolated by Tsumura et al. were examined.

Gram-negative bacteria on incubation at 30°C were hardly lysed by enzyme alone, but gram-positive bacteria except for Bacillus sphaericus were easily lysed under the same conditions. Gram-negative bacteria incubated at 50°C were lysed by enzyme alone. Ps. radoria, even if incubated at 50°C, was difficult to be lysed by enzyme alone or detergent alone, but was found to be lysed by the cooperative action of the lytic enzyme and Triton X-100 of non-ionic detergent. Gram-positive radio-resistant bacteria were lysed effectively as well as other gram-positive bacteria. Triton X-100 was found not to increase significantly a rate of lysis of these gram-positive bacteria.

Agr. Biol. Chem., 40, 427 (1976).

TABLE I. SUSCEPTIBILITIES OF VARIOUS BACTERIA TO LYTIC ENZYME OF *Achromobacter lunatus*

The reaction mixture was composed of 1 ml of enzyme solution (0.12 protein-mg/ml), 1 ml of Triton X-100 (9.3×10^{-4} M), 1 ml of cell suspension and 3 ml of 0.02 M phosphate buffer (pH 7.0), and incubated at 30°C or 50°C for 60 min.

Bacteria	Degree of lysis (% decrease in turbidity) ^{a)}					
	30°C			50°C		
	E ^{b)}	T ^{c)}	E+T ^{d)}	E	T	E+T
<i>Pseudomonas radiora</i> O-1 (IAM 12099) ^{e)}	0	0	7	7	6	45
<i>Pseudomonas radiora</i> RP-C (IAM 12098) ^{e)}	0	0	7	16	8	49
<i>Pseudomonas fluorescens</i> B3-1	0	0	9	91	35	94
<i>Pseudomonas rubescens</i> B1534	0	29	93	90	35	92
<i>Pseudomonas rubescens</i> B1651	8	29	91	89	30	90
<i>Escherichia coli</i> K-12	0	0	0	6	7	19
<i>Escherichia coli</i> B	6	3	11	37	10	55
<i>Escherichia coli</i> B/r	5	2	23	13	17	63
<i>Escherichia coli</i> B _{s-1}	5	3	8	22	14	48
<i>Acinetobacter calcoaceticus</i> (ATCC 23055)	4	6	12	54	27	88
<i>Bacterium anitratum</i> S-5	0	0	0	13	15	63
<i>Proteus</i> sp. E12	0	0	0	28	24	91
<i>Micrococcus radiodurans</i> R ₁ (B-70-7) ^{f)}	95	4	99	97	8	100
<i>Micrococcus radioproteolyticus</i> ^{g)}	81	8	99	98	21	99
<i>Micrococcus</i> sp. H55 ^{e)}	89	7	95	96	8	99
<i>Micrococcus lysodeikticus</i> (IAM 1056)	73	0	73	91	0	93
<i>Arthrobacter radiotolerans</i> P-1 (IAM 12072) ^{f)}	14	0	34	61	0	76
<i>Bacillus subtilis</i> 201-2 (IAM 1069)	62	9	81	90	12	92
<i>Bacillus pumilus</i> E601	29	7	57	50	13	93
<i>Bacillus sphaericus</i> C ₁ A	0	0	17	40	0	77

^{a)} Percentage decrease in turbidity = $(O.D._{600}$ of reference - $O.D._{600}$ of reaction mixture) $\times 100 / O.D._{600}$ of reference. The reference which removed both enzyme and detergent was incubated at the same conditions as reaction mixture.

^{b)} Instead of Triton X-100, the same volume of water was added to the mixture.

^{c)} Instead of enzyme, the same volume of water was added to the mixture.

^{d)} Complete reaction mixture containing both enzyme and Triton X-100.

^{e)} *Ps. radiora* and *M. sp.* H55 isolated by H. Ito *et al.* were kindly supplied from the isolator. *M. sp.* H55 was isolated from sawdust medium for mushroom cultivation, and its radio-resistance was almost the same as that of *M. radiodurans*.

^{f)} *M. radiodurans* isolated by A. W. Anderson *et al.* and *Ar. radiotolerans* isolated by T. Yoshinaka *et al.* were obtained from Institute of Applied Microbiology, Culture Collection Center.

^{g)} *M. radioproteolyticus* isolated by M. Kobatake *et al.* was kindly supplied from the isolator.

3. 総説その他発表リスト

3.1 総説 (Reviews)

- 1) 食品照射研究開発の経過と現状, 青木章平: 放射線化学工業ニュース, No.12 (1973).
- 2) 放射線照射による食品の殺菌と保全, 佐藤友太郎: 食品と科学, 15, 102 (1973).
- 3) 食品照射の将来展望, 佐藤友太郎: Isotope News, 9月号, p2 (1973).
- 4) 飼料の放射線処理による滅菌, 佐藤友太郎: 畜産の研究, 27, 1237 (1973).
- 5) 食品照射に関するコバルト-60 照射装置について, 佐藤友太郎: 照射, 20号, p3 (1974).
- 6) 放射線による馬鈴薯発芽防止の実用化の背景と現状, 佐藤友太郎: New Food Industry, 17, 67 (1974).
- 7) 北海道士幌の馬鈴薯照射施設の概要と照射コスト, 佐藤友太郎: 食品機械装置, No.126, 73 (1975).
- 8) 士幌馬鈴薯照射施設について, 佐藤友太郎: 放射線化学, 10, No.19, 25 (1975).
- 9) 放射線による馬鈴薯の発芽防止, 佐藤友太郎, 青木章平: 放射線と産業, No.1, p10 (1976).
- 10) 放射線抵抗性菌と食品照射, 伊藤 均: 日本原子力学会誌, 18, 24 (1976).

3.2 講演 (Lectures)

- 1) 日本における食品照射について, 佐藤友太郎: 関西原子力懇談会, 大阪, 1973. 11.
- 2) 北海道士幌農協の馬鈴薯照射施設について, 佐藤友太郎: 日本アイソトープ協会, 東京, 1973. 11.

3.3 放送 (Television)

- 1) 芽の出ないジャガイモ, 佐藤友太郎: NHK教育テレビ, 1973. 5.

3.4 公開特許 (Patents)

- 1) 固定化された酵素または菌体を含む新規な重合体組成物およびその製造方法, 嘉悦 勲, 渡辺 宏, 伊藤彰彦, 佐藤友太郎: 特開昭50-78640, 1975. 6. 26.
- 2) 固定化された酵素または菌体含有新規重合体組成物およびその製造方法, 嘉悦 勲, 渡辺 宏, 伊藤彰彦, 佐藤友太郎: 特開昭50-78641, 1975. 6. 26.
- 3) 食用菌等のキノコ類の栽培法, 伊藤 均, 佐藤友太郎, 土屋 厚, 森田吉春: 特開昭50-148152, 1975. 11. 27.