

JAERI-M  
5458

高崎研究所における食品照射に関する  
開発研究

No.1 (1964年4月～1973年3月)

1973年12月

食品照射開発試験室

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・161

(1964年4月～1973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

(1973年11月5日受理)

この報告は高崎研究所における食品照射関係の開発研究の成果のうち主なものを要約して記録したものである。昭和45年度に食品照射開発試験室が開設される以前の研究として、穀類やイチゴなどの放射線処理による貯蔵性の延長、無菌動物飼料やアルコール原料としての糖蜜の放射線殺菌が検討された。

45年度以降においては、特定総合研究の年次計画による対象品目について照射技術を中心に検討を加えた。ジャガイモ、ウィンナーソーセージ照射時における線量分布の均一化、中規模の米麦照射装置の設計・製作を行ない好結果がえられた。また米やウィンナーソーセージに寄生する放射線抵抗性の強い菌を発見、これらの同定と性質の検討が行なわれた。

このほか、無菌飼料調製のための殺菌線量の決定およびグルタミン酸発酵のための糖蜜の放射線殺菌に関する予備的検討が行なわれた。

Food Irradiation in the Takasaki Radiation Chemistry

Research Establishment, No. 1

(April, 1964 ~ March, 1973)

Food Irradiation Development Laboratory, Takasaki, JAERI

(Received November 5, 1973)

Research and development carried out on the food irradiation in JAERI's Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment are described.

The works before Food Irradiation Development Laboratory (FIDL) was established in 1970 included the preservation of rice, maize, strawberry, etc. by  $\gamma$ -irradiation, and sterilization of laboratory animal diets and molasses for alcohol fermentation.

After establishment of the FIDL, the irradiation techniques on foods designated under a special national research program have mainly been investigated : dose uniformity for Vienna sausage, design and construction of a grain irradiation pilot plant, etc.. Radio-resistant microorganisms isolated from rice and Vienna sausage were identified, and their properties were studied. The doses for sterilization of animal diets and sterilization of molasses for glutamic acid fermentation were also determined.

# 目 次

高崎研究所における食品照射開発研究の概要	1
1. 食品照射開発試験室設立以前の研究成果(昭和44年度まで)	3
1.1 殺菌関係	3
1.1.1 $\gamma$ 線照射と米のマイクロフローラ 飯塚 広, 伊藤 均	3
1.1.2 タイ米の $\gamma$ 線照射とマイクロフローラ 伊藤 均, 柴部禎巳, 飯塚 広	9
1.1.3 $\gamma$ 線照射による米の貯蔵効果とマイクロフローラ 伊藤 均, 柴部禎巳, 飯塚 広	13
1.1.4 $\gamma$ 線照射とトウモロコシ, マイロのマイクロフローラ(穀類の微生物に関する研究第11報) 渡辺 宏, 伊藤 均, 柴部禎巳, 飯塚 広	19
1.1.5 $\gamma$ 線照射によるトウモロコシ, マイロの貯蔵効果(穀類の微生物に関する研究第13報) 渡辺 宏, 伊藤 均, 柴部禎巳, 飯塚 広	23
1.1.6 $\gamma$ 線照射によるイチゴの貯蔵効果と Botrytis cinerea の致死線量(放射線殺菌に関する研究 第3報) 柴部禎巳, 伊藤 均, 飯塚 広	28
1.1.7 放射線の無菌動物飼料への応用(放射線滅菌飼料に関する研究 I, II) 岩藤誠吾, 鈴木善雄, 飯塚 広, 柴部禎巳, 仲川憲一	32
1.1.8 蔗糖蜜を主原料とした醗酵生産培地におよぼす $\gamma$ 線照射の影響 飯塚 広, 柴部禎巳, 伊藤 均	46
1.2 その他	53
1.2.1 日本原子力研究所高崎研究所コバルト第2照射室のコンベア形照射装置の照射特性について 柴部禎巳, 橘 宏行, 伊藤 均, 岡田 実	53
1.2.2 コンベア照射装置によって照射されたジャガイモ, タマネギの線量測定 田中 進	62
2. 食品照射開発試験室設立以降の研究成果(昭和45年度以降)	73
2.1 特定総合研究指定品目について	73
2.1.1 農産物	73
(1) 発芽防止	73
i) 大型コンテナに詰めたジャガイモに $\gamma$ 線を照射した場合の吸収線量分布 久米民和, 橘 宏行, 青木章平, 佐藤友太郎	73
ii) 放射線によるジャガイモの発芽抑制, (第3報) 発芽抑制線量と低温貯蔵試料の糖の消長 高野博幸, 田中芳一, 梅田圭司, 佐藤友太郎	77
iii) 放射線によるタマネギの発芽抑制, (第2報) 泉州黄の照射時期と発芽率 高野博幸, 田中芳一, 梅田圭司, 佐藤友太郎	83
(2) 殺 虫	88

i) 米麦照射装置の開発研究(第1報)	星 龍夫, 田中 進, 佐藤友太郎	88
(3) 殺菌		95
i) 放射線抵抗性細菌 <i>Pseudomonas radiora</i> nov. sp. の分離同定	伊藤 均, 飯塚 広	95
ii) 放射線抵抗性細菌 <i>Pseudomonas radiora</i> の放射線感受性と放射線損傷からの回復	伊藤 均, 飯塚 広, 岡沢精茂, 渡辺 宏	100
iii) 米の好浸透圧性 <i>Aspergillus</i> の分離・同定および放射線感受性	伊藤 均, 飯塚 広, 佐藤友太郎	104
2.1.2 畜産物		108
(1) ウィンナーソーセージの放射線保蔵に関する研究		108
i) (第1報, その1) Package irradiation における線量分布について	青木章平, 久米民和, 伊藤 均, 渡辺 宏, 佐藤友太郎	108
ii) (第1報, その2) Package irradiation における均一照射方法の検討	久米民和, 青木章平, 伊藤 均, 渡辺 宏, 佐藤友太郎	113
iii) (第2報) $\gamma$ 線照射によるウィンナーソーセージのマイクロフローラの変動	伊藤 均, 佐藤友太郎	117
iv) (第3報) $\gamma$ 線照射による色の変化について	久米民和, 青木章平, 佐藤友太郎	122
2.2 関連研究関係		126
2.2.1 飼料の殺菌		126
(1) 家蚕人工飼料の放射線処理について	清水 治, 三好健勝, 宮沢福寿, 町田順一, 渡辺 宏	126
(2) 放射線照射による無菌動物用飼料の殺菌	伊藤 均, 飯塚 広, 佐藤友太郎	130
2.2.2 発酵原料の殺菌, 改質		134
(1) ビオチンの放射線分解	渡辺 宏, 佐藤友太郎	134
(2) 水溶液中におけるビオチンの放射線分解(その1)(グルタミン酸発酵培地の放射線処理 第1報)	渡辺 宏, 佐藤友太郎	138
3. 総説その他発表リスト		143
3.1 総説		143
3.2 講演		143
3.3 放送		146
3.4 スライドフィルム		147

## Contents

Introduction .....	1
1. Results obtained before the institution of the Food Irradiation Development Laboratory (before 1970) .....	3
1.1 On sterilization .....	3
1.1.1 Effect of gamma-irradiation on the microflora of rice Hiroshi IIZUKA and Hitoshi ITO .....	3
1.1.2 Effect of gamma-irradiation on the microflora of Thai-rice Hitoshi ITO, Sadami SHIBABE and Hiroshi IIZUKA .....	9
1.1.3 Effect of storage studies of microorganisms on gamma-irradiated rice Hitoshi ITO, Sadami SHIBABE and Hiroshi IIZUKA .....	13
1.1.4 Effect of gamma-irradiation on the microflora of maize and milo (Studies on the microorganisms of cereal grain, Part II) Hiroshi WATANABE, Hitoshi ITO, Sadami SHIBABE and Hiroshi IIZUKA .....	19
1.1.5 Effect of gamma-irradiation on the storage of maize and milo (Studies on the microorganisms of cereal grain, Part XIII) Hiroshi WATANABE, Hitoshi ITO, Sadami SHIBABE and Hiroshi IIZUKA .....	23
1.1.6 Extension of the shelf-life of strawberries by -irradiation and lethal dose of <u>Botrytis cinerea</u> Sadami SHIBABE, Hitoshi ITO and Hiroshi IIZUKA .....	28
1.1.7 Sterilization of laboratory animal diets by gamma radiation Seigo IWADO, Yoshio SUZUKI, Hiroshi IIZUKA, Sadami SHIBABE and Kenichi NAKAGAWA .....	32
1.1.8 Alcohol fermentation using gamma-irradiated cane molasses Hiroshi IIZUKA, Sadami SHIBABE and Hitoshi ITO .....	46

1.2	Miscellaneous .....	53
1.2.1	Absorbed dose distribution in materials irradiated with trolley type endless conveyer irradiator Sadami SHIBABE, Hiroyuki TACHIBANA, Hitoshi ITO and Minoru OKADA .....	53
1.2.2	Radiation dosimetry in potatoes and onions irradiated by a conveyer type irradiator Susumu TANAKA .....	62
2.	Results obtained since the institution of the Food Irradiation Development Laboratory (since 1970) .....	73
2.1	On the designated food items in the national special nuclear research program .....	73
2.1.1	Agricultural products .....	73
(1)	Sprout inhibition .....	73
i)	Dose distribution in large container filled with potatoes by -irradiation Tamikazu KUME, Hiroyuki TACHIBANA, Shohei AOKI and Tomotaro SATO .....	73
ii)	Sprout inhibition of potatoes by ionizing radiation(Part 3) Dose to inhibit sprout and the change of sugar content during the low temperature storage Hiroyuki TAKANO, Yoshiichi TANAKA, Keiji UMEDA and Tomotaro SATO .....	77
iii)	Sprout inhibition of onions by ionizing radiation (Part 2) Effects of radiation dose and storage condition on the sprout of var. "Senshuki" Hiroyuki TAKANO, Yoshiichi TANAKA, Keiji UMEDA and Tomotaro SATO .....	83
(2)	Disinfestation .....	88
i)	Development research of the grain irradiator (Part 1) Tatsuo HOSHI, Susumu TANAKA and Tomotaro SATO .....	88
(3)	Sterilization .....	95
i)	Taxonomic studies on a radio-resistant Pseudomonas Tatsuo HOSHI, Susumu TANAKA and Tomotaro SATO .....	95
ii)	Radiosensitivity of a radio-resistant strain of <u>Pseudomonas radiora</u> and its recovery from radiation damage Hitoshi ITO, Hiroshi IIZUKA, Yoshishige OKAWAWA and Hiroshi WATANABE .....	100



iii)	Identification of osmophillic <u>Aspergillus</u> isolated from rice and their radio-sensitivity Hitoshi ITO, Hiroshi IIZUKA and Tomotaro SATO .....	104
2.1.2	Animal products .....	108
(1)	Radiation preservation of Vienna sausage .....	108
i)	(Part 1) Dose distribution in packages Shohei AOKI, Tamikazu KUME, Hitoshi ITO, Hiroshi WATANABE and Tomotaro SATO .....	108
ii)	Part 1, No. 2) Dose distribution in package Tamikazu KUME, Shohei AOKI, Hitoshi ITO, Hiroshi WATANABE and Tomotaro SATO .....	113
iii)	(Part 2) Changes in the microflora of Vienna sausages after irradiation with gamma-rays and storage at 10°C Hitoshi ITO and Tomotaro SATO .....	117
iv)	(Part 3) Color changes by gamma-irradiation Tamikazu KUME, Shohei AOKI and Tomotaro SATO .....	122
2.2	On the related studies .....	126
2.2.1	Sterilization of animal diets .....	126
(1)	Radiation treatment of artificial diet for silkworm ( <i>Bombyx mori</i> ) Osamu SHIMIZU, Takekatsu MIYOSHI, Fukuji MIYAZAWA, Junichi MACHIDA and Hiroshi WATANABE .....	126
(2)	Sterilization of laboratory animal diets by ionizing radiation Hitoshi ITO, Hiroshi IIZUKA and Tomotaro SATO .....	130
2.2.2	Sterilization and improvement of fermentation media ...	134
(1)	Radiolysis of biotin Hiroshi WATANABE and Tomotaro SATO .....	134
(2)	Radiolysis of biotin on aqueous solution. Irradiation treatment of medium on L-glutamic acid fermentation, Part I Hiroshi WATANABE and Tomotaro SATO .....	138
3.	List of reviews and others for May.1970 ~ Mar. 1973 .....	143
3.1	Reviews .....	143
3.2	Lectures .....	146
3.3	Radio and television .....	146
3.4	Slide film .....	147

## 高崎研究所における食品照射開発研究の概要

食品照射開発試験室は、昭和45年度に創設されたが、高崎研究所ではそれ以前にすでに殺菌に関する研究が行なわれた。その主なものは穀類の殺菌である。米については内地米・タイ米について照射による微生物の菌叢の変化と貯蔵効果について検討がなされた。その結果、非常に放射線抵抗性の強い菌の存在すること、および微生物学的観点からみて、0.2~0.3 Mrad 照射によって貯蔵性が3~4倍延びることが明らかになった。飼料用穀類としてトウモロコシ、マイロについて同様な手法を用いて殺菌に関する研究を行なった。またイチゴの場合、0.2 Mrad の照射によって2~3日間保存期間が延長することを知った。これらのほか、無菌動物飼料調製のための照射殺菌や醱酵原料としての廃糖蜜を殺菌するために放射線処理を試みた。その結果、前者では3~6 Mrad 照射による実験動物飼料の無菌化が飼料効率その他の点からきわめてすぐれていること、後者では醱酵収率が10%以上増大するという効果が明らかになった。なお、これらの実験と平行して、フリーカーブ型コンベア照射装置を食品に応用するための基礎資料として、この照射特性を把握するとともに、一方、実際にジャガイモ、タマネギを20cm幅の容器につめてこのコンベアで運行し、連続照射を行ない、両者ともほぼ1.5程度の線量均一性がえられた。

その後昭和42年度に食品照射研究が原子力特定総合研究に指定され、原研は重要な担当者となり、照射技術の開発を分担するとともに、新しく高崎研究所に設置される共同利用施設を用いて、均一かつ経済的な照射方法を確立するという重大な任務が与えられた。かかる担当に対処するため昭和45年度、食品照射開発試験室が創設され今日に至っている。

以下、昭和45年度以降の成果の概要を記す。

まず農産物については、ジャガイモをつめた大型コンテナを用いて照射する場合いかなる吸収線量分布を示すかについて実際に線量測定を行ない、必要とする2.5以下のバラツキにおさめるためには線源とコンテナの間を4m以上離す必要があることを明らかにした。また照射したジャガイモの貯蔵中における糖の消長をしらべ、二次加工のための処理方法を確立した。このほかタマネギの照射時期と発芽との関係を明らかにした。

米の殺虫については、中規模のサイロ型米麦照射装置を設計・製作し、2771 Ci の  $^{60}\text{Co}$  線源を用い、線量分布約2.0において毎時0.4tの処理能力がえられた。殺菌については引きつゞき研究を行ない、先に発見した放射線抵抗性の強い菌を分離・同定し、*Pseudomonas radora* と命名した。このほか穀類の主要変敗菌である糸状菌を新たに分離し、これらの菌の性質について検討を加えた。

畜産物については、包装ウィナーソーセージを厚さ20cmの package につめて照射する場合の線量分布をしらべ、140,000 Ci の線源を用いたとき、 $5 \times 10^5$  R/hr の線量率の位置でバラツキを1.12に抑えうることを知った。また、照射による貯蔵性の延長として、0.3 Mrad で2~3倍、0.5 Mrad で4~6倍延長できること、およびネト発生菌と目される菌の発見や照射による色の変化などに検討を行なった。

つぎに特定総合研究の対象品目にはないが、関連研究として従来からやってきた殺菌関係の研究を継続してきた。その1つは飼料の殺菌である。すなわち、家畜人工飼料の放射線処理を試み、人工飼料の実用化において有力な手段であることが認められた。また前に行なった無菌動物用飼料の調製において、2.5～3.5 Mrad が完全殺菌線量として妥当であることを明らかにした。

なお発酵原料の殺菌・改質について、グルタミン酸発酵用の糖蜜の殺菌を試みた。まず予備的実験として糖蜜に含まれ、微生物によるグルタミン酸生成に重大な関係をもつビオチンの放射線分解を検討し、ビオチン水溶液を $\gamma$ 線で照射した場合に、ビオチンの分解反応と高分子物質を生成する重台反応と少なくとも2つの反応経路が存在することを認めた。

# 1. 食品照射開発試験室設立以前の研究成果（昭和44年度まで）

## 1.1 殺菌関係

### 1.1.1 $\gamma$ 線照射と米のマイクロフローラ\*

飯塚 広\*\*, 伊藤 均

(\*\*東大・応用微生物研究所)

#### 目 的

穀類の虫害および微生物障害による損失は、わが国においても莫大なものがあり、とくに輸入穀類についてその感が深い。そこで米の微生物障害を防除することを目的とした放射線照射を意図した。しかし米の品質保全を目的とした放射線照射に関する研究は、殺虫を主目的としたもの<sup>1)2)</sup>はあるが、殺菌を主目的としたくわしい研究はまだ報告がない。そこで今回は、国内産玄米、白米およびスペイン米について $\gamma$ 線照射によるマイクロフローラの変化および照射米の保存試験を行なった。

#### 実験方法

各種供試米をポリエチレン袋に入れ密封してから、Co-60の $\gamma$ 線（複室型照射装置，約1,000キュリー，線量率 $6.8 \times 10^4$  R/hr）を $0 \sim 1.3 \times 10^6$  Rの各段階で照射した。そして照射効果はFig. 1に示したような3通りの方法で判定した。菌の分離用培地としては主にnutrient agarを用い，30°Cで3日間培養して生育してくるコロニー数から生残菌数を算出し，さらにこれらの微生物の種類をしらべて，マイクロフローラの構成とその変化を解析した。また保存試験については，ポリエチレン包装米に $\gamma$ 線を各線量照射後10°Cおよび30°Cで1か月保存してから，上記3種類の方法で菌数の変化をしらべた。

#### 実験結果および考察

1. 玄米の場合：非照射玄米についてそのマイクロフローラをしらべると，先に飯塚ら<sup>3)4)</sup>が報告したような玄米特有のマイクロフローラを示した。すなわち玄米に特有なマイクロフローラは，新米においてはchromogenic *Pseudomonas*およびfluorescent *Pseudomonas*を主として，わずかに*Aerobacter*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Brevibacterium*が認められ，糸状菌では*Helminthosporium*, *Alternaria*も認められる程度である。玄米200粒についての非照射玄米の総菌数は約 $5 \times 10^5$  個/粒で， $\gamma$ 線を照射するとFig. 2に示すように $0 \sim 2 \times 10^5$  Rの線量範囲において玄米の主要細菌であるchromogenic *Pseudomonas*およびfluorescent *Pseudomonas*, *Aerobacter*などは急激に減少し，これにかわって赤色コロニーの*Pseudomonas*様の細菌が主要なマイクロフローラを構成するようになった。赤色のコロ

\*農化，41(11)，578~584(1967)。: Cereal Chemistry, 45(5), 503~511 (1968)。

ニ-の細菌は放射線抵抗性があり、後で述べるが日本産白米やスペイン米、各種日本産玄米の照射試料からも分離される。この菌の形態的性質および生理的性質は一般の *Pseudomonas* と類似している。しかし、一般の *Pseudomonas* に比較して菌体内赤色色素の生成、細胞内脂肪球の形成、放射線抵抗性等の点で全く異なる。そこでここでは“red *Pseudomonas*”と仮称しておいた。Fig. 2 に示すように  $2 \times 10^5$  R 以上の照射玄米において生残する微生物の絶対多数が red *Pseudomonas* であることは興味深い。 $6 \times 10^5$  R 以上照射した玄米からは白色のコロニーをした放射線抵抗性無孢子酵母菌が多く検出されるようになり、 $1.0 \times 10^6$  R 以上照射した玄米からは red *Pseudomonas* よりも多く検出されるようになった。また  $1 \times 10^5 \sim 5 \times 10^5$  R 照射した玄米からは *Brevibacterium* や *Flavobacterium*, *Rhodotorura* なども検出された。*Bacillus* は  $5 \times 10^5$  R 程度の線量までは若干検出できたが、それ以上の線量では検出されなかった。糸状菌は非照射玄米からわずかに検出される程度であった。

玄米を粒の状態で培養した場合にも高線量照射した米に生残していたのは red *Pseudomonas* と放射線抵抗性無孢子酵母菌だった。なお本実験に用いた試料は1964年度新米の山形県産玄米・中新120号であるが、各年度に収穫された各地方産の各種玄米についてしらべた場合にも新米の $\gamma$ 線照射によるマイクロフローラの変化はFig. 2と同じ傾向を示していた。

2. 白米の場合：ここに用いた白米は1964年度産の山形県産・品種不明の市販品で精白直後のものである。この場合も玄米と同様、非照射米では chromogenic *Pseudomonas* および fluorescent *Pseudomonas* などが主要なマイクロフローラを構成しており、総菌数は約  $2 \times 10^8$  個/粒だった。 $\gamma$ 線を  $2 \times 10^5$  R 以上照射すると red *Pseudomonas* が主要な残存フローラを構成しており、*Bacillus* などの細菌類も高線量照射米から比較的多く検出された。なお白米においては高線量照射米においても放射線抵抗性酵母菌は分離されなかった。Fig. 3は白米の微生物の生残曲線を示したもので、糸状菌類は検出されなかった。白米に $\gamma$ 線を照射すると約  $4 \times 10^5$  R 以上において米の褐変化がわずかに認められた。

3. スペイン産白米の場合：供試米は市販品を入手したものでインド型の長型米である。非照射米において総菌数は約  $1.5 \times 10^8$  個/粒で、その20~30%は *Penicillium* 属を主とする糸状菌で、その他は chromogenic *Pseudomonas*, fluorescent *Pseudomonas*, red *Pseudomonas*, *Bacillus* などが主要なマイクロフローラを構成していた。 $\gamma$ 線を照射すると、糸状菌および chromogenic *Pseudomonas*, fluorescent *Pseudomonas* 等は急速に減少し、 $2 \times 10^5$  R 以上の照射米に主に生き残るのは red *Pseudomonas* である。糸状菌は  $2 \times 10^5$  R 以下で検出できなくなった。スペイン米の場合には $\gamma$ 線照射による褐変化は高線量照射米でも認められなかった。

4. 照射米の保存性：ポリエチレン包装米を $\gamma$ 線照射してから、 $10^\circ\text{C}$ および $30^\circ\text{C}$ で1か月保存して、その保存効果をしらべたところ、玄米の場合Fig. 4のごとくだった。 $10^\circ\text{C}$ の場合、菌数の変化はほとんど認められなかったが、 $30^\circ\text{C}$ の場合 chromogenic *Pseudomonas* および fluorescent *Pseudomonas*, red *Pseudomonas* 等が減少していた。白米の場合はFig. 5に示すごとく、 $30^\circ\text{C}$ で保存したものは、菌数が若干増加していた。増加したのは主に *Bacillus* であろう。スペイン米においては $30^\circ\text{C}$ で保存すると各線量域で総菌数が減少していた。しかし糸状菌は減少がほとんど認められなかった。

以上の研究結果から次のことが結論づけられる。

(1) 日本産玄米，白米，スペイン米において共通していえることは，どの場合も $\gamma$ 線照射により主に生き残るのは放射線抵抗性の red Pseudomonasである。玄米からは放射線抵抗性無孢子酵母が分離されたが，他の米からは分離されなかった。

(2) 市場流通米のような低水分含量の米においては，貯蔵中に細菌類による増殖は認められず，一般細菌類は減少傾向にあった。また米の微生物変質の主因と考えられる Aspergillus, Penicilliumなどの糸状菌は $2 \times 10^5 \sim 3 \times 10^5$ R で検出できなくなることがわかった。

#### 文 献

- 1) 白石正英，早川 昭，深町千晴，桜井芳人，渡辺至子：栄養と食糧，8，244 (1956)。
- 2) A. S. M. Abdul Matin: AECD/AG/15 (1961)。
- 3) 飯塚 広，駒形和男，内野忠治：農化，31，454 (1957)；32，496 (1958)；37，71，77，137，701 (1963)；38，496，503 (1964)。
- 4) 飯塚 広：食品衛生学雑誌，1，17 (1960)。

## Effect of Gamma-Irradiation on the Microflora of Rice\*

Hiroshi IIZUKA and Hitoshi ITO\*\*

(\*\*Institute of Applied Microbiology, University of Tokyo)

## Abstract

Unpolished and polished rice harvested in Japan, and polished rice imported from Spain, were investigated. Chromogenic Pseudomonas and fluorescent Pseudomonas were the main microflora of unirradiated, unpolished or polished Japanese rice. Of microorganisms found on Spanish rice, 20 to 30% are molds; the rest are chromogenic Pseudomonas and fluorescent Pseudomonas. The principal microorganisms of rice which are chiefly responsible for rice damage, including molds such as Penicillium and Aspergillus, can be sterilized with 0.2 to 0.3 Mrad. When rice was irradiated with 0.2 to 1.2 Mrad, red Pseudomonas was the main survivor. Radiation-resistant yeasts have been isolated from unpolished rice irradiated with 1 Mrad or more. No increase in the number of microorganisms was observed on irradiated rice packed in a polyethylene pouch after storage for 30 days at 10° and 30°C.

\* J. Agr. Chem. Soc. Japan, 41 (11), 578 ~ 584 (1967): Cereal Chemistry, 45 (5), 503 ~ 511 (1968).

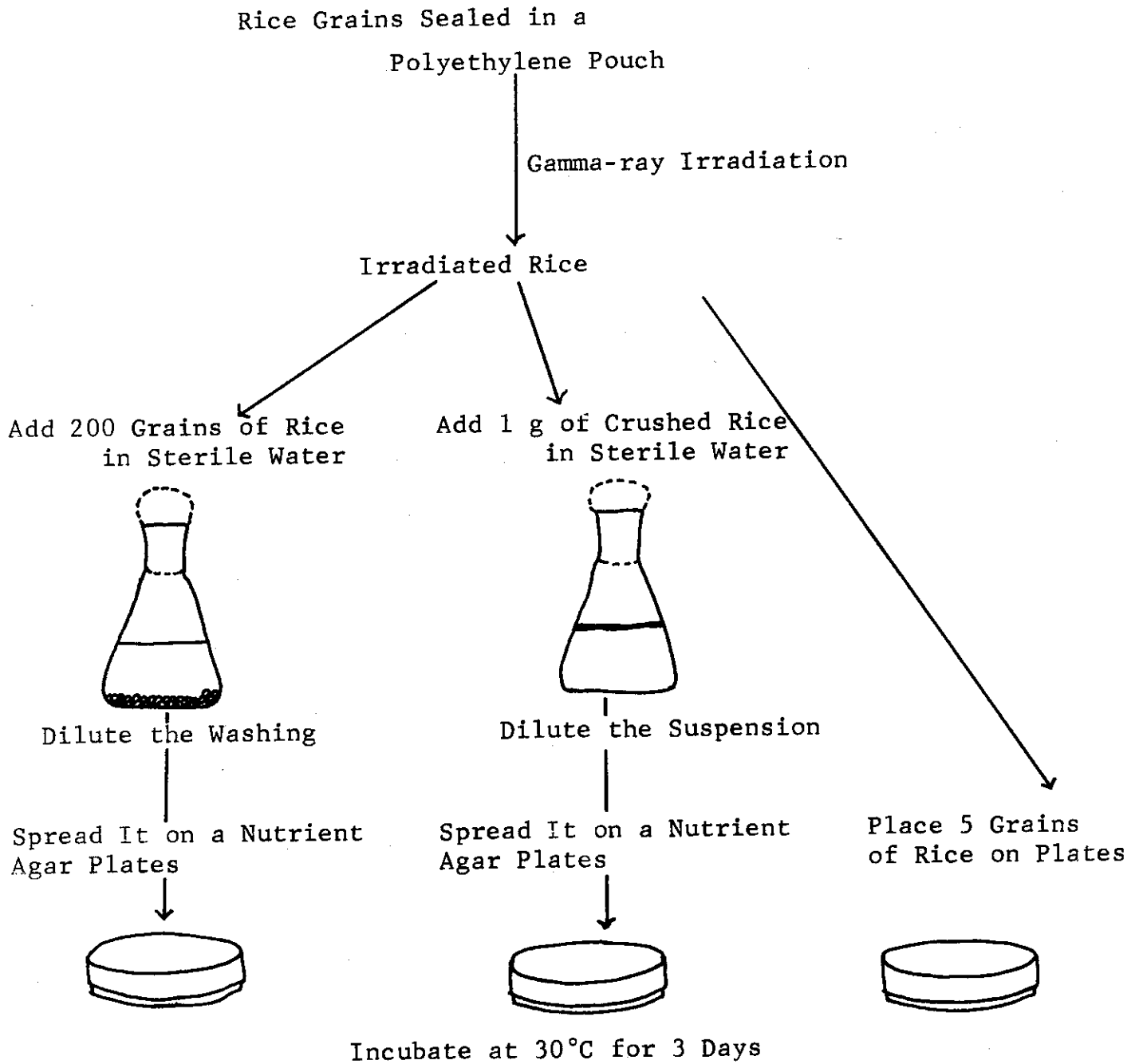


Fig. 1. Determination of Sterilization Effect Estimated by Counting the Surviving Microorganisms



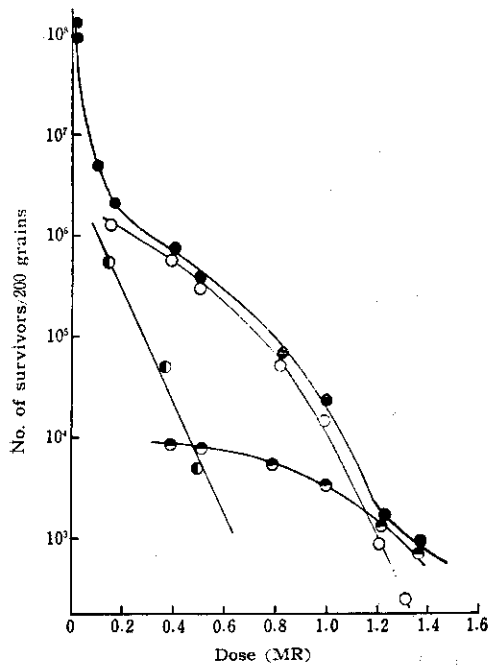


Fig. 2. The Survival Curves of Microflora on the Grains of Unpolished Japanese Rice  
The sample was not crushed before incubation.  
●: total survivor, ○: Red Pseudomonas, ●: Brevi and Flavo-bacterium, ●: yeast.

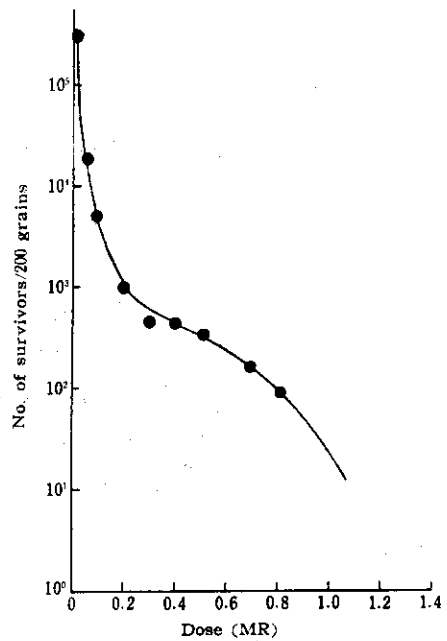


Fig. 3. The Survival Curve of Microorganisms on the Grains of Polished Japanese Rice  
The sample was not crushed before incubation.

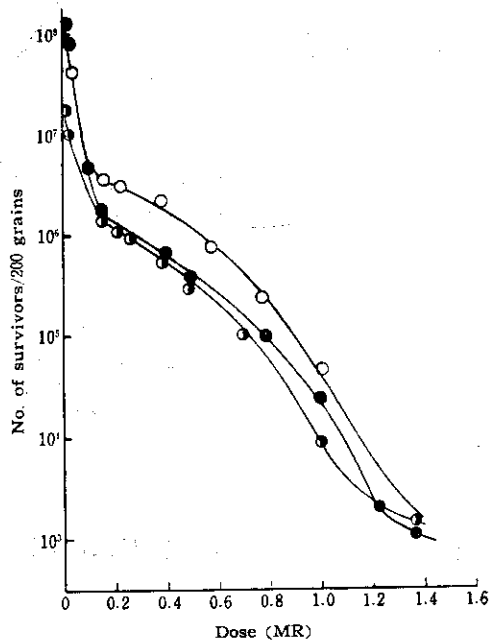


Fig. 4. The Survival Curves of Microorganisms on the Grains of Unpolished Japanese Rice observed after 30 day Storage.  
Rice sample was sealed in a polyethylene pouch, irradiated, and stored. ●: before storage, ○: 10°C storage, ●: 30°C storage.  
The sample was not crushed before incubation.

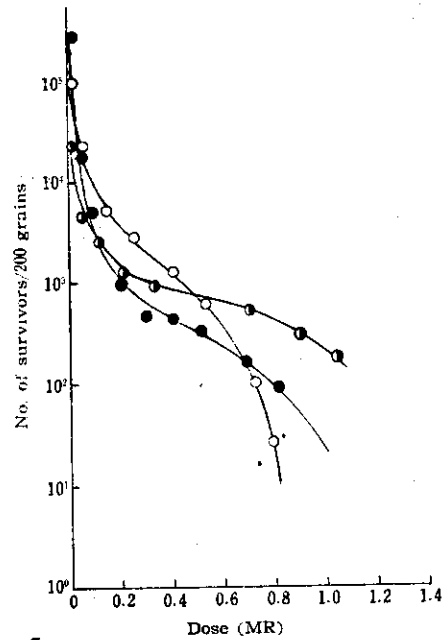


Fig. 5. The Survival Curves of Microorganisms on the Grains of Polished Japanese Rice observed after 30 day Storage  
Rice sample was sealed in a polyethylene pouch, irradiated, and stored. ●: before storage, ○: 10°C storage, ●: 30°C storage.  
The sample was not crushed before incubation.

1. 1. 2 タイ米の $\gamma$ 線照射とマイクロフローラ\*

伊藤 均, 柴部禎巳, 飯塚 広\*\*  
(\*\*東大・応用微生物研究所)

## 目 的

前報<sup>1)~3)</sup>においては古米化の進行していない日本産玄米, 白米およびスペイン米について照射後の殺菌効果, マイクロフローラの変動について報告した。そこで今回は古米の状態に近いと思われるメチルプロマイド処理のしていないタイ産白米を使用して $\gamma$ 線照射による殺菌効果およびマイクロフローラの変化をしらべた。

## 実験方法

1. 照射方法: 供試米は1966年5月輸入のタイ米で, メチルプロマイド未燻蒸の日本米と同じ短型米である。照射は高崎研究所の10万キュリーのCo-60 $\gamma$ 線源を用いて行なった。供試米はそれぞれポリエチレンフィルム(Hizex 500F, 0.02mm厚), クラフト紙の袋にそれぞれ500gずつ入れ, 各袋について $1 \times 10^5 \sim 1.0 \times 10^6$  Rの各線量を照射した。

2. 照射効果および保存試験: 菌の分離用培地としてはnutrient agarおよびstarch ammonium agarを用い, 前報<sup>1)~3)</sup>と同じような方法で照射効果の判定を行なった。保存効果については, 各照射米を30°Cに保存したものおよび綿栓した試験管中の米を湿度が飽和状態にしたものについて菌数の増減をしらべた。

## 実験結果および考察

1. 照射によるマイクロフローラの変化: 先に飯塚の報告<sup>4)5)</sup>にもあるようにタイ米は収穫後ひきつづき精白し, 一気に白米として貯蔵する。そして白米のマイクロフローラは数日から10数日の間に新米特有のchromogenic Pseudomonasおよびfluorescent Pseudomonasが認められなくなり, それに代って貯蔵中の白米特有のものであるBacillus megaterium, B. cereus, B. subtilis, Brevibacterium, Micrococcusなどの二次汚染細菌が主体となり, 糸状菌ではAspergillusとPenicilliumが主体になるという。この実験においても非照射米から検出されたのは上記と全く同じ細菌および糸状菌類であったが, そのほか放線菌も多量に分離されマイクロフローラの30~40%を占めていた。しかし総菌数は非常に少なく約 $2.8 \times 10^3$  個/gである。白米に $\gamma$ 線を照射するとFig. 1, 2に示すごとくなり生菌数の急激な減少は認められず, Bacillusが高線量においても生き残っていた。放線菌はBacillusよりも放射線抵抗性が弱く,  $4 \times 10^5$  R以下で検出されなくなった。放線菌分離培地として用いたstarch ammonium agarにおいても検出される微生物はnutrient agarの場合とほぼ同じだった。この場合, 前報で発見されたいわゆるred Pseudomonasは $0 \sim 6 \times 10^5$  R照射米から若干分離された程度である。各照射試料の米粒100粒をCzapek agar上で培養した場合においてはFig. 3に示すように糸状菌の生育してくる米粒は少なく, 非照射米においても約30%の米粒が糸状菌のコロニーにおおわれていただけであった。そしてAspergillus

\*食品照射, 2(1), 1~6(1967).

が多く *Penicillium* は少なかった。  $2 \times 10^5$  R 以上照射すると *Aspergillus* や *Penicillium* は認められなくなり *Rhizopus* や白色の糸状菌 (不完全菌) が検出されるだけであり、  $4 \times 10^5$  R 以上では *Rhizopus* も検出されなくなった。細菌のコロニーを形成するのは主に *Bacillus* で、  $7 \times 10^5 \sim 8 \times 10^5$  R も照射すると、米粒の周辺に細菌コロニー形成は認められなくなった。

2. 照射米の貯蔵効果：湿度が飽和状態で保存した照射米は 20 日経過しただけで  $0 \sim 3 \times 10^5$  R 照射米は糸状菌の発生が肉眼でも明確に認められた。これに対し低湿度で保存した照射米は糸状菌の増殖は認められず、総菌数も Fig. 4 に示すように照射直後より減少している。なお二次汚染菌として重要な放線菌などの条件の貯蔵でも増殖は認められなかった。貯蔵中の昆虫の発生はポリエチレン袋、クラフト紙袋とも非照射米には認められたが、照射米には認められなかった。

#### 文 献

- 1) 飯塚 広, 伊藤 均: 農化, 41, 578 (1967).
- 2) H. Iizuka and H. Ito: Irradiation des Aliments, 8, 21 (1967).
- 3) H. Iizuka and H. Ito: Cereal Chemistry, 45, 503 (1968).
- 4) 飯塚 広, 駒形和男, 内野忠治: 農化, 31, 454 (1957); 32, 496 (1958); 37, 71, 77, 137, 701 (1963); 38, 496, 503 (1964).
- 5) 飯塚 広: 食品衛生学雑誌, 1, 17 (1960).

Effect of Gamma-Irradiation on the Microflora of Thai-Rice\*

Hitoshi ITO, Sadami SHIBABE and Hiroshi IIZUKA\*\*

(\*\*Institute of Applied Microbiology, University of Tokyo)

Abstract

A sample of polished rice imported from Thai-land was investigated. The secondary contaminated microorganisms such as Bacillus megaterium, B. cereus, B. subtilis, Brevibacterium, Micrococcus and Actinomycetes were the main microflora of unirradiated rice. When rice was irradiated with 0.2 to 0.5 Mrad, Bacillus and Actinomycetes were main survivors. At 0.5 to 1 Mrad, Bacillus was the main survivor. The principal microorganisms of Thai-rice which are chiefly responsible for rice damage, including Actinomycetes and molds, can be sterilized with 0.2 to 0.3 Mrad.

\* Food Irradiation, Japan, 2 (1), 1 - 6 (1967).

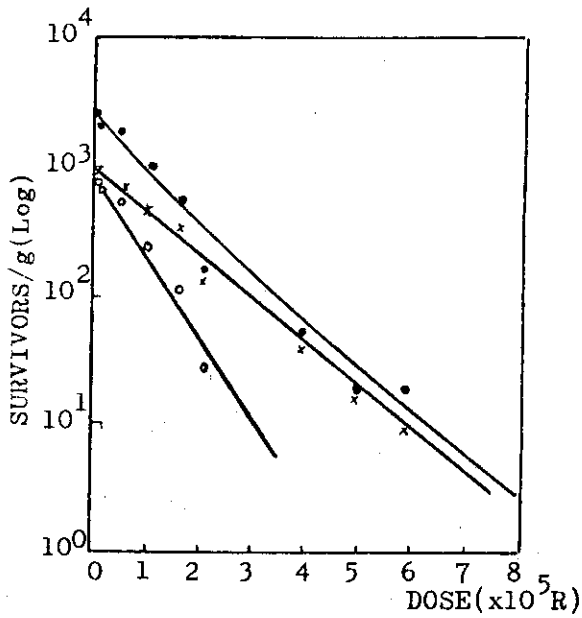


Fig. 1. The change of survival microorganisms on Thai rice (grain)  
 Isolation medium: nutrient agar  
 ● — total survivors,  
 ○ — Actinomycetes,  
 x — Bacillus

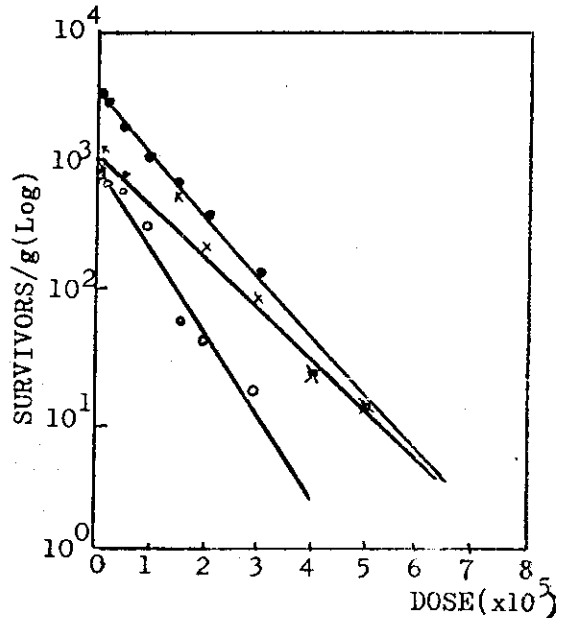


Fig. 2. The change of survival microorganisms on Thai rice (grain)  
 Isolation medium: starch ammonium agar  
 ● — total survivors,  
 ○ — Actinomycetes,  
 x — Bacillus

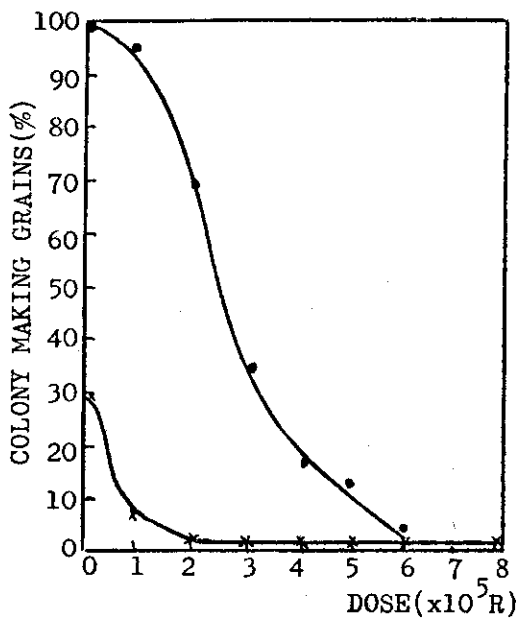


Fig. 3. The change of microflora on irradiated grains  
 ● — bacterial colonies,  
 x — mould colonies

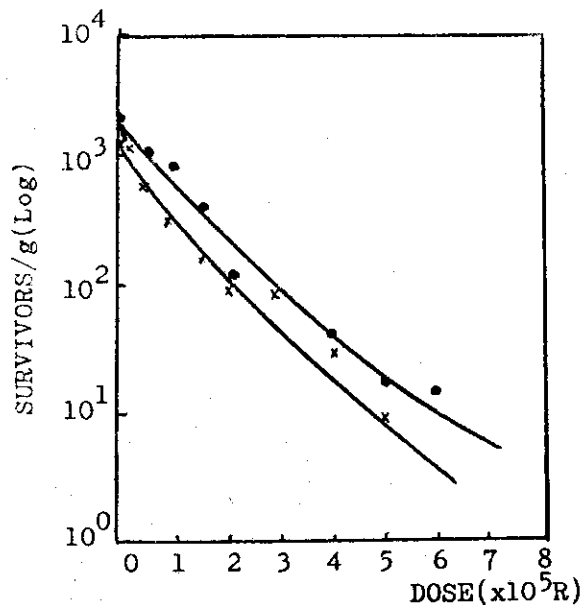


Fig. 4. Preservation effect of irradiated rice  
 ● — before storage,  
 x — 30°C, 30 days (in dry state)

1.1.3  $\gamma$ 線照射による米の貯蔵効果とマイクロフローラ\*

伊藤 均, 柴部禎巳, 飯塚 広\*\*  
(\*\*東大・応用微生物研究所)

## 目 的

著者らは前報<sup>1)~3)</sup>その他<sup>4)</sup>において米の微生物障害防除を目的とした $\gamma$ 線照射実験を行ない、とくに米のマイクロフローラの動態を明らかにした。今回は国内産新米の玄米および白米を材料として水分含量および貯蔵湿度と $\gamma$ 線照射線量との関係について研究し、米の長期貯蔵の可能性を検討した。

## 実験方法

1. 供試米：供試米は1967年産新米で、玄米は群馬県産こしひかりおよび千葉旭、白米は群馬県産千秋楽で1968年3月27日に精白し、精白直後のものを用いた。試料米の水分含量はこしひかり13.0%、千葉旭14.0%、千秋楽13.7%であり、これらの各々を水分含量14.2~14.5%、16.0~16.2%、17.0~17.2%の3段階に調整した。
2. 貯蔵試験：水分調整した米は各々400gを厚さ0.08mmのポリエチレン袋に密封したもの各4袋を1単位として用意し、各線量(0.02, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 Mrad)照射後非照射米とともに湿度75%、30°Cの恒温恒湿槽中に貯蔵し、一定期間ごとに順次取り出し、糸状菌数、細菌数、発芽率、糸状菌検出率について測定した。また綿栓した三角フラスコの中に水分含量15.0%に調整した玄米および白米各100gを入れ、照射後30°Cで湿度75%および85%で貯蔵試験を行なった。菌数の測定は供試米を無菌的に粉碎し前報<sup>1)~3)</sup>と同様な方法で行なった。培地は好浸透圧性糸状菌の検出には7.5% NaCl含有の malt extract agarを用い、細菌用には nutrient agarを用いた。

## 実験結果および考察

1. ポリエチレン包装米の水分含量と貯蔵効果：ポリエチレン包装米の場合、空気中の湿度よりも米の水分含量が貯蔵効果に大きな影響を与え、水分含量17%では30°Cにおいて15日以内に糸状菌が急速に増殖し脱気状態になってしまう。米の変質における糸状菌フローラは、水分含量17%以上の米では *Aspergillus glaucus* group, *Penicillium citrinum* series, *A. versicolor*, *A. restrictus*, *A. niveus* 等であった。水分含量16%のポリエチレン包装米は *A. glaucus* group, *A. restrictus* によって侵され1カ月で脱気状態となる。水分含量14~15%のポリエチレン包装米で菌数増加の可能な微生物は好浸透圧性の *A. restrictus* のみであるが、1カ月は糸状菌数の増加なしに貯蔵できる。

米の貯蔵期間の延長を目的とする $\gamma$ 線照射を行なう場合、ポリエチレン包装米の水分含量14~15%の範囲においては Fig. 1 に示すように糸状菌による非照射米の変敗は30°Cで1~2カ月で著しくなり、4カ月貯蔵ではわずかに脱気状態を示す。これに対し0.1 Mrad 照射米では2~3カ月、0.2 Mrad 照射米では3~4カ月でようやく糸状菌の増加がみられるよ

\* 農化, 43(11), 773~779 (1969); Cereal Chemistry, 48(2), 140~149 (1971).

うになる。水分含量16%米の場合、非照射米は1カ月で貯蔵限界に達するが、Fig. 2に示すように0.2 Mradでは1.5カ月、0.3 Mradでは2カ月以上にわたって糸状菌の発生が認められなかった。水分含量が17%以上の貯蔵米の場合は0.2, 0.3 Mrad照射米でも糸状菌の発生は急速に起こり1カ月で貯蔵限界に達し、ポリエチレン包装米は脱気状態を起していた。また0.4 Mradでも1.5~2.0カ月の貯蔵で糸状菌の発生が急速に起こった。

したがってポリエチレン包装米の場合、水分含量を15%以下におさえ0.2 Mrad照射すれば、常温下での長期貯蔵でも日本の夏期の高温、高湿による虫害、微生物障害の発生をおそれることなく長期貯蔵が可能である。事実この貯蔵試験において、水分含量14.2~14.5%のポリエチレン包装米は、0.2 Mradの照射で3~4カ月糸状菌の増加もなく安全に貯蔵することができた。この場合、玄米よりも白米の方が糸状菌の生育が遅い傾向が認められた。また興味あることは、玄米の場合Fig. 3に示すごとく、照射米の方が30℃貯蔵という悪条件下での貯蔵でも米の発芽率が高く保たれ、その発芽率の低下は照射線量および糸状菌数の増加と相関関係があるように思われた。また25℃でポリエチレン袋包装米を貯蔵した場合でも、Table 1に示すように米の水分含量15.0%では5カ月貯蔵で糸状菌の増加が著しく、脱気状態もいくらか認められたが、0.2 Mrad照射米ではわずかだった。25℃貯蔵の場合の糸状菌フローラは30℃の場合と異なっており、生育適温が20~25℃の*A. restrictus* groupに属する*A. vitricolae*が主要なフローラを構成していた。

2. 貯蔵湿度の影響：湿度の差による穀類の貯蔵効果についてはG. C. Papavizasら<sup>5)</sup>による小麦の*Aspergillus*属に対する研究があるが、今回の綿登した三角プラスチック中での貯蔵米の場合でも同様の傾向を示しており、湿度が高いほど米が水分を吸収するにつれて糸状菌数の増加が早く、ポリエチレン包装米とは異なった傾向を示している。この場合、Fig. 4に示すように湿度が75%以下では糸状菌の生育はゆるやかで、玄米の場合は発芽率も高く保たれ、ポリエチレン包装米よりも貯蔵性がすぐれている。照射米でも0.2 Mradで2~3倍(3~4カ月)貯蔵期間の延長ができ、湿度75%以下では30℃でも3カ月以上糸状菌数の増加の心配なく貯蔵することができる。貯蔵米の糸状菌は湿度85%では*A. glaucus* group, *A. restrictus*が主であるのに対し、湿度75%では*A. restrictus*のみが認められた。

この貯蔵試験で水分含量15%以下のポリエチレン包装米および75%以下の低湿度貯蔵米においては、30℃での貯蔵中、玄米に特有なマイクロフローラを構成するchromogenic *Pseudomonas*およびfluorescent *Pseudomonas*, *Aerobacter*等の主要細菌<sup>1)~3)</sup>はFig. 5に示すごとく急速に減少して、前報<sup>1)~3)</sup>のred *Pseudomonas*がマイクロフローラの多くを構成するようになった。しかし水分含量の高い玄米および高湿下での貯蔵米ではred *Pseudomonas*も糸状菌の増殖に圧倒されて急速に減少している。

米のγ線照射による長期貯蔵を考える場合、問題となるのは照射米の品質劣化、たとえば味の変化、照射臭の発生がある。岡上ら<sup>6)</sup>は0.1 Mradが米飯としての好ましさの照射限度であるとしており、早川ら<sup>7)</sup>は電子線照射の場合でも殺虫線量(0.01~0.05 Mrad)程度では問題ないとしている。西村、高岡<sup>8)</sup>はビルマ米(長型米)についての研究で0.35 Mradが実用可能な照射線量の限界だとしている。本実験では官能的な研究は行なっていないが、微生物学的な観点からは水分含量14~15%米については0.2~0.3 Mradで貯蔵期間の延長を3~4

倍にすることが可能であることが明らかになった。しかし水分含量13.5~14.0%の市場流通米についてはさらに検討する必要がある。

文 献

- 1) 飯塚 広, 伊藤 均: 農化, 41, 578 (1967).
- 2) H. Iizuka and H. Ito: Irradiation des Aliments, 8, 21 (1967).
- 3) H. Iizuka and H. Ito: Cereal Chemistry, 45, 503 (1968).
- 4) 伊藤 均, 柴部禎巳, 飯塚 広: 食品照射, 2(1), 1 (1967).
- 5) G. C. Papavizas and C. M. Christensen: Cereal Chemistry, 37, 197 (1960).
- 6) 岡上誠子, 福谷マツエ, 杉原瑞穂, 橋田 勲: Radioisotopes, 14, 97 (1960).
- 7) 早川 昭, 梅田圭司, 川嶋浩二, 佐藤友太郎: 食品照射, 1(1), 74 (1966).
- 8) 西村明美, 高岡研一: 饅工誌, 38, 88, 615, 620 (1960).



## Effect of Storage Studies of Microorganisms on Gamma-Irradiated Rice\*

Hitoshi ITO, Sadami SHIBABE and Hiroshi IIZUKA\*\*

(\*\*Institute of Applied Microbiology, University of Tokyo)

## Abstract

To observe the effect of storage at 30°C on microorganisms on rice irradiated by gamma-ray, unpolished and polished rice harvested in Japan were used as sample. The storage life of polyethylene-packaged rice containing 14 to 15% moisture was extended 3 to 4 times by means of 0.2 Mrad irradiation. The number of molds on the irradiated rice grains was not increased for 3 to 4 months under these conditions. When the moisture in the rice sample was 17%, irradiation of more than 0.4 Mrad was necessary to extend its storage life. The only species of molds which can grow on storage-rice grains containing 14 to 15% moisture was Aspergillus restrictus. When moisture content was 16%, A. glaucus group and A. restrictus were observed. At 17% moisture, growth of molds were mainly members of A. glaucus group and Penicillium citrinum series, whereas A. restrictus, A. versicolor, etc. were minor ones. When a sheet of porous material, e.g., kraft-paper bag, was used to pack rice, the storage life of rice containing moisture of less than 15% was extended 3 to 4 times by means of 0.2 Mrad irradiation, the storage condition being 30°C, 75% r.h.. In this case, the number of molds on rice was not increased for 3 to 4 months.

\* J. Agr. Chem. Soc. Japan, 43 (11), 773 ~ 779 (1969) : Cereal Chemistry, 48 (2), 140 ~ 149 (1971).

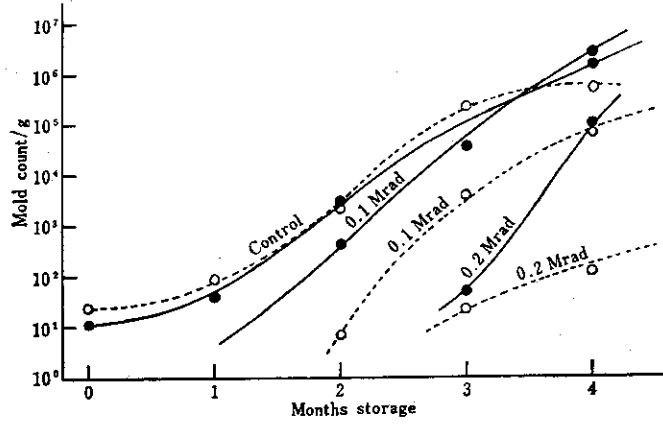


Fig. 1. Number of Colonies of Fungi from Irradiated Rice Stored at 30°C in Polyethylene Pouch (14.2~14.5% moisture content)

●—● unpolished rice ○—○ polished rice

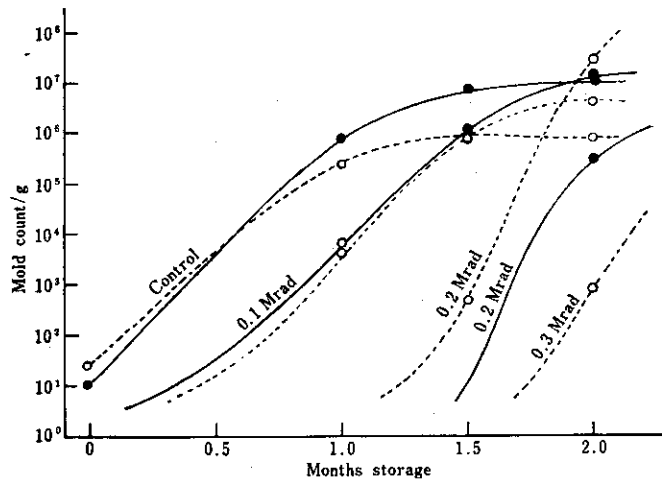


Fig. 2. Number of Colonies of Fungi from Irradiated Rice Stored at 30°C in Polyethylene Pouch (16.0~16.2% moisture content)

●—● unpolished rice ○—○ polished rice

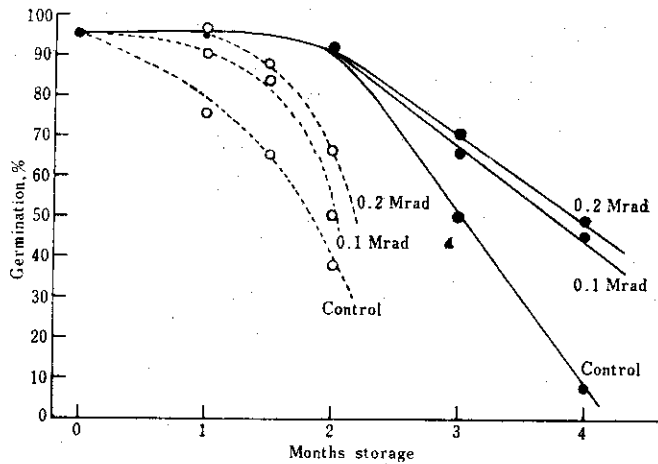


Fig. 3. Loss of Germination of Irradiated Unpolished Rice (stored at 30°C)

●—● 14.2% moisture content  
○- - -○ 16.0% moisture content

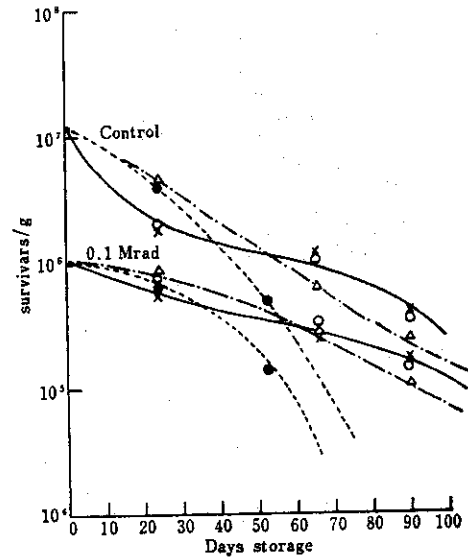


Fig. 5. Number of Survivors of Bacteria on Unpolished Rice Stored at 30°C

The sample was not crushed before incubation.

x—x in polyethylene pouch, 70% r. h.  
o—o in polyethylene pouch, 90% r. h.  
Δ- -Δ in craft paper pouch, 70% r. h.  
●- -● in craft paper pouch, 90% r. h.

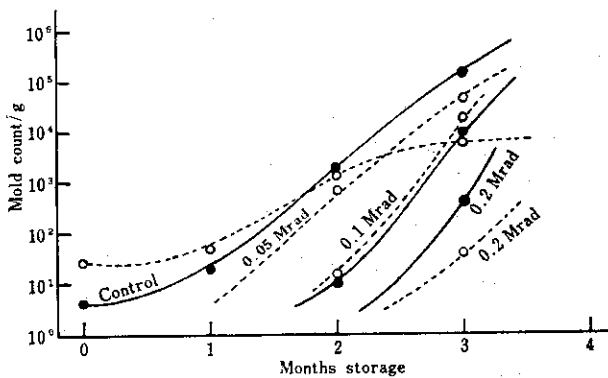


Fig. 4. Number of Colonies of Fungi from Irradiated Rice Stored at 30°C, 75% r. h.

●—● unpolished rice    ○- - -○ polished rice

Table I. Number of Colonies of Mold and Surface-disinfected Grains Yielding Mold, when Using Malt Agar Medium Containing 7.5% Sodium Chloride for the Detection

(Polished rice stored 5 months at 25°C in polyethylene pouch; 15.0% moisture content)

Dose	Number of colonies	Surface-disinfected grains yielding mold
0 Mrad	$2.1 \times 10^6/g$	93%
0.02 Mrad	$1.7 \times 10^6/g$	50%
0.05 Mrad	$1.6 \times 10^6/g$	65%
0.10 Mrad	$3.4 \times 10^5/g$	12%
0.20 Mrad	$3.2 \times 10^2/g$	2%

### 1.1.4 $\gamma$ 線照射とトウモロコシ、マイロのマイクロフローラ\* (穀類の微生物に関する研究第1.1報)

渡辺 宏, 伊藤 均, 柴部禎巳, 飯塚 広\*\*  
(\* \*\*東大・応用微生物研究所)

#### 目的

穀類の微生物障害防除を目的とした $\gamma$ 線照射に関する基礎研究として、内外産米についての研究を行ない、 $\gamma$ 線照射が有効な手段であることを明らかにした。<sup>1)2)</sup>そこで今回はトウモロコシとマイロについて行なった結果を報告する。トウモロコシとマイロを対象とした理由は、両者が輸入穀物の約80%をしめ、工業原料としても重要であるが、とくに飼料原料として年間400万トン(昭和43年)以上輸入され、なお年間10%ずつ増加していることと、また輸入の3分の2は米国に依存しており、その流通形式からも微生物障害に注目する必要があると考えたからである。

#### 実験方法

試料は1968年8月に輸入され、製品化前にサイロに保存中の米国産のトウモロコシとマイロで陸揚げ後1ヵ月以内のものを使用した。照射は試料50gをポリエチレン袋に密封し、9万キュリーCo-60板状線源を使って室温で行なった。照射効果の判定は細菌の場合、nutrient agar培地(pH 7.0)を用い、30°Cで3日培養後の生菌数を測定した。糸状菌には7.5% NaClを含むmalt extract agar培地(pH 6.0)を使用し、30°C4日間培養して生育してくるコロニー数から生菌数を測定した。各種微生物の放射線感受性は、培養菌体を集菌、洗浄後、1/15 Mリン酸緩衝液に懸濁して照射することにより測定した。

#### 実験結果および考察

トウモロコシもマイロも良く類似したマイクロフローラを示した。非照射の場合、マイクロフローラを構成する主要な微生物は糸状菌と細菌であり、糸状菌数はトウモロコシで $5 \times 10^5$  /gであり、マイロでは $6 \times 10^5$  /gであった。また細菌数ではマイロの場合、 $6 \times 10^4$  /gで、トウモロコシの $8 \times 10^3$  /gよりも比較的多かった。糸状菌フローラの大半は *Asp. restrictus* groupと *Asp. glaucus* group によってしめられ、他の糸状菌は全糸状菌数の0.01%程度検出されたにすぎなかった。マイロでは *Asp. restrictus* group が多く、*Asp. glaucus* groupは0.5%存在したにすぎないが、トウモロコシではその割合が増加して、全糸状菌数の37.7%をしめた。マイロにおける糸状菌の生残曲線が単純なシグモイド型を示す(Fig. 1)のは糸状菌フローラが単純なためであり、検出されるコロニーもほとんど *Asp. restrictus* groupのものであった。マイロでは細菌数が多く、その生残曲線は複雑であった。トウモロコシの場合は糸状菌の生残曲線は単純なシグモイド型を示さず、100 krad付近で変曲点を持ち、より抵抗性を示すようになるのが特徴的であった(Fig. 2)。この原因について検討するため、各線量照射したトウモロコシ10gを滅菌水で洗浄し、その洗液について生残菌数を測

\*農化, 45(2), 55~61(1971).

定すると同時に、洗液を glass filter で濾過し、その濾液についても生残菌数を測定した (Fig. 3)。顕微鏡による観察では濾液中には分生子以外のものは存在しなかったが、洗液には菌糸、連鎖状分生子、被子器なども観察された。Fig. 3A に示したように、洗液中の *Asp. glaucus* group の生残曲線は Fig. 2 に示した糸状菌の生残曲線と同じように湾曲しているが、濾液における生残曲線は単純なシグモイド型となった。したがって洗液中には分生子よりも大きな *Asp. glaucus* group の細胞が存在し、それが湾曲の原因と考えられる。一方、*Asp. restrictus* group では洗液と濾液の生残曲線は全く一致した (Fig. 3B)。

*Asp. glaucus* group strain №6801 は寒天培地では被子器と分生子を分離できないが、液体培地で静置培養するとコロニー間に被子器だけが分離して形成された。したがって、この部分を集め、70%アルコール処理、濾過、洗浄し、最後に遠心分離により被子器だけを集めた。さらにこの被子器を超音波処理し、子ノウ胞子を調製した。これらの各細胞の  $r$  線感受性を Fig. 4 に示した。被子器は分生子に比べて抵抗性が大きく、その  $D_{10}$  値は 120 krad であった。これは Fig. 3A の洗液の生残曲線における高線量領域の勾配から求めた  $D_{10}$  値 130 krad と非常に近く、この曲線の湾曲が *Asp. glaucus* group の形成する被子器によるものと考えられた。以上の結果から  $r$  線感受性を Table 1 に要約した。

今回使用したトウモロコシとマイロのミクロフローラは非常に類似していたが、これは貯蔵流通中の環境要因が類似しているためと思われる。また両者から検出される糸状菌と細菌の中で、 $r$  線感受性が低いのは *Asp. glaucus* group の被子器と *Bacillus* sp. の胞子であった。一般に *Bacillus* は低水分含量の穀類では変敗原因菌とはいえないものであるから、低水分含量でよく生育する好浸透圧性の糸状菌に注目しなければならない。Table 1 に示したように、*Asp. restrictus* group の分生子は緩衝液中で照射された時よりも穀粒上に存在したまま照射された時の方が抵抗性が大きい。したがってこの状態での殺菌線量 540 krad 照射することにより、マイロでは有効に殺菌しうるであろう。しかし *Asp. glaucus* group が約 38% をしめるトウモロコシでは被子器の殺菌を考慮しなければならないため、その殺菌線量は 1550 krad となった。実際穀粒上に存在する被子器の数は測定できないが、分生子に比べて非常に少ないから、実用的にはより低線量でも殺菌することが可能であると思われる。

#### 文 献

- 1) 飯塚 広, 伊藤 均: 農化, 41, 578 (1967).
- 2) 伊藤 均, 柴部禎巳, 飯塚 広: 農化, 43, 773 (1969).

## Effect of Gamma-Irradiation on the Microflora of Maize and Milo\*

(Studies on the Microorganisms of Cereal Grain, Part 11)

By Hiroshi WATANABE, Hitoshi ITO, Sadami SHIBABE and Hiroshi IIZUKA\*\*

(\*\* Institute of Applied Microbiology, University of Tokyo)

## Abstract

Maize and milo imported from U.S.A. were investigated. The main species of molds on the unirradiated maize and milo were the osmophilic species of Aspergillus such as A. restrictus group and A. glaucus group, and in the species of bacteria, Bacillus was prevalent. The total number of molds on the unirradiated maize was about  $5 \times 10^5/g$  and on the unirradiated milo  $6 \times 10^5/g$ . The principal microorganisms of maize and milo, which are chiefly responsible for grains damage, can be sterilized with 540 krad on milo and 1550 krad on maize. Ascospore produced by A. glaucus group was radio-resistant as compared with conidia.  $D_{10}$  value of perithecia containing numbers of ascospores was 120 krad and 2.5 times as large as that of ascospore and 3.6 times of conidia. Lag doses of perithecia, ascospore and conidia of A. glaucus group were 110, 35 and 7 krad, respectively. On A. restrictus group, radiosensitivity of conidia irradiated in phosphate buffer was different from that of conidia irradiated on the kernels of grains, but it was not on A. glaucus group.

\* J. Agr. Chem. Soc. Japan, 45 (2), 55 - 61 (1971).

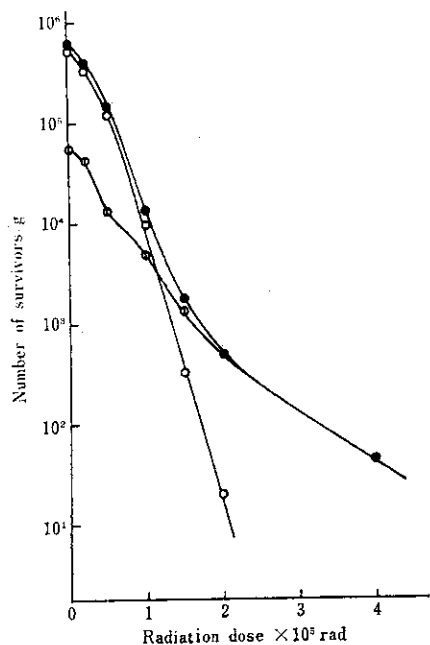


Fig. 1. The Survival Curves of Microorganisms on the Grains of Milo

● total survivors, ○ molds, ⊙ bacteria.

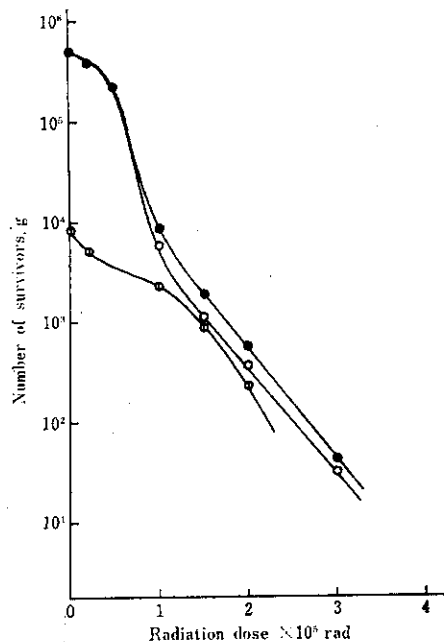


Fig. 2. The Survival Curves of Microorganisms on the Grains of Maize

● total survivors, ○ molds, ⊙ bacteria.

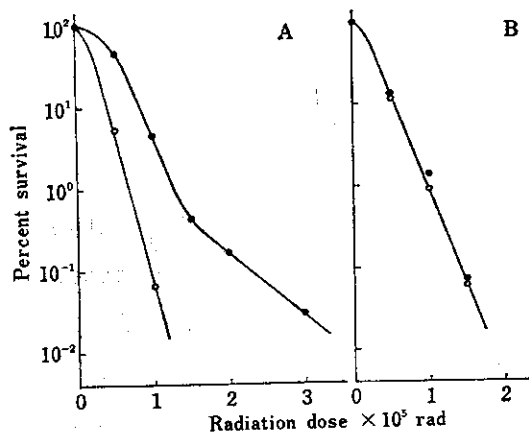


Fig. 3. Effect of Filtration on the Washings of Maize

A. Survival curves of *Aspergillus glaucus* group, B. Survival curves of *Aspergillus restrictus* group.

● washings, ○ filtrate.

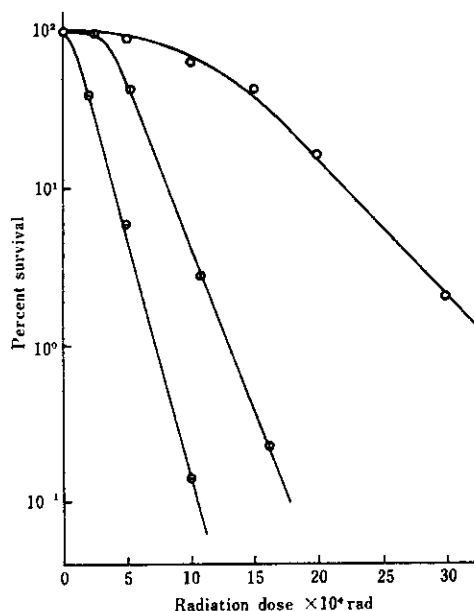


Fig. 4. Radiosensitivity of Conidia, Perithecia and Ascospore of *Aspergillus glaucus* group strain No. 6801

⊖ conidia, ○ perithecia, ⊙ ascospores.

Table I. Inactivation Factors of *Aspergillus restrictus* and *Aspergillus glaucus*

Mold	L (Krad) <sup>(1)</sup>	D <sub>10</sub> (Krad) <sup>(2)</sup>	L+12 D <sub>10</sub> (Krad) <sup>(3)</sup>
<i>A. restrictus</i> group strain No. 6802			
Conidia	buffer <sup>(4)</sup>	11	34
	grain <sup>(4)</sup>	11	44
<i>A. glaucus</i> group strain No. 6801			
Conidia	buffer	7	33
	grain	11	30
Ascospores	buffer	35	48
Perithecia	buffer	110	120

(1) L is lag-dose.

(2) D<sub>10</sub> is irradiation dose corresponding to the 10 percent decrease of survivors.

(3) Cells were irradiated in 1/15M phosphate buffer (pH 6.1).

(4) Cells were irradiated on the kernels of grains.

### 1.1.5 $\gamma$ 線照射によるトウモロコシ、マイロの貯蔵効果\* (穀類の微生物に関する研究 第13報)

渡辺 宏, 伊藤 均, 柴部禎巳, 飯塚 広\*\*  
(\*\*東大・応用微生物研究所)

#### 目的

日本における配合飼料原料あるいは澱粉質原料としての穀類の需要は年々その増加の一途をたどっている。しかし、それらの大部分を輸入に頼っているため、海上輸送および陸揚げ後の流通過程における変質は、多湿の環境条件とともにさらに著しいものとなっている。そこで前報<sup>1)</sup>では、特に飼料の主原料として輸入されているトウモロコシとマイロについて、その微生物障害による穀類の品質劣化を防除するための手段として放射線照射を考え、両者の殺菌線量を決定した。そこで今回はその殺菌線量にもとづいて照射されたトウモロコシとマイロの貯蔵試験を行ない、貯蔵中の穀類の変敗に大きな影響を及ぼす水分含量と貯蔵温度を調節したトウモロコシとマイロについて、 $\gamma$ 線照射による貯蔵効果をしらべた。

#### 実験方法

試料としては1968年8月および1969年4月に輸入された米国産のトウモロコシとマイロを使用した。試料の水分含量はトウモロコシとマイロを真空凍結乾燥し、水分含量を約9%に低下させたのち、滅菌水を適量添加して良く攪拌し、4°Cで4~5日間水分を均一に拡散させることにより、12.5, 13.0~13.3, 14.3, 15.1~15.2, 16.0, 19.2%の6段階に調製した。また水分含量は赤外線乾燥水分測定器により測定した。水分含量を調整した試料は100gを1単位としてポリエチレン袋に密封し、10万Ci Co-60を用いて必要線量照射した。照射試料は未照射試料と同時に恒温恒湿槽に入れ、30°C85%に3ヶ月貯蔵した。照射効果の判定は前報<sup>1)</sup>と同じく培養法によった。

#### 実験結果および考察

##### 1. 水分含量と貯蔵効果

13.0%の水分含量をもつトウモロコシではFig. 1に示したように、非照射試料において貯蔵前の糸状菌数は $5 \times 10^5$ /gであり、100%近く *Asp. restrictus* group と *Asp. glaucus* group がしめていたが、30°Cで3ヶ月貯蔵しても、糸状菌数と糸状菌フローラには変化がなかった。0.6 Mrad 照射した場合には2ヶ月間全く糸状菌は検出されなかったが、3ヶ月後には37/gの *Asp. glaucus* group が検出された。一方、細菌においては、著しい菌数変化はみられず、非照射試料でも3ヶ月貯蔵すると菌数は次第に減少し、 $10^4$ /g程度となった。0.4 Mrad では1ヶ月後に *Bacillus* sp. が $10^2$ /g検出されたが、1.5ヶ月後からは減少した。また0.6 Mrad 照射すれば2ヶ月間は全く細菌が検出されなかった。

14.0%水分含量のマイロではトウモロコシと同じく、貯蔵前でも糸状菌数は多く、非照射試料では約 $6 \times 10^5$ /gであった。また2ヶ月貯蔵しても糸状菌の増加はみられなかったが、

\*農化, 45(11), 500~506(1971).



3カ月後には $2 \times 10^6$  /gに増加した (Fig. 2)。0.2 Mrad および 0.4 Mrad 照射しても糸状菌の増加を抑えることはできないが、0.6 Mrad 照射することにより、3カ月間は全く糸状菌の生育を抑えることができた。これはマイロでは $\gamma$ 線抵抗性の *Perichytrium* を形成する *Asp. glaucus* group が 0.5% 程度で大部分が比較的抵抗性の低い *Asp. restrictus* group であるためであると考えられる。細菌では貯蔵中あまり変化しないうえ、または逆に減少する傾向にあった。

19.2%に水分含量を調整したトウモロコシでは、Fig. 3 に示したように 0.6 Mrad 照射すると 20日間は糸状菌の発生を認めることはできなかったが、30日後には $10^5$  /gの *Asp. glaucus* group が検出された。しかし 30日貯蔵しても *Asp. restrictus* group は全く検出されなかった。一方、マイロでは 0.6 Mrad 照射すると 5日間糸状菌の生育を抑えることができたが、10日後には約 $2 \times 10^5$  /gにまで増加した (Fig. 4)。また検出された糸状菌はすべて *Asp. glaucus* group であった。1.0 Mrad 照射するとトウモロコシでもマイロでも 1カ月間糸状菌の発生は認められなかったが、酵母様微生物<sup>2)</sup>の増加は著しく、トウモロコシでは 20日、マイロでは 10日間貯蔵するだけでその菌数は最大となった。

穀類の水分含量が貯蔵中の微生物の増殖に大きな影響を与えるため、水分含量と線量との関係をしらべ、Table 1 に示した。トウモロコシの場合、15.1%以下の水分含量をもつ試料では 0.6 Mrad の照射で 30°C、1カ月間は糸状菌は全く検出されなかった。しかし 16.0%では同じ貯蔵のために 1.0 Mrad の照射が必要であった。マイロでも同様に、14.3%以下の水分含量をもつ試料では 0.6 Mrad 照射すれば 30°C、1カ月間は充分貯蔵が可能であるが、水分含量が 15.2%のときは 1.0 Mrad の照射が必要であった。現在輸入されているトウモロコシとマイロは一般に水分含量 14%以下に抑えられているから、30°Cで貯蔵しても、0.6 Mrad 照射することにより 2~3カ月間は糸状菌による変敗もなく、貯蔵が可能になると思われる。

## 2. 貯蔵温度と照射試料の貯蔵効果

高水分含量 (19.2%) のトウモロコシとマイロを使って 1カ月貯蔵中における貯蔵温度の効果調べ、Fig. 5 に示した。20°Cの場合には 1.0 Mrad の照射で糸状菌の生育を抑えることはできたが、酵母様微生物は 1カ月貯蔵後には検出された。しかし、10°Cで貯蔵した場合には、トウモロコシでもマイロでも、0.4 Mrad 照射しただけで 1カ月間は全く糸状菌の発生は認められず、酵母様微生物もまた検出されなかった。したがって高水分含量の穀類でも低温に貯蔵した場合には、0.4 Mrad という比較的 low 線量の照射で十分貯蔵効果をあげることができるものと思われる。

## 文 献

- 1) 渡辺 宏, 伊藤均, 柴部禎巳, 飯塚 広: 農化, 45, 55 (1971).
- 2) C.M. Christensen and D.R. Gordon: Cereal Chem., 25, 40 (1948).

## Effect of Gamma-irradiation on the Storage of Maize and Milo\*

(Studies on the Microorganisms of Cereal Grain, Part XIII)

By Hiroshi WATANABE, Hitoshi ITO, Sadami SHIBABE and Hiroshi IIZUKA\*\*

(\*\* Institute of Applied Microbiology, University of Tokyo)

## Abstract

The maize and milo imported from U.S.A. were used as the samples in order to investigate the effect of gamma-irradiation on the storage at 30°C in a polyethylene pouch. The species of molds propagated on the storage of grains containing the moisture of less than 16.0% were mainly Aspergillus restrictus group and Aspergillus glaucus group. A. glaucus group and the yeast-like organism were prevalent on the storage of grains containing 19.2% moisture. The yeast-like organism was radio-resistant and its  $D_{10}$  value was 0.18 Mrad. Number of the yeast-like organisms was swiftly increased on the storage of grains containing 19.2% moisture, but not increased for one month on the storage at 10°C and on the grains containing the moisture of less than 16.0%. Number of bacteria was decreased with the storage time. By means of 0.6 Mrad irradiation, the number of molds was not increased for two months on the storage of maize containing 13.0% moisture. On the milo containing 14.0% moisture, the number of molds was not increased for three months by means of 0.6 Mrad irradiation.

\* J. Agr. Chem. Soc. Japan, 45 (11), 500 ~ 506 (1971).

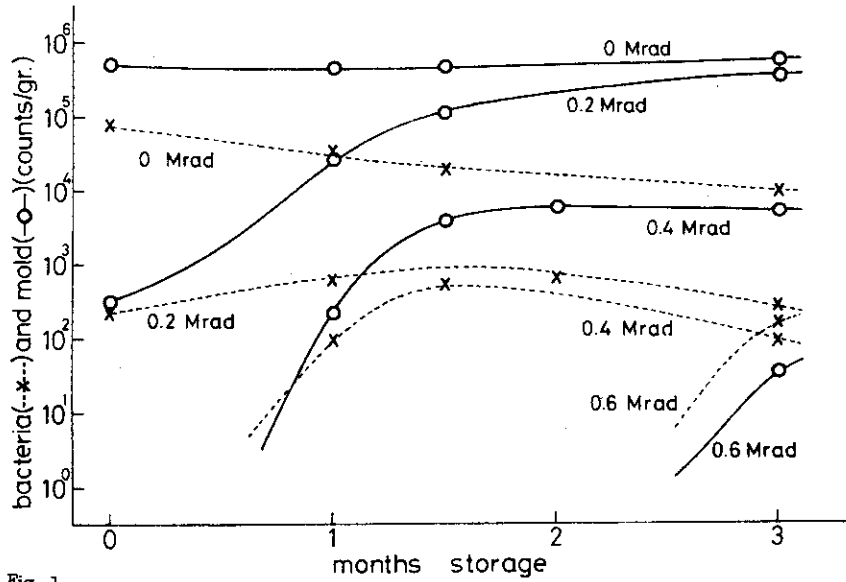


Fig. 1. Number of Colonies of Mold and Bacteria from irradiated Maize stored at 30°C (water content, 13.0%)

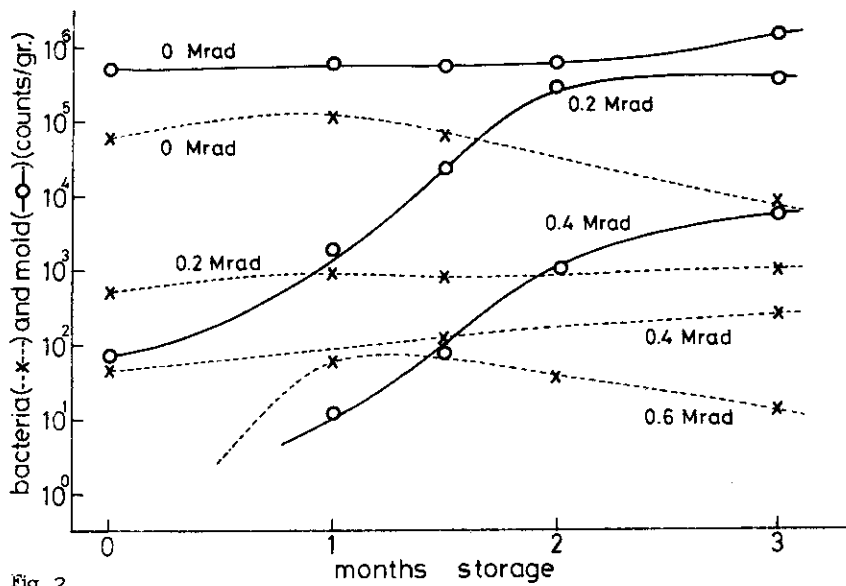


Fig. 2. Number of Colonies of Mold and Bacteria from irradiated Milo stored at 30°C (water content, 14.0%)

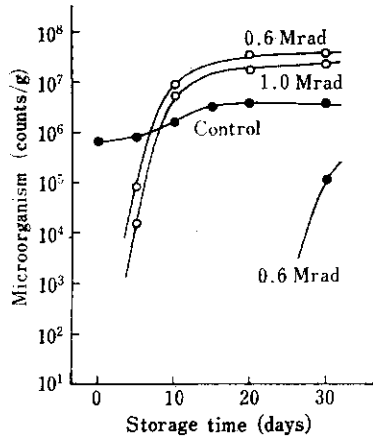


Fig. 3. Number of Colonies of Molds and Yeast-like Organisms from Irradiated Maize Stored at 30°C in Polyethylene Pouch (19.2% moisture content)  
●—● mold, ○—○ yeast-like organism.

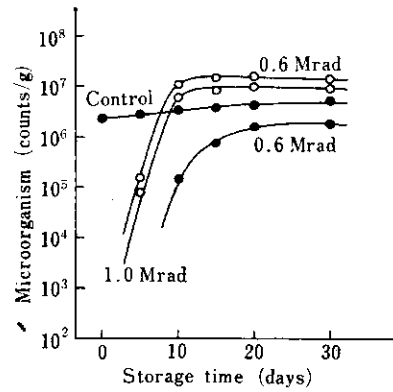


Fig. 4. Number of Colonies of Molds and Yeast-like Organisms from Irradiated Milo Stored at 30°C in Polyethylene Pouch (19.2% moisture content)  
●—● mold, ○—○ yeast-like organism.

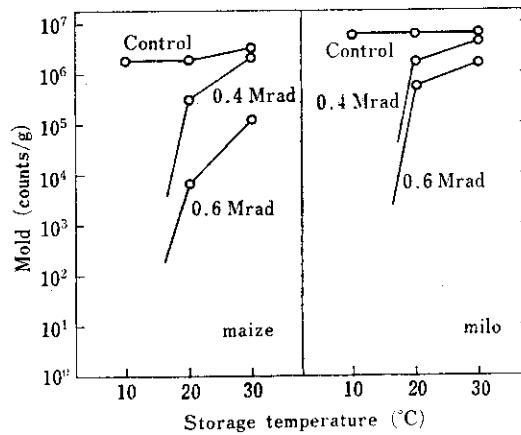


Fig. 5. Effect of Temperature on the Storage of Irradiated Maize and Milo (19.2% moisture content)

Maize and milo were sealed in a polyethylene pouch, irradiated and stored for one month.

Table I. Effect of Moisture Content of Irradiated Grains on the Storage

Grain	Moisture content (%)	Storage time (month)	Number of molds (counts/g)			
			Dose (Mrad)			
			0	0.4	0.6	1.0
Maize	13.3	0	1×10 <sup>6</sup>	0	0	0
	13.3	1	1×10 <sup>6</sup>	2×10 <sup>2</sup>	0	0
	14.3	1	2×10 <sup>5</sup>	1×10 <sup>3</sup>	0	0
	15.1	1	2×10 <sup>5</sup>	2×10 <sup>3</sup>	0	0
	16.0	1	2×10 <sup>5</sup>	7×10 <sup>3</sup>	1×10 <sup>6</sup>	0
Milo	13.0	0	2×10 <sup>6</sup>	0	0	0
	12.5	1	2×10 <sup>6</sup>	0	0	0
	13.0	1	2×10 <sup>6</sup>	2×10 <sup>6</sup>	0	0
	14.3	1	2×10 <sup>6</sup>	1×10 <sup>1</sup>	0	0
	15.2	1	2×10 <sup>6</sup>	1×10 <sup>6</sup>	1×10 <sup>4</sup>	0

The sample was stored at 30°C in a polyethylene pouch.

### 1.1.6 $\gamma$ 線照射によるイチゴの貯蔵効果と *Botrytis cinerea* の致死線量\* (放射線殺菌に関する研究 第3報)

柴部禎巳, 伊藤 均, 飯塚 広\*\*

(\*\*東大・応用微生物研究所)

#### 目的

イチゴは透明硬質塩ビ製の箱にいれ、段ボールケースで栽培地から消費地まで輸送されている。収穫直後に照射処理を施し、現実の流通過程に対応させる形で保蔵試験を行ない、適正な照射条件、保蔵条件などを明らかにする目的で本研究を行なった。

イチゴの保蔵には、その変敗菌を明らかにし、その菌の放射線感受性を調べなければならない。イチゴの変敗菌として知られる *Botrytis cinerea* については、その致死線量として 95~1,000 krad の大きな巾の値が報告されている。<sup>1)~3)</sup>糸状菌については分生子、菌核、菌糸体などその成長段階で放射線感受性が異なるとの指摘<sup>4)</sup>があるので、本研究では、試料イチゴより分離した *B. cinerea* 株およびその標準株の分生子についてその致死線量を求め、比較検討を行なった。

#### 実験方法

用いたイチゴは、ダナー種、群馬県沼田市近郊の露地栽培のものである。イチゴは採取2日後に適当な熟度になるような、側面がうすい橙色のグリーンチップを用いた。試料は早朝採取後すぐに栽培地で選別箱詰にし、同日午前中に照射処理を行なった。試料は透明硬質塩ビの箱に1段に並べ、箱上面をセロファン・フィルム(防湿処理紙と無処理紙)で覆い、輪ゴムでシールした。照射は板状<sup>60</sup>Co 密封線源を用い、線量率  $1.0 \times 10^6$  rad/h で箱のまま行なった。照射効果の判定は、1日1回定時に箱の外側から試料を肉眼で観察し、変敗イチゴの個数を計数して行なった。試料から分離した変敗菌株(TO-1)が *B. cinerea* であることがわかったので、標準株として *B. cinerea* IAM5128を用い対照とした。致死線量の決定は、分生子懸濁緩衝溶液を照射後、希釈、Potato-Glucose-agar 培地上に接種、3日後生ずるコロニーを計数して生存菌数とした。

#### 実験結果および考察

23°Cにおいて保存したイチゴの *B. cinerea*, *Rhizopus*, *Penicillium* などの糸状菌による汚染率は線量が増すにつれて小さくなり(Fig. 1), 汚染率が10%に達するのに100 krad で4日, 200~300 krad で5日である。非照射のものでは2日である。防湿セロファンを使用すると、同一汚染率を示すようになる日数は200 krad までは増えるが、300 krad では200 krad とほとんど変わらない(Fig. 2-a)。この保存温度ではイチゴ表面の光沢、香りなどから考えて、照射区、非照射区を問わず、採取後5日が限度である。非照射区の10%汚染率を示す日数が2~3日であるから(Fig. 2), 200 krad の照射により2~3日の保存期間の延長が可能であると結論される。この結論は、Berahaらによる100~

\* Agr. Biol. Chem., 31(8), 930~934 (1967).

300 krep の照射により 24°C で 3 日間カビの発生を抑えたとの報告<sup>5)</sup>と合致する。このことから、放射線により保蔵期間の延長を行なう上で、わが国産のイチゴ、ダナー種、およびその寄生変敗菌の性質に在来種と特に差のないことが認められる。

8°C で保存した場合は、非照射区でも採取後 7~8 日の保存が可能であり、100 krad で 9~10 日、200 krad で 11~12 日、300 krad で 14~16 日の保存が可能である (Fig. 1)。この場合防湿セロファンが有効であった。

カバーフィルムの種類により保存効果に差異がみられた。23°C 保存の場合、イチゴの重量を保持するためには、通常セロファンより防湿セロファンが有効である。しかし、変敗菌による汚染率からみると、水分透過率の高い通常セロファンのほうが、同一保存日数に対してより低い汚染率を示す (Fig. 2)。これは、イチゴの表面組織の水分濃度と変敗菌の生育速度との間に一定の関係があることを意味している。事実、雨上りに採取されたイチゴが変敗しやすいことはよく知られている。23°C ではイチゴの保存限度は 5 日であり、重量減は 12% であるから (Fig. 3)、汚染率からみて通常セロファンのほうが防湿セロファンより適しているといえる。

試料イチゴの主な変敗菌、*B. cinerea*, Pers., T0-1 と対照した *B. cinerea* IAM 5128 の  $D_{10}$  値は、それぞれ 77 krad と 43 krad であった。致死線量 =  $1.2 D_{10} + L$ ,  $L$ : Induction dose, は、それぞれ 970 krad と 540 krad であり (Fig. 4)、分離株のほうが標準株より放射線抵抗性がある。Sommer らは、*B. cinerea* の分生子濃度  $10^6 \sim 10^8/ml$  の本実験と同じ条件で上の結果と同じ値を得ている<sup>4)</sup>。この菌糸に対する致死線量については 95~186 krad<sup>1)</sup>、800 krad<sup>6)</sup> の報告があり、分生子とは放射線感受性において異なることが推定される。

#### 文 献

- 1) L. Behara, et al. : Phytopathology, 50, 474 (1960).
- 2) G.D. Saravacos, et al. : Food Irradiation, 3, A6 (1962).
- 3) R. Kljajic : Arh. poljiopr. Nauk, 13, 96 (1960).
- 4) N.F. Sommer, et al. : USAEC Report UCD-34P80-3, P. 176 (1965).
- 5) L. Behara, et al. : Food Technol., 15, 94 (1961).
- 6) M. Terui, et al. : Annals Phytopathol. Soc. Japan, 29, 234 (1964).

Extension of the Shelf-Life of Strawberries  
by  $\gamma$ -Irradiation and Lethal Dose of *Botrytis cinerea*\*

Sadami SHIBABE, Hitoshi ITO and Hiroshi IIZUKA\*\*

(\*\*Institute of Applied Microbiology, University of Tokyo)

Abstract

Very fresh 'Donner' strawberries of Gunma Pref. packed in monolayers in PVC boxes were wrapped with ordinary cellophane or water-proof cellophane film, and irradiated immediately. In case strawberries were kept at 23°C, 10-% infection due to saprophytic fungi, such as Botrytis cinerea, Rhizopus and Penicillium, was found 3 days after without irradiation, 4 days after 100-krad, and 5 to 6 days after 200-krad. For the purpose of wrapfilm, ordinary cellophane was found to be more favorable than water-proof one at room temperature.

In case of 8°C, berries were found to be kept clean for 7 to 8 days without irradiation, for 11 to 12 days with 200 krad and for 14 to 16 days with 300 krad.

Main saprophytic fungus of 'Donner' berries was isolated and identified to be Botrytis cinerea Persoon. Lethal dose of B. cinerea was determined from its survival curve as 970 krad.

\* Agr. Biol. Chem., 31 (8), 930 ~ 934 (1967).

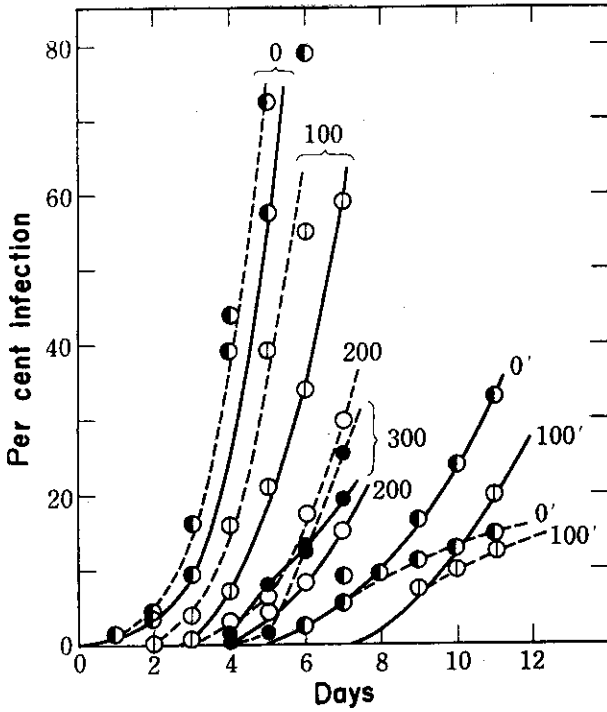


Fig. 1. Percent infection vs. days after irradiation. Solid lines correspond to strawberry boxes wrapped with 'Cellys' (ordinary cellophane), and dashed lines correspond to those wrapped with 'K-Cellys' (water-proof cellophane). Numbers with or without primes in the figure mean the doses used at 8 °C or at 23 °C, respectively.

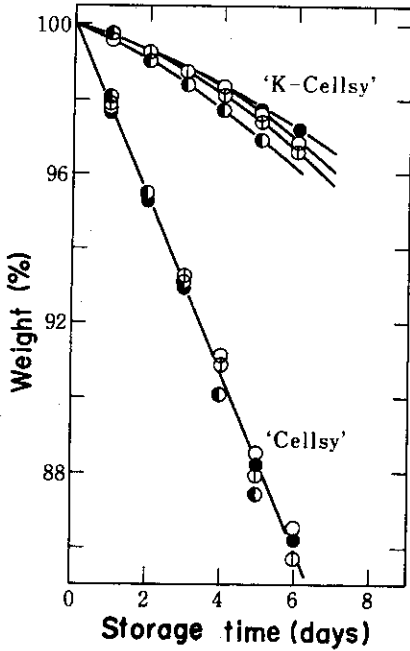


Fig. 3. Weight of strawberries vs. storage time (days after irradiation). Marks,  $\bullet$ ,  $\circ$ ,  $\oplus$ , and  $\odot$ , correspond to 0, 100, 200 and 300kR, respectively. Storage temperature: 21~23 °C.

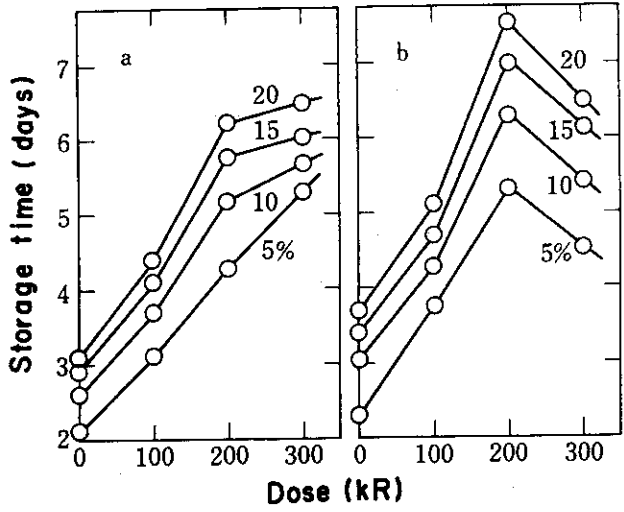


Fig. 2. Plots of storage time for the selected infection ratios vs. dose. Storage temperature was 21~23 °C (a); with 'K-Cellys', (b) with 'Cellys'

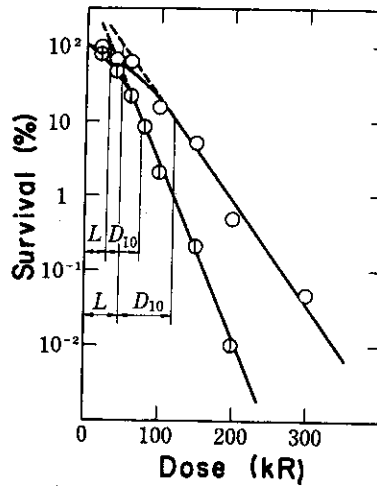


Fig. 4. Survival curves of *Botrytis cinerea*.  $\circ$ : isolated strain, TO-1,  $\odot$ : authentic strain, IAM 5128.



## 1. 1. 7 放射線の無菌動物飼料への応用\* (放射線滅菌飼料に関する研究 I, II)

岩藤誠吾,\*\* 鈴木善雄,\*\* 飯塚 広,\*\* 柴部禎巳, 仲川憲一\*\*\*\*  
 (\*\*三共中央研究所,\*\* 東大・応用微生物研究所, \*\*\*\*オリエンタル酵母 E K)

## 目 的

無菌動物や S P F 動物が, 動物実験に多用されるようになり, その飼育に無菌化飼料が要求されている。従来加圧蒸気滅菌した飼料が用いられているが, この方法では満足すべき繁殖成績はえられておらず, 飼料の滅菌方法の研究開発は, 無菌動物および S P F 動物の飼育上の重要な問題点となっている。実験動物の飼料の放射線滅菌についてはいくつかの報告<sup>1)~4)</sup>がみられるが, 滅菌線量, 飼料成分の変化については詳しい報告はなく, またそれにもなる実験動物とくに S P F 動物の飼育繁殖試験は試みられていない。著者らは, 滅菌線量の検索, 飼料成分とくにビタミン類の照射にもなる変動の確認および照射飼料の適性を調べるため S P F ラットの繁殖飼育試験を行なった。

## 実験方法

市販オリエンタル酵母工業製特殊繁殖用固形飼料 ( C M F ) を用い, 線量率  $5 \times 10^5$  rad/h の位置でポリエチレン袋で二重にシールした飼料を 20 Kg 単位で照射した。殺菌効果の判定にはチオグリコレート液体培地を使用した。飼育繁殖試験には, 三共中央研究所動物飼育場の barrier system で維持, 生産されている帝王切開由来の Wistar-Imamichi ラット<sup>5)</sup> を用いた。加圧蒸気滅菌した C M F と離乳食 (オリエンタル酵母製) で飼育した雌ラットの 1 産仔の雌を離乳時に 1 群 10 匹ずつの 3 群に分け, それぞれに 3 Mrad 照射飼料, 6 Mrad 照射飼料および蒸気滅菌飼料を与え飼育した。生後 13 週令に達したとき別に用意した雄と 1 対 1 で交配し, 別居出産させた。出産した雌は離乳後 1 週間おいてから同様の交配を行ない, 計 3 回出産させた。世代試験は繁殖試験に用いた雌を親とし, その 1 産仔を 1 世代とした。1 世代は各群毎に同腹をさけ交配し, その 1 産仔を 2 世代とした。同様にして 3 世代をえた。繁殖試験の 1 産, 2 産および 3 産ならびに世代試験の親, 1 世代および 2 世代の各出産について産仔数, 体重, 性別を調べた。生後 10 週令まで発育成績 (体重, 飼料消費量, 陰開口日令など) を観察し, その後血液学的検査および臨床化学的検査を行ない, また解剖後, 各臓器について病理組織学的検査を行なった。飼育および繁殖はすべて barrier 方式で行なった。

## 実験結果および考察

照射滅菌条件として 2 Mrad 以上の線量で十分殺菌できるが, 大量処理の場合飼料中に吸収線量のばらつきがでることなどを考慮し安全率を見込むと殺菌線量としては 3 Mrad が妥当と

\*原子力工業, 16 (12), 42~46 (1970),

実験動物, 19 (2, 3), 77~81 (1970),

実験動物, 21 (4), 189~204 (1972),

考えられる。

飼料は殺菌処理によりその成分が変化する。蒸気滅菌法による蛋白質の変成、アミノ酸・ビタミンの分解はよく知られている。<sup>6)7)</sup>放射線殺菌法において飼料蛋白質の消化率、生物価、構成アミノ酸については7.0 Mrad までは有意の差はない<sup>8)</sup>とされている。ビタミンB<sub>1</sub>は蒸気滅菌では37%しか残留しないが、3 Mrad で97%、6 Mrad でも88%活性で残る (Table 1)。またビタミンB<sub>6</sub>、B<sub>12</sub>、葉酸についても照射区の方が蒸気滅菌区よりも破壊が少ない。ビタミンB<sub>2</sub>、A、Eおよびイノシトールは照射区、蒸気区ともに差がなかった (Table 1)。ビタミンEについてはそのラジカル・スカベンジャ的働きから、照射による損失が指摘されているが<sup>9)</sup>、われわれの結果は異なる。

barrier 方式のもとで行なった繁殖試験および世代試験とも照射飼料と蒸気滅菌飼料とでいちじるしい差がみとめられた。1腹平均産仔数は各群とも経産にしたがって増加し、照射群は加熱群とくらべてその匹数は有意に多い (Table 2)。

各産仔の体重増加は繁殖試験および世代試験ともに2つの照射群は、ほぼ同じ増加を示したが、蒸気滅菌群は照射群と比べ明らかに低く、とくに世代試験では世代が進むにつれて体重増加は悪くなった (Fig. 1)。飼料の消費量も両試験とも蒸気滅菌群は照射群と比べ少ない (Fig. 2)。これは滅菌後の両飼料の硬度の差が原因であると思われる。初発情日令と性周期の安定日令も、照射群の方が蒸気群より早くばらつきも少なく (Table 3)、生産現場での生産効率のひじょうに高いことを示唆する。血液学的検査および臨床化学的検査からも照射群の栄養状態が蒸気滅菌群より良好で (Tables 4, 5, 6, 7) ある。3 Mrad 群と6 Mrad 群の間の比較においても飼育・繁殖試験では差がみられず、先に述べた栄養素の分解度の低いことと対応するものと考えられる。また蒸気滅菌飼料では栄養的なバランスが崩れていることを示している。

以上の結果から、<sup>60</sup>Co- $\gamma$ 線照射による実験動物の飼料の無菌化は、きわめてすぐれた方法であるとともに、照射飼料は barrier 方式のもとで実際にSPF動物を生産する場合の最適な飼料であるばかりでなく、催奇性試験を含めて医薬品、農薬および食品等の安全性試験の飼料として充分使用できるものとする。

#### 文 献

- 1) R. E. Horton and J. L. S. Hickley: Proc. Anim. Care Panel, 11, 93 (1961).
- 2) G. Porter and W. Lane-Petter: Brit. J. Nutr., 19, 295 (1965).
- 3) 山田淳三, 北爪雅之: 実験動物, 16, 140 (1967).
- 4) R. Cook and A. Bishop: Lab. Anim., 3, 79 (1969).
- 5) 今道友則: 日本臨床, 19 (臨時増刊号), 99 (1961).
- 6) 柴崎 勲: 食品殺菌工学, 光琳書院, P. 320 (1967).
- 7) 宮川正澄: 無菌動物, 医菌薬出版, P. 309 (1963).
- 8) F. J. Ley, et al.: Lab. Anim., 3, 221 (1969).
- 9) M. E. Coates, et al.: Lab. Anim., 3, 39 (1969).

Sterilization of Laboratory Animal Diets by Gamma Radiation\*

Seigo IWADO\*\*, Yoshio SUZUKI\*\*, Hiroshi IIZUKA\*\*\*,

Sadami SHIBABE and Kenichi NAKAGAWA\*\*\*\*

\*\* Central Research Laboratories, Sankyo Co., Ltd., Tokyo

\*\*\* Institute of Applied Microbiology, University of Tokyo, Tokyo

\*\*\*\* Oriental Yeast Co., Ltd., Tokyo

Abstract

Laboratory animal diets in pellet form was sufficiently sterilized by gamma radiation of  $^{60}\text{Co}$  with 3 Mrad. Vitamins contained in pellets were less decomposed with irradiation treatment as compared with autoclaving; vitamin B<sub>1</sub> remained to be active by 97% with 3 Mrad, 88% with 6 Mrad, and 37% with autoclaving. It was found vitamins B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, and folic acid were more resistant with irradiation than with heat treatment. The contents of vitamins A, B<sub>2</sub> and E, and inositol were not changed with sterilization.

Reproduction and generation tests on barrier-sustained rats maintained on pellets irradiated with 3 and 6 Mrad were carried out. The rats fed the irradiated diets showed a reasonable reproduction rate through three successive generation, and all the animals grew well. Growth rate and diet consumption were greater in young animals fed irradiated pellets than in those fed autoclaved ones. In both 3 and 6 Mrad groups, no abnormality was observed in hematological, clinicobiochemical and pathological examinations made at the tenth weeks after birth.

\* Nucl. Engng. (Japan), 16 (12), 42 - 46 (1970).

Exp. Animals., 19 (2,3), 77 - 81 (1970).

Exp. Animals., 21 (4), 189 - 204 (1972).

Fig. 1-a

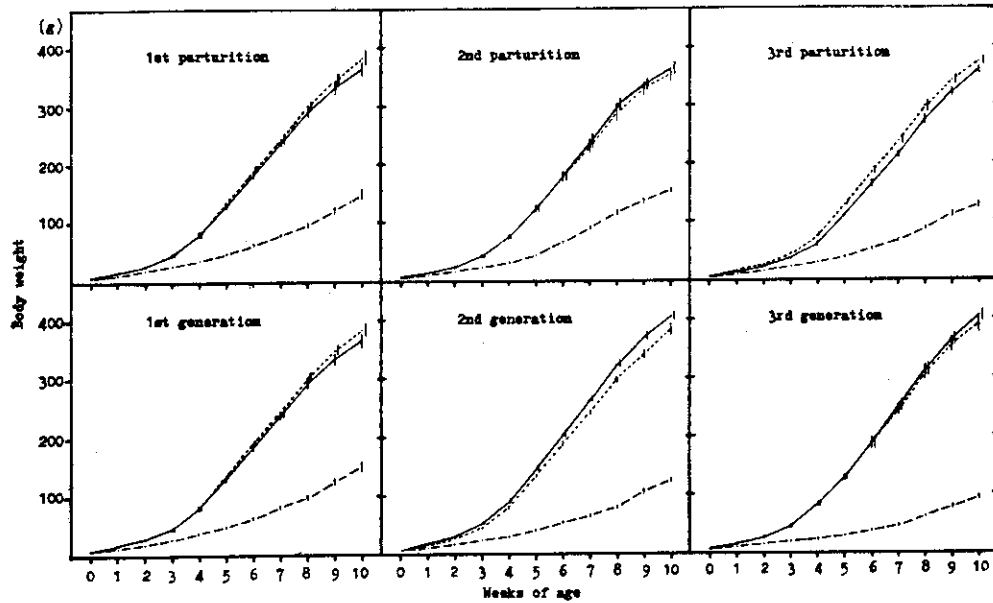


Fig. 1-b

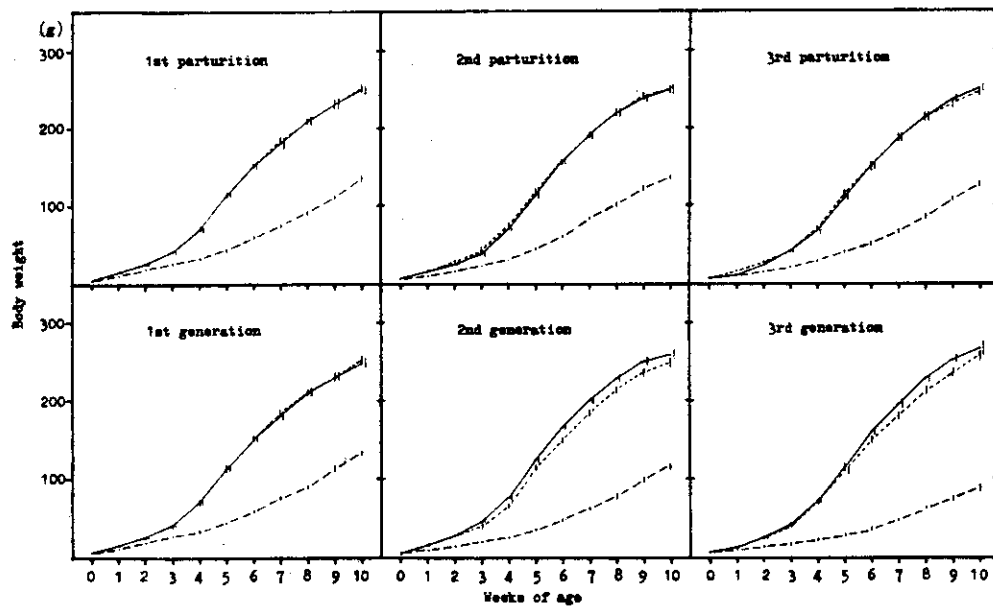


Fig. 1. Body weight gain of male (a) and female (b) rats given  $\gamma$ -ray-exposed or autoclaved pellets. Each point indicates a mean value of 20 animals, Vertical lines at each point show standard deviations.

Fig. 2-a

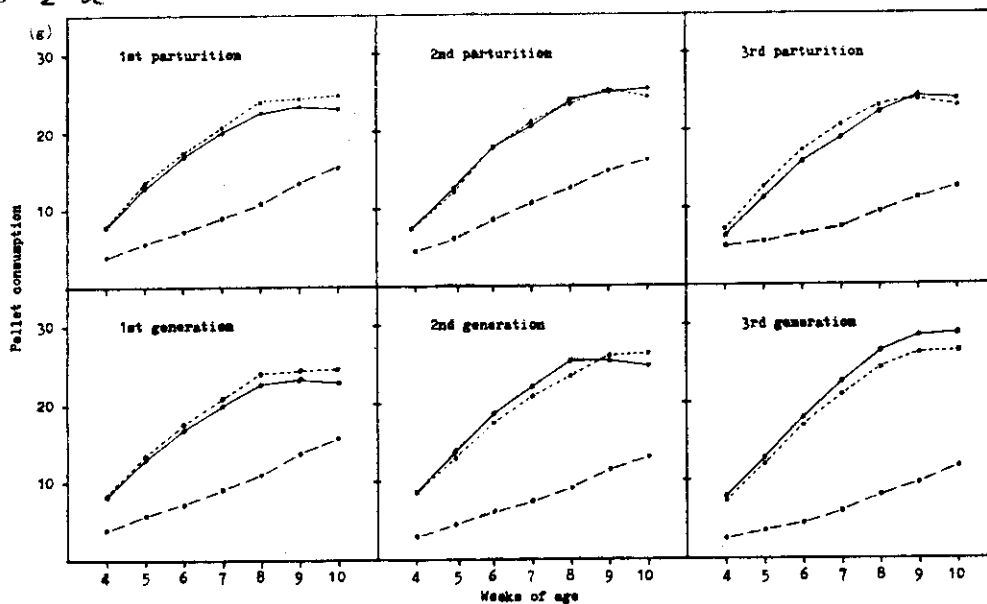


Fig. 2-b

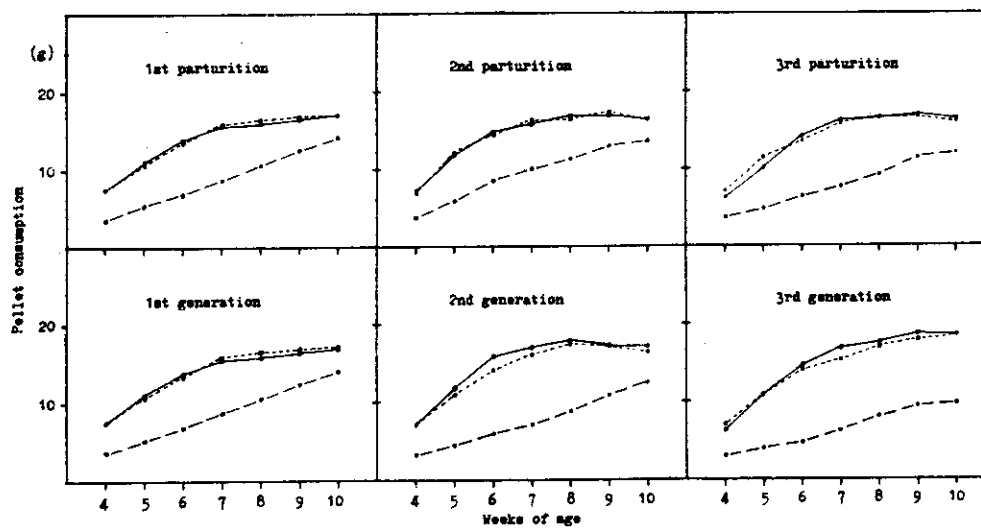


Fig. 2. Consumption of  $\gamma$ -ray-exposed or autoclaved pellets by male (a) and female (b) rats. Each point indicates a mean value of 20 animals.

Table 1. Vitamin Contents in Sterilized Laboratory  
Animal Diets

Treatment	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	Vitamin B <sub>6</sub>	B <sub>12</sub>	A	E	Inositol	Folic acid
Untreated	23.8 $\mu$ /g	39.7 $\mu$ /g	8.64 $\mu$ /g	10.7 $\mu$ /g	22 IU/g	340 $\mu$ /g	0.56mg/g	2.24mg/g
Irradiated 3 Mrad	23.0	39.6	8.04	7.38	19	310	0.56	2.00
6 Mrad	21.0	39.9	7.08	7.12	18	370	0.54	2.10
Autoclaved	8.8	36.4	5.20	3.88	18	320	0.44	1.28

Table 2. Reproduction in each parturition and generation of rats maintained on  $\gamma$ -ray-exposed or autoclaved pellets

Pellet or generation	Weeks of age	Body weight of dam* (g) (Mean $\pm$ SE)	Number of parturition	Number of pregnancy	Number of offspring (Mean $\pm$ SE)	Number of weanings (Mean $\pm$ SE)	Nursing rate (%)
<b>Autoclaved**</b>							
1st parturition	13	239.4 $\pm$ 5.14	8/9		85(10.6 $\pm$ 0.72)	81(10.1 $\pm$ 0.78)	95.29
2nd parturition	21	284.5 $\pm$ 6.10	9/9		114(12.7 $\pm$ 0.50)	84( 9.3 $\pm$ 1.10)	73.68
3rd parturition	29	311.9 $\pm$ 6.54	10/10		139(13.9 $\pm$ 0.65)	107(10.7 $\pm$ 0.73)	76.79
<b><math>\gamma</math>-ray-exposed</b>							
<b>3 Mrad</b>							
1st parturition	13	275.8 $\pm$ 2.44	8/8		105(13.1 $\pm$ 0.76)	95(11.9 $\pm$ 0.63)	90.47
2nd parturition	21	307.4 $\pm$ 7.42	8/8		115(14.4 $\pm$ 0.97)	85(10.6 $\pm$ 0.67)	73.91
3rd parturition	29	345.6 $\pm$ 10.15	8/9		117(14.6 $\pm$ 0.59)	64( 8.0 $\pm$ 0.88)	54.70
<b>6 Mrad</b>							
1st parturition	13	270.0 $\pm$ 4.86	10/10		117(11.7 $\pm$ 0.77)	112(11.2 $\pm$ 0.85)	95.72
2nd parturition	21	310.2 $\pm$ 4.20	10/10		130(13.0 $\pm$ 0.80)	105(10.5 $\pm$ 1.01)	80.76
3rd parturition	29	338.7 $\pm$ 7.21	8/9		93(11.6 $\pm$ 1.43)	71( 8.9 $\pm$ 1.27)	76.34
<b>Autoclaved**</b>							
<b>Parent</b>							
1st generation	13	239.4 $\pm$ 5.15	8/9		85(10.6 $\pm$ 0.72)	81(10.1 $\pm$ 0.78)	95.29
2nd generation	14	214.0 $\pm$ 1.95	9/9		104(11.5 $\pm$ 0.37)	95(10.5 $\pm$ 0.60)	91.34
3rd generation	16	205.7 $\pm$ 2.48	10/10		128(12.8 $\pm$ 0.57)	111(11.1 $\pm$ 1.31)	86.71
<b><math>\gamma</math>-ray-exposed</b>							
<b>3 Mrad</b>							
Parent	13	275.8 $\pm$ 2.44	8/8		105(13.1 $\pm$ 0.76)	95(11.9 $\pm$ 0.63)	90.47
1st generation	10	263.2 $\pm$ 5.10	8/8		102(12.8 $\pm$ 0.74)	97(12.1 $\pm$ 0.78)	95.09
2nd generation	10	276.6 $\pm$ 3.50	7/10		89(12.7 $\pm$ 0.52)	32( 4.6 $\pm$ 1.61)	35.95
3rd generation	10	277.2 $\pm$ 3.43	6/8		78(13.0 $\pm$ 0.93)	70(11.7 $\pm$ 0.80)	89.74
<b>6 Mrad</b>							
Parent	13	270.0 $\pm$ 4.86	10/10		117(11.7 $\pm$ 0.77)	112(11.2 $\pm$ 0.85)	95.72
1st generation	10	269.4 $\pm$ 4.69	9/9		112(12.4 $\pm$ 0.52)	102(11.3 $\pm$ 0.64)	91.07
2nd generation	10	274.4 $\pm$ 2.40	6/10		71(11.8 $\pm$ 0.94)	31( 5.2 $\pm$ 1.66)	43.66
3rd generation	10	290.0 $\pm$ 4.81	7/8		92(13.1 $\pm$ 1.18)	89(12.7 $\pm$ 1.03)	96.73

\* At day 0 of pregnancy \*\* At 121°C for 20 minutes

Table 3. Age at vaginal opening, first conification and stability of estrous cycle in rats fed  $\gamma$ -ray-exposed or autoclaved pellets

Pellet or generation	Parturition or generation	Vaginal opening (day)	Body weight at vaginal opening (g)	First cornification (day)	Stability of estrous cycle (day)
<b>Autoclaved</b>					
1st	parturition	60.7 ± 0.96	102.3 ± 2.33	63.8 ± 1.32	76.6 ± 1.28
	parturition	53.7 ± 1.41	107.8 ± 3.28	62.0 ± 1.40	79.6 ± 2.68
	parturition	63.9 ± 0.89	108.8 ± 3.37	63.8 ± 1.20	77.0 ± 1.13
<b><math>\gamma</math>-ray-exposed</b>					
3 Mrad	1st parturition	37.5 ± 0.44	123.5 ± 2.24	44.4 ± 0.63	45.1 ± 1.06
	2nd parturition	38.1 ± 0.25	128.7 ± 2.39	39.6 ± 0.67	46.2 ± 1.28
	3rd parturition	36.4 ± 0.43	121.1 ± 1.28	39.8 ± 0.83	43.7 ± 0.85
6 Mrad	1st parturition	37.4 ± 0.44	124.7 ± 1.93	42.8 ± 0.94	45.7 ± 1.17
	2nd parturition	37.2 ± 0.41	129.3 ± 2.40	40.3 ± 1.10	46.5 ± 1.26
	3rd parturition	37.0 ± 0.38	127.4 ± 2.69	41.0 ± 1.01	44.3 ± 1.02
<b>Autoclaved</b>					
1st	generation	60.7 ± 0.97	102.3 ± 2.33	63.8 ± 1.32	76.6 ± 1.28
	generation	67.2 ± 1.04	107.9 ± 2.16	73.6 ± 1.37	80.8 ± 1.26
	generation	77.0 ± 2.13	99.6 ± 4.91	82.6 ± 2.21	95.8 ± 1.57
<b><math>\gamma</math>-ray-exposed</b>					
3 Mrad	1st generation	37.5 ± 0.44	123.5 ± 2.24	44.4 ± 0.63	45.1 ± 1.06
	2nd generation	37.2 ± 0.38	133.0 ± 2.86	38.8 ± 0.92	44.0 ± 1.14
	3rd generation	36.8 ± 0.45	122.0 ± 3.10	40.1 ± 0.88	45.1 ± 1.31
6 Mrad	1st generation	37.4 ± 0.44	124.7 ± 1.93	42.8 ± 0.94	45.7 ± 1.17
	2nd generation	39.2 ± 0.39	131.5 ± 2.19	40.1 ± 0.48	46.8 ± 1.63
	3rd generation	37.7 ± 0.79	120.5 ± 2.64	40.0 ± 1.22	45.5 ± 2.07

Each value indicates a mean ± standard error of 30 animals.



Table 4. Hematological characteristics of 10-week-old male rats fed  $\gamma$ -ray exposed or autoclaved pellets

Pellet	Parturition or Generation	Leucocyte ( $\times 10^6$ )	Erythrocyte ( $\times 10^6$ )	Hemoglobin (g/dl)	Hematocrit (%)
<b>Autoclaved</b>					
	1st parturition	6.1 $\pm$ 0.88	728 $\pm$ 39.23	13.7 $\pm$ 0.72	40.6 $\pm$ 4.34
	2nd parturition	8.6 $\pm$ 1.15	871 $\pm$ 63.67	14.4 $\pm$ 0.51	43.6 $\pm$ 1.30
	3rd parturition	6.4 $\pm$ 0.48	702 $\pm$ 24.88	14.2 $\pm$ 0.84	43.0 $\pm$ 1.30
<b><math>\gamma</math>-ray-exposed</b>					
<b>3 Mrad</b>					
	1st parturition	6.4 $\pm$ 0.91	773 $\pm$ 38.36	15.4 $\pm$ 0.73	45.4 $\pm$ 2.87
	2nd parturition	11.6 $\pm$ 0.89	965 $\pm$ 48.48	15.7 $\pm$ 0.58	46.1 $\pm$ 2.23
	3rd parturition	6.9 $\pm$ 0.38	838 $\pm$ 28.07	16.7 $\pm$ 0.53	46.9 $\pm$ 1.88
<b>6 Mrad</b>					
	1st parturition	6.3 $\pm$ 0.84	763 $\pm$ 46.80	14.5 $\pm$ 0.62	46.0 $\pm$ 1.51
	2nd parturition	9.1 $\pm$ 1.12	892 $\pm$ 50.09	16.4 $\pm$ 0.44	47.6 $\pm$ 2.50
	3rd parturition	7.2 $\pm$ 0.65	873 $\pm$ 73.01	16.5 $\pm$ 0.31	48.2 $\pm$ 1.48
<b>Autoclaved</b>					
	1st generation	6.1 $\pm$ 0.88	728 $\pm$ 39.23	13.7 $\pm$ 0.72	40.6 $\pm$ 4.34
	2nd generation	6.5 $\pm$ 0.99	664 $\pm$ 39.77	13.5 $\pm$ 0.52	39.0 $\pm$ 2.00
	3rd generation	5.8 $\pm$ 0.87	689 $\pm$ 35.85	12.3 $\pm$ 0.41	39.6 $\pm$ 2.53
<b><math>\gamma</math>-ray-exposed</b>					
<b>3 Mrad</b>					
	1st generation	6.4 $\pm$ 0.94	773 $\pm$ 38.36	15.4 $\pm$ 0.73	45.4 $\pm$ 2.87
	2nd generation	8.5 $\pm$ 2.03	852 $\pm$ 22.62	16.2 $\pm$ 0.32	51.0 $\pm$ 1.19
	3rd generation	6.9 $\pm$ 0.77	830 $\pm$ 36.98	16.1 $\pm$ 0.66	46.2 $\pm$ 1.90
<b>6 Mrad</b>					
	1st generation	6.3 $\pm$ 0.84	763 $\pm$ 46.80	14.5 $\pm$ 0.62	46.0 $\pm$ 1.51
	2nd generation	7.7 $\pm$ 0.81	856 $\pm$ 32.60	15.1 $\pm$ 0.25	47.5 $\pm$ 2.07
	3rd generation	7.7 $\pm$ 2.31	808 $\pm$ 54.86	16.3 $\pm$ 0.51	46.6 $\pm$ 1.63

Each value indicates a mean  $\pm$  standard deviation of 8 animals.

Table 5. Hematological characteristics of 10-week-old female rats fed  $\gamma$ -ray-exposed or autoclaved pellets

Pellet	Parturition or generation	Leucocyte ( $\times 10^6$ )	Erythrocyte ( $\times 10^6$ )	Hemoglobin (g/dl)	Hematocrit (%)	
Autoclaved	1st parturition	6.0 $\pm$ 0.94	699 $\pm$ 32.91	13.8 $\pm$ 0.54	42.0 $\pm$ 2.07	
	2nd parturition	8.0 $\pm$ 0.68	891 $\pm$ 45.47	14.3 $\pm$ 0.54	42.6 $\pm$ 1.40	
	3rd parturition	7.5 $\pm$ 0.46	692 $\pm$ 42.91	13.6 $\pm$ 0.45	41.4 $\pm$ 2.18	
	$\gamma$ -ray-exposed 3 Mrad	1st parturition	5.8 $\pm$ 1.00	778 $\pm$ 42.59	14.7 $\pm$ 0.56	43.8 $\pm$ 1.83
		2nd parturition	11.6 $\pm$ 2.67	949 $\pm$ 36.35	15.4 $\pm$ 0.40	45.1 $\pm$ 1.72
		3rd parturition	7.3 $\pm$ 0.66	783 $\pm$ 33.77	16.1 $\pm$ 0.54	46.4 $\pm$ 1.59
	6 Mrad	1st parturition	6.5 $\pm$ 0.69	761 $\pm$ 57.59	14.4 $\pm$ 1.33	43.1 $\pm$ 2.41
		2nd parturition	8.9 $\pm$ 0.56	823 $\pm$ 31.81	15.5 $\pm$ 0.39	44.7 $\pm$ 0.88
		3rd parturition	7.4 $\pm$ 0.90	803 $\pm$ 32.15	16.2 $\pm$ 0.50	45.4 $\pm$ 1.76
Autoclaved	1st generation	6.0 $\pm$ 0.94	699 $\pm$ 32.91	13.8 $\pm$ 0.54	42.0 $\pm$ 2.07	
	2nd generation	8.0 $\pm$ 1.45	710 $\pm$ 37.83	14.2 $\pm$ 0.35	39.5 $\pm$ 2.07	
	3rd generation	5.4 $\pm$ 0.43	732 $\pm$ 48.96	12.9 $\pm$ 0.46	41.5 $\pm$ 0.70	
	$\gamma$ -ray-exposed 3 Mrad	1st generation	5.8 $\pm$ 1.00	778 $\pm$ 42.59	14.7 $\pm$ 0.56	43.8 $\pm$ 1.83
		2nd generation	10.0 $\pm$ 1.35	802 $\pm$ 30.78	15.7 $\pm$ 0.45	49.1 $\pm$ 0.99
		3rd generation	8.5 $\pm$ 1.43	763 $\pm$ 20.98	15.5 $\pm$ 0.32	46.1 $\pm$ 1.12
	6 Mrad	1st generation	6.5 $\pm$ 0.69	761 $\pm$ 57.59	14.4 $\pm$ 1.33	43.1 $\pm$ 2.41
		2nd generation	9.1 $\pm$ 1.42	764 $\pm$ 34.46	15.5 $\pm$ 0.20	46.8 $\pm$ 1.35
		3rd generation	7.0 $\pm$ 0.64	852 $\pm$ 41.71	15.4 $\pm$ 0.96	46.0 $\pm$ 2.44

Each value indicates a mean  $\pm$  standard deviation of 8 animals.

Table 6. Biochemical characteristics of serum in 10-week-old male rats fed 7-ray-exposed or autoclaved pellets

Pellet of generation	Total serum protein (g/dl)	A/G ratio	Urea nitrogen (mg/dl)	GPT (units)*	Alkaline phosphatase (units**)	Total cholesterol (mg/dl)
<b>Autoclaved</b>						
1st parturition	5.6±0.54	1.53±0.13	16.8±2.18	33.9±4.82	79.3±12.03	107.4±18.03
2nd parturition	5.9±0.21	1.41±0.29	21.7±3.45	31.9±6.08	94.4±10.41	146.7±14.12
3rd parturition	6.2±0.57	1.59±0.19	23.6±3.33	37.6±4.17	94.7±19.21	120.7±5.31
<b>7-ray-exposed</b>						
<b>3 Mrad</b>						
1st parturition	6.3±0.44	1.27±0.06	21.4±1.76	30.5±4.86	67.5±11.84	107.4±18.03
2nd parturition	6.4±0.19	1.67±0.30	20.1±3.31	27.3±4.09	72.3±12.55	114.1±12.87
3rd parturition	6.3±0.22	1.60±0.25	28.7±3.53	25.0±1.88	67.9±10.16	90.6±14.30
<b>6 Mrad</b>						
1st parturition	6.1±0.23	1.39±0.16	23.7±1.98	30.7±4.74	62.0±10.65	104.9±4.51
2nd parturition	6.5±0.62	1.60±0.29	23.6±2.61	27.9±5.01	55.4±6.16	104.6±5.78
3rd parturition	6.4±0.30	1.81±0.21	21.4±2.72	28.5±5.15	66.1±7.21	96.2±7.42
<b>Autoclaved</b>						
1st generation	5.6±0.54	1.53±0.13	16.8±2.18	33.9±4.82	79.3±12.03	107.4±18.03
2nd generation	5.5±0.16	1.89±0.26	22.3±4.27	33.1±4.61	103.2±16.86	115.5±14.41
3rd generation	5.0±0.15	1.89±0.43	21.3±3.42	28.2±5.09		137.7±16.17
<b>7-ray-exposed</b>						
<b>3 Mrad</b>						
1st generation	6.3±0.44	1.27±0.06	21.4±1.76	30.5±4.86	67.5±11.84	107.4±18.03
2nd generation	6.2±0.17	1.64±0.16	23.8±2.29	25.6±8.45	56.0±7.44	102.0±14.06
3rd generation	6.3±0.26	1.72±0.41	21.0±4.59	30.5±5.68	59.0±9.22	96.8±12.54
<b>6 Mrad</b>						
1st generation	6.1±0.23	1.39±0.16	23.7±1.98	30.7±4.74	62.0±10.65	104.9±4.51
2nd generation	6.3±0.23	1.59±0.14	23.5±1.60	24.8±2.85	62.0±9.81	97.7±17.63
3rd generation	6.1±0.34	1.15±0.29	23.4±4.21	27.6±4.64	41.0±7.66	102.1±10.81

Each value indicates a mean ± standard deviation of 8 animals.

\* Karmen units

\*\* King-Armstrong units

Table 7. Biochemical characteristics of serum in 10 week-old female rats fed  $\gamma$ -ray-exposed of autoclaved pellets

Pellet	Parturition or generation	Total serum protein (g/df)	A/G ratio	Urea nitrogen (mg/df)	GPT (units*)	Alkaline phosphatase (units**)	Total cholesterol (mg/df)	
Autoclaved	1st parturition	5.6±0.36	1.34±0.48	17.9±1.88	28.1±3.09	69.3±2.18	125.5±11.82	
	2nd parturition	6.0±0.25	1.22±0.14	18.9±2.29	27.2±3.41	75.9±11.25	141.1±10.88	
	3rd parturition	5.5±0.23	1.83±0.21	24.6±2.32	32.1±8.39	105.3±25.61	123.2±11.02	
	$\gamma$ -ray-exposed 3 Mrad	1st parturition	6.3±0.38	1.36±0.12	20.1±2.58	30.9±5.02	63.7±4.92	109.2±13.03
		2nd parturition	6.5±0.29	1.98±0.38	21.1±1.80	28.7±3.24	59.9±20.08	138.6±23.66
		3rd parturition	6.9±0.16	1.78±0.18	27.1±5.64	26.6±4.13	40.2±8.31	123.6±11.40
	6 Mrad	1st parturition	6.3±0.16	1.42±0.07	21.0±2.32	35.1±5.13	68.4±11.81	107.9±14.90
		2nd parturition	6.4±0.19	1.87±0.23	23.2±1.98	27.6±5.01	32.0±5.09	90.9±34.03
		3rd parturition*	6.7±0.24	1.85±0.21	20.9±2.74	29.0±2.97	43.9±3.60	113.5±19.19
Autoclaved	1st generation	5.6±0.36	1.34±0.48	17.9±1.88	28.1±3.09	69.3±2.18	125.5±11.82	
	2nd generation	5.7±0.28	2.11±0.32	24.7±5.92	32.7±5.05	77.3±8.63	115.5±12.81	
	3rd generation	5.3±0.28	2.11±0.34	27.4±2.50	31.6±3.28		137.3±18.47	
	$\gamma$ -ray-exposed 3 Mrad	1st generation	6.3±0.38	1.36±0.12	20.1±2.58	30.9±5.02	63.7±4.92	109.2±13.03
		2nd generation	6.7±0.20	1.94±0.23	23.6±1.99	25.2±4.30	43.8±9.01	132.0±15.60
		3rd generation	6.6±0.17	1.38±0.10	24.4±3.40	35.2±8.45	40.2±5.55	113.5±8.26
	6 Mrad	1st generation	6.3±0.16	1.42±0.07	21.0±2.32	35.1±5.13	68.4±11.81	107.9±14.90
		2nd generation	6.6±0.19	1.71±0.18	23.1±2.29	29.5±3.58	41.0±6.09	114.2±14.68
		3rd generation	6.3±0.17	1.28±0.26	25.4±3.64	22.2±3.56	40.4±6.29	111.8±13.66

Each value indicates a mean  $\pm$  standard deviation of 8 animals.

\* Karmen units

\*\* King-Armstrong units

Table 8. Organ weights of 10-week-old male rats fed  $\gamma$ -ray-exposed or autoclaved pellets

Pellet or generation	Body weight (g)	Brain (g)		Heart (g)		Liver (g)		Kidney (g)		Spleen (g)		Testis (g)	
		Brain (g)	Heart (g)	Liver (g)	Kidney (g)	Spleen (g)	Testis (g)	Left	Right	Left	Right		
Autoclaved													
1st parturition	176 ± 2.44	1.67 ± 0.02	0.72 ± 0.01	8.35 ± 0.22	0.78 ± 0.02	0.76 ± 0.02	0.42 ± 0.03	0.83 ± 0.03	0.82 ± 0.03	0.83 ± 0.03	0.82 ± 0.03	0.91 ± 0.01	0.90 ± 0.01
2nd parturition	167 ± 2.75	1.65 ± 0.02	0.62 ± 0.02	9.34 ± 0.20	0.78 ± 0.01	0.77 ± 0.02	0.39 ± 0.02	0.94 ± 0.02	0.94 ± 0.02	0.94 ± 0.02	0.94 ± 0.02	0.91 ± 0.01	0.90 ± 0.01
3rd parturition	143 ± 2.91	1.59 ± 0.01	0.55 ± 0.01	8.29 ± 0.26	0.59 ± 0.05	0.65 ± 0.02	0.31 ± 0.02	0.89 ± 0.01	0.89 ± 0.01	0.89 ± 0.01	0.89 ± 0.01	0.90 ± 0.01	0.90 ± 0.01
$\gamma$ -ray-exposed													
3 Mrad													
1st parturition	355 ± 5.40	1.91 ± 0.01	1.25 ± 0.04	17.07 ± 0.22	1.68 ± 0.05	1.70 ± 0.03	0.82 ± 0.03	1.25 ± 0.04	1.30 ± 0.03	1.25 ± 0.04	1.30 ± 0.03	1.25 ± 0.04	1.30 ± 0.03
2nd parturition	355 ± 5.63	1.90 ± 0.02	1.24 ± 0.04	17.22 ± 0.47	1.64 ± 0.03	1.69 ± 0.05	0.83 ± 0.04	1.22 ± 0.03	1.20 ± 0.03	1.22 ± 0.03	1.20 ± 0.03	1.22 ± 0.03	1.20 ± 0.03
3rd parturition	357 ± 1.97	1.80 ± 0.02	1.13 ± 0.04	16.60 ± 0.68	1.55 ± 0.02	1.57 ± 0.03	0.76 ± 0.04	1.21 ± 0.02	1.20 ± 0.03	1.21 ± 0.02	1.20 ± 0.03	1.21 ± 0.02	1.20 ± 0.03
6 Mrad													
1st parturition	357 ± 2.85	1.89 ± 0.02	1.26 ± 0.03	16.38 ± 0.20	1.53 ± 0.02	1.46 ± 0.03	0.88 ± 0.03	1.31 ± 0.03	1.31 ± 0.03	1.31 ± 0.03	1.31 ± 0.03	1.31 ± 0.03	1.31 ± 0.03
2nd parturition	355 ± 5.26	1.89 ± 0.02	1.28 ± 0.05	16.25 ± 0.21	1.61 ± 0.04	1.66 ± 0.04	0.82 ± 0.03	1.22 ± 0.04	1.23 ± 0.04	1.22 ± 0.04	1.23 ± 0.04	1.22 ± 0.04	1.23 ± 0.04
3rd parturition	368 ± 2.81	1.90 ± 0.03	1.21 ± 0.03	16.51 ± 0.46	1.61 ± 0.03	1.61 ± 0.04	0.79 ± 0.02	1.22 ± 0.04	1.28 ± 0.04	1.22 ± 0.04	1.28 ± 0.04	1.22 ± 0.04	1.28 ± 0.04
Autoclaved													
1st generation	176 ± 2.44	1.54 ± 0.03	0.72 ± 0.01	8.35 ± 0.22	0.78 ± 0.02	0.76 ± 0.02	0.42 ± 0.03	0.83 ± 0.03	0.82 ± 0.03	0.83 ± 0.03	0.82 ± 0.03	0.91 ± 0.01	0.90 ± 0.01
2nd generation	146 ± 2.57	1.61 ± 0.02	0.53 ± 0.01	8.80 ± 0.18	0.70 ± 0.05	0.65 ± 0.02	0.33 ± 0.01	0.83 ± 0.03	0.84 ± 0.03	0.83 ± 0.03	0.84 ± 0.03	0.84 ± 0.03	0.84 ± 0.03
3rd generation	96 ± 2.07	1.49 ± 0.01	0.37 ± 0.01	6.25 ± 0.17	0.48 ± 0.01	0.49 ± 0.01	0.18 ± 0.01	0.58 ± 0.03	0.59 ± 0.03	0.58 ± 0.03	0.59 ± 0.03	0.59 ± 0.03	0.59 ± 0.03
$\gamma$ -ray-exposed													
3 Mrad													
1st generation	355 ± 5.40	1.91 ± 0.01	1.25 ± 0.04	17.07 ± 0.22	1.68 ± 0.05	1.70 ± 0.03	0.82 ± 0.03	1.25 ± 0.04	1.30 ± 0.03	1.25 ± 0.04	1.30 ± 0.03	1.25 ± 0.04	1.30 ± 0.03
2nd generation	384 ± 2.95	1.91 ± 0.01	1.16 ± 0.05	17.42 ± 0.29	1.63 ± 0.05	1.68 ± 0.03	0.79 ± 0.04	1.23 ± 0.03	1.23 ± 0.03	1.23 ± 0.03	1.23 ± 0.03	1.23 ± 0.03	1.23 ± 0.03
3rd generation	392 ± 8.97	1.89 ± 0.03	1.18 ± 0.03	17.28 ± 0.61	1.56 ± 0.03	1.58 ± 0.04	0.80 ± 0.03	1.28 ± 0.04	1.32 ± 0.04	1.28 ± 0.04	1.32 ± 0.04	1.28 ± 0.04	1.32 ± 0.04
6 Mrad													
1st generation	357 ± 2.85	1.89 ± 0.02	1.26 ± 0.03	16.38 ± 0.20	1.53 ± 0.02	1.46 ± 0.03	0.88 ± 0.03	1.31 ± 0.03	1.31 ± 0.03	1.31 ± 0.03	1.31 ± 0.03	1.31 ± 0.03	1.31 ± 0.03
2nd generation	372 ± 4.23	1.91 ± 0.02	1.21 ± 0.03	17.79 ± 1.10	1.63 ± 0.04	1.60 ± 0.02	0.82 ± 0.01	1.26 ± 0.01	1.26 ± 0.01	1.26 ± 0.01	1.26 ± 0.01	1.26 ± 0.01	1.26 ± 0.01
3rd generation	384 ± 10.13	1.86 ± 0.03	1.18 ± 0.01	18.09 ± 0.99	1.65 ± 0.04	1.63 ± 0.04	0.79 ± 0.03	1.30 ± 0.04	1.29 ± 0.03	1.30 ± 0.04	1.29 ± 0.03	1.30 ± 0.04	1.29 ± 0.03

Each value indicates a mean ± standard error of 8 animals

Table 9. Organ weights of 10-week-old female rats fed  $\gamma$ -ray-exposed or autoclaved pellets

Pellet	Parturition or generation	Body weight (g)	Brain (g)	Heart (g)	liver (g)	Kidney (g)		Spleen (g)	Uterus (g)
						Left	Right		
<b>Autoclaved</b>									
	1st parturition	156 ± 2.88	1.55 ± 0.04	0.64 ± 0.01	7.51 ± 0.35	0.66 ± 0.01	0.65 ± 0.22	0.41 ± 0.03	0.21 ± 0.01
	2nd parturition	138 ± 2.67	1.58 ± 0.02	0.52 ± 0.01	8.92 ± 0.21	0.56 ± 0.01	0.58 ± 0.01	0.37 ± 0.01	0.21 ± 0.03
	3rd parturition	128 ± 4.01	1.54 ± 0.02	0.48 ± 0.02	7.83 ± 0.35	0.53 ± 0.01	0.55 ± 0.01	0.30 ± 0.01	0.15 ± 0.01
<b><math>\gamma</math>-ray-exposed</b>									
<b>3 Mrad</b>									
	1st parturition	242 ± 3.47	1.80 ± 0.02	0.90 ± 0.01	11.44 ± 0.54	0.98 ± 0.02	0.99 ± 0.03	0.64 ± 0.01	0.40 ± 0.02
	2nd parturition	247 ± 1.01	1.77 ± 0.02	0.87 ± 0.02	11.48 ± 0.16	0.97 ± 0.01	0.98 ± 0.02	0.63 ± 0.02	0.43 ± 0.03
	3rd parturition	241 ± 0.87	1.72 ± 0.02	0.84 ± 0.03	11.73 ± 0.49	0.96 ± 0.01	0.93 ± 0.01	0.64 ± 0.02	0.33 ± 0.03
<b>6 Mrad</b>									
	1st parturition	246 ± 1.68	1.78 ± 0.01	0.92 ± 0.02	10.86 ± 0.25	0.92 ± 0.01	0.96 ± 0.01	0.67 ± 0.02	0.33 ± 0.01
	2nd parturition	247 ± 1.97	1.80 ± 0.01	0.99 ± 0.03	11.63 ± 0.28	0.95 ± 0.01	0.99 ± 0.01	0.64 ± 0.02	0.41 ± 0.06
	3rd parturition	249 ± 0.82	1.76 ± 0.01	0.96 ± 0.03	11.29 ± 0.16	0.98 ± 0.02	0.97 ± 0.03	0.64 ± 0.02	0.39 ± 0.02
<b>Autoclaved</b>									
	1st generation	156 ± 2.88	1.55 ± 0.04	0.64 ± 0.01	7.51 ± 0.35	0.66 ± 0.01	0.65 ± 0.02	0.41 ± 0.03	0.21 ± 0.01
	2nd generation	126 ± 2.68	1.51 ± 0.02	0.52 ± 0.01	8.18 ± 0.31	0.52 ± 0.01	0.52 ± 0.01	0.35 ± 0.01	0.17 ± 0.01
	3rd generation	86 ± 1.33	1.45 ± 0.01	0.34 ± 0.01	5.91 ± 0.19	0.45 ± 0.01	0.45 ± 0.01	0.18 ± 0.01	0.07 ± 0.01
<b><math>\gamma</math>-ray-exposed</b>									
<b>3 Mrad</b>									
	1st generation	242 ± 3.47	1.80 ± 0.02	0.90 ± 0.01	11.44 ± 0.54	0.98 ± 0.02	0.99 ± 0.03	0.64 ± 0.01	0.40 ± 0.02
	2nd generation	266 ± 1.09	1.85 ± 0.02	0.95 ± 0.03	13.59 ± 0.77	1.04 ± 0.05	1.07 ± 0.05	0.73 ± 0.04	0.41 ± 0.01
	3rd generation	278 ± 11.98	1.76 ± 0.04	0.91 ± 0.01	13.21 ± 0.46	1.00 ± 0.03	0.98 ± 0.03	0.72 ± 0.05	0.39 ± 0.01
<b>6 Mrad</b>									
	1st generation	246 ± 1.68	1.78 ± 0.01	0.92 ± 0.02	10.86 ± 0.25	0.92 ± 0.01	0.96 ± 0.01	0.67 ± 0.02	0.33 ± 0.01
	2nd generation	245 ± 4.98	1.74 ± 0.01	0.90 ± 0.03	12.35 ± 0.32	0.95 ± 0.02	0.99 ± 0.03	0.66 ± 0.03	0.30 ± 0.02
	3rd generation	243 ± 3.78	1.69 ± 0.02	0.89 ± 0.02	11.83 ± 0.82	0.89 ± 0.03	0.91 ± 0.03	0.67 ± 0.03	0.33 ± 0.05

Each value indicates a mean ± standard error of 8 animals

1.1.8 廃糖蜜を主原料とした醗酵生産培地におよぼす $\gamma$ 線照射の影響\*

\*\*飯塚 広, 柴部禎巳, 伊藤 均

(\*\*東大・応用微生物研究所)

## 目 的

醗酵生産培地を放射線で処理すると、培地の殺菌効果は十分期待できるが、照射処理培地の醗酵生産適性については知られていない。そこで廃糖蜜を主原料としたアルコール生産培地をモデルに選び、アルコール生産量、酵母の増殖度などについて、熱処理法と照射処理の比較検討を行なった。

## 実験方法

酵母の増殖度の測定は、30°C、24 h前培養した *Saccharomyces cerevisiae* 醗研1号株の酵母懸濁液を糖蜜培地に加え、30°Cで65 h培養し、数時間毎に試料採取し、コロニー計数法によって行なった。醗酵試験は、A) 80°C、30分の加熱法、B)  $3.0 \times 10^5$  rad、C)  $6.0 \times 10^5$  radの照射法の3種の培地について行ない、各系統あたり Table 1 に示すように4種の醗を調製した。醗酵は30~32°Cの恒温室で静置法で行ない、1日に2回フラスコの攪拌を行なった。

## 実験結果および考察

稀釈糖蜜液の線量に対する好気性菌の総菌数の変化を示したのが Fig. 1 であり、 $2.8 \times 10^5$  radで生存菌数は、無処理液の総菌数の約10%に減少する。標準菌株、*Bacillus subtilis*, IAM1069のendosporeの生存率曲線は総菌数のそれに一致した。糖蜜のマイクロフローラは、*B. subtilis*が主要部分を占め、嫌気性条件で *Clostridium* がみとめられた。殺菌効果について熱処理との相関は Table 2 に示した。

酵母の増殖度は、熱処理醗と照射処理醗において差はみとめられなかった。(Fig. 2)。

醗酵過程では熱処理区と照射処理醗で顕著な差がみとめられた。硫酸添加区では、熱処理に比べて照射処理培地での醗酵開始が早くなり (Fig. 3-b)、糖蜜のみの培地では、10%以上醗酵収率が増加した。(Fig. 3-a, Fig. 4)。

また醗酵を始めてから醗酵速度 ( $\text{CO}_2$ , g/g molasses/hr) が最大になる時間を求めると、熱処理区に比べて照射区では2~10時間早くなった (Table 3, Fig. 3)。この放射線処理にともなう醗酵収率の増大理由は明らかではない。しかし全糖濃度と直接還元糖濃度が照射処理により変化しない (Fig. 5) ことを考えると、糖蜜に含まれる蛋白質あるいはアミノ酸などの有機態窒素が放射線により分解などの変化をうけ、酵母に利用されやすい形態をとるようになったのではないかと推論される。また全糖濃度が変わらなくても、糖成分の構成に変化が生じたかもしれないし、生育促進因子的なものの生成も考えられる。醗酵生産物のアルコールの醗からの蒸溜過程において、加熱にともなう泡立ちが照射区では非照射区のものより極端に

\* Agr. Biol. Chem., 33(4), 473~479 (1969).

食品照射, 3(1), 116~122 (1968).

低い現象がみられ、醗酵途中でも泡立ちが少なかった。このように照射醗で泡立ちが低下したことは、照射処理により醗中の界面活性をもつ高分子物質が変成をうけていることを意味する。



## Alcohol Fermentation Using Gamma-irradiated Cane Molasses\*

Hiroshi IIZUKA\*\*, Sadami SHIBABE and Hitoshi ITO

(\*\* Institute of Applied Microbiology, University of Tokyo)

## Abstract

The growth of Saccharomyces cerevisiae and ethanol production by the yeast in  $\gamma$ -irradiated media was investigated in comparison with those in the heat-treated ones. The growth of the yeast in aerobic conditions was almost the same in both the irradiated and the heat-treated mashes consisting mainly of cane molasses. No inhibition to the growth of yeast was found by irradiation.

For fermentation process, the improving effect of the irradiated mashes on the ethanol production was found. After 24 hrs. of fermentation, the quantity of the produced ethanol in the irradiated mash added with ammonium sulfate was three times as high as compared with that in the heated. At the end of fermentation, the difference was about three percent in fermentation yield. In the absence of nitrogen sources, however, a 14% difference was observed between the mash irradiated with 300 krad and the mash treated at 80°C for 30 min.

With the doses ranging from 100 to 950 krad, no significant effects were found with regard to the concentrations of total and direct reducing sugars, and optical density of molasses.

Percent survivals of microbes in molasses decreased to about 70% by heating, to about 10% by irradiation with 300 krad and to about 1% by 600 krad.

Gamma-irradiation was found to bring about an increase in the fermentation rate and yield of ethanol as well as to have excellent pasteurization effect on the fermentation media.

\* Agr. Biol. Chem., 33 (4), 473 ~ 479 (1969).

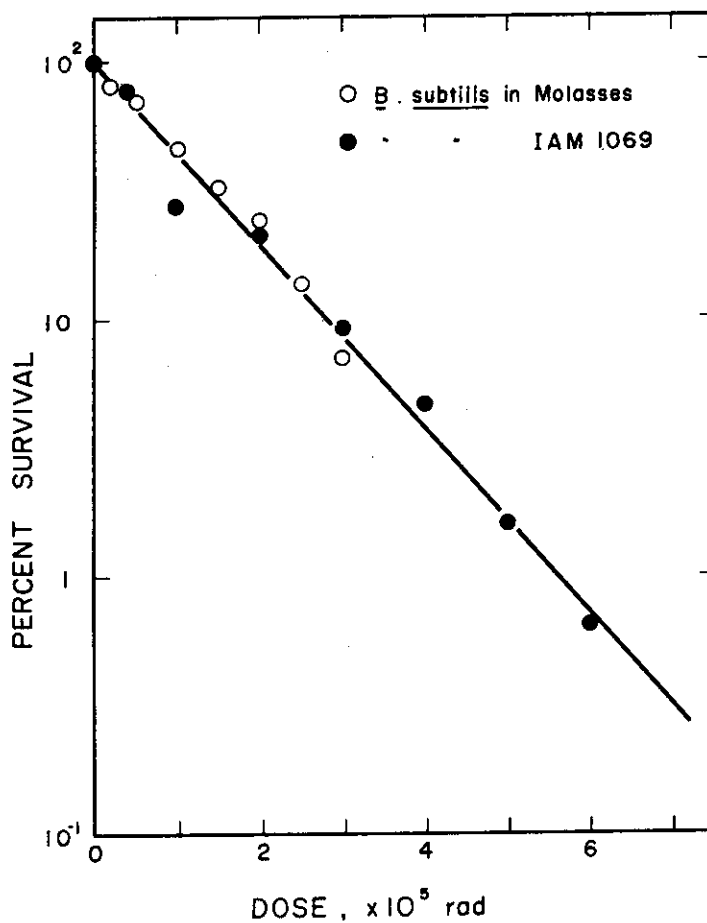


Fig. 1. Survival of microorganisms in Molasses Mash vs. dose.  
 ○ Total survivors detected on nutrient agar.  
 ● Endo-spore of *B. subtilis*, strain IAM 1069, detected on glutamate agar.

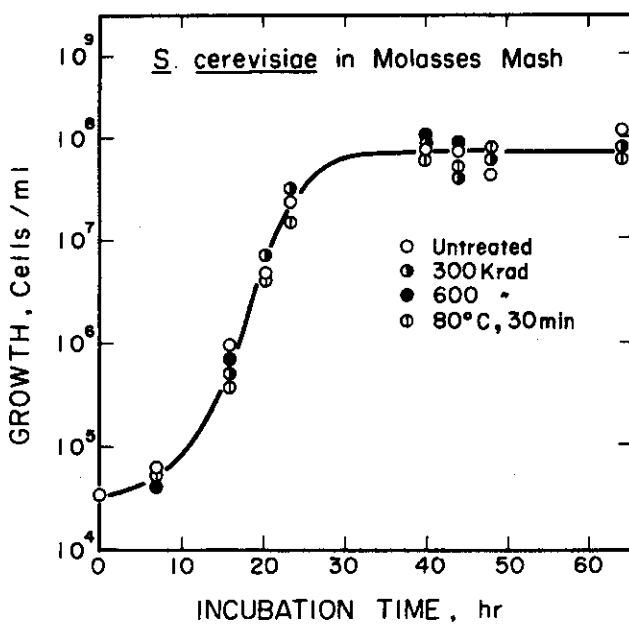


Fig. 2. Growth curves of *S. cerevisiae* in Molasses Mash.

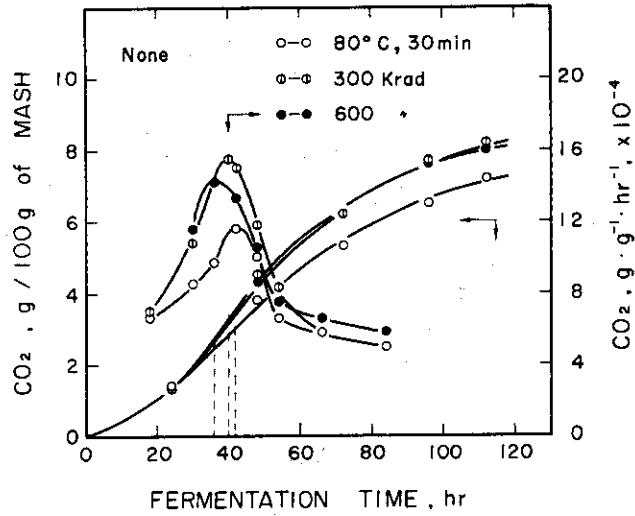


Fig. 3-a. Irradiation effect on production of CO<sub>2</sub> gas and gas production rate in ethyl alcohol fermentation in Molasses Mash (Molasses only)

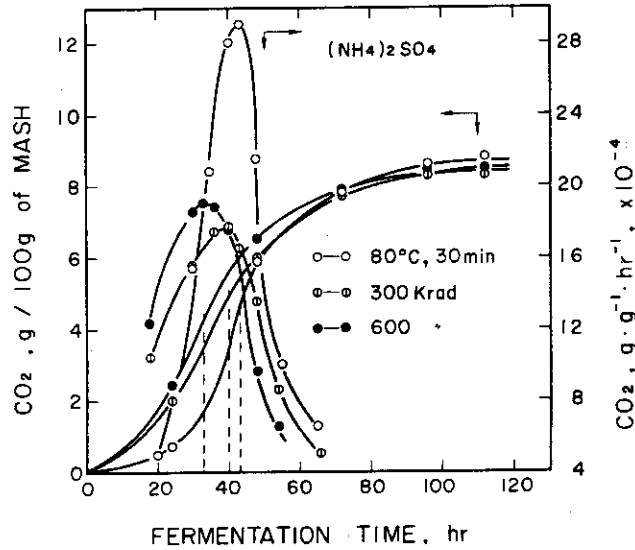


Fig. 3-b. Irradiation effect on production of CO<sub>2</sub> gas and gas production rate in ethyl alcohol fermentation in Molasses Mash (Molasses + (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

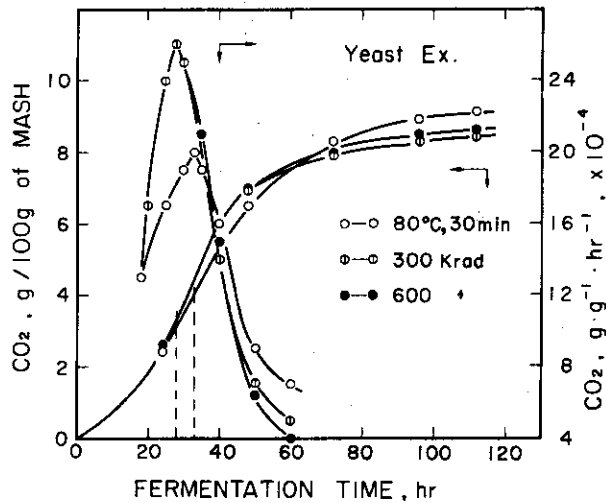


Fig. 3-c. Irradiation effect on production of CO<sub>2</sub> gas and gas production rate in ethyl alcohol fermentation in Molasses Mash (Molasses + yeast ext.).

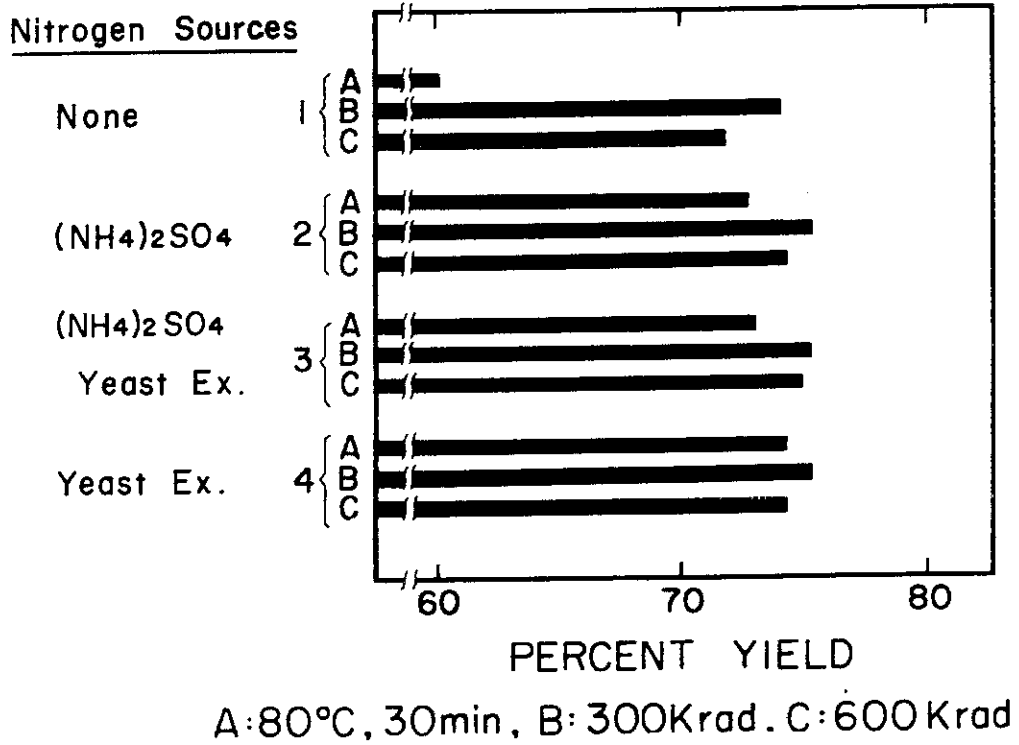


Fig. 4. Comparison of fermentation yield in Molasses Mashers.

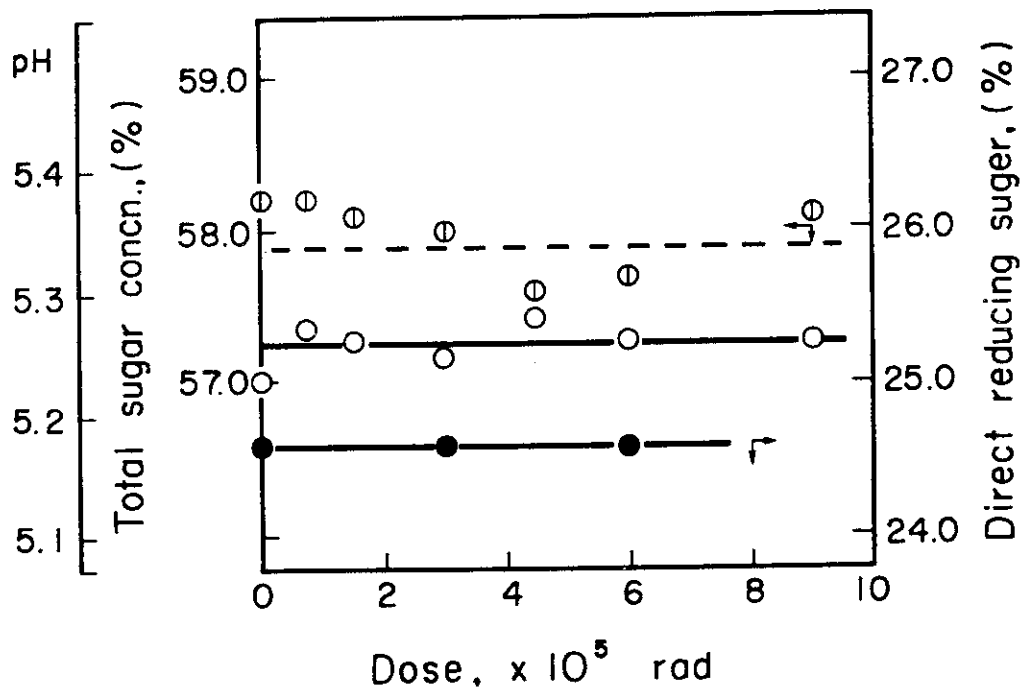


Fig. 5. Effect of  $\gamma$ -irradiation on the concentrations of total sugar, direct reducing sugar and pH in Molasses.  $\odot$  total sugar,  $\bullet$  direct reducing sugar,  $\circ$  pH.

Table 1. Composition of Mash

Mashes	Diluted molasses (31.82 wt%)	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> added	Yeast extract added	Yeast <sup>a</sup>
1	500 g	—	—	5 ml
2	500	0.476g (0.100g as N)	—	5
3	500	0.238g (0.050g as N)	0.79g (0.050g as N)	5
4	500	—	1.58g (0.100g as N)	5

a Yeast suspension (*S. cerevisiae*, strain Hakken No 1) was preincubated for 48hrs. in sucrose solution of Bx 12 in 3 litre meyerflask.

Concentration of yeast is  $5.8 \times 10^7$  cells/ml.

Table 2. Comparison of Survival Microorganisms in Molasses Mash after Irradiation and Heating Treatments

Treatment	Survivors	Survival %
No treatment	140 cells/ml	100
80°C, 30 min.	100	71
$3.0 \times 10^5$ rad	18	13
$6.0 \times 10^5$ rad	2~3	1~2

Table 3. The Time Attained to Maximum Fermentation Rate

Nitrogen source	Treatment		
	80°C, 30 min.	300 krad	600 krad
None	42 h	40	36
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	43	40	33
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + yeast extract	36	30	30
Yeast extract	33	28	28

## 1.2 その他 (Miscellaneous)

## 1.2.1 日本原子力研究所高崎研究所コバルト第2照射室のコンベア形照射装置の照射特性について

柴部禎巳, 橋 宏行, 伊藤 均, 岡田 実

## 目 的

コンベア形照射装置はその設置条件により, それぞれ固有の特性をもつものである<sup>1)</sup>。したがって, コンベア形照射装置を用いる場合に, 線源の形状および数量を変えるとき, また照射する試料の種類が異なるなどの場合には, その条件における吸収線量分布をあらかじめ測定しておかなければならない。そうしなければ, 試料に所定の線量を一定範囲内の分布で照射することができない。高崎研のコンベアはトロリー形エンドレス・コンベアであり, 照射ケースには一定の厚みがあり, またバケットの間隔があるため照射試料中に一定の吸収線量分布が生じる。これらのことを明らかにするため, このコンベア照射装置について, (1)コンベア・ライン上の順位に基因する照射ケース相互の吸収線量分布, (2)照射ケース内部の吸収線量分布, (3)コンベア速度と吸収線量との相関, (4)線源の数量と形状を変化させた場合の吸収線量の変動などについて測定した。

## 実験方法

照射装置はトロリー形エンドレス・コンベアで全長約77m, 300mm×300mm×200mmの試料ケースを懸垂できる。試料は照射室外で懸垂され, 迷路を通過して照射室内に入る。照射室内では2列の平行<sup>60</sup>Co板状線源の中央および両側を通り, 搬入搬出共用の出入口から照射室外に導き出される (Fig. 1)。<sup>60</sup>Co線源は Fig. 2 に示すような99,000 Ci と71,600 Ci の二種類の平行板状線源を使用した。コンベア・ケース内に水を充たしたポリエチレン製の袋を入れ, 水中の吸収線量を鉄線量計<sup>2)</sup>で測定した。線量測定個所の幾何学的配置を Fig. 3 に示した。

## 実験結果および考察

このコンベア装置を用いて照射する場合, まず試料の搭載をはじめ, 先頭のケースが迷路から照射室内に入った時に (Fig. 3-b のA点) 照射が始まる。この時点で照射室内のコンベア・ライン上には試料はない。連続照射時には逐次ケースが送り込まれ, 定常状態になるとライン上は試料ケースが照射室の入口から出口まで連続することになる。照射開始時の先頭の試料ケース内の吸収線量と定常期の試料ケース内のそれとの間には差異があり, 一定のコンベア速度では, 先頭のケースの吸収線量が最大で順次小さくなり, ケース順位に関係なく一定となる。先頭のケースと定常期のものとの吸収線量の比はコンベア速度に関係なく一定で, <sup>60</sup>Co 99,000 Ci のときは約20%, 71,600 Ci のとき約10%であった (Fig. 4)。この照射装置では試料が, 平行板状線源の中央と両側を通るため, 試料ケースは相互に放射線の遮蔽体または散乱体になるため, 最初に線源近傍に達する試料ケースと定常期のそれとの間には吸収線量に差が見られることになると考えられる。

ケース内部の吸収線量の分布は, 線源が一定であると, コンベア速度に関係なく一定であり

(Fig. 5), ケースの中心点の吸収線量を基準にとると, 線源側の側面で+25~45%, 試料進行方向の側面で+10~15%となる。この場合, ケース順位によりケース内部の吸収線量分布はあまり影響を受けない。また, 線源量にも測定範囲では関係しないことがわかった (Table 1)。

試料ケースの吸収線量の大部分は線源近傍をケースが通過する時のものであると仮定すると, ケースは平行板状線源の両側と中央を通過するのであるから, 板状線源側面を4回通過したのと等価であると考えられ, 線源近傍のコンベアライン上の吸収線量率を測定しておけば, 一定コンベア速度のときの全吸収線量が計算できる。実測値と上記仮定にもとづく計算値を比較したのがTable 2である。線源が一定であると実測値と計算値の比は, コンベア速度に関係なくほぼ一定であるが, この比は線源が変わると大きくずれる。この事は, コンベア照射の場合に吸収線量に関与する因子の多彩なことを示唆するものと考えられる。試料の種類および包装・塔載形態の異なる大量照射の場合, 実測による以外正確な吸収線量およびその分布を明らかにすることはできないと結論される。

#### 文 献

- 1) N. W. Holm and R. D. Jarret: "Radiation Preservation of Foods", pp. 365~381, 1965, NAC/NRC 1273, Washington D. C.
- 2) A. Danno, et al.: Isotopes and Radiation, 3, 488~495 (1960).

Absorbed Dose Distribution in Materials Irradiated  
with Trolley Type Endless Conveyer Irradiator

Sadami SHIBABE, Hiroyuki TACHIBANA, Hitoshi ITO and Minoru OKADA

Abstract

In case of mass irradiation, i.e. food irradiation, using conveyer type irradiator, absorbed dose distribution in materials depends on many factors; kinds and packing conditions of materials, conveyer speed, kinds, form and amounts of radiation sources, cave conditions in which conveyer settled, and so on. Absorbed dose distribution was measured in water as a standard material, packed in polyethylene-bag in conveyer case using Fricke's dosimeter.

On the beginning of irradiation, vacant conveyer line starts to move, then a series of conveyer cases containing samples come close to slab sources, and pass by on both sides of slabs and through between two slabs. The differences in absorbed dose between the 1st. case and the 55th case on line was about 20% with  $^{60}\text{Co}$  slab source of 99,000 Ci, and about 10% with 71,600 Ci. This differences was not related to conveyer speed. Dose distribution in each conveyer case was 30 to 40% and did not depend on the position on conveyer line, conveyer speed, nor amounts of source. Absorbed dose of the case at definite position on conveyer line had a proportional relation to conveyer speed.

Using this conveyer irradiator, the differences in absorbed dose of samples like water in conveyer cases was concluded to become almost 50%.



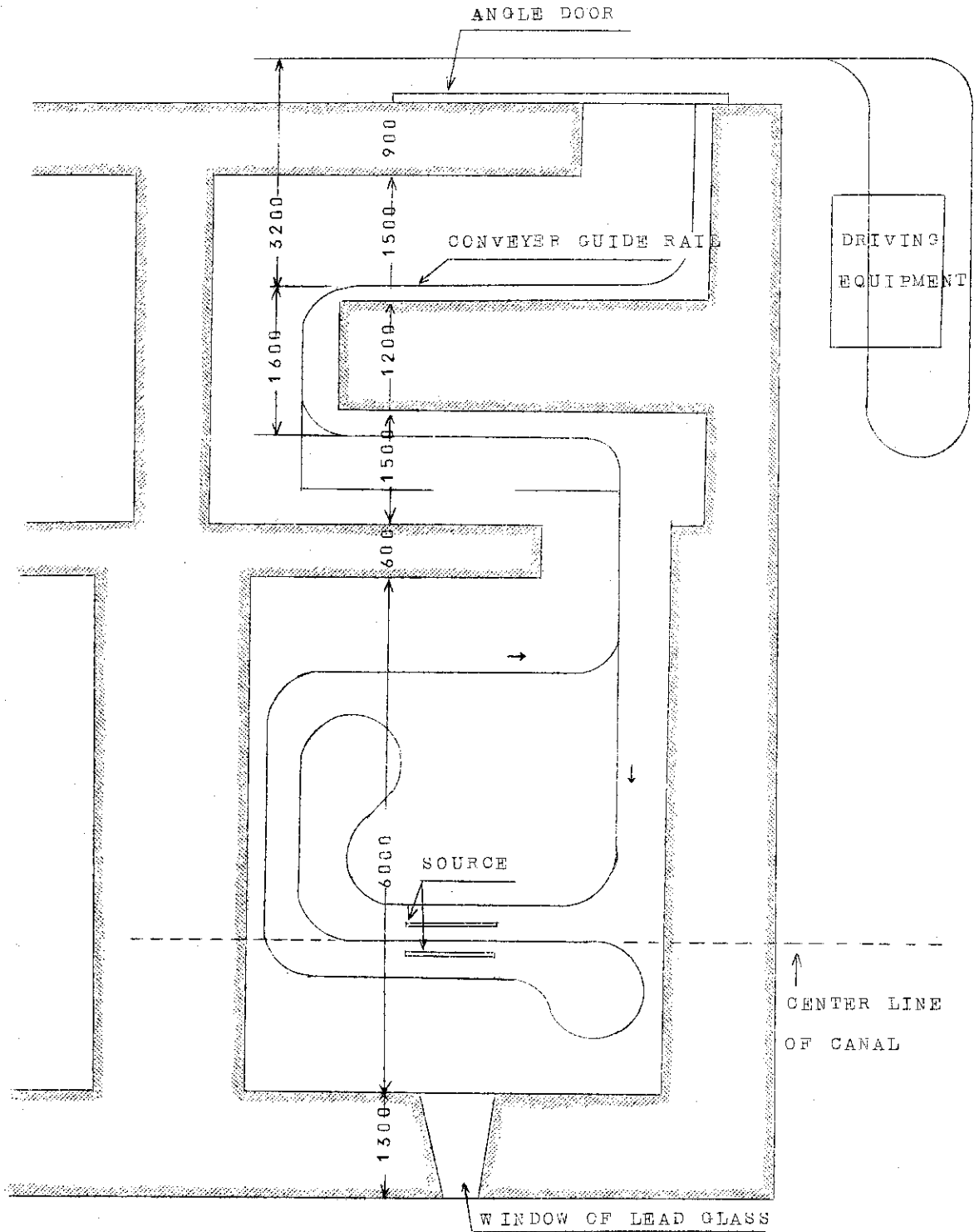


Fig. 1. Arrangement of trolley type endless conveyer irradiator in the 2nd gamma-cave of Takasaki, JAERI. (plane figure)

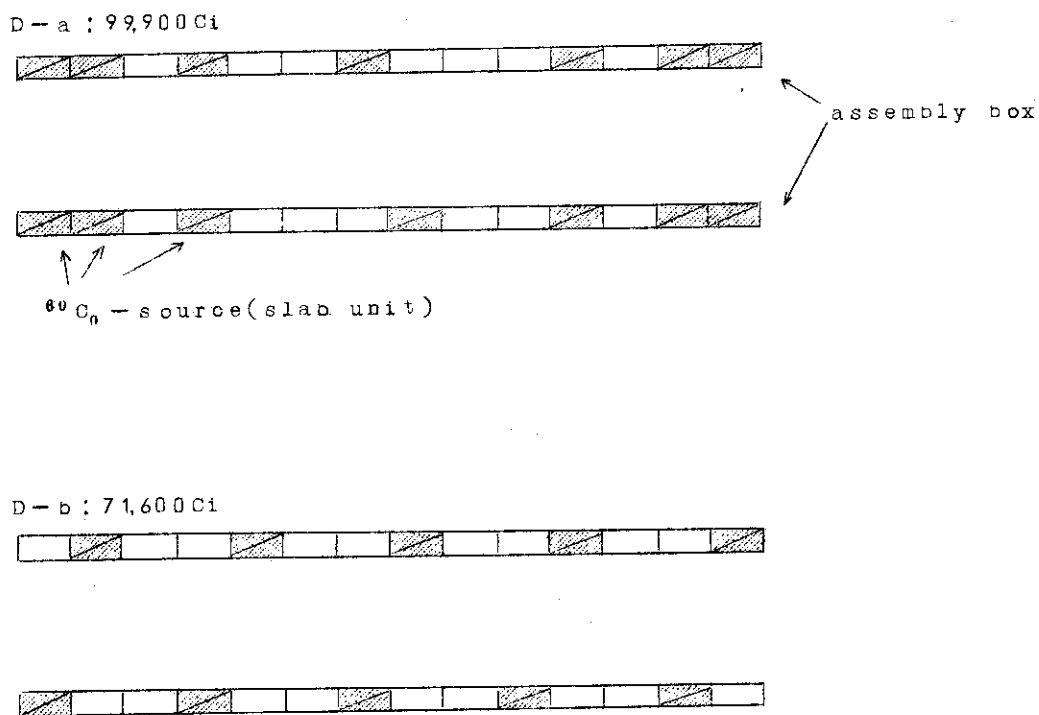
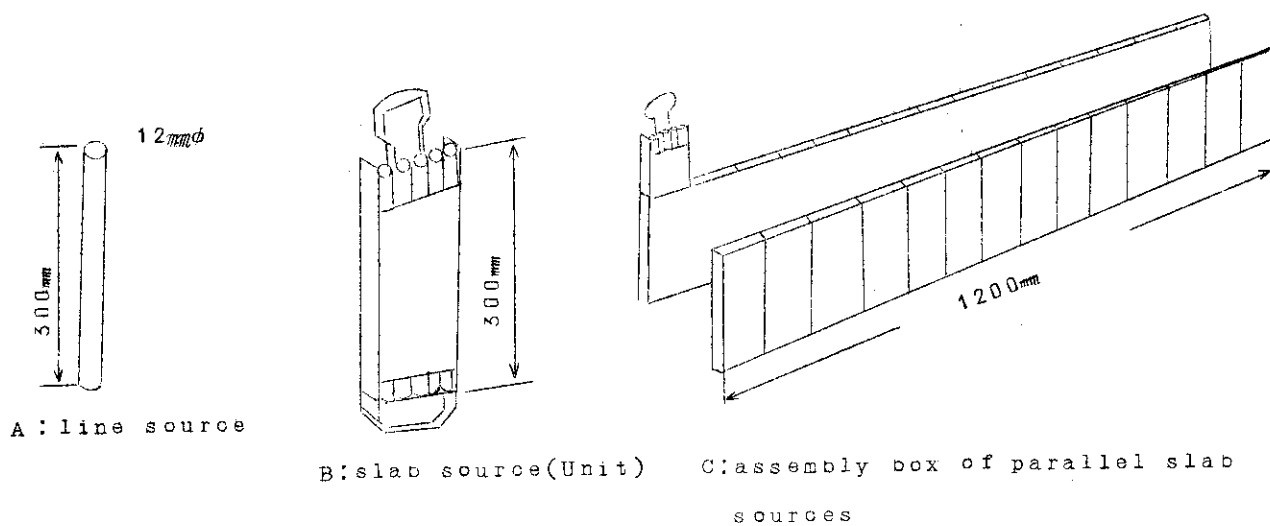


Fig. 2. Unit and slab type source of  $^{60}\text{Co}$ .

A: line source

B: slab source (unit)

C: Assembly box of parallel slab sources

D-a: in case of 99,900 Ci

D-b: in case of 71,600 Ci

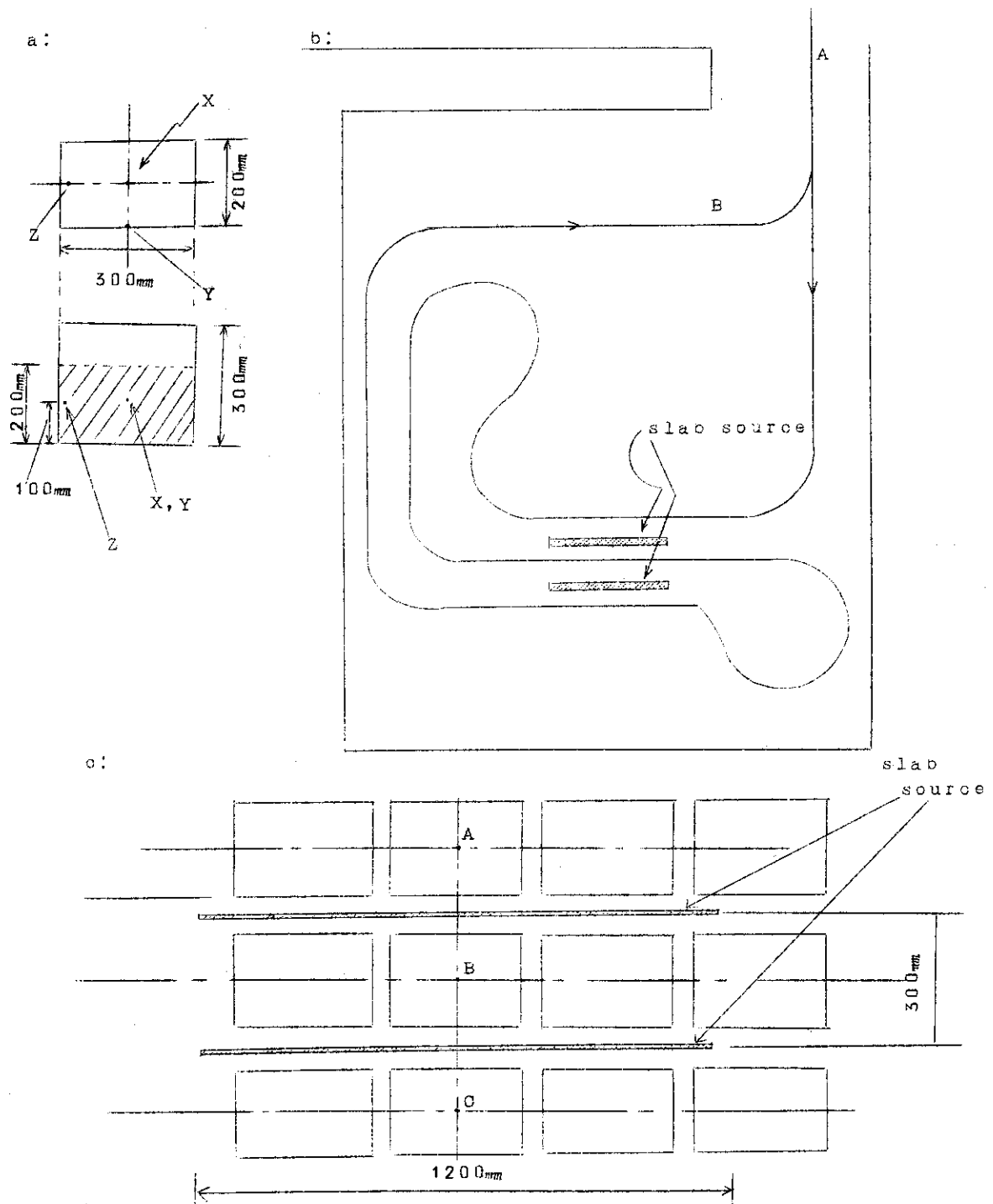


Fig. 3. Positions where absorbed doses were measured  
 a: in each of conveyer case. X, Y and Z: dosimeter  
 b: on the conveyer line.  
 c: in the case of absorbed dose rate was measured.  
 Points A, B and C correspond to X of fig. a.

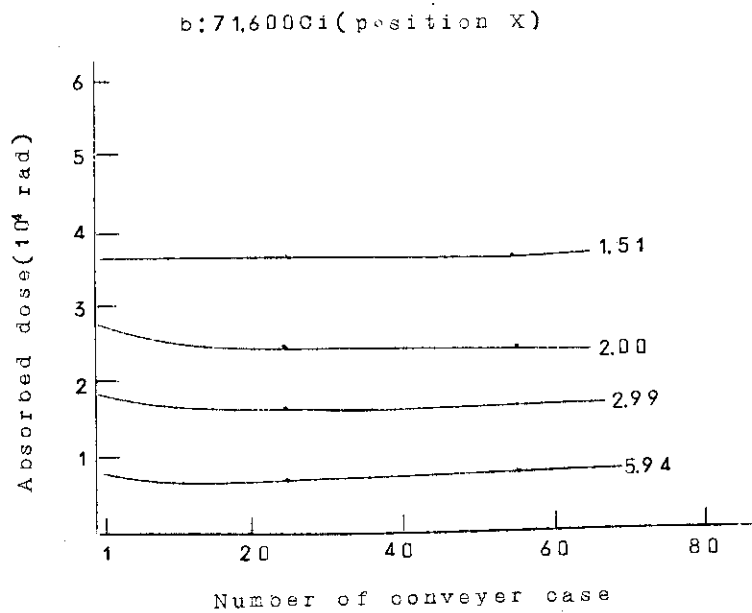
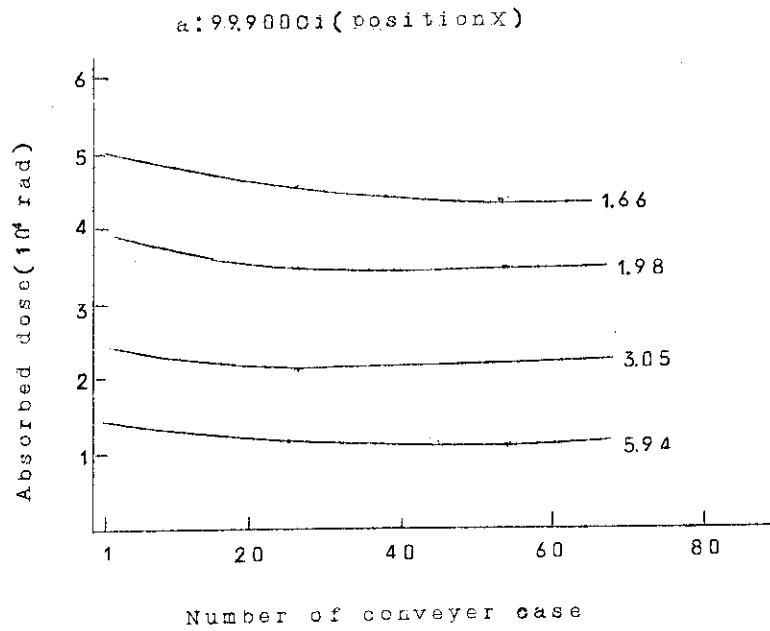


Fig. 4. Absorbed dose distribution according to the number of conveyer case on line at the beginning of irradiation. Numbers in the figure show the conveyer speed. position X, see Fig.3

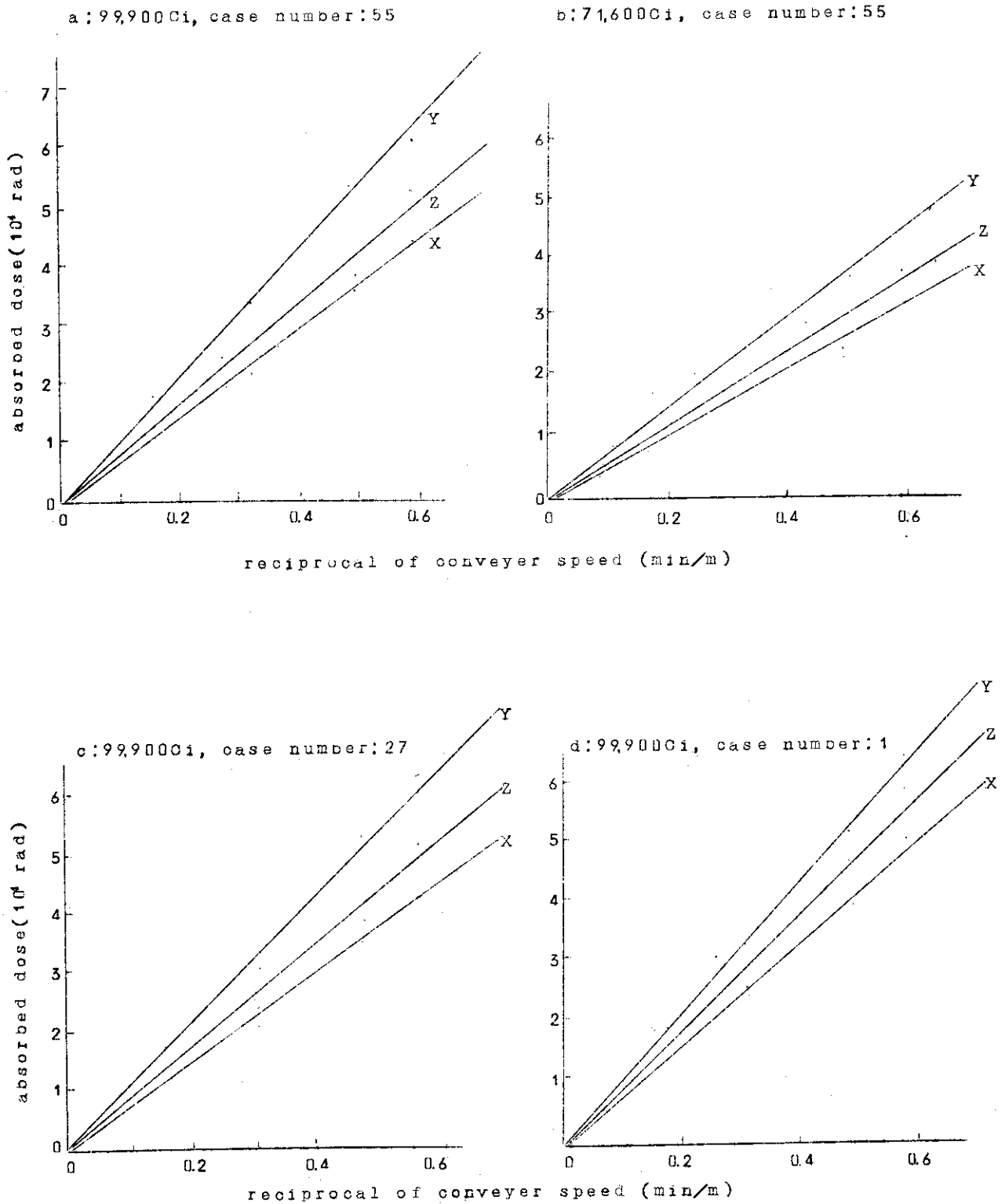


Fig. 5. Relations of absorbed dose in conveyer case to conveyer speed.

Table 1. Absorbed dose distribution in conveyer case.

Source	Case number on conveyer line	Absorbed dose ratios		
		X	Y to	Z*
99,900 Ci	55	1	1.38	1.07
	27	1	1.44	1.17
	1	1	1.24	0.90
71,600 Ci	55	1	1.48	1.14
	27	1	1.47	1.13
	1	1	1.31	1.14

\*X, Y and Z are shown in Fig. 3-a.

Table 2. Comparison of measured absorbed dose with the dose estimated using dose rate.

Source	Conveyer speed	Dose measured	Dose estimated	B/A
		(A)	(B)	
99,900 Ci	1.66 m/min	$4.33 \times 10^4$ rad	$3.92 \times 10^4$ rad	0.905
	1.98	3.47	3.29	0.948
	3.05	2.30	2.14	0.930
	5.94	1.06	1.10	1.04
71,600	1.51	3.71	2.31	0.622
	2.00	2.33	1.74	0.747
	2.99	1.71	1.16	0.678
	5.94	0.799	0.587	0.735

## 1.2.2 コンベア照射装置によって照射されたジャガイモ、タマネギの線量測定\*

田中 進

## 1. まえがき

園の食品照射に関する特定総合研究の一環として、ジャガイモ、タマネギの大量照射時における保存の研究のためにフリーカーブ型コンベア照射装置を用いて照射を行うこととなった。それでこの準備として昭和42年秋モデル実験を行なって、照射に必要な線源量、コンベアスピードを決めた。その結果にもとづき1線量区分約700kgの大量照射を行ない吸収線量を実測した。

## 2. 照射装置の諸元

## 2.1 線源

$^{60}\text{Co}$ 棒状線源	12mmφ × 300mm
平均キューリー数	1,745 Ci (昭和42年11月23日現在)
ケース (Unit plate source)	1,745 Ci × 5本

## 2.2 コンベア

型式	簿本 NU-200	フリーカーブ型
全長	約77m	
速度	0.1 ~ 5 m/min	(無段変速)
搭載物1個当りの最大重量	15kg	

Fig.1にコンベアの配置を示す。線源との近接部は、Fig.2のA-A断面図に示すとおりコンベア幅を200mm, 300mm, 400mm, の3段階に変更することができる。Fig.3に線源近接部の平面図を示す。

## 2.3 搭載箱

寸法	幅 (200mm)	高さ (300mm)	長さ (300mm)
材質	アルミニウム, 0.8mm t		

## 3. 照射方法

## 3.1 照射条件

## (1) 照射試料が受ける線量区分

ジャガイモ	60 krad,	30 krad,	15 krad,	7 krad,
タマネギ	30 krad,	15 krad,	7 krad,	3 krad,

(線量の一様性 2.0以下)

## (2) コンベア最高速度

コンベア速度は、搭載箱の積み込み、積みおろしのできる速度として実測した結果3.5 m/min以下となった。

## 3.2 照射方法

## (1) コンベア幅の決定

コンベア幅300mmで線源6ケース(42,190 Ci)を使用してジャガイモ、タマネギに

ついて搭載箱 11 ケースで移動照射を行ないモデル実験をした。その結果、線量の一様性は、ジャガイモ=2.0, タマネギ=1.9 となり、線量の区分が分別しにくいことが判明した。そこでコンベア幅を 400 mm とし、同様にして、ジャガイモを用いて実測した結果、線量の一様性は 1.4 となり十分に条件を満足したためコンベア幅を 400 mm に決定した。

(2) コンベア速度の決定

コンベア速度を決定するために、線源 6 ケース (42,190 Ci), 8 ケース (56,250 Ci) を使用し、搭載箱 11 ケースで 1 m/min の速度で移動照射のモデル実験を行ない吸収線量を実測した結果、平均  $2.14 \times 10^4$  rad,  $2.86 \times 10^4$  rad の値を得た。線源量と吸収線量とはほぼ正比例関係があるので、コンベアスピード、線源量を必要線量に応じて Table 1 のとおり決定した。線源の配列のしかたは Fig. 4 に示すとおりである。

4. 照射実験

4.1 測定法

(1) 線量計

線量計として小原光学硝子製造所製のコバルトガラス線量計を使用した。性能は Table 2 に示すとおりである。

(2) 検量線

コバルトガラス線量計の検量線の作成は  $^{60}\text{Co}$  板状線源約 10 万 Ci を使用して鉄線量計 (窒素飽和) によって測定した値をもとに行なった。透過率の測定は測定器として日立分光光度計 E P U - 2 A 型を用いて、350 mμ の波長で測定した。

DC 315 の検量率は  $3.14 \times 10^4 \sim 9.55 \times 10^5$  R/hr の範囲で線量  $3.4 \times 10^3 \sim 1.9 \times 10^5$  R の照射量をもって行い誤差 4.7% で次の計算式を得た。

$$RA = 1.4686 \times 10^4 \Delta\alpha^{1.0274} \quad (1)$$

RA : 放射線量 (R)

$\Delta\alpha$  : 吸収係数の差

DC 350 の検量線は線量率  $2.25 \times 10^3 \sim 1.89 \times 10^4$  R/hr の範囲で  $2.25 \times 10^3 \sim 1.89 \times 10^4$  R の照射量をもって行ない、誤差 8.9% で次の計算式を得た。

$$RA = 2.1887 \times 10^4 \Delta\alpha^{0.93687} \quad (2)$$

(3) 吸収線量の換算

コバルトガラス線量計によって得られた測定値は照射線量であるためジャガイモ、タマネギについて吸収線量への変換が必要となる。

一般に空気と被照射体の物質がおもにコンプトン効果でエネルギーを吸収するような放射線に関して次式が成立する。

$$DM = 0.877 RA \frac{(Z/A)_M}{(Z/A)_A} = f RA \text{ rad} \quad (3)$$

DM : 被照射体の吸収線量 (rad)

RA : 照射線量 (R)

$(Z/A)_A$  : 空気の  $(Z/A)$  (0.499)



$(Z/A)_M$  : 被照射体の  $(Z/A)$

$f$  : コンプトン領域の放射線のレントゲン単位から [rad] への換算係数

換算係数は日本食品標準成分表 (科学技術庁資源調査会編三訂) を用い、ジャガイモ、タマネギについてそれぞれ次の値を得た。

ジャガイモの換算係数  $f_0 = 0.978$

タマネギの換算係数  $f_0 = 0.977$

#### (4) 測定位置

搭載箱内に Fig.5 に示すとおり、A点、B点、C点の三点の測定位置を決めて測定を行った。A点、C点は、搭載箱における最大吸収線量点、最小吸収線量点である。

搭載箱の総数は各線量に対してジャガイモで約100ケース、タマネギで約120ケースである。これらに対してジャガイモは照射開始部から数えて1, 25, 50, 100番目の搭載箱を選定して測定を行った。タマネギについてはジャガイモの結果を検討し、最大吸収線量、最小吸収線量の判明する1, 100 (50) 番目のA点、C点についてのみ測定を行なった。

#### 4.2 照射

搭載箱内の高さ20~25cmまでジャガイモ (7~8kg)、タマネギ (5~6kg) を投入し、コンベアのハンガーにつるす。Fig.1 に示した「START」点まで1番目の搭載箱を進め、線源を照射位置に上昇させ停止した後、コンベアを駆動し照射開始を行なった。終了は最後部の搭載箱が Fig.1 に示した「END」点に到達した時、線源を下降させて行った。

#### 4.3 測定結果

ジャガイモ、タマネギの吸収線量の測定結果を Table 3, Table 4 に示す。各所要線量に対する吸収線量の範囲を Fig.6 に示す。

#### 5. 結論

実測値に示すとおりジャガイモ1.6以下、玉ねぎ1.5以下の放射線の一様性をもって各所要線量の照射が行なわれ、設定した照射条件で十分目的が達成しうることが明らかとなった。

なお、測定値のバラツキは線量計の測定精度の問題もあるが、搭載箱内のジャガイモ、タマネギの充填状態の不均一による影響が含まれていることが推定できる。

Radiation Dosimetry in Potatoes and Onions Irradiated  
by a Conveyer Type Irradiator\*

Susumu TANAKA

Abstract

This report presents the experimental data about the dosage in potatoes and onions irradiated by the free curve type conveyer irradiator of Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment, JAERI. Potatoes and onions were put into the aluminium boxes (200mm W × 300mm H × 300mm L), and irradiated with Co-60 plate source (13.9, 5.6, 4.2 and 1.4 kCi) set at about 90mm distance from box. Conveyer speeds were regulated as the maximum doses were  $6.0 \times 10^4$ ,  $3.0 \times 10^4$ ,  $1.5 \times 10^4$ ,  $7.0 \times 10^3$  and  $3.0 \times 10^3$  rad, respectively. Dose of potatoes and onions were measured by the cobalt glass dosimeter. As the results, dose uniformity in the box was found less than 1.6 in potatoes and less than 1.5 in onions.

\* Original Report

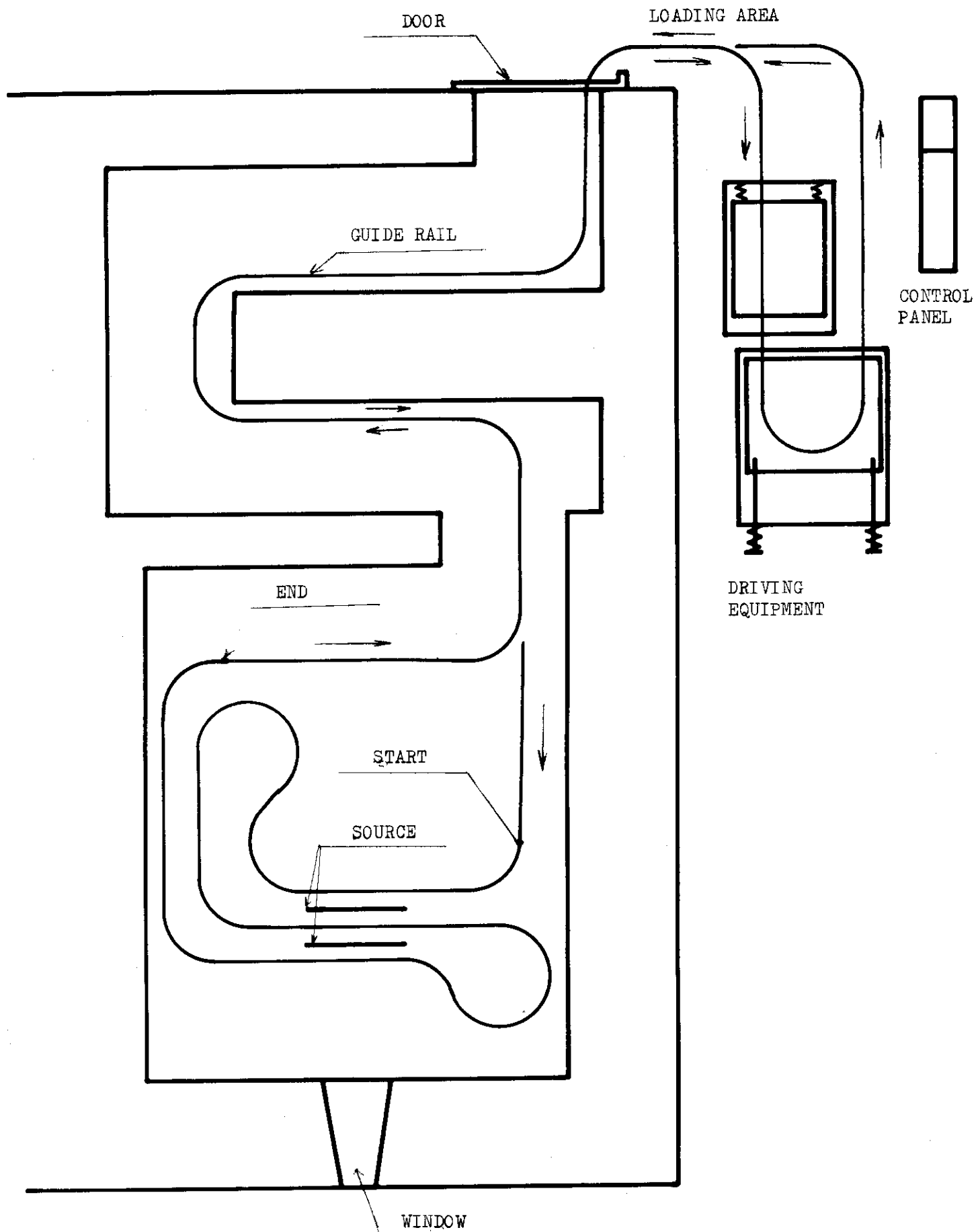


Fig. 1 Conveyor type irradiator

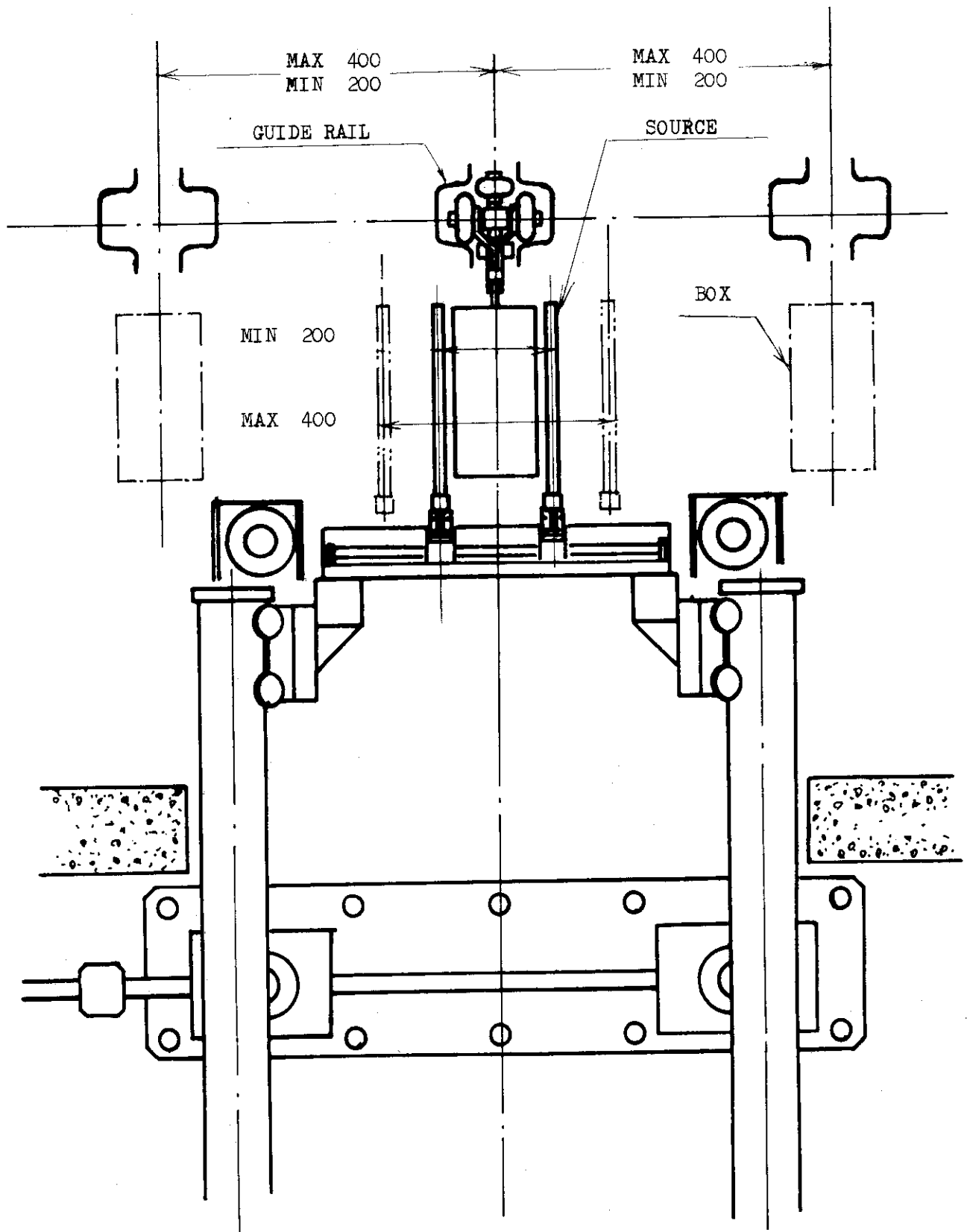


Fig. 2 A-A Section

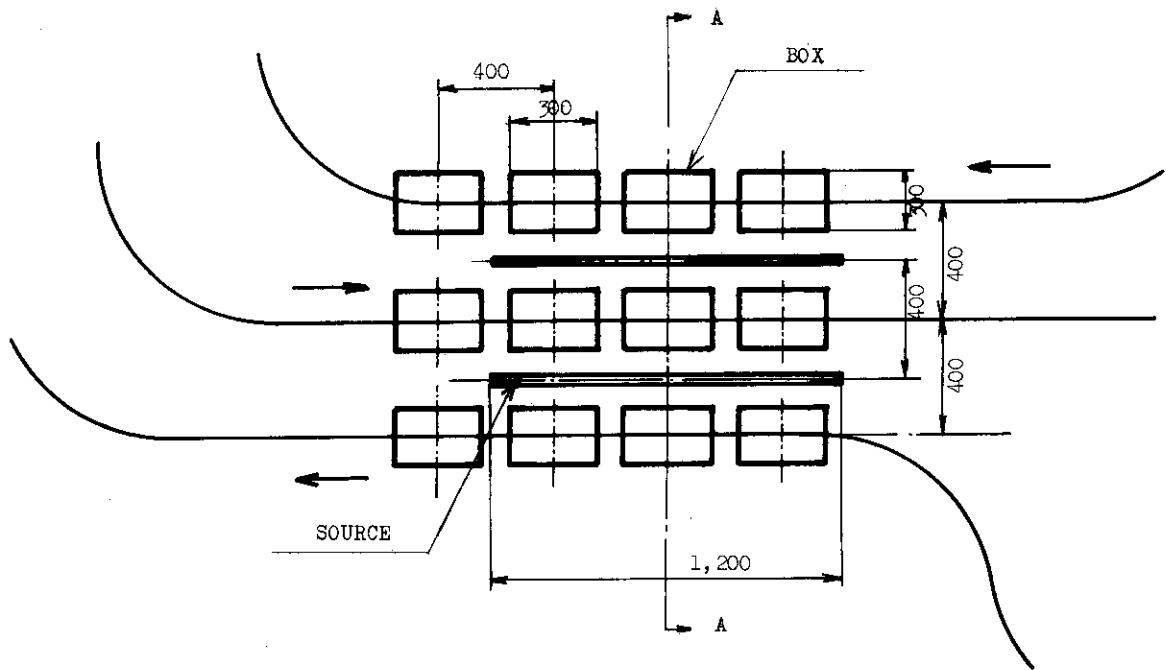


Fig. 3 Source and Box

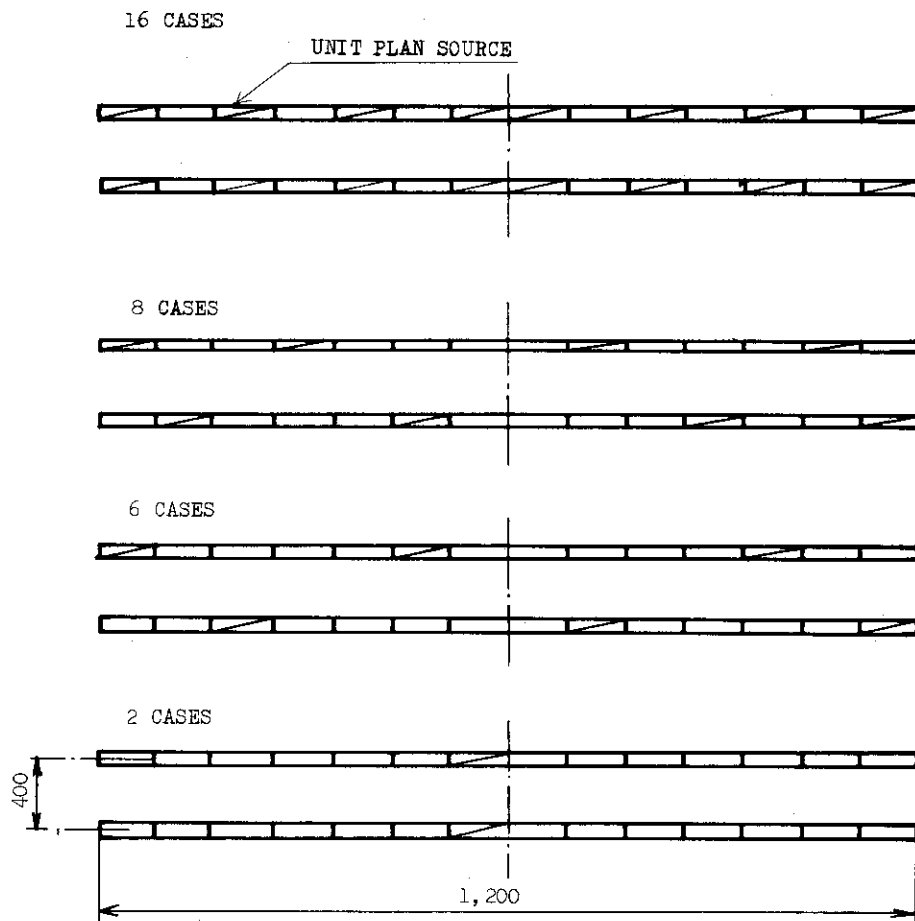


Fig. 4 Arrangement of source

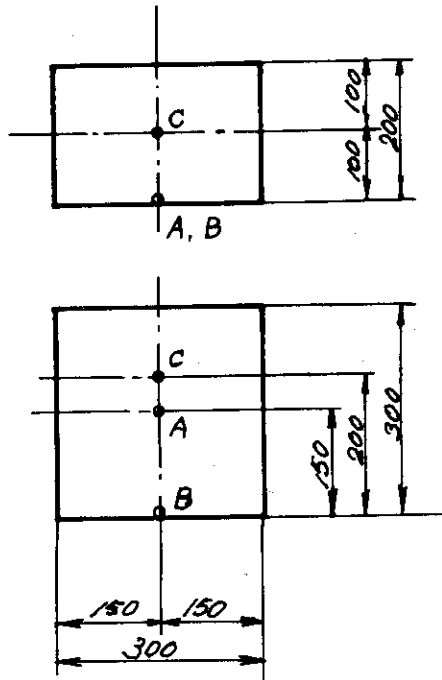


Fig. 5 Positions of measurement point

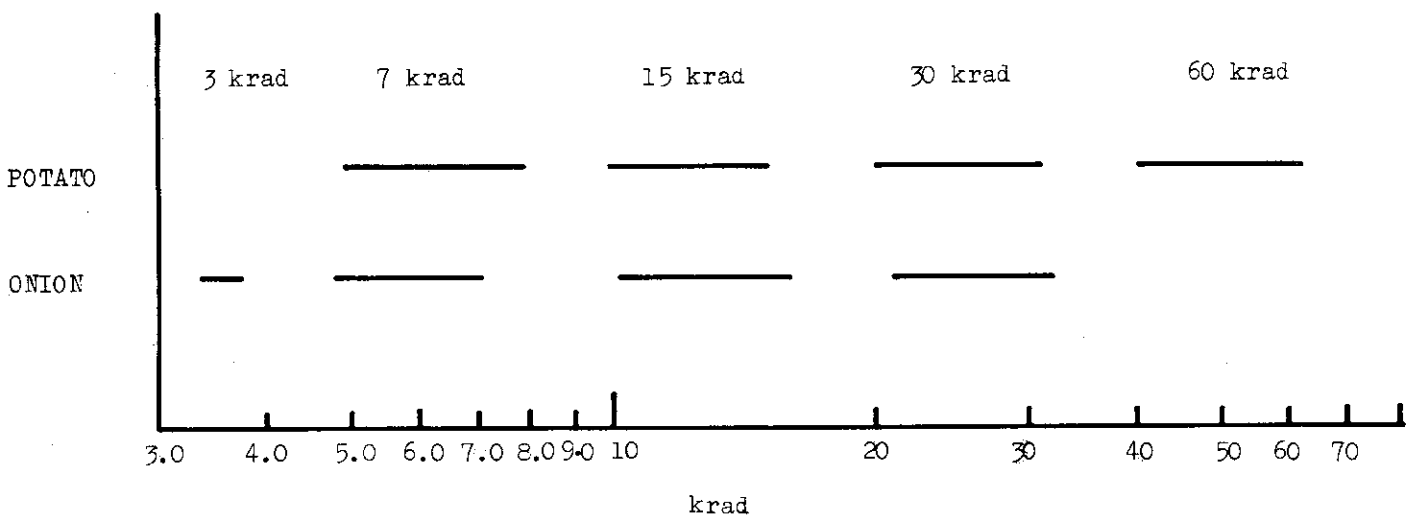


Fig. 6 Absorbed dose of potatoes and onions

Table 1. Total Source Strength and Conveyer Speed

Dose (rad)	Source		Conveyer Speed(m/min)
	Total source strength (Ci)	Total NO.of unit plate source	
$6.0 \times 10^4$	139,600	16	1.0
$3.0 \times 10^4$	139,600	16	2.0
$1.5 \times 10^4$	56,250	8	1.9
$7.0 \times 10^3$	42,190	6	3.0
$3.0 \times 10^3$	14,060	2	3.0

Table 2. Specification of Cobalt Glass Dosimeter

Model	Length $\times$ Wide	Thickness	Sensitivity
DC350	45 mm $\times$ 13.5 mm	5.0 mm	$1 \times 10^3 \sim 2 \times 10^5$ R
DC315	45 mm $\times$ 13.5 mm	1.5 mm	$1 \times 10^4 \sim 2 \times 10^6$ R

Table 3. Absorbed Dose of Potatoes

Theoretical dose (rad)	Box number	Position of measurement point			Uniformity $\left(\frac{D_{max}}{D_{min}}\right)$	Average absorbed dose (rad)
		A (rad)	B (rad)	C (rad)		
$6.0 \times 10^4$	1	$6.2 \times 10^4$	$4.7 \times 10^4$	$4.4 \times 10^4$		
	25	$6.0 \times 10^4$	$4.4 \times 10^4$	$4.4 \times 10^4$	1.6	$5.1 \times 10^4$
	50	$6.0 \times 10^4$	$4.6 \times 10^4$	$4.4 \times 10^4$		
	100	$5.9 \times 10^4$	$4.6 \times 10^4$	$4.0 \times 10^4$		
$3.0 \times 10^4$	1	$3.1 \times 10^4$	$2.4 \times 10^4$	$2.3 \times 10^4$		
	25	$3.0 \times 10^4$	$2.2 \times 10^4$	$2.3 \times 10^4$	1.6	$2.6 \times 10^4$
	50	$3.0 \times 10^4$	$2.2 \times 10^4$	$2.0 \times 10^4$		
	100	$3.0 \times 10^4$	—	$2.1 \times 10^4$		
$1.5 \times 10^4$	1	$1.5 \times 10^4$	$1.2 \times 10^4$	$1.1 \times 10^4$		
	25	$1.5 \times 10^4$	$1.1 \times 10^4$	$1.0 \times 10^4$	1.5	$1.3 \times 10^4$
	50	$1.5 \times 10^4$	$1.1 \times 10^4$	$1.1 \times 10^4$		
	100	$1.6 \times 10^4$	$1.1 \times 10^4$	$9.9 \times 10^3$		
$7.0 \times 10^3$	1	$7.9 \times 10^3$	$6.0 \times 10^3$	$6.3 \times 10^3$		
	25	$7.2 \times 10^3$	$5.6 \times 10^3$	$4.9 \times 10^3$	1.6	$6.4 \times 10^3$
	50	$6.8 \times 10^3$	$5.0 \times 10^3$	$4.9 \times 10^3$		
	100	$6.9 \times 10^3$	$5.5 \times 10^3$	—		

Used cobalt glass dosimeter Type DC 315



Table 4. Absorbed Dose of Onions

Theoretical dose(rad)	Box Number	Position of measurement point			Uniformity ( $\frac{D_{max}}{D_{min}}$ )	Average absorbed dose (rad)
		A (rad)	B (rad)	C (rad)		
$3.0 \times 10^4$	1	$3.2 \times 10^4$	—	$2.3 \times 10^4$	1.5	$2.7 \times 10^4$
	100	$3.0 \times 10^4$	—	$2.1 \times 10^4$		
$1.5 \times 10^4$	1	$1.6 \times 10^4$	—	$1.1 \times 10^4$	1.5	$1.4 \times 10^4$
	25	$1.5 \times 10^4$	—	$1.1 \times 10^4$		
$7.0 \times 10^8$	1	$7.0 \times 10^8$	—	$5.4 \times 10^8$	1.5	$5.9 \times 10^8$
	100	$7.0 \times 10^8$	—	$4.8 \times 10^8$		
$3.0 \times 10^8$	1	$\otimes 3.7 \times 10^8$	—	—	1.1	$3.6 \times 10^8$
		$3.7 \times 10^8$	—	$3.4 \times 10^8$		

Used cobalt glass dosimeter Type DC315

$\otimes$  Used cobalt glass dosimeter Type DC350

## 2. 食品照射開発試験室設立以降の研究成果（昭和45年度以降）

### 2.1 特定総合研究指定品目について

#### 2.1.1 農産物

##### (1) 発芽防止

#### 1) 大型コンテナに詰めたジャガイモに $\gamma$ 線を照射した場合の吸収線量分布\*

久米民和，橋 宏行，青木章平，佐藤友太郎，

#### 目的

ジャガイモの発芽を防止して貯蔵期間の延長をはかることを目的として，15,000 radまでの $^{60}\text{Co}-\gamma$ 線をジャガイモに照射することが許可され，現在大型コンテナを用いたジャガイモ照射装置の建設が進行中である。ジャガイモ照射の実用化に際しては，発芽防止に必要な最小線量と許可線量の範囲内で照射することが必要であり，大型コンテナを用いて照射するには，この許容範囲内で照射することが可能かどうか検討しなければならない。そこで実際にジャガイモをコンテナに詰めた場合の線量分布を鉄線量計で測定した。

#### 実験方法

内法100×160×130 cmの金網製コンテナにジャガイモを詰めて（平均密度0.72 g/cm<sup>3</sup>）線源に対してFig.1に示したように置き，中心線（AB）上に10 cm間隔でコルクボーラーにて穴をあけ，鉄線量計を配置して $^{60}\text{Co}-\gamma$ 線を照射した。鉄線量計は3回精製水を用いて調製した硫酸第一鉄溶液を酸素飽和して，10×150 mm，肉厚1 mmの共栓付パイレックス試験管にとり，照射後304  $\mu$ における吸光度変化を測定し，吸収線量を求めた。<sup>1)</sup>

#### 実験結果および考察

線源からコンテナ前面までの距離を205 cmとしたときのコンテナ内の中心線上の奥行方向に対する照射1時間当りの吸収線量をFig.2に示した。また参考のために半無限の水媒質（密度0.72 g/cm<sup>3</sup>とする）に対する垂直入射の場合のGoldsteinらの式<sup>2)</sup>による計算結果を，コンテナ表面の線量を1.0として同時にFig.2に示した。この結果実測値は計算値よりもかなり低い値を示した。無限媒質中では有限媒質中の場合よりも深さが増すにしたがって散乱 $\gamma$ 線の寄与が大きくなることがこの相異の一つの原因と考えられるが，この点に関しては今後さらに検討することが必要である。

発芽防止に必要な最小線量を6,000 radとしたとき，許可線量15,000 radとの比は2.50となるので，ジャガイモの最大，最小吸収線量の比（以下 $D_{\text{max}}/D_{\text{min}}$ と表わす）は少なくとも2.50以内にしなければならない。しかしこのコンテナを反転して照射したときの中

\* 日本食品工業学会誌印刷中

心線上の  $D_{max}/D_{min}$  を計算より求めると3.00となり、線源とコンテナ間の距離が205 cm の場合には、 $D_{max}/D_{min}$  2.50 以内で照射することは不可能である。そこで線源とコンテナ間の距離を398 cmとしたときのコンテナ中心線上の奥行方向に対する線量を測定した。その結果を Fig.3 に示した。また反転照射したときの  $D_{max}/D_{min}$  を計算より求めると2.47となった。したがって線源とコンテナ間の距離を約4 m離せば  $D_{max}/D_{min}$  を2.50 以内にすることができると考えられる。しかしみかけ密度のバラツキ、設計上の誤差等を考慮すると、線源とコンテナ間の距離をさらに離さなければならないことも考えられる。また鉄線量計は食品照射分野において一般に用いられている精度の高い線量測定法であり、鉄線量計を用いて現物について実験を行なった今回の測定結果は、大型コンテナを用いたジャガイモ照射装置設計基準を検討する上での参考になると考えられる。

#### 文献

- 1) 寺川彰：線量測定講習会テキスト，東京，1960，P. 66.
- 2) J. Goldstein and J. E. Wilkins, Jr. USAEC Report, NYO-3075, (1954).

Dose Distribution in Large Container Filled with Potatoes  
by  $\gamma$ -Irradiation\*

Tamikazu KUME, Hiroyuki TACHIBANA, Shohei AOKI and Tomotaro SATO

Abstract

The commercial irradiation to inhibit the sprouting of potatoes was officially approved in August 1972, in Japan. Now the construction of an industrial radiation facility with large containers is planned to process potatoes. The absorption dose of irradiated potatoes by such facility should be in the range from minimum effective dose to maximum dose of 15 krad.

So the dose distribution in the large container (100 × 160 × 130 cm) filled with potatoes was measured with Fricke dosimeter. The dose uniformity ratios ( $D_{\max}/D_{\min}$  calculated from observed values when the container was reversed at half dose) were 3.00 and 2.47 at the distance of 205 and 398 cm from source, respectively. From these results, it seemed that the distance from source to container must be more than 4 m to achieve a dose uniformity ratio of 2.50.

\* J. Food Sci. Technol. Japan, in press.

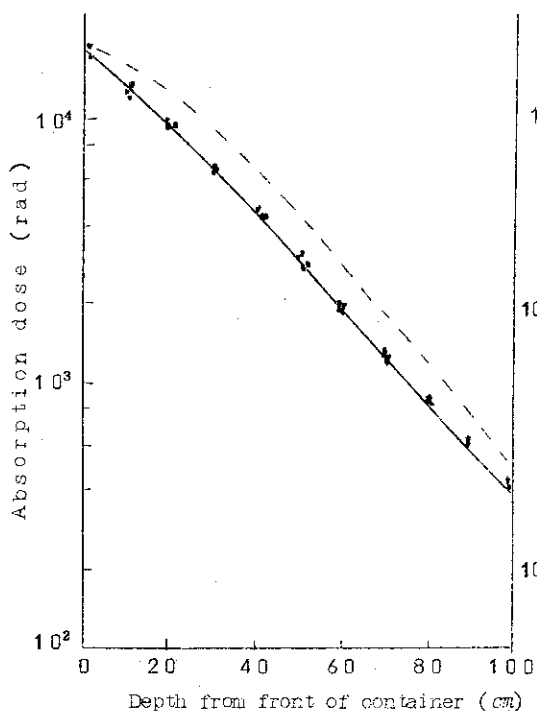
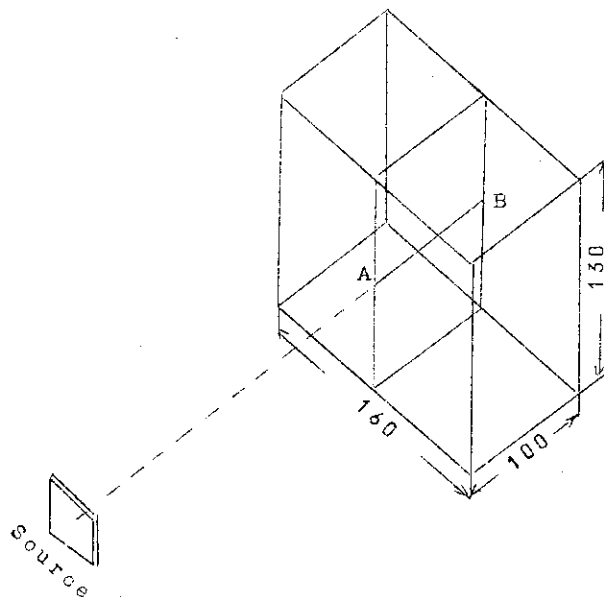
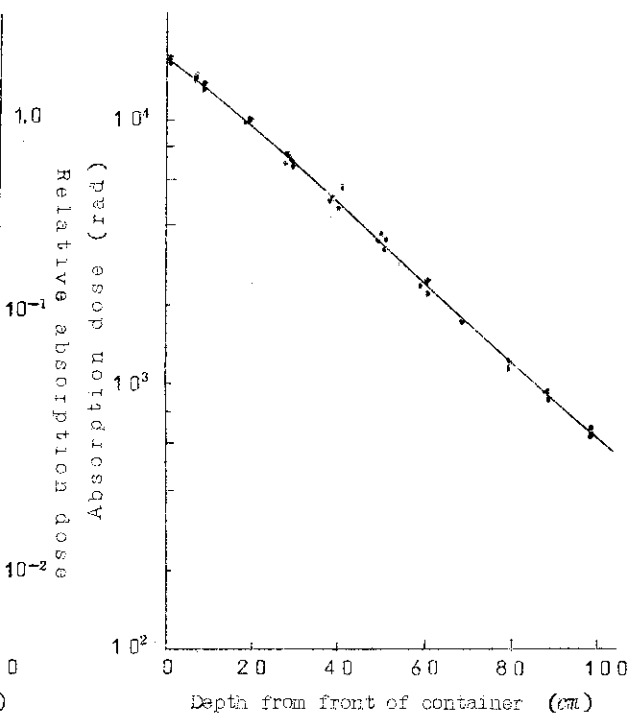


Fig. 2. Dose Distribution in Container with Potatoes (1)



Dose Distribution in Container with Potatoes (2)

## ii) 放射線によるジャガイモの発芽抑制

(第3報)\*発芽抑制線量と低温貯蔵試料の糖の消長

高野博幸\*\*, 田中芳一\*\*, 梅田圭司\*\*, 佐藤友太郎

(\*\* 農林省食品総合研究所)

## 目的

北海道産“男爵”，“農林1号”および長崎県産“島原”の放射線照射による発芽防止について、これまでに休眠期間中のもの、または発芽が0.5～1.0 cm程度のは7～15 kradで芽の生長が抑制され、収穫後8カ月間は常温での貯蔵が可能であること<sup>1)</sup>、また二次加工用原料である“農林1号”の照射試料を用いて製造したポテトチップスの官能検査のスコアは、低温貯蔵試料で製造したもののほうが常温貯蔵試料によるものよりも低く、製品の着色も進んでいること、およびこの時の生ジャガイモの還元糖含有量も低温貯蔵試料のほうが高いことを報告した。<sup>2)</sup>今回は北海道の44年産“農林1号”と45年産“メイクイーン”を用い、発芽防止効果と低温貯蔵試料の還元糖量の消長をしらべ、ポテトチップスの製造に低温貯蔵試料を用いる場合、低温貯蔵によって増加した還元糖量を常温貯蔵試料と同程度まで低下させるのに必要な期間について検討した。

## 実験方法

“農林1号”の照射には原研高崎研のコバルト60ガンマー線照射施設を用い、収穫後40日の試料について、線量率 $1 \times 10^5$  R/hr，線量0，7，15 kradを両面からの反転照射により固定照射を行なった。照射容器には巾17×26×26 cmのアルミ箱を用いた。また，“メイクイーン”の照射にはアイソトープ照射協同組合のコバルト60照射施設を用い、20 kg詰ダンボール箱のまま両側面からの同時照射によるコンベア照射を行なった。線量はコンベア速度を変えることにより0，8，16 kradとなるようにした。“農林1号”については、収穫後7カ月間の貯蔵中における重量減少率を試料50個体について、また発芽率を200個体についてそれぞれしらべた。さらに、収穫後8カ月間常温、10℃，5℃に貯蔵してから室温に移したのちの還元糖量の変化を3,5ジニトロサリチル酸法<sup>3)</sup>により測定した。いっぽう“メイクイーン”については、照射後5℃に貯蔵し、還元糖量が増加し飽和に達したのち、20℃，25℃，28℃，および常温に移し、その後の還元糖量の変化を測定した。

## 実験結果および考察

## 1) 発芽防止効果

“農林1号”を収穫40日後に照射したものの貯蔵中における重量減少率および発芽率をTable 1, 2に示した。重量減は、5℃および10℃貯蔵区では、非照射区、照射区間でほとんど差は認められなかったが、常温貯蔵区では、照射区にくらべ非照射区で明らかに高かった。また、発芽は、照射区において各貯蔵区とも収穫後180日目までは全く認められず、210日

\* 農林省食糧研究所報告，第27号，64～69 (1972)。

後においても幼葉の成長がわずかに認められる程度で、伸長は抑制されていた。すなわち、収穫後8カ月間の貯蔵を目的とし、休眠期間中に照射するならば7 kradでも十分に発芽は防止される。

## 2) 還元糖の消長

ポテトチップスの製造において、最も重要な点は、良い色の製品を作ることであるが、製品の褐変化の原因として還元糖量が関与していること<sup>4)5)</sup>、および還元糖量は低温下にジャガイモを貯蔵すると増加すること<sup>6)</sup>が知られている。“農林1号”を収穫後8カ月間低温に貯蔵したのを常温に移し、還元糖量の減少速度をしらべた結果、Fig.1に示したように、10℃貯蔵試料では約2週間、5℃貯蔵試料では2～3週間で還元糖量は最低量に達することがわかった。またFig.2に示したように、“メイクイーン”を6カ月常温貯蔵したのを5℃貯蔵を行なうと1週間ぐらいで還元糖量は2倍程度に増加する。低温貯蔵によって増加した還元糖を低温貯蔵前の含量まで低下させるには、Fig.3に示したように、2.0℃では2週間、2.5℃では10日間、2.8℃では1週間放置するとよい。これらのことから、二次加工製品であるポテトチップスの製造に低温貯蔵ジャガイモを用いる場合、製造の1週間前に2.8℃に移すことが、短期間に還元糖量を低下させる最も良い方法である。しかし、高温貯蔵室がない場合、4月以降なら常温（東京）に2週間放置することで十分目的は達せられる。

## 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) 日本化学会編: 実験化学講座, Vol.23, (丸善) (昭和34年).
- 4) O. Smith and C. O. Pavis: Potatoes(AVI), p. 558 (1968).
- 5) E. F. Hoover and P. A. Xander: Am. Potato J., 40, 17 (1963).
- 6) 緒方邦安: 園芸食品の加工と利用 (養賢堂), (1963).

Sprout Inhibition of Potatoes by Ionizing Radiation (Part 3)\*

Dose to Inhibit Sprout and the Change of Sugar Content

during the Low Temperature Storage

Hiroyuki TAKANO\*\*, Yoshiichi TANAKA\*\*, Keiji UMEDA\*\* and Tomotaro SATO

(\*\*National Food Research Institute)

Abstract

Effects of  $\gamma$ -irradiation on the sprout and the changes of sugar content during the low temperature storage of irradiated potatoes of var. "Norin-1-go" and var. "May Queen", were investigated.

Seven krad was enough to keep potatoes unsprouted for more than 8 months after harvest at room temperature. Under the low temperature storage, the reducing sugar content of potatoes was increased gradually and this high reducing sugar content caused the browning of crisps made of irradiated potatoes. The reducing sugar content was decreased and the browning of crisps was prevented provided the potatoes were kept at room temperature (April in Tokyo) for 2 weeks, or at the higher temperature such as 20°C for 2 weeks, 25°C for 10 days, or 28°C for 6 days.

\* Report of National Food Research Institute, No. 27, 64 ~ 69 (1972).



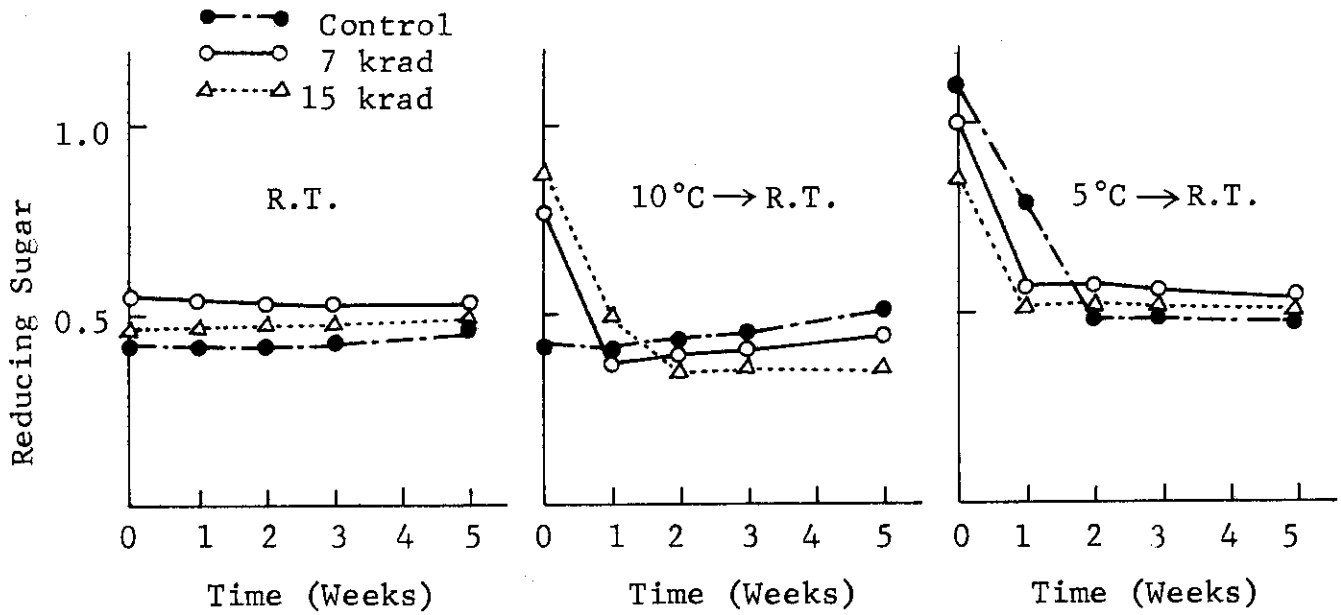


Fig. 1. Effect of Irradiation on the Changes in the Reducing Sugar Content of Potatoes at Different Temperature

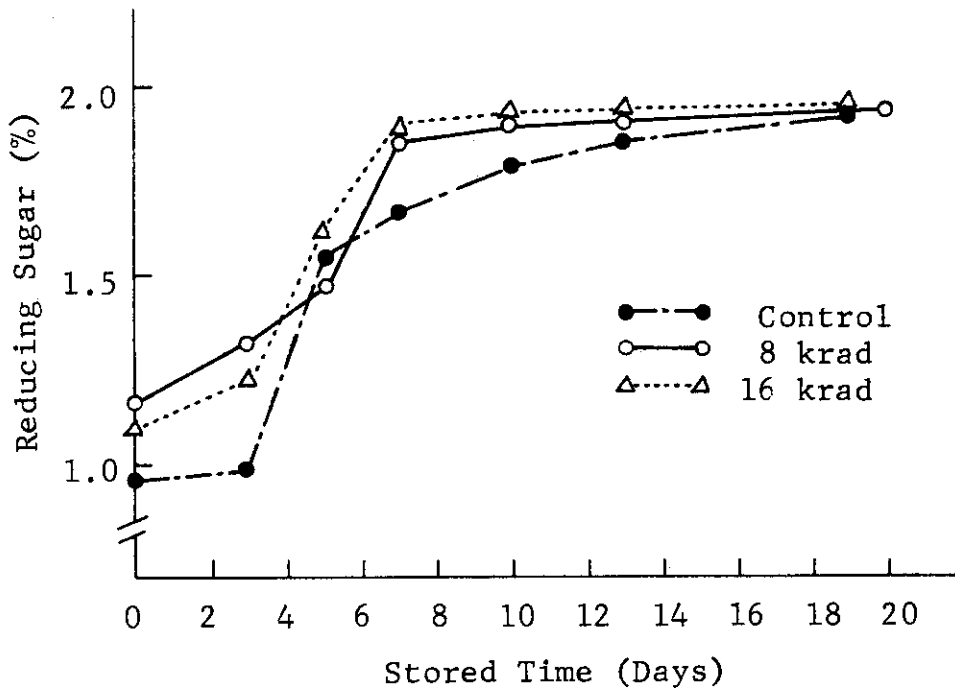


Fig. 2. Effect of Irradiation on the Reducing Sugar Content of Potatoes Stored at 5°C

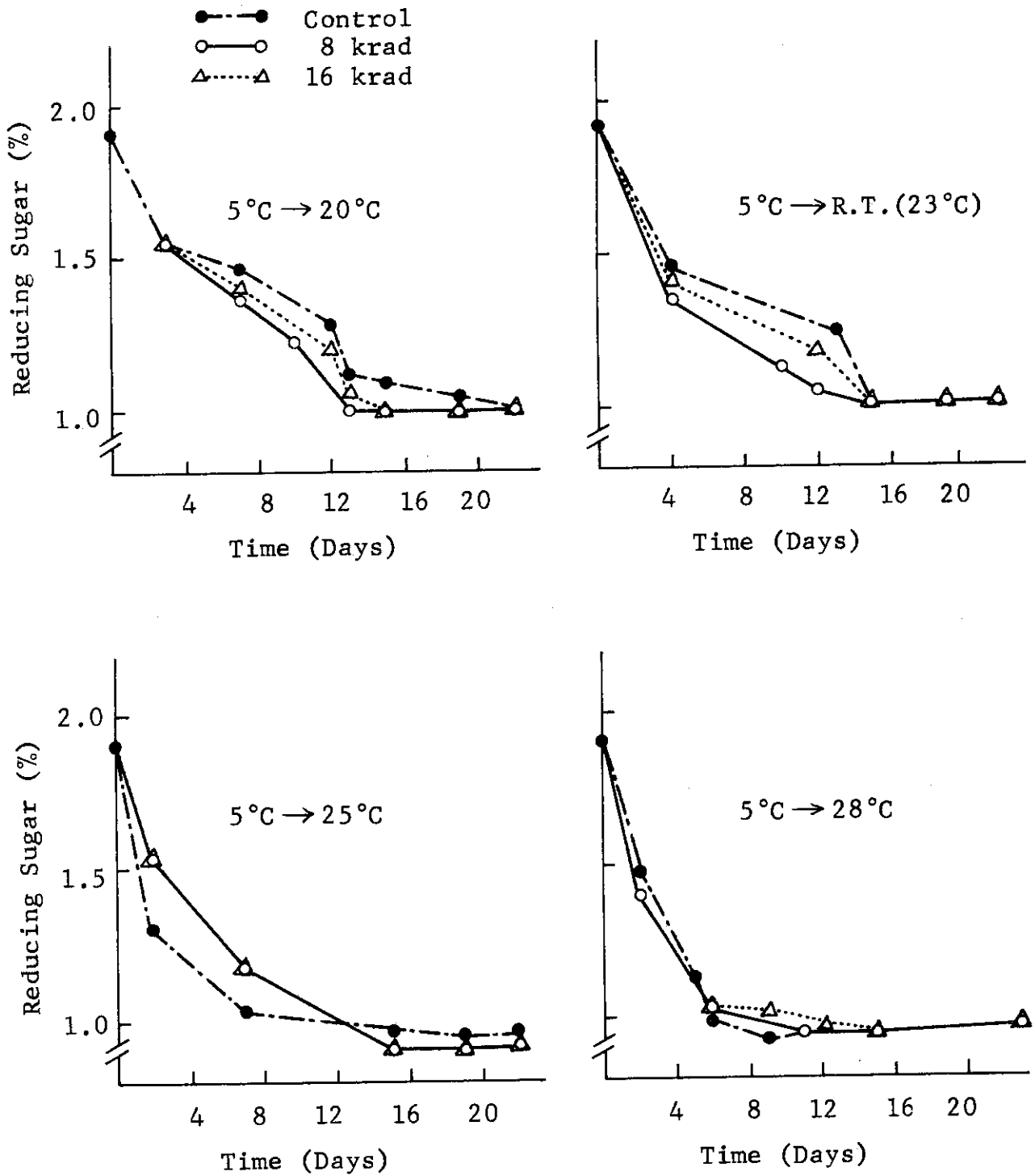


Fig. 3. Effect of Irradiation on the Changes in Reducing Sugar Content of Potatoes (May Queen) Stored at Different Temperature

Table 1. Effect of  $\gamma$ -ray irradiation on the weight loss due to shrinkage of stored potato after removed of rotted samples. Samples were irradiated after 40 days for harvest.

	days from harvest.				
	40	70	120	180	210
Stored at R.T.					
0	0	1.20	4.30	8.00	12.40
7 krad	0	1.05	3.50	6.35	7.40
15 krad	0	1.00	3.75	6.15	8.80
Stored at 10°C					
0	0	0.55	2.65	4.25	5.85
7 krad	0	0.50	1.55	3.60	4.75
15 krad	0	0.65	2.15	4.00	5.25
Stored at 5°C					
0	0	0.55	1.70	2.65	3.20
7 krad	0	0.50	1.15	1.70	2.25
15 krad	0	0.50	1.60	2.20	2.70

Table 2. Effect of  $\gamma$ -ray irradiation on the percentage of sprouted potato during storage at various temperature. Samples were irradiated after 40 days from harvest.

	days from harvest				
	40	70	120	180	210
Stored at R.T.					
0	0	100	100	100	100
7 krad	0	0	0	0	64
15 krad	0	0	0	0	48
Stored at 10°C					
0	0	96	98	100	100
7 krad	0	0	0	0	54
15 krad	0	0	0	0	36
Stored at 5°C					
0	0	68	96	100	100
7 krad	0	0	0	0	20
15 krad	0	0	0	0	10

## II) 放射線によるタマネギの発芽抑制

(第2報)\* 泉州黄の照射時期と発芽率

高野博幸\*\*, 田中芳一\*\*, 梅田圭司\*\*, 佐藤友太郎

(\*\* 農林省食品総合研究所)

## 目的

大阪府産“泉州黄”のガンマー線照射による発芽防止について、前報<sup>1)</sup>では、収穫後60日以内に照射すれば線量は7 kradで十分であること、および収穫後の貯蔵温度は5℃でも常温でも同じであることを報告した。今回は産地の違いによる発芽防止効果をしらべるため、44および45年香川県の同一地区で収穫した“泉州黄”を用いて、照射時期と照射後の貯蔵条件を変え、貯蔵中の発芽率と腐敗率とをしらべた。

## 実験方法

試料はいずれも6月収穫のものを用い、44年産については収穫34日後照射、8℃および常温に収穫後170日間貯蔵した。また45年産については収穫15日後および57日後照射、5℃および常温に収穫後224日間貯蔵した。照射は原研高崎研のコバルト60ガンマー線照射施設により行なった。照射容器には巾17×26×26cmのアルミ箱を用い、線量率は7×10<sup>4</sup> R/hr、線量は0, 7, 15 kradとし、両面からの反転照射を行なった。発芽率、腐敗率の調査には各区100~150個体を用いた。

## 実験結果および考察

貯蔵中の発芽率、腐敗率の調査結果はTable 1に示したとおりである。収穫後60日以内に照射すれば7 kradでは完全に発芽を防止することができた。腐敗率は44, 45年産ともきわめて高く、照射によって腐敗防止はできなかった。しかし、44年産の6カ月貯蔵後、45年産の8カ月貯蔵後において腐敗球および発芽球を除いた後の健全球をしらべた結果、健全球率はTable 2に示したように非照射試料より照射試料のほうがきわめて高く、照射区では7 krad区のほうが15 krad区よりも高かった。とくに7 krad照射後5℃に貯蔵した試料は、照射時期に関係なく50.5~56.4%で、最も高い健全球率を示した。

6カ月または8カ月貯蔵後の健全球を半割りにし、内部を観察したところ、常温貯蔵区の非照射試料は内芽が先端まで伸長した状態で腐敗していたのに対し、照射試料幼芽は褐変枯死していたが、他の部分の品質にはなんら影響がなかった。

“泉州黄”と異なり“札幌黄”の場合は、収穫時期が湿度の低い9月ということもあり、収穫後の予備乾燥を十分おこなうなら貯蔵中における腐敗はほとんどないので、発芽防止ということだけを考慮すればよいのに対し<sup>2)</sup>、“泉州黄”は収穫時期が雨量の多い6月ということもあり、降雨によって試料自体が土壌細菌によって汚染される可能性が高く、このため貯蔵中の腐敗が多くなる。さらに品質差もあり、“札幌黄”は肉質も締って貯蔵性が高いのに対し、“泉

\* 農林省食糧研究所報告, 第27号, 59~63 (1972).

州黄”は肉質が柔軟であるため貯蔵性に欠けるといわれている。このように両品種間には収穫時の条件もさることながら品種による相違もあり，照射によって“泉州黄”の長期貯蔵中の腐敗を完全に防止することはかなり困難のように考えられる。

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，25，24（1970）。
- 2) 未発表

Sprout Inhibition of Onions by Ionizing Radiation (Part 2)\*

Effects of Radiation Dose and Storage Condition on

the Sprout of var. "Senshuki"

Hiroyuki TAKANO\*\*; Yoshiichi TANAKA\*\*; Keiji UMEDA\*\* and Tomotaro SATO

(\*\* National Food Research Institute)

Abstract

To determine the effect of Cobalt-60 gamma irradiation on the sprout and decay ratio of onions, var. "Senshuki" harvested in June of 1969 and 1970 were irradiated at doses of 7 and 15 krad and stored for 6-8 months at various temperatures.

Almost satisfactory suppression of sprout was obtained at a dose of 7 krad when the radiation treatment was given within 60 days after harvest. Spoilage of onions during the storage was greater in the non-irradiated samples than that of irradiated.

On the samples harvested in 1969, the percentages of sound onions at the end of storage were 0, 39 and 30% for non-irradiated, 7 and 15 krad irradiated when samples were stored at room temperature, and the percentages increased to 26, 54 and 48% respectively when samples were stored at 8°C. On the samples harvested in 1970, the percentages of sound onions at the end of storage were 10.0, 29.7 and 19.7% for non-irradiated, 7 and 15 krad irradiated when samples were stored at room temperature, and the percentages increased to 15.7, 56.4 and 37.0% respectively when samples were stored at 5°C.

The results showed that sprout of "Senshuki" was inhibited at the dose of 7 krad but the decay ratio could not be controlled at this dose level.

\* Report of National Food Research Institute, No. 27, 59 ~ 63 (1972).

Table 1. Effect of  $\gamma$ -ray irradiation on the spoilage of onions during storage at different temperature

		(I) Sample in 1969 (Irradiated after 34 days from harvest)					(II) Sample A in 1970 (Irradiated after 15 days from harvest)							
		Days from harvest					Days from harvest							
		34	70	100	134	170	15	46	77	99	144	184	224	
Room temperature	Control													
	Sprout	0	0	0	3	3	0	0	0	2.3	7.0	22.7	26.3	
	Rot	0	5	25	38	97	0	0	12.3	21.7	38.3	49.7	58.0	
	7 krad													
	Sprout	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Rot	0	6	19	30	60	0	0	9.7	17.0	28.7	44.7	60.7	
	15 krad													
	Sprout	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Rot	0	7	25	35	64	0	0	19.7	34.0	49.7	62.3	73.7	
	5°C													
	Room temperature	Control												
		Sprout	0	0	0	7	11	0	0	1.0	13.3	42.3	54.3	
Rot		0	2	10	15	33	0	0	5.3	6.3	9.3	17.0	23.7	
7 krad														
Sprout		0	0	0	2	2	0	0	1.0	2.0	2.3	2.3		
Rot		0	0	14	16	33	0	0	4.0	6.7	12.7	25.0	33.0	
15 krad														
Sprout		0	0	5	5	5	0	0	1.7	5.0	6.0	6.0		
Rot		0	1	14	16	34	0	0	7.3	14.7	21.3	34.7	47.3	

J A E R I - M 5 4 5 8

Table 2. Survival rate (percentage) on the  $\gamma$ -ray irradiated onions after storage

		(III) Sample B in 1970 (Irradiated after 57 days from harvest)					(I) Sample in 1969 (After 6 months from harvest)			
		Days from harvest					Dose (krad)			
		57	77	99	144	184	224	0	7	15
Room temperature										
Control		0	0	1.0	24.0	30.0	32.5	0	39	30
Sprout		0	0	16.5	29.0	45.5	55.5	26	54	48
Rot		0	0	0	0	0	0			
7 krad										
Sprout		0	0	0	0	0	0			
Rot		0	0	15.0	33.0	50.5	67.5			
15 krad										
Sprout		0	0	0	0	0	0			
Rot		0	0	18.0	34.0	50.5	65.0			
5°C										
Control		0	0	0	19.0	58.5	68.0	0	7	15
Sprout		0	0	4.0	7.5	11.5	15.5	10	29.7	19.7
Rot		0	0	0.5	2.0	2.0	2.0	15.7	56.3	37.0
7 krad										
Sprout		0	0	3.5	8.0	17.0	35.0			
Rot		0	0	3.0	7.0	7.5	7.5	7.0	24.5	26.5
15 krad										
Sprout		0	0	3.5	9.0	24.0	37.0	13.0	50.5	47.0
Rot		0	0	0	0	0	0			

Samples were irradiated after 34 days from harvest.  
R.T. : Room temperature

(II) Sample in 1970 (After 8 months from harvest)

Sample A was irradiated after 15 days from harvest.  
Sample B was irradiated after 57 days from harvest.



## (2) 殺虫

## 1) 米麦照射装置の開発研究 (第1報)\*

星 龍夫, 田中 進, 佐藤友太郎

## 目的

穀物の放射線照射装置は、これまで欧米において実用化の検討がなされ、すでに製作された照射装置もある。しかし、これら考案、製作された照射装置は、照射方法や装置上の問題点として穀物に混入した夾雑物による閉塞や故障が生じやすい構造であり、機械的損傷が多い欠点を持ち、線量一様性が疑問視されるという実用上無視しえない問題を有している。そこで筆者らは穀物の流動、機械装置、照射技術の知見にもとずいて従来の照射装置のもつ欠点を改善し、さらに粒径の大きさや照射線量を容易に変えうるようにして実用上適用範囲が広く、かつ利用効率の高い新しい照射方法を考案した。そこで、この照射方法による実用照射装置の設計に必要な知見を得るため中規模照射装置を設計製作し、穀物の代表例として玄米を用いて中規模実験を行った。

## 照射装置の構造

## (1) 構造

Fig.1 は本照射装置の照射装置の照射部の構造図である。この照射部は棒状線源の中心軸を中心とする同心円筒形の線源導管、隔壁、外筒によって構成されている。

流速制御機構は穀物が照射領域を通過するまでに受ける線量を穀物に必要な線量と一致するように照射領域内を流れる穀物の流速を制御する機構である。この構造は多数個の整流構造の流路縮小体をもつ仕切弁（以下仕切弁という）で構成された環状仕切弁と、これを駆動する駆動機構によって構成されている。この仕切弁による流速の制御は弁の開口面積ならびに断続的開閉によって閉塞のおそれのない新しい流速制御方法でおこなう。

## (2) 照射装置の主要諸元の値

線源  $^{60}\text{Co}$  2,771 Ci (600 mmℓ × 10 mmφ)

線源導管 外径 200 mmφ, 肉厚 2 mmt, ステンレス・スチール

隔壁 軸長 1,200 mmℓ, 肉厚 1.5 mmt, ステンレス・スチール

各外径	第1照射領域	332 mmφ
	第2照射領域	498 mmφ
	第3照射領域	684 mmφ

## 実験結果および考察

## (1) 流動実験

## a) 照射領域（整流域）の米の流動

米が受ける線量は、各照射領域内の米の流速と線量率分布によって決定される。したがって

\* 食品照射投稿中

各照射領域内の米の流動状態を正確に知る必要がある。このため次の実験を行った。

(i) 流速の一様性

流速の一様性は仕切弁の開放幅の値に対して大きく左右されない構造であるから、仕切弁開放幅を 2.5 cm として各照射領域内の流速の水平方向の分布と垂直方向の分布を仕切弁開放時間当りの各位置の米の移動距離を測定することによってもとめた。その結果、流速の標準偏差は次のとおりとなった。

第 1 照射領域 垂直方向  $\pm 1.9 \%$  水平方向  $\pm 0.8 \%$

第 2 照射領域 垂直方向  $\pm 1.9 \%$  水平方向  $\pm 1.2 \%$

第 3 照射領域 垂直方向  $\pm 1.8 \%$  水平方向  $\pm 2.9 \%$

(ii) 流路の曲率と流速

各照射領域によって、流速の曲率半径、流路面積、流路面積縮小率が異なるが、これによって仕切弁 1 個当りの単位時間内に排出する米の流出量が異なるかどうか明らかにしなければならない。このため仕切弁開放面積を一定 (2.5 mm × 30 mm) にし各仕切弁 1 個当りの単位時間内に排出される米の体積をもとめたところ流路の曲率半径、流路面積、流路面積縮小率に関係なく一定値 (3.5 (1 ± 0.03) cm<sup>3</sup>/sec) となった。この結果から、平板状流路の流動実験データを基として環状流路の場合の環状仕切弁から排出される単位時間当りの米の排出量をもとめ得ることが明らかとなった。

(iii) 流速と仕切弁開放幅

前項の結果によって、排出口から単位時間当り排出される米の体積は流路の形状に無関係であることが明らかとなった。したがって各照射領域内の流速と仕切弁開放幅を変えて流速を測定した。その結果平均流速の  $\pm 2 \%$  の誤差内で次の実験式が得られた。

$$V_1 = 1.308 W_{op} - 1.2739 \text{ (cm/sec) } (W_{op}; 2.0 \sim 4.0 \text{ cm})$$

$V_1$ ; 第 1 照射領域内の流速

$W_{op}$ ; 仕切弁開放幅 (cm)

(i)(ii)の結果と流路断面積、仕切弁の数から、すべての照射領域の仕切弁開放時の流速を容易に求めることが明らかとなった。

b) 流速制御部内 (乱流域) の米の流動

流速制御部において米は乱流状態で流れるため、たとえこの部分の線量率が低くても長時間この部分に停滞する米が一粒でもある場合には線量一様性がそのために著しく悪くなる。そこで乱流域に入った米が排出される状態を知るため次の実験を行った。

照射領域の隔壁上端部に着色した米を一様の厚さに積み重ねた後、非着色米を投入しながら仕切弁開閉動作を繰り返して米を排出させた。着色米が排出され始めてからすべての着色米が排出されるまでの照射領域内の米の移動距離に対応して着色米の平均混合比を測定した。その結果を Fig. 2 に示す。また乱流域の範囲は着色米の層の変形を調べることにより流速制御部の入口から排出口までの範囲に乱流が生じていることが明らかとなった。

(2) 照射実験

a) 照射領域内の線量率測定

キャビナイチェンパーで照射領域内の米の吸収線量を測定した結果を Fig. 3 に示す。この結

果から理論値と測定値は測定精度 $\pm 10\%$ 以内で良く一致することが明らかとなった。

#### b) 照射領域内の線量測定

また米が実際の照射と同条件において受ける線量を測定するため、米とほぼ同じ大きさで同じように流動するLiF結晶 ( $1\text{mm}\phi \times 6\text{mm}\ell$ )を米の中に入れて照射運転を行った。米と一緒に照射され排出されたLiF結晶の吸収線量をサーモルミネッセンス線量計で測定し、米の吸収線量を求めた結果をTable 1に示す。これによると測定値は理論値に対して $\pm 6\%$ 以下の誤差が認められるが、サーモルミネッセンス線量計の測定誤差は $\pm 10\%$ であるので測定値は理論値と測定精度内で十分に良く一致することが明らかとなった。

#### 結論

本照射装置によって照射された米の吸収線量の測定値は理論値と測定精度内で良く一致した。したがって本照射装置の設計の際に用いた設計式ならびに諸データは実用照射装置の設計の際に使用しうるということが明らかとなった。

また実用照射装置を設計するに必要なかつ十分な知見を得ることができた。その主な知見は次の通りである。

(1) 仕切弁の構造が同一であれば、仕切弁から排出される単位時間当りの米の排出量は流路の曲率に無関係である。

(2) 仕切弁開放幅が $2.0\text{cm} \sim 4.0\text{cm}$ の範囲内では、仕切弁からの排出速度は開放幅に比例する。

(3) 乱流域に同時に入った米の $99.9\%$ が排出される時間は、照射領域内の米が $20\text{cm}$ 移動するまでに要する時間に等しい。

(4) 安全な流速を得るための最小環状仕切弁の開放幅は $2.0\text{cm}$ である。

## Development Research of the Grain Irradiator (Part 1)\*

Tatsuo HOSHI, Susumu TANAKA and Tomotaro SATO

## Abstract

For the purpose of obtaining the knowledge of industrial grain irradiator design, the pilot plant of the new flow rate control type irradiator was made. This report presents the result of a study of the grain flow and the dose distribution in the irradiator.

## Structure of irradiator

In this irradiator, grains are irradiated as they pass through annular cylinders and radiation source is located in the center tube. Grains are fed into each annulus by means of vacuum transfer system and reach to the bottom by gravity and pass through the slits of the annulus gate valves. The valves are used to control the flow rate and the dose is dependent on the flow rate in each annulus. The flow rate is controlled by the variation of shutting time of the valves and slit width. (See Fig. 1)

## Experimental results

## Fluidity:

1. Standard deviation of flow velocity in each Irradiation Field was less than 2.9%.
2. The flow rate from the valve slits was independent on the curvature of the annular cylinders.
3. The flow rate was directly proportional to the slit width.  
(See Table 1)
4. There was a turbulence along the flow lane in the flow rate controller and the maximum staying time of rice in this turbulent region equals the time required rices travel a distance of about 20 cm in Irradiation Field. (See Fig. 2)

Dose distribution:

Relative errors of dose distribution in the irradiated rices were less than  $\pm 6.0\%$ . (See Table 1)

The values of dose rate in Irradiation Field calculated by the introduced approximate formula agreed well with the data measured by cavity chamber. (See Fig. 3)

Main merits of this irradiator

1. It is easy to irradiate large size of granules and to vary dosage.
2. The mechanical damage and the blocking troubles of grains at the slits are very little.
3. The dose uniformity in the irradiated grains is quite satisfactory, since the flow rate distribution is uniform in each Irradiation Field.

\* Food Irradiation, Japan, in press.

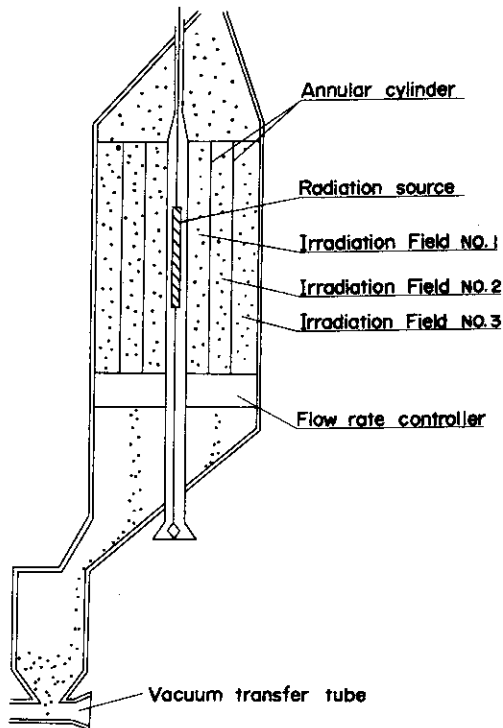


Fig. 1. st

Fig. 1. Structure of the irradiator.

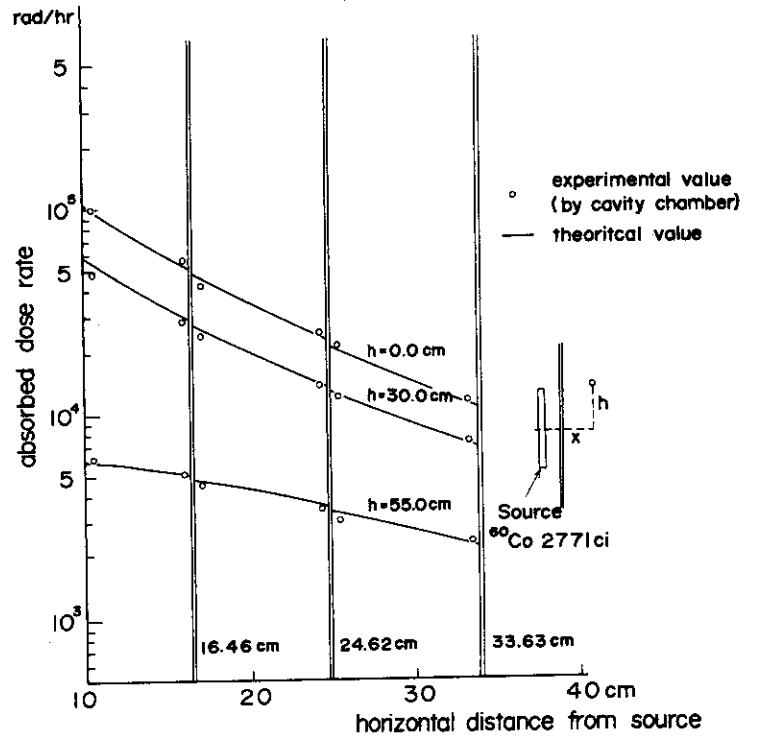


Fig. 3. Dose rate distribution in irradiation field.

Fig. 3. Dose rate distribution in irradiation field.

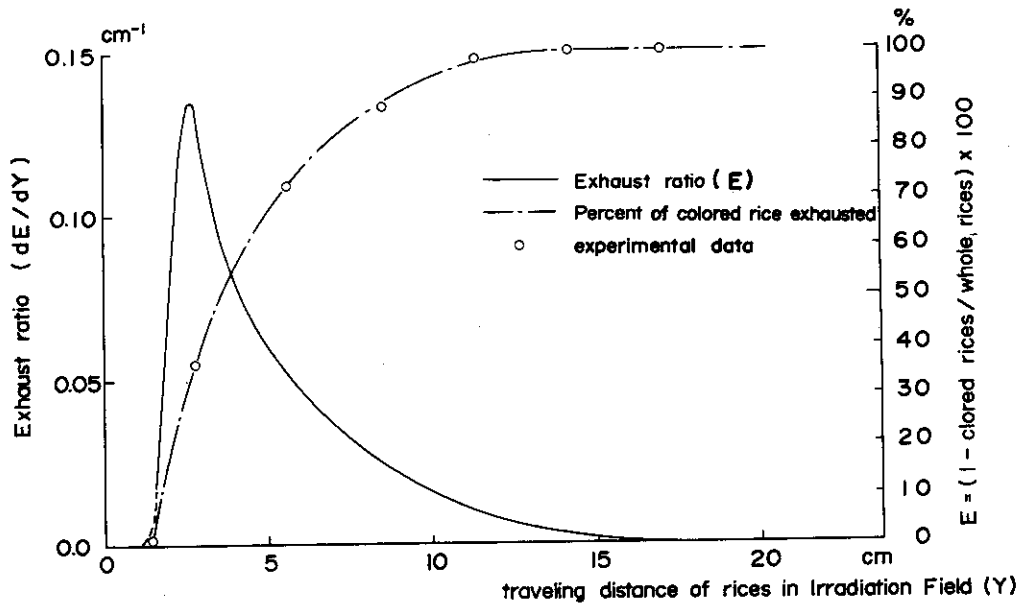


Fig. 2. Exhaust ratio of colored rices from the turbulent region.

Table 1. Dose distribution in the irradiated rices

Irradiation field	Horizontal distance from the source to the flow lane (cm)	Control valve		Dose (rad)		Relative error %
		Opening time (sec)	Shutting time (sec)	Theoretical value	Measurement value by T.L.D.(LiF)	
1	10.0			$2.01 \times 10^4$	$2.04 \times 10^4$	-1.5
	13.2	6.5	130.2		$1.40 \times 10^4$	
	16.3			$1.00 \times 10^4$	$9.99 \times 10^3$	-0.1
2	16.5			$2.04 \times 10^4$	$2.14 \times 10^4$	4.9
	20.5	5.4	195.2		$1.40 \times 10^4$	
	24.5			$1.00 \times 10^4$	$1.06 \times 10^4$	6.0
3	24.6			$1.98 \times 10^4$	$2.04 \times 10^4$	3.0
	29.1	4.5	279.9		$1.51 \times 10^4$	
	33.6			$1.00 \times 10^4$	$1.01 \times 10^4$	1.0

## (3) 殺菌

i) 放射線抵抗性細菌 *Pseudomonas radora* nov. sp. の分離同定\*

伊藤 均, 飯塚 広\*\*

(\*\* 東大・応用微生物研究所)

## 目的

米の放射線貯蔵の研究の過程で分離された<sup>1)2)</sup> 仮称“red *Pseudomonas*”は著しい放射線抵抗性を有する細菌であり、収穫直後の玄米に広く分布していた。

今までに栄養細胞の状態では芽胞菌の胞子と同程度の放射線抵抗性を示す細菌としては Andersonら<sup>3)</sup>らの分離した *Micrococcus radiodurans* が知られていた程度である。玄米より分離された red *Pseudomonas* はグラム陰性細菌であるが、その放射線抵抗性は細菌胞子と同程度の菌株もあった。そこで今回はそれらの分類の性質と放射線抵抗性について報告する。

## 実験方法

1. 同定方法：各試料米より分離した10株を供試菌株として同定に用いた。そしてこれらの菌株の同定は飯塚、駒形<sup>4)</sup>が *Pseudomonas* 属の同定に用いた方法に従った。また Bergey<sup>5)</sup> の *Manual of Determinative Bacteriology* も本菌種の同定の参考に用いた。

2. 放射線感受性試験：菌株による放射線感受性の差をしらべるために代表的菌株7株をそれぞれ Potato-peptone agar 斜面培地で30℃・5日間培養する。そして細胞を0.067 M 磷酸緩衝液に懸濁し、溶存空気平衡の条件下でγ線を照射した。照射後の生残細胞数の測定は平板培養法により行なった。次に代表的な放射線感受性を示す0-1株およびRP-0株の生存曲線を求めるために、両菌株を Potato-peptone 液体培地を用いて30℃・3日間通気培養を行なった。得られた定常期細胞を集菌し磷酸緩衝液で2回洗浄後、各種条件下でγ線を照射した。なお照射時の線量率の測定は鉄線量計法によって行なった。

## 実験結果および考察

米より分離した“red *Pseudomonas*”と仮称された各供試菌株の分類の性質より単一の *Pseudomonas* 属の新種と同定した。すなわち、細胞形態は桿菌状のグラム陰性菌で一本の極鞭毛により運動を行なう。しかしこの菌種は一般の *Pseudomonas* 属の菌種とくらべいくつが異なった特徴を有している。本菌種は桃色から赤色の水に不溶性のカロチノイド色素を生成し、細胞内に大きな脂肪球を含有している。また本菌種は酸化性細菌としての特徴を有し、グルコースより酸を生成し、グルコン酸、2-ケトグルコン酸、その他の有機酸を酸化し、グルコン酸より2-ケトグルコン酸と思われる還元性物質を生成する。本菌種の分類の性質は *Xanthomonas* 属と似た点も多く、飯塚、駒形<sup>4)</sup>が先に提唱した *Chromogenic Pseudomonas* グループに含めるのが適当と思われる。そこでこの菌種を *Pseudomonas* 属の新種として同定し、*Pseudomonas radora* nov. sp. と命名した。なお本菌種の形態的性質および生理的性質は

\* Agr. Biol. Chem., 35 (10), 1566~1571 (1971).



Table 1 に示しておく。本菌種は正常な玄米に特有な細菌の一つであるが、一般の分離法では他の各種の米の常在菌の生育に妨げられて分離しにくいいたためもあって、従来気付かれずにいた。

本菌種は玄米に付着した状態では放射線に対する抵抗性が異常に強かったが、実際に各種供試米から分離された菌株が全て同じような抵抗性を示すかどうかはわからない。そこで代表的な菌株の放射線感受性を比較したところ Table II に示すような結果が得られた。この場合、これ等の菌株には二つの型の放射線感受性株があることがわかった。この場合新米よりも古米からの分離株の方がはるかに放射線抵抗性が強かった。一万、対照として用いた *Pseudomonas fluorescens* B 3 - 1 株や *Pa. rubescens* B 1 5 3 4 株の場合には放射線抵抗性は認められず、0.02 Mrad の線量でほとんど死滅してしまつた。

次に代表的な放射線感受性の型を示す O - 1 株および R P - C 株の定常期細胞の 0.067 M 磷酸緩衝液中での放射線感受性を比較したところ、Fig. I に示すごとくその生存曲線はシグモイド型を示していた。また両菌株とも溶存空気平衡下と空気通気下での照射条件では著しく放射線感受性に差があり、この現象は一般の菌株とくらべて異なつた特徴である。Table III に示すように O - 1 株の  $D_{10}$  値は *Ps. fluorescens* B 3 - 1 株に比較すると、同じ溶存空気平衡下の条件においては約 40 倍の放射線抵抗性を示すのに対し、通気下の条件では約 20 倍の抵抗性しか示さなかつた。これに対し R P - C 株の放射線抵抗性はそれほど大きくなく、*Ps. fluorescens* と比較しても 10 ~ 20 倍程度の  $D_{10}$  値を示していた。すなわち O - 1 株の場合、その放射線抵抗性は有芽胞細菌と同程度であり、放射線抵抗性細菌として有名な *Micrococcus radiodurans* に匹敵するものである。

#### 文献

- 1) 飯塚 広, 伊藤 均: 農化, 41, 578 (1967).
- 2) H. Iizuka and H. Ito: Cereal Chemistry, 45, 503 (1968).
- 3) A. W. Anderson, et al.: Food Technol., 10, 575, (1956).
- 4) 飯塚 広, 駒形和男: 農化, 36, 663, 668 (1962).
- 5) D. H. Bergey, et al.: "Bergey's Manual of Determinative Bacteriology", 7ed. 1957 (Williams & Wilkins).

Taxonomic Studies on a Radio-resistant *Pseudomonas*\*

Hitoshi ITO and Hiroshi IIZUKA\*\*

(\*\* Institute of Applied Microbiology, University of Tokyo)

## Abstract

A radio-resistant *Pseudomonas* has been isolated from samples of normal unpolished and commercial rice grains. This species could be classified in chromogenic group of genus *Pseudomonas*. Its taxonomic characteristics were found to be sufficiently different from all the described species in this genus to warrant its description as a new species and was named as *Pseudomonas radora* nov. sp..

The radio-resistance of this species was 10 to 40 times higher than that of ordinary species in the genus *Pseudomonas* such as *Ps. fluorescens*. The dose at  $D_{10}$  value of the strain No. O-1 was ca. 0.14 Mrad, which is similar to that of the *Micrococcus radiodurans*, and that of the strain No. RP-C was ca. 0.06 Mrad in 0.067 M phosphate buffer.

\* Agr. Biol. Chem., 35 (10), 1566 ~ 1571 (1971).

Table I. CHART OF TAXONOMIC CHARACTERISTICS OF SO-CALLED RED *Pseudomonas*; DESCRIPTION OF ISOLATED STRAINS RP-C AND O-1

---

Rods: 0.5 to 0.8 by 2.0 to 3.0  $\mu$ . Motile with single polar flagella. Gram negative. Contain oil drop in cell.

Nutrient agar colonies: Circular, smooth, convex, entire, glistening, pink to red, translucent.

Nutrient agar slant: Moderate growth, filiform, pink to red, medium unchanged.

Glutamate agar slant: Moderate growth, filiform, red, medium unchanged.

Potato agar slant: Abundant growth, filiform, pink, medium unchanged.

Nutrient broth: Membranous (strain RP-C), sediment (strain O-1), moderately turbidic.

Nutrient gelatin stab: No liquefaction.

Potato plug: Moderate growth, dull reddish brown.

Milk: Unchanged.

Litmus milk: Alkaline, not peptonized, litmus not reduced.

Nitrate reduced to nitrite in succinate-nitrate.

Indole not produced.

Hydrogen sulfide produced.

Starch slightly hydrolyzed.

Acetyl methyl carbinol not produced.

Urease-positive.

Acid but no gas from xylose, glucose, and glycerol; no acid and no gas from sucrose, lactose, and starch in synthetic media.

Glucose, gluconate, 2-keto-gluconate, citrate, succinate, ethanol, methanol, benzoate, salicylate, and *p*-hydroxy benzoate assimilated.

Phenol not assimilated.

Cytochrome oxidase: Positive.

Catalase: Positive.

Optimum temperature: 20° to 32°C.

Aerobe.

Source: Japanese unpolished rice (strain RP-C), Japanese old rice (strain O-1).

---

Table II. RADIATION SENSITIVITIES OF *Pseudomonas radiora* nov. sp. ISOLATED FROM VARIOUS SOURCES OF RICE

Strain	Survival fraction		Isolated source
	0.02 Mrad	0.20 Mrad	
<i>Ps. radiora</i> RP-C	$7.2 \times 10^{-1}$	$1.3 \times 10^{-3}$	Japanese unpolished new rice produced in Yamagata prefecture (1965)
" PRA-C	$2.0 \times 10^{-1}$	$2.2 \times 10^{-3}$	Spanish rice (1965)
" O-1	$9.8 \times 10^{-1}$	$3.1 \times 10^{-1}$	Japanese unhulled old rice (1965)
" O-2	$8.1 \times 10^{-1}$	$1.7 \times 10^{-1}$	"
" R1-1	$2.8 \times 10^{-1}$	$9.3 \times 10^{-5}$	Japanese unpolished new rice produced in Chiba prefecture (1967)
" T7-2	$4.8 \times 10^{-1}$	$6.1 \times 10^{-4}$	Thai rice (1967)
" R1	$7.1 \times 10^{-1}$	$5.8 \times 10^{-4}$	Japanese unpolished new rice produced in Gunma prefecture (1968)
<i>Ps. rubescens</i> B 1534	$3.1 \times 10^{-5}$	—	Stock culture, I. A. M. Culture Collection
<i>Ps. fluorescens</i> B3-1	$5.0 \times 10^{-5}$	—	"

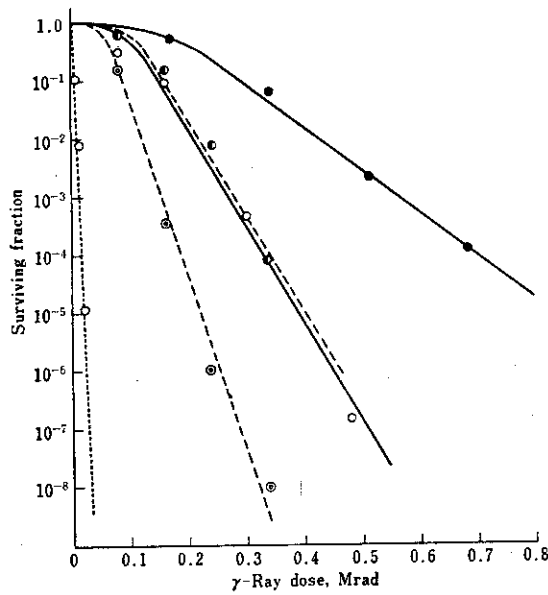


FIG. 1. Comparative Sensitivity of *Pseudomonas radiora* nov. sp. No. O-1 and RP-C under Different Conditions of Gamma-irradiation

- O-1, air-equilibrium
- O-1, air-bubbling
- RP-C, air-equilibrium
- RP-C, air-bubbling
- *Pseudomonas fluorescens* B3-1, air-equilibrium.

TABLE III. RADIOSENSITIVITY OF *Pseudomonas radiora* nov. sp. AND OTHER ORGANISMS IN M/15 PHOSPHATE BUFFER

Strain	Condition	Induction dose (Mrad)	D <sub>10</sub> value (Mrad)
<i>Ps. radiora</i> , O-1	air-equilibrium	0.18	0.14
" , O-1	air-bubbling	0.10	0.06
" , RP-C	air-equilibrium	0.12	0.06
" , RP-C	air-bubbling	0.05	0.03
<i>Ps. fluorescens</i> , B3-1	air-equilibrium	0.0000	0.0045
<i>M. radiodurans</i> , R1	air-equilibrium	0.85	0.13

ii) 放射線抵抗性細菌 *Pseudomonas radiora* の放射線感受性と放射線損傷からの回復\*

伊藤 均, 坂塚 広,\*\*, 岡沢精茂,\*\*, 渡辺 宏

(\*\*東大・応用微生物研究所, \*\*\*理化学研究所)

## 目的

前報<sup>1)</sup>において *Pseudomonas* 属の新種として判定し, *Pseudomonas radiora* nov.sp. と命名した。米の放射線抵抗性細菌のなかには  $D_{10}$  値が *Bacillus* などの細菌胞子に匹敵する菌株もあった。これまでにグラム陰性桿菌の中では, この種の栄養細胞型の放射線抵抗性細菌は知られていなかった。この研究では, 先に報告した放射線抵抗性の著しい株の代表株である 0-1 株を中心に, 各種条件下での放射線感受性および酸素効果, 放射線損傷細胞の回復効果等について比較検討した。

## 実験方法

供試菌株は *Pseudomonas radiora* 0-1 株及び RP-C 株, 対照として *Micrococcus radiodurans* R<sub>1</sub> 株を用いた。γ線照射はパイレックス照射容器に溶存ガス平衡を保てる程度の定常期細胞の懸濁液 (0.067 M 磷酸緩衝液) を入れて, 約 20℃ の室温条件下で行なった。また通気下での照射は容器中の毛細管から空気を激しく通気しながら行なった。培地は Potato-peptone agar を主に用い, 30℃・3日間培養して出現してくるコロニー数から生存率を調べた。培養温度効果については, 照射後すぐ水中に試料を入れて運搬し, 低温下で希釈し, さらに低温に冷したペトリ皿培地に広げた。そのあと直ちに各温度条件下で約 24時間前培養し, さらに 30℃ の条件下でコロニー出現まで培養し, 各培養温度による回復効果を調べた。

## 実験結果および考察

*Ps. radiora* 0-1 株の定常期細胞の  $D_{10}$  値は, 前報<sup>1)</sup>で述べたように 0.067 M 磷酸緩衝液に溶存空気が外気と平衡を保てる状態で懸濁している場合には 140 krad だったが, 空気を激しく通気しながら照射した場合には 60 krad に減少した。Fig.1 は溶存酸素ガス平衡下および溶存窒素ガス平衡下で照射された場合の 0-1 株の生存曲線であるが, 溶存酸素ガス平衡の場合の生存曲線は, 空気を激しく通気しながら照射した場合と一致していた。溶存窒素ガス平衡の場合には, 生存曲線は溶存空気平衡の条件下で照射して得られた生存曲線と大差がなく,  $D_{10}$  値も同じだった。これに対し *Ps. fluorescens* や *E. coli* など多くの菌種の場合には, 溶存酸素ガス平衡の場合と溶存空気平衡の条件下で生存曲線および  $D_{10}$  値にほとんど差が認められなかった。一方 *M. radiodurans* の場合には, 溶存酸素濃度による放射線感受性は *Ps. radiora* 0-1, RP-C 株に似ており, 溶存空気平衡下と溶存窒素ガス平衡下において, 放射線感受性に差が認められなかった。従ってこれらの事実は細胞懸濁液中の溶存酸素濃度の変動が, 放射線感受性に大きな影響を与えていることを示している。そこで 0-1 株の定常期細胞の懸濁液に呼吸阻害剤である NaCN を 0.002 M 濃度になるように加え, 30℃ で約

\* 農化, 46(3), 127~135 (1972).

30分作用させた後、その懸濁液を溶存空気平衡下で照射したところ、放射線感受性は Fig. 2 に示すごとく、通気照射した場合とほとんど差が認められなかった。従ってこの菌の放射線に対する保護機構には呼吸系酵素が関与していることが推測される。なお *Ps. radiora* の細胞内に蓄積するカロチノイド色素そのものは放射線抵抗性の原因とは考えられないことがカロチノイド色素を蓄積しない 0-1 株の変異株との放射線感受性の比較によって明らかになった。

放射線損傷を受けた細菌細胞の培養温度による回復効果については Stapleton らの行った *E. coli* B/r についての報告<sup>2)</sup>がある。*Ps. radiora*の場合にも培養温度による回復効果は Fig. 3 に示すごとく明確に認められた。この場合、0-1 株と RP-C 株の生存率の变化曲線のパターンはよく似ており、*M. radiodurans* R<sub>1</sub> 株でも同様の傾向が認められた。すなわち、これらの菌株の放射線損傷からの回復に最適な培養温度は 20~40℃の間にあり、*Ps. radiora* の場合には生育適温である 30℃近辺でいくらか回復率が低下していた。次に照射細胞の培地による生存率の変化と培養温度との関係を 0-1 株についてしらべたところ Fig. 4 のような結果が得られた。この結果は *E. coli* B/r とは全く逆な現象であり、Potato-peptone agar のような栄養豊かな培地よりも NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>-glucose agar のような簡単な組成の合成培地で最も回復効果が大きかった。また 0.067 M 磷酸緩衝液中での前培養や glutamate agar を用いた場合にも回復効果は Potato-peptone agar より大きかった。このように培養温度および培地組成により放射線損傷からの回復効果が著しく変化するのは DNA の修復酵素の働きやその他の要因がからんでいるのであろう。

#### 文献

- 1) H. Ito and H. Iizuka : *Agr. Biol. Chem.*, 35, 1566 (1971).
- 2) G. E. Stapleton, D. Billen and A. Hollaender : *J. Cell. Comp. Physiol.* 41, 345 (1953).

Radiosensitivity of a Radio-resistant Strain of Pseudomonas  
radiatora and its Recovery from Radiation Damage\*

Hitoshi ITO, Hiroshi IIZUKA\*\*, Yoshishige OKAZAWA\*\*\*  
and Hiroshi WATANABE

(\*\* Institute of Applied Microbiology, University of Tokyo)

(\*\*\*Institute of Physical and Chemical Research)

Abstract

The cells of a radio-resistant strain No. O-1 was found to be radio-resistant as spores of Bacillus. The  $D_{10}$  value of this strain was 140 krad when irradiated in equilibrium with air, and was 60 krad under vigorous aeration. Removal of oxygen was the major cause of protection, and radio-resistance of cells decreased considerably when irradiated under vigorous aeration or in equilibrium with oxygen. Radio-resistance of the cells in equilibrium with air was similar to that in equilibrium with nitrogen.

The cells of this strain could recover at high rate from the lethal effects of gamma rays by post incubation at temperatures from 20° to 40°C, but this recovery was partially inhibited by incubation at optimum temperature of 30°C. Irradiated cells were able to recover at higher rate in a minimal medium than in a nutritive medium.

\* J. Agr. Chem. Soc. Japan, 46 (3), 127 ~ 135 (1972).

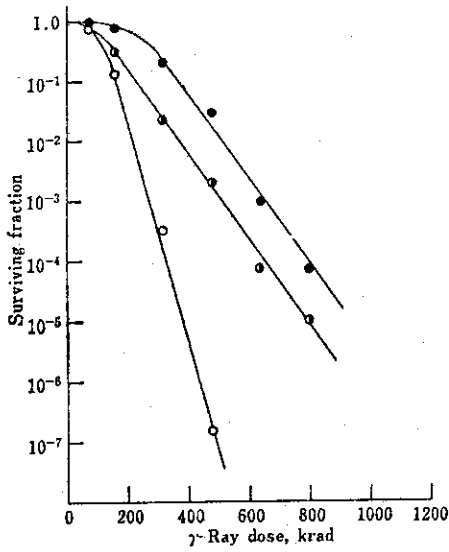


Fig. 1. Comparative Sensitivity of *Ps. radiora* O-1 Irradiated in High and Low Oxygen Tensions.  
 ● nitrogen gas equilibrium, ● air equilibrium, ○ oxygen gas equilibrium.

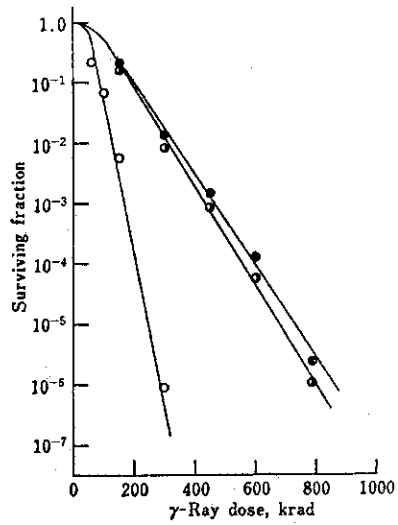


Fig. 2. Effect of Cyanide and Sodium Chloride of Survival of *Ps. radiora* O-1 Irradiated under the Condition of Air-equilibrium.  
 ● control, ○ NaCN 0.002M, ● NaCl 0.05M.

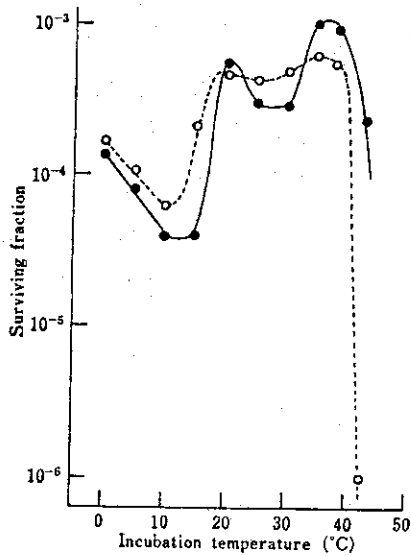


Fig. 3. Survival of Two Strains of *Ps. radiora* nov. sp. as a Function of Post-Irradiation Incubation Temperature. Cells were Irradiated under the Condition of Air-equilibrium.  
 ● survival fraction of strain No. O-1 at 600 krad, ○ survival fraction of strain No. RP-C at 310 krad

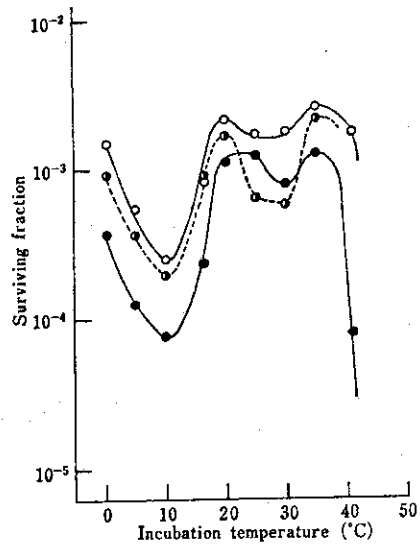


Fig. 4. Comparison of Surviving Fraction of *Ps. radiora* O-1 (harvested from potato-peptone medium before gamma-irradiation) at 550 krad in Air Equilibrium when Plated after Irradiation on Potato-peptone (●),  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -glucose (○) and Phosphate (◐) Media and Incubated at Various Temperatures.



### Ⅲ) 米の好浸透圧性 *Aspergillus* の分離・同定および放射線感受性\*

伊藤 均, 坂塚 広,\* 佐藤友太郎

(\*\* 東大・応用微生物研究所)

#### 目的

我々はこれまでに貯蔵中の米の水分含量および放射線照射による糸状菌フローラの変動について述<sup>1)2)</sup>べてきたが、本報告においては米の貯蔵試験中に分離された各種菌株を中心に、各種玄米、古米、トウモロコシ、マイロ、小麦より分離された菌株も含めて分離株の同定を行ない、さらに各菌種の代表株の放射線感受性の検討も行なった。

#### 実験方法

貯蔵米の糸状菌フローラの動態についての研究<sup>1)2)</sup>中に7.5% NaCl含有の Malt extract agar 平板培地により分離した好浸透圧性 *Aspergillus* 32株より14株を選び同定用菌株とした。また国内の各地方より収穫された6品種の玄米を夏期3ヶ月室温貯蔵して、発生してきた糸状菌を Czapek's solution agar 平板培地より分離して、代表的な4株を選び同定用菌株とした。さらに古米、トウモロコシ、マイロ、小麦より13株を分離し同定用菌株とした。菌株の同定は Raper らの<sup>3)</sup> "The genus *Aspergillus*" を参考にして行なった。

各菌種の放射線感受性については、20% sucrose Czapek's solution agar または M40Y agar 平板培地上で10から14日間培養後の conidia または ascospore をかきとり、No.3 グラスフィルターで濾過後の濾液を遠沈・洗浄して、0.067 M 磷酸緩衝液に再懸濁して照射試料とした。Co-60  $\gamma$  線の照射は試料が溶存空気平衡の条件下で行なった。生存率の測定は平板分離法によって行なった。

#### 実験結果および考察

米およびトウモロコシ、マイロ、小麦から変敗糸状菌として分離された好浸透圧性 *Aspergillus* のうち15株が *Aspergillus glaucus* group に属し *A. ruber*, *A. repens*, *A. mangini*, *A. chevalieri*, *A. montevidensis* と同定された。他の9株は *A. restrictus* group に属し、*A. gracilis*, *A. vitricolae*, *A. caseillus* と同定された。残りの7株はそれぞれ *A. versicolor* group の中の *A. versicolor*, *A. ochraceus* group の中の *A. sulphureus*, *A. flavipes* group の中の *A. niveus* と同定された。国内において一般的に流通している低水分含量米 (14.0~15.0%) の貯蔵中に発生してくる主要な変敗糸状菌は、*A. restrictus* group に属する *A. gracilis* および *A. vitricolae* であり、*A. glaucus* group に属する菌種ならびに *A. versicolor*, *A. sulphureus* なども貯蔵中の湿度条件によって若干増殖することもある程度のものである。貯蔵米の水分含量が15%以上では *A. restrictus* group の菌種とならんで *A. glaucus* group に属する菌種の増殖も活発になってくる。また水分含量が17%以上の高水分含量米の場合には、このほか *A. niveus* や

\* Agr. Biol. Chem., 37(4), 789~798 (1973).

Penicillium citrinum series に属する黄変米原因菌である *P. citrinum* や麦などの変敗菌として知られる *P. islandicum* を含む菌種も活発に増殖してくるようである。

好浸透性 *Aspergillus* の代表菌株 7 株と、対照として *Penicillium citrinum*, *P. islandicum*, *A. oryzae* の放射線感受性をしらべたところ、全供試菌株の conidia の 0.067 M 磷酸緩衝液中での生存曲線はシグモイド型を示していた。各供試菌株の  $D_{10}$  値は 1.8 ~ 3.0 krad の間に分布し、Table I に見られるように菌種による差はほとんど認められなかった。induction dose も 6 ~ 22 krad の間に分布しており、*A. oryzae* ならびに *A. versicolor*, *A. repens* では他の菌種より比較的大きな値を示していた。*A. glaucus* group の ascospore の 0.067 M 磷酸緩衝液中での生存曲線も Fig. 1 に示すごとくシグモイド型を示していた。そして Table I に見られるように各菌株の ascospore の  $D_{10}$  値は *A. mangini* を除いては各菌株の conidia の  $D_{10}$  値の 2 倍の値を示していた。乾燥状態においては、各菌株の conidia の放射線抵抗性は著しく増大し、Fig. 2 および Table I に示すごとく  $D_{10}$  値は約 2 倍の 5.0 ~ 5.8 krad の値を示した。ascospore の場合には乾燥による放射線抵抗性の増大は認められず、 $D_{10}$  値も conidia と同じ 5.0 ~ 5.8 krad の値を示していた。

したがって、米を含む多くの低水分含量の穀類の変敗糸状菌の  $\gamma$ -線殺菌による長期貯蔵を目的とするためには  $D_{10}$  値と induction dose から求めた完全殺菌線量 500 ~ 600 krad の照射処理が必要である。しかし米の場合には水分含量が低いときには先に報告<sup>1)2)</sup>したように 200 krad でも大きな貯蔵効果が認められる。

#### 文献

- 1) 伊藤 均, 柴部 禎己, 飯塚 広: 農化, 43, 773 (1971).
- 2) H. Ito, S. Shibabe and H. Iizuka: Cereal Chemistry, 48, 140 (1971).
- 3) K. B. Raper and D. I. Fennel, "The Genus *Aspergillus*", (Williams and Wilkins), 1965.

Identification of Osmophilic Aspergillus Isolated from Rice  
and Their Radio-sensitivity\*

Hitoshi ITO, Hiroshi IIZUKA\*\* and Tomotaro SATO

(\*\* Institute of Applied Microbiology, University of Tokyo)

Abstract

Osmophilic Aspergillus responsible for spoilage of rice, corn, milo and wheat have been isolated and identified. Fifteen strains were classified as members of the Aspergillus glaucus group, and were subdivided into A. ruber, A. repens, A. mangini, A. chevalieri and A. montevidensis. Nine strains were classified as members of the A. restrictus group, and were subdivided into A. gracilis, A. vitricolae and A. casiellus. The other 7 strains were classified as A. versicolor in the A. versicolor group, A. sulphureus in the A. ochraceus group, and A. niveus in the A. flavipes group.

All of dose-survival curves obtained with the conidia of 10 strains showed the sigmoidal type having the  $D_{10}$  values between 18 and 30 krad. The survival curves obtained with the ascospores of A. glaucus group also showed the sigmoidal type having the  $D_{10}$  values of 54 krad. Radio-sensitivity of the dry conidia was similar to that of the dry ascospores, having  $D_{10}$  values between 50 to 58 krad.

\* Agr. Biol. Chem., 37 (4), 789 ~ 798 (1973).

TABLE I. RADIOSENSITIVITIES OF CONIDIA, ASCOSPORES AND MYCELIA OF SOME SPECIES OF *Aspergillus* AND *Penicillium*

Irradiation condition	Organ	Strain	D <sub>10</sub> value (krad)	Induction dose (krad)		
Wet	Conidia	<i>A. gracilis</i> A-1	27	9		
		<i>A. vitricolae</i> B-1	21	9		
		<i>A. versicolor</i> U-2	27	18		
		<i>A. ruber</i> A-2	29	6		
		<i>A. repens</i> A-3	25	19		
		<i>A. mangini</i> A-4	22	11		
		<i>A. chevalieri</i> G-9	25	16		
		<i>A. oryzae</i> IAM 2630	20	22		
		<i>P. citrinum</i> IAM 7003	18	11		
		<i>P. islandicum</i> IAM 7041	18	11		
		Wet	Ascospores	<i>A. ruber</i> A-2	58	25
				<i>A. repens</i> A-3	58	25
<i>A. mangini</i> A-4	30			22		
<i>A. chevalieri</i> G-9	58			25		
Dry	Conidia	<i>A. gracilis</i> A-1	50	14		
		<i>A. chevalieri</i> G-9	58	25		
		<i>A. versicolor</i> U-2	58	35		
		<i>P. islandicum</i> IAM 7041	55	12		
	Ascospores	<i>A. chevalieri</i> G-9	58	25		
	Mycelium	<i>P. citrinum</i> IAM 7003	55	12		

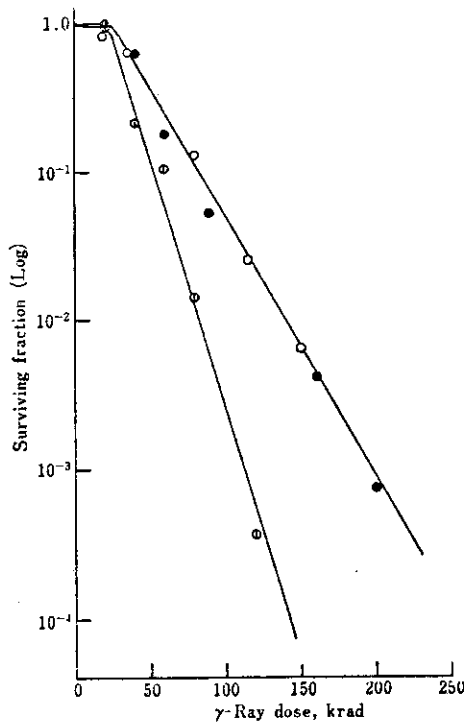


Fig. 1. Survival Curves of Ascospores of Osmophilic *Aspergillus* Suspended in 0.067 M Phosphate Buffer during Irradiation with Co-60 Gamma-rays.  
 ○, *A. ruber* A-2; ●, *A. chevalieri* G-9; ⊙, *A. mangini* A-4

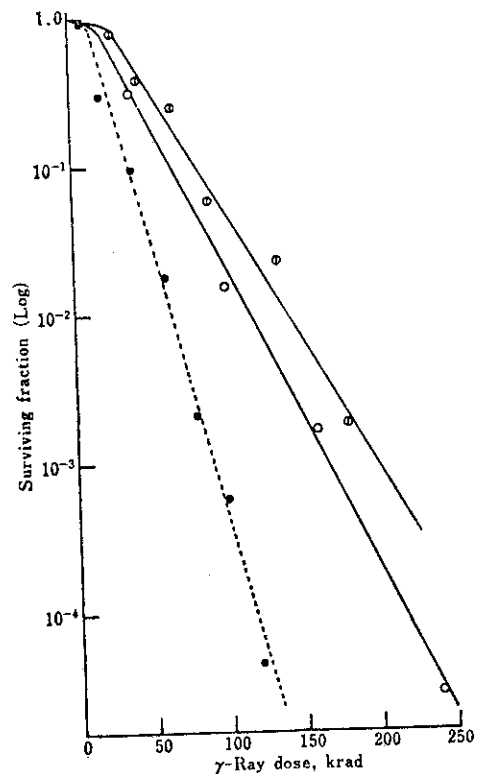


Fig. 2. Comparative Sensitivity of Conidia to Gamma-rays under the Dry and Wet Conditions.  
 ⊙—⊙, dry conidia of *A. chevalieri* G-9 ○—○, dry conidia of *A. gracilis* A-1; ●—●, wet conidia of *A. gracilis* A-1

## 2. 1. 2 畜産物

## (1) ウィンナーソーセージの放射線保蔵に関する研究

1) ウィンナーソーセージの放射線保蔵に関する研究. (第1報その1)\* Package irradiation における線量分布について.

青木章平, 久米民和, 伊藤 均, 渡辺 宏, 佐藤友太郎

## 目的

食品照射特定総合研究指定品目の一つであるウィンナーソーセージについては,  $\gamma$ 線の照射によってネトの発生を防止し, 貯蔵期間の延長をはかることが検討されている。大量の試料を照射するには package を用いて照射する方法が適しているが, package を用いて照射を行なうと, 線量率の高いところでは package 内の線量分布にかなりのバラツキが生じることが考えられる。食品照射の実用化に際しては, 適正線量をいかに均一にまた短時間で照射するかはつねに問題点の一つである。本実験では市販のウィンナーソーセージを詰めた package について線量分布のバラツキの程度をしるために線量測定を行なった。

## 実験方法

線源としては  $70,000\text{ Ci}$  の  $^{60}\text{Co}$  板状線源 (高さ  $30\text{ cm}$ , 長さ  $120\text{ cm}$ ) を用い,  $20 \times 30 \times 30\text{ cm}$  および  $10 \times 30 \times 30\text{ cm}$  のダンボール箱に小袋包装のままウィンナーソーセージを詰め (平均密度  $0.27\text{ g/cm}$ ), その中に線量計を入れて照射した。線量計としては鉄線量計<sup>1)</sup> および polymethylmethacrylate (PMMA)<sup>2)</sup> を用いた。PMMA による吸収線量の測定は, 鉄線量計の測定値を水の吸収線量としてあらわした値と PMMA の吸光度変化との関係より求めた次式を用いた。

$$D = 2.67 \Delta Q.D. + 0.05$$

D: 求める吸収線量 (Mrad)

$\Delta Q.D.$ :  $290\text{ m}\mu$  における吸光度変化

## 実験結果および考察

package を Fig.1 に示すように線源に対して置いたときの各面の名称は図中に示した記号で以後呼ぶこととする。package にウィンナーソーセージを詰めて線量率  $5 \times 10^5\text{ R/hr}$  の位置におき1時間照射したときの高さ  $15\text{ cm}$  における X 方向および Y 方向の線量を測定した結果, Y 方向に関しては線量のバラツキは認められなかったが, X 方向に関しては線量分布は Fig.2 に示すような結果となった。また鉄線量計と PMMA の測定値はよく一致していた。次に線源の中心線より3箱並列して, 30分で反転照射した場合, 線源と同じ長さまでの箱 1, 2 では期待した線量があたっていることがわかったが, 箱 3 では線量がかなり低くなっており (Fig.3), この大きさの package を用いて照射する場合, 線源の中心線より2箱づつ, すなわち4箱までは並列して照射することが可能であることが判明した。

\* 食品照射, 7(1), 43~49 (1972)。

Package 内の平均線量が 0.5 Mrad となるような位置で 30 分反転照射したときの吸収線量分布は、Y 方向ではバラツキはほとんど認められないが X 方向、Z 方向ではかなりのバラツキが認められた。20 × 30 × 30 cm および 10 × 30 × 30 cm の package 内の X 方向、Z 方向の吸収線量分布は Fig. 4 および Fig. 5 にそれぞれ示した。このように線源に対する package の厚さを薄くすれば線量のバラツキを小さくすることができるが、作業能率が低下する。したがって実際に食品を package に詰めて照射する場合、吸収線量のバラツキの許容範囲、処理量等を考慮して最適な package の大きさ、照射方法を決定することが重要である。

#### 文献

- 1) 寺川 彰：線量測定講習会テキスト，東京，1966，p66.
- 2) 田中隆一，三友昭市，大島裕之助：JAERI-memo, 4121 (1970).

## Radiation Preservation of Vienna Sausage (Part 1, No.1)\*

## Dose Distribution in Packages

Shohei AOKI, Tamikazu KUME, Hitoshi ITO,

Hiroshi WATANABE and Tomotaro SATO

## Abstract

Gamma irradiation of vienna sausage has been studied for the purpose of extending the shelf-life. Package irradiation is appropriate for the irradiation of large amount of vienna sausages. In this case, the variation of dose distribution may occur in the package. So the dosimetry was carried out to examine the variation of dose distribution in packages with vienna sausages. PMMA and Fricke were used as the dosimeter in this experiment. Since the observed value by PMMA was identical with the value by Fricke dosimeter, PMMA was used to determine the dose of each position in packages. The packages were placed on the position of  $5 \times 10^5$  R/hr, and irradiated for one hour with inversion at 30 minutes.

Three packages were aligned from center line of source, the dose distribution in No. 3 package was significantly varied. Therefore only four packages can be aligned without the variation of dose distribution in Y-direction. But the significant variations were observed in X- and Z-direction. The dose distribution was 0.42 ~ 0.59 Mrad in  $20 \times 30 \times 30$  cm package and 0.43 ~ 0.54 Mrad in  $10 \times 30 \times 30$  cm package.

To develop the most economic method of irradiation, it seemed that the relation of the allowance of dose variation, dose rate, and irradiation time must be further considered from practical point of view.

\* Food Irradiation, Japan, 7 (1), 43 ~ 49 (1972).

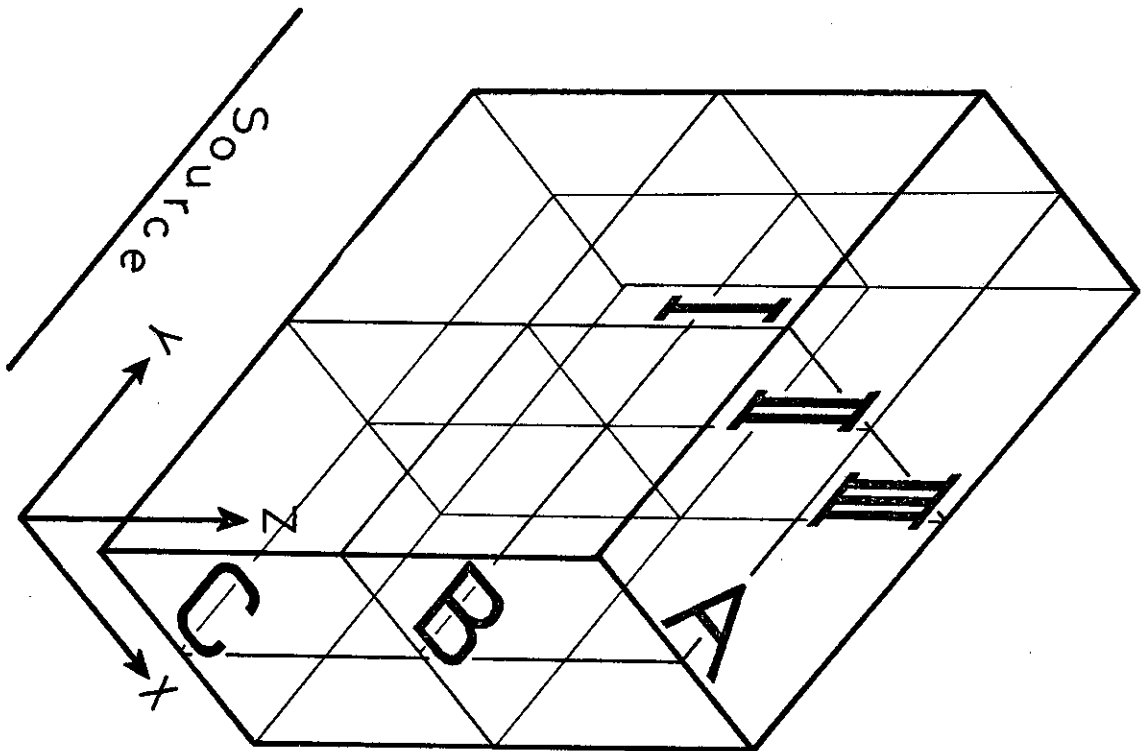


Fig. 1. Schematic diagram of irradiation package.

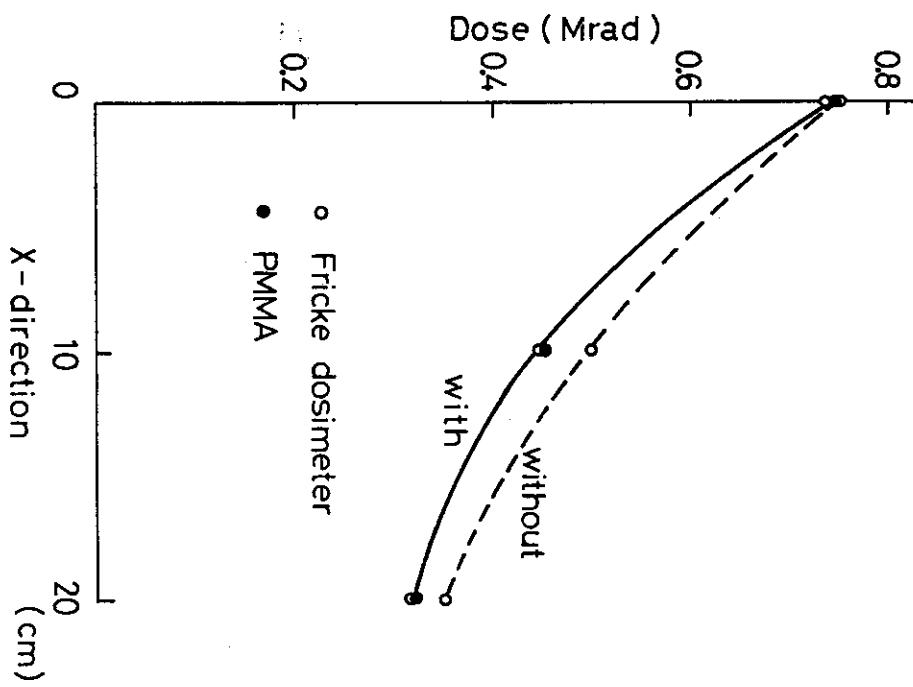


Fig. 2. Dose distribution in the irradiated package with and without vienna sausage.



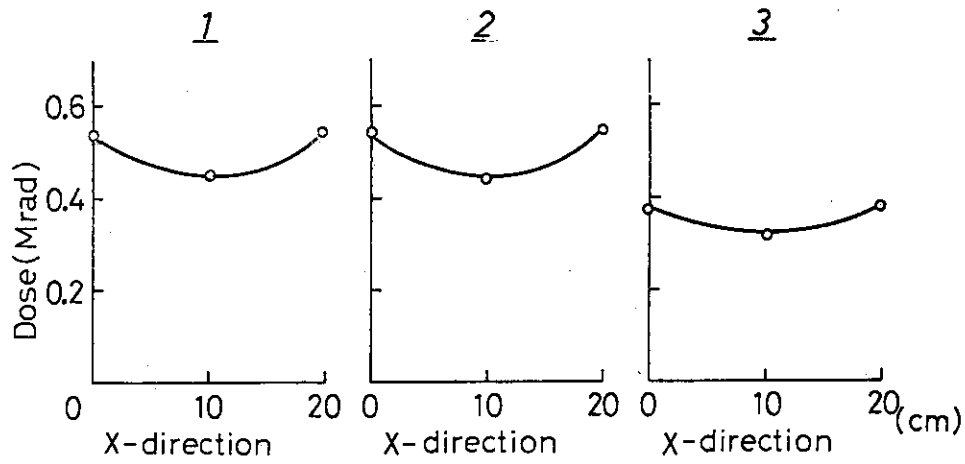


Fig. 3. Dose distribution in the irradiated package with vienna sausage.

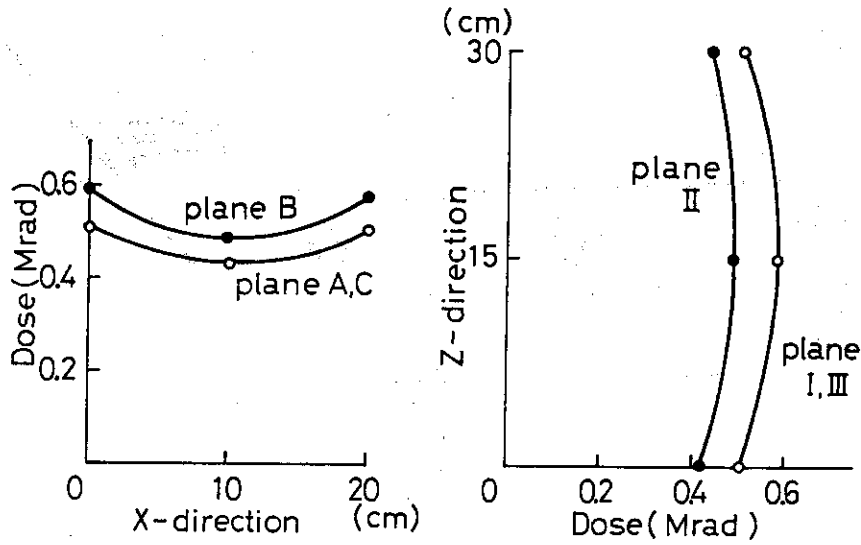


Fig. 4. Dose distribution in the irradiated package with vienna sausage.  
Package size : 20 x 30 x 30 cm

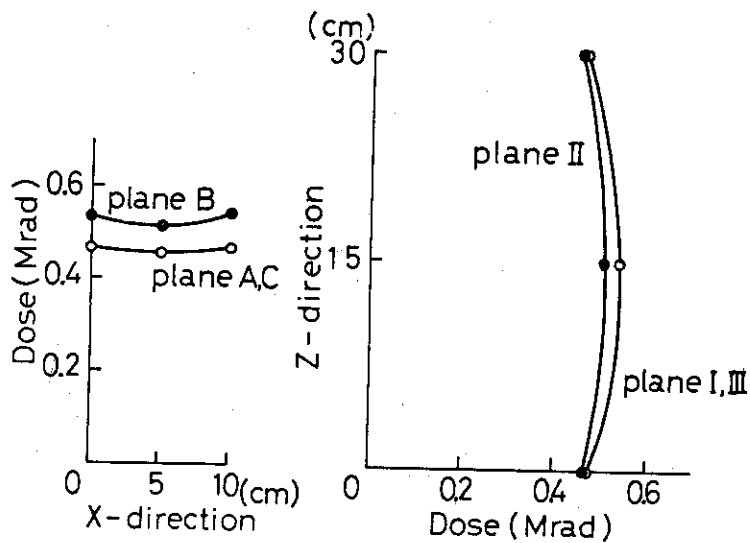


Fig. 5. Dose distribution in the irradiation package with vienna sausage.  
Package size : 10 x 30 x 30 cm

## ii) ウィンナーソーセージの放射線保蔵に関する研究

(第1報その2)\* Package irradiationにおける均一照射方法の検討

久未民和, 青木章平, 伊藤 均, 渡辺 宏, 佐藤友太郎

## 目 的

食品照射において, 大量の試料を照射する場合 package を用いて照射する方法が適していると考えられるが, package を用いて照射すると線量分布にバラツキが生じるという問題点がある。前報<sup>1)</sup>で, 厚さ 20 cm および 10 cm の package にウィンナーソーセージを結めて線量率  $5 \times 10^5 \text{ R/hr}$  の位置で照射したときの吸収線量分布について報告した。今回は一定の厚さ (20 cm) の package にウィンナーソーセージを詰めて, 吸収線量をなるべく均一にする照射方法の検討を行なった。

## 実験方法

線源としては長さ 120 cm, 高さ 30 cm の<sup>60</sup>Co板状線源を用い, 20 × 30 × 30 cm のダンボール箱に市販のウィンナーソーセージを小袋包装のまま詰め (平均密度 0.27 g/cm<sup>3</sup>), その中に線量計を入れて照射し, 線量測定を行なった。線量計としては主として鉄線量計を用い, 必要に応じて polymethylmethacrylate を用いた。

## 実験結果および考察

Package 各面の名称は前報に示したとおりとする。Y 方向の線量分布は前報同様変化が認められなかった。140,000 ci の線源を用いて線量率  $1 \times 10^6$ ,  $5 \times 10^5$ ,  $2.5 \times 10^5$ ,  $1.7 \times 10^5 \text{ R/hr}$  の位置で各々 15 分, 30 分, 1 時間, 1.5 時間で反転照射して 0.5 M rad 照射したときの package 内の  $D_{\max}/D_{\min}$  および X 方向のみの  $D_{\max}/D_{\min}$  を Fig.1 に示した。どちらの場合にもほぼ直線関係が得られ, 線量率の低い所で照射すると吸収線量の均一性がよくなった。また各線量率位置での Z 方向 (高さ方向) の空間線量分布は Fig. 2 に示すように線量率が高いほど線量分布の差が大きくなっていった。この各線量率位置における Z 方向の  $D_{\max}/D_{\min}$  を求めると, Fig.3 に示すようにほぼ直線となった。またこの値に Fig.1 に示した X 方向の  $D_{\max}/D_{\min}$  の値を掛けた値は Fig.3 に示したように, 破線で示した実測値とほぼ一致した。したがって package 内の Z 方向の線量分布は, 空間における高さ方向の線量分布がそのまま影響していると考えられる。

140,000 ci と 60,000 ci の線源を用いて  $5 \times 10^5 \text{ R/hr}$  の位置で 1 時間照射したときの吸収線量分布を Fig. 4 に示した。この結果より反転照射した場合の X 方向における  $D_{\max}/D_{\min}$  を求めると, 140,000 ci では 1.12, 60,000 ci では 1.23 となり, 同

\* 食品照射投稿中

じ線量率を用いて照射する場合，大線源を用いると X 方向における吸収線量分布の均一性がよくなる結果が得られた。

以上の結果より，なるべく大線源を用いて低線量率の位置で，しかも高さ方向の線量分布をなくするような線源を組んで照射すれば package 内の吸収線量のバラツキを小さくすることができる。140,000 ci の線源を用いた場合， $1.7 \times 10^5$  R/hr という比較的線量率の低い所で照射すれば package 内の  $D_{max}/D_{min}$  は 1.13 つまり  $\pm 7\%$  以内のバラツキ程度で照射することが可能であり，また高さ方向のバラツキをなくした状態で照射したとすれば， $5 \times 10^5$  R/hr の位置でも 1.12 すなわち  $\pm 6\%$  程度のバラツキで照射することが可能である。

#### 文 献

- 1) 青木章平，久末民和，伊藤 均，渡辺 宏，佐藤友太郎：食品照射，7 (1)，43 (1972)。

## Radiation Preservation of Vienna Sausage (Part 1, No. 2)\*

## Dose Distribution in Package

Tamikazu KUME, Shohei AOKI, Hitoshi ITO,

Hiroshi WATANABE and Tomotaro SATO

## Abstract

Package irradiation is appropriate for the irradiation of large amount of foods. But the variation of dose distribution may occur in package. In previous report, the dose distribution in package filled with vienna sausages was studied and it showed that dose uniformity decreased by changing the package thickness from 20 cm to 10 cm.

This paper deals with the other parameters to reduce the variation of dose distribution in the  $20 \times 30 \times 30$  cm package filled with vienna sausages. The relationship between dose uniformity and dose rate was approximately linear both in whole package and in X-direction. And the variation of dose distribution decreased at low dose rate. Dose uniformity in Z-direction at various exposure rate were also linear. The products of the value in Z-direction and that in X-direction were comparable to the value of dose uniformity in whole package. The variation of exposure dose in Z-direction is a large factor of the dose distribution in package, and this variation may decreased by changing the ratio of the specific activity of the source.

When the irradiation was done at  $5 \times 10^5$  R/hr with 140,000 Ci and 60,000 Ci source, dose uniformity in X-direction were 1.12 and 1.23 respectively. Thus dose uniformity in X-direction was decreased by using high activity source. Dose uniformity in whole package decreased to 1.13 by using high activity source (140,000 Ci) at lower dose rate ( $1.7 \times 10^5$  R/hr).

\* Food Irradiation, Japan, in press.

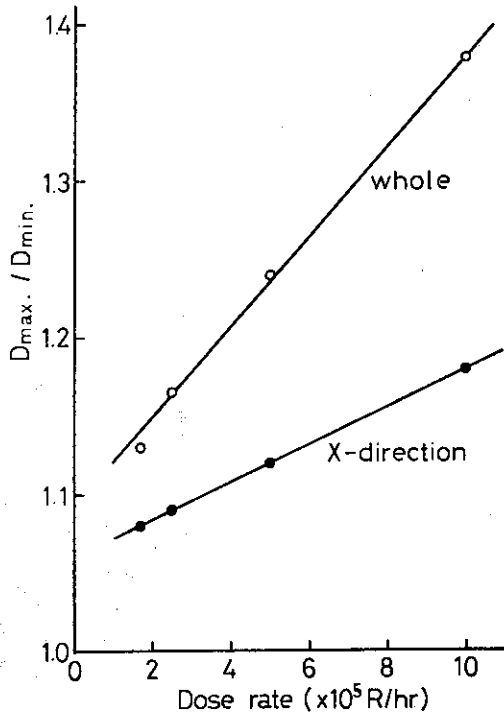


Fig. 1.  $D_{max}/D_{min}$  in irradiation package at various dose rate.

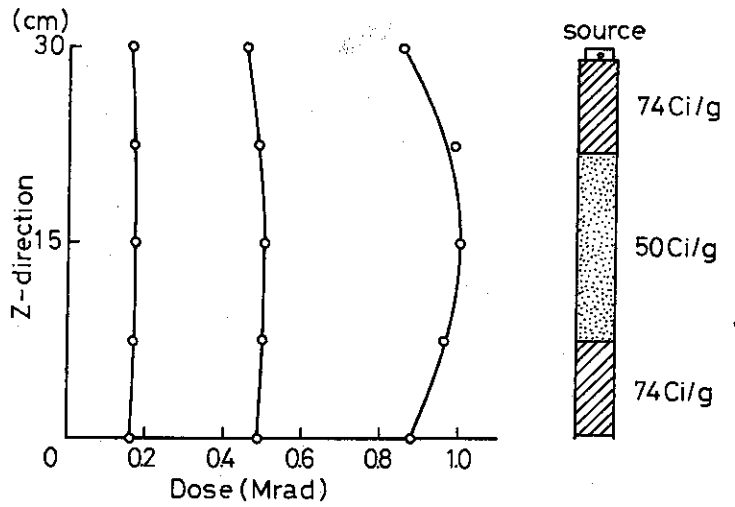


Fig. 2. Dose distribution of Z-direction in irradiation cell.

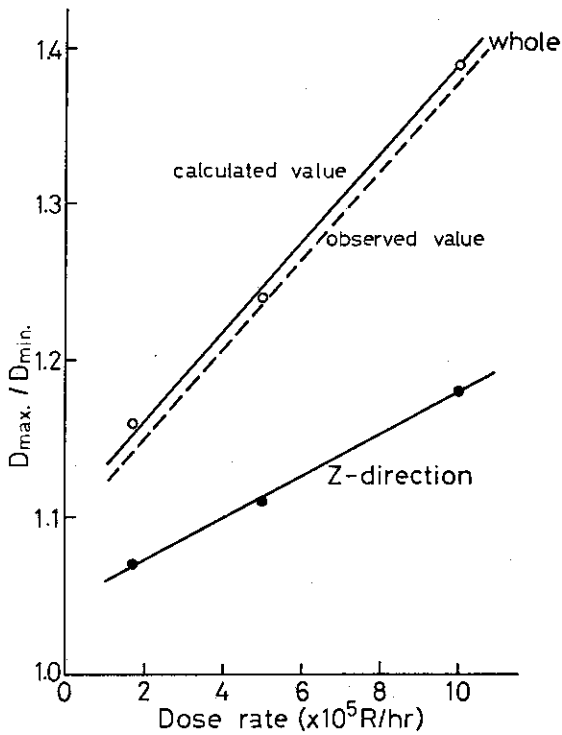


Fig. 3.  $D_{max}/D_{min}$  at various dose rate.

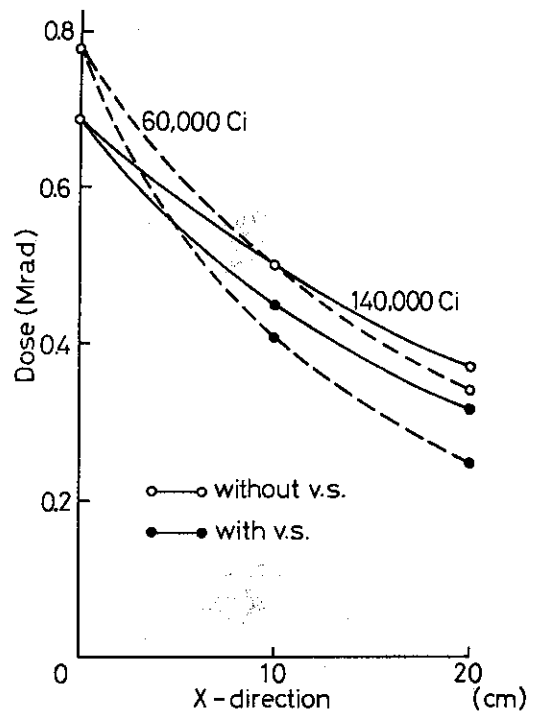


Fig. 4. Changes in dose distribution difference of total source activity.

### III) ウィンナーソーセージの放射線保蔵に関する研究(第2報)\* $\gamma$ 線照射によるウィンナーソーセージのマイクロフローラの変動

伊藤 均, 佐藤友太郎

#### 目的

ウィンナーソーセージは普通10℃以下の貯蔵温度で市販されているが、製造してから3~5日でネットが発生し、そのため商品価値が著しく低下してしまったり、流通地域がかぎられてしまうということが大きな問題となっている。ウィンナーソーセージの $\gamma$ 線照射によるネット発生防止に関する研究はすでに高坂ら<sup>1)</sup>、およびWatanabeら<sup>2)</sup>によって行なわれており、500 radの線量で1週間以上十分にネットの発生がおさえられると報告されている。しかし実用化の観点からはさらにくわしく照射によるマイクロフローラの変動と貯蔵効果について検討する必要があると思われるので、微生物学的観点から検討を行なった。

#### 実験方法

ソーセージ：市販ソーセージは高崎ハムの無着色品を用いた。保存料無添加ソーセージとしては食肉加工協会製造の特注品、および食品照射の原子力特定総合研究用に特別調製したスモークしたソーセージを用いた。

使用培地：ソーセージのマイクロフローラの変動をしらべるのには、乳酸菌分離用培地、Yeast分離用培地、5% NaCl 添加の Nutrient agar などを用いた。

微生物検査：ソーセージ2~5個をポリセロ袋に入れ窒素置換または真空包装、好氣的包装などをした後に、6万CiのCo-60 $\gamma$ 線を照射した。これを10℃に貯蔵しながら2~3日間隔でサンプリングし、これを無菌的にすりつぶし、その10gを50mlの殺菌水に入れた。そして攪拌後ガーゼで濾過し、その濾液を $10^2$ 、 $10^4$ 倍と希釈して、その0.2mlを各種平板培地に塗布して、培養後出現してくるコロニーより生菌数とマイクロフローラの検定を行なった。

#### 実験結果および考察

ウィンナーソーセージのネットおよび腐敗に関する微生物は10℃前後の貯蔵では *Lactobacillus*, *Streptococcus* などの乳酸菌や *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Alcaligenes* などが関係していると報告<sup>3)4)</sup>されている。市販のソーセージの場合には実際には乳酸菌とYeastが主要なマイクロフローラを構成し、ネット発生の原因菌だった (Fig.1)。そしてTable I に示すように $\gamma$ 線照射による貯蔵効果は同じ線量でも好氣的条件下の方が良好だった。しかし窒素置換したものでも微生物の発生は300kradで1週間目によりやく認められ、500kradでは2週間目によりやく認められた程度である。好氣的条件下で包装したソーセージでは300kradでも2週間は微生物の発生は認められなかった。しかし好氣的条件下で照射したソーセージは肉の退色が著しくソーセージの赤味がかかった色が黄色味を帯びた色に変化した。

次に食肉加工協会製造の特注ソーセージの場合には貯蔵中に発生してくる微生物の種類も多くなり、乳酸菌、*Micrococcus*, *Bacillus*, *Yeast* が主要な変敗菌として検

\* Agr. Biol. Chem., 37(2), 233~242(1973)。

出された。しかしそのほか好氣的条件下で包装したものでは *Pseudomonas* や糸状菌などの増殖も若干認められた。真空包装した場合の照射による貯蔵効果を Table II に示したが、150 krad 照射したソーセージでは乳酸菌、Yeast、Micrococcus が増殖してきたが *Bacillus* の増殖は認められなかった。まれ300 krad 以上の照射ソーセージでは乳酸菌とYeastのみが増殖してきただけで、この場合にも市販ソーセージの窒素置換して照射した場合と同様、300 krad では1週間、450 krad では2週間微生物の発生がおさえられた。

特定総合研究用に特別調製したスモークソーセージの場合には Fig. 2 に示すようにネット発生の原因菌としては乳酸菌、Yeast、Micrococcus、Flavobacterium、Acinetobacter、Serratia が検出された。しかし、Fig. 3 に示すように300 krad および500 krad 照射した場合にはマイクロフローラの構成は単純になり、Acinetobacter と Yeast のみが増殖してきた。そして東京都の衛生基準に従ってソーセージ1gあたり $10^5$ ケの菌数まで許容できるとすれば、300 krad で1週間、500 krad で2週間貯蔵ができることになる。

したがってウインナーソーセージを10℃以下の条件下で貯蔵する場合には、300 krad で微生物の発生は3~7日間認められず、貯蔵期間も2~3倍延長できることが明らかである。また500 krad 照射されたソーセージでは微生物の発生は9~14日間認められず、貯蔵期間も4~6倍に延長することができた。なおAcinetobacter はこれまでソーセージのネット発生菌としてはあまり知られていなかった菌であり放射線低抗性の強い細菌として、今後さらに検討していく予定である。

#### 文 献

- 1) 高坂和久, 塚田 武, 矢野幸男, 竈原 宏: 食品工誌, 15, 507 (1968)。
- 2) W. Watanabe, N. W. Tape and E. Larmond: Can. Inst. Food Technol. j., 2, 181 (1969)。
- 3) 鈴木 昭, 小沼博隆: 食品と科学, 9, 130 (1970)。
- 4) 金子精一: 食品包装, 8, 49 (1970)。

Radiation Preservation of Vienna Sausage (Part 2)\*  
Changes in the Microflora of Vienna Sausages after  
Irradiation with Gamma-rays and Storage at 10°C

Hitoshi ITO and Tomotaro SATO

Abstract

The species of microorganisms which can grow on commercial viennas on the storage at 10°C were Lactobacillus, Streptococcus and yeasts. When specially made viennas which did not contain preservative in its were used for this investigation, growth of microorganisms such as Lactobacillus, Streptococcus, Micrococcus, Bacillus and yeasts were predominant on the storage at 10°C, and Pseudomonas and molds some time propagated. When smoked-viennas specially made for the National Project were used for preservation, growth of microorganisms was consisted mainly of the species of Lactobacillus, Streptococcus, Micrococcus, Acinetobacter, Flavobacterium, Serratia, Corynebacterium and yeasts. Irradiation of viennas at 300 and 500 krad reduced the aforementioned flora to the Lactobacillus, Streptococcus, Acinetobacter and yeasts. The number of microorganisms on the viennas packed with nitrogen gas was not increased for 3 to 7 days by means of 300 krad irradiation, and extended the storage-life 2 to 3 times. When irradiated with a dose of 500 krad, the number of microorganisms was not increased for 9 to 14 days on the storage at 10°C.

\* Agr. Biol. Chem., 37 (2), 233 ~ 242 (1973).



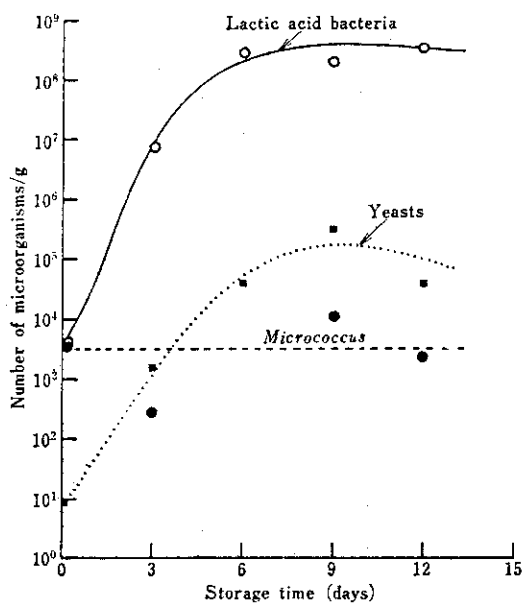


FIG. 1. Microbial Growth in Nonirradiated Commercial Viennas Stored at 10°C

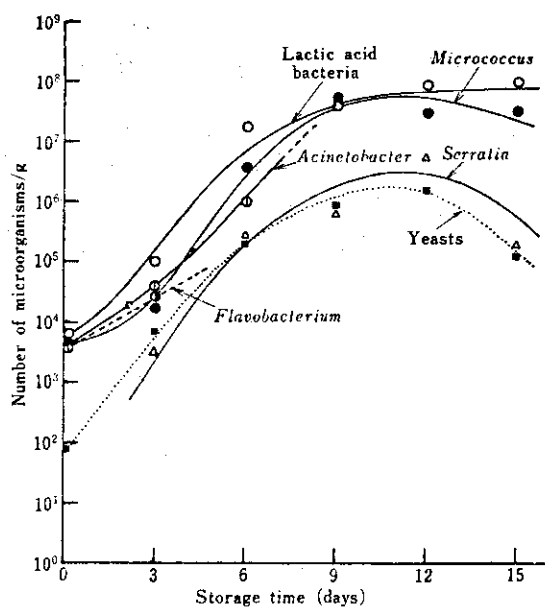


FIG. 2. Microbial Growth in Nonirradiated Smoked Viennas Stored at 10°C

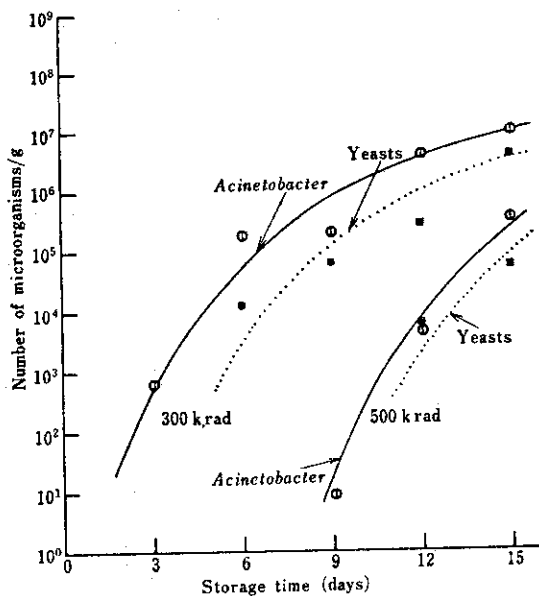


FIG. 3. Microbial Growth in Smoked Viennas by Irradiation at 300 krad and 500 krad, and Stored at 10°C

TABLE I. EFFECT OF GAMMA-IRRADIATION ON MICROORGANISMS IN COMMERCIAL VIENNA SAUSAGES STORED AT 10°C

Yeasts						
Storage days	Packed with nitrogen gas			Packed aerobically		
	Control	300 krad	500 krad	Control	300 krad	500 krad
0	$8.7 \times 10^2/g$	—	—	8/g	—	—
3	$3.3 \times 10/g$	—	—	$1.4 \times 10^3/g$	—	—
6	$5.9 \times 10^3/g$	$2.2 \times 10^3/g$	—	$3.8 \times 10^4/g$	—	—
9	$6.5 \times 10^3/g$	$4.5 \times 10^2/g$	$5.8 \times 10^2/g$	$3.0 \times 10^5/g$	—	—
12	$3.3 \times 10^3/g$	$1.9 \times 10^4/g$	—	$3.4 \times 10^4/g$	—	—

Lactic acid bacteria						
Storage days	Packed with nitrogen gas			Packed aerobically		
	Control	300 krad	500 krad	Control	300 krad	500 krad
0	$4.3 \times 10^3/g$	—	—	$4.3 \times 10^3/g$	—	—
3	$2.0 \times 10^6/g$	—	—	$6.7 \times 10^6/g$	—	—
6	$1.8 \times 10^8/g$	—	—	$2.3 \times 10^8/g$	—	—
9	$2.1 \times 10^8/g$	—	—	$2.1 \times 10^8/g$	—	—
12	$1.9 \times 10^8/g$	$1.3 \times 10^4/g$	$2.5 \times 10^2/g$	$3.3 \times 10^8/g$	$2.5 \times 10/g$	—

TABLE II. EFFECT OF GAMMA-IRRADIATION ON MICROORGANISMS IN SPECIALLY MADE VIENNA SAUSAGES STORED AT 10~12°C

Yeasts						
Storage days	Packed in vacuum			Packed aerobically		
	150 krad	300 krad	500 krad	150 krad	300 krad	500 krad
0	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—
9	$7.5 \times 10/g$	—	—	$1.9 \times 10^5/g$	—	—
12	$7.6 \times 10^4/g$	$1.4 \times 10^4/g$	—	$7.5 \times 10^4/g$	$3.8 \times 10^5/g$	—

Lactic acid bacteria						
Storage days	Packed in vacuum			Packed aerobically		
	150 krad	300 krad	500 krad	150 krad	300 krad	500 krad
0	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—
9	$5.8 \times 10^3/g$	—	—	—	—	—
12	$1.0 \times 10^5/g$	$1.5 \times 10^5/g$	—	$2.0 \times 10^5/g$	—	—

<i>Micrococcus</i>						
Storage days	Packed in vacuum			Packed aerobically		
	150 krad	300 krad	500 krad	150 krad	300 krad	500 krad
0	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—
6	$6.8 \times 10^2/g$	—	—	—	—	—
9	$5.5 \times 10^5/g$	—	—	$1.3 \times 10^2/g$	—	—
12	$1.3 \times 10^3/g$	—	—	$1.3 \times 10^2/g$	—	—

#### IV) ウィンナーソーセージの放射線保蔵に関する研究 (第3報)\* $\gamma$ 線照射による色の変化について

久末民和, 青木章平, 佐藤友太郎

##### 目 的

ウィンナーソーセージのネトの発生を防止し, 貯蔵期間の延長をはかることを目的として, 市販のウィンナーソーセージに $\gamma$ 線を照射すると, においや色などの官能的な変化が若干おこることが認められた。食品の色は食品の商品的価値を支配する重要な要因の一つであると考えられるので, ウィンナーソーセージの放射線処理を実用化するためには, 照射による色の変化を防止することが必要である。したがって, 本研究ではウィンナーソーセージの照射による退色を防止するための基礎的知見を得るために, 照射によっておこる色の変化についてしらべた。

##### 実験方法

市販の無着色ウィンナーソーセージをヒタチ電気工業製真空包装機を用いて, 窒素, 空気, 酸素置換してポリセロ袋に包装し, 70,000 Ci の  $^{60}\text{Co}$  板状線源を用いて $\gamma$ 線を1.0 Mradまで照射した。照射したウィンナーソーセージの表面色を色差計により測定し, アセトン抽出したヘム部分の吸収曲線を測定した。

##### 実験結果および考察

照射したウィンナーソーセージの断面の色をL, a, b法で測色した結果をTable 1に示した。L, bの値にはほとんど変化は認められないが, aは線量とともに減少し, またこの減少の割合は酸素, 空気, 窒素の順で大きかった。aの値は+側が赤で, -側が緑を示しており, 照射により赤色が減少しているという結果が得られた。またウィンナーソーセージの呈色基であるニトロソーヘム部分を最終濃度80%となるようにしたアセトン溶液で抽出したときの540 m $\mu$ における吸光度変化を非照射の場合を100としてFig. 1に示した。この結果, 線量が増大するにしたがって540 m $\mu$ の吸光度は減少し, また酸素・空気・窒素中の順に減少が著しかった。これらの結果は肉眼的に観察された退色現象と一致し, 照射により呈色基であるニトロソーヘム部分が減少して退色すると考えられる。また照射中の酸素の存在が退色の重要な要因であると考えられるので, 照射による退色を抑えるためには酸素を除いた状態, たとえば窒素中で照射することが望ましい。

照射したウィンナーソーセージを貯蔵すると, 退色したものがある程度回復することが肉眼的に認められたので, 10°Cで7日間貯蔵後, アセトン抽出したニトロソーヘム部分の540 m $\mu$ における吸光度変化を測定した結果をFig. 2に示した。7日間の貯蔵で540 m $\mu$ の吸光度が照射直後に比べ多少増加し, 肉眼的に観察される回復と一致した。しかし非照射の値にまでは回復しないことより一部が回復しているだけと考えられる。またヘム部分のポルフィリン核の状態に關与していると考えられる340 m $\mu$ の吸光度変化をFig. 3に示した。線量の増加とともに吸光度が減少する傾向が認められたが, この変化は窒素中でも空気中でも同じ

\* 日本農芸化学会昭和47年度大会講演(仙台)。

であり、540 m $\mu$  における変化とは異なる結果が得られた。以上の結果より照射による退色には可逆的な変化と非可逆的な変化があり、非可逆的な変化にはポルフィリン核の変化が関与しているものと考えられる。

Radiation Preservation of Vienna Sausage (Part 3)\*

Color Changes by Gamma-Irradiation

Tamikazu KUME, Shohei AOKI and Tomotaro SATO

Abstract

Gamma irradiation of vienna sausage has been studied for the purpose of extending the shelf-life. It was recognized that the color fading occur during irradiation. The color changes of vienna sausage by irradiation were studied as the color was important for the consumer acceptance.

The color fading on the cut surface of vienna sausage irradiated in atmospheres of oxygen, air and nitrogen were measured with the color difference meter. The extent of the color fading was more remarkable in oxygen than in nitrogen. These results showed that radiation should be carried out in an inert atmosphere or vacuum. The absorption curves of the extract of vienna sausage with 80% acetone were measured. The absorbance at 540 m $\mu$  of the extract was decreased with irradiation and the values were partly recovered with storage of 7 days. The absorbance of 340 m $\mu$  was also decreased with irradiation. From these results, it was considerable that the change of porphyrin nucleus occur.

\* Presented at the Annual Meeting of the Agricultural Chemical Society of Japan held in Sendai in April, 1972.

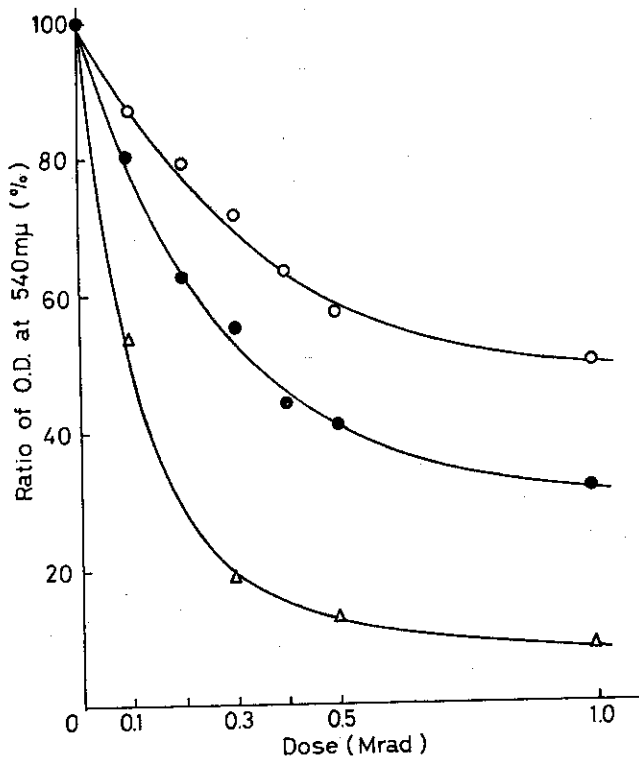


Fig. 1. Changes in optical density at 540mμ of acetone extracts.   
 ○ in N<sub>2</sub>, ● in Air, ▲ in O<sub>2</sub>.

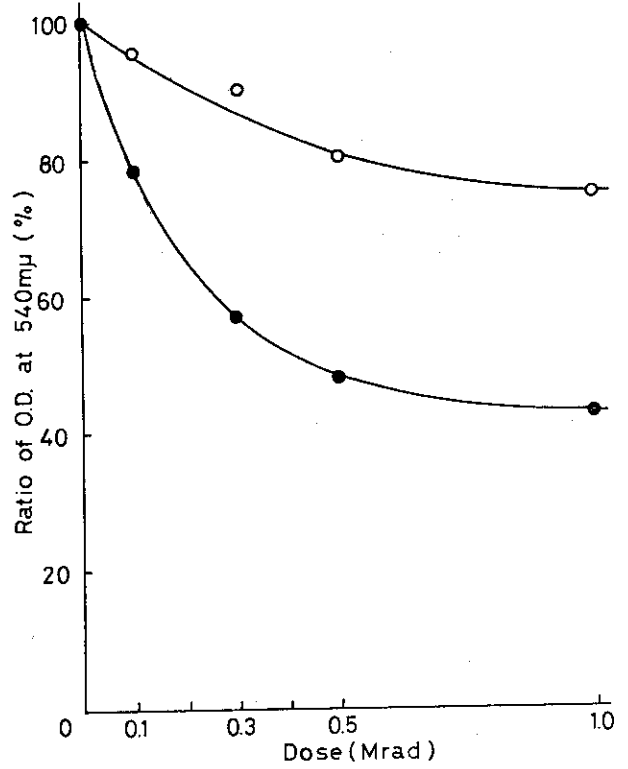


Fig. 2. Changes in absorbance at 540mμ of acetone extracts from vienna sausages stored for 7 days after irradiation.   
 ○ in N<sub>2</sub>, ● in Air.

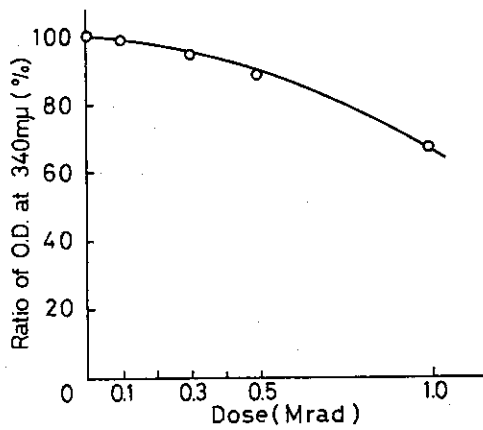


Fig. 3. Changes in absorbance at 340m of Extracts acetone extracts.

Table 1. Color Fading of Vienna Sausage by Irradiation

	N <sub>2</sub>			Air			O <sub>2</sub>		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
Control	57.7	<u>4.4</u>	9.8	57.8	<u>4.0</u>	10.6	58.2	<u>3.9</u>	10.1
0.1Mrad	58.5	<u>4.0</u>	8.8	57.9	<u>3.9</u>	9.5	58.9	<u>2.7</u>	11.0
0.3Mrad	57.9	<u>3.0</u>	10.4	57.5	<u>2.6</u>	7.5	58.9	<u>1.1</u>	11.5
0.5Mrad	58.1	<u>2.1</u>	10.1	58.0	<u>1.7</u>	7.0	59.0	<u>0.4</u>	11.3
1.0Mrad	57.6	<u>1.8</u>	10.4	58.1	<u>1.1</u>	8.0	60.1	<u>0.2</u>	11.2

## 2.2 関連研究関係

## 2.2.1 飼料の殺菌

## (1) 家蚕人工飼料の放射線処理について\*

清水 浩\*\*, 三好健勝\*\*, 宮沢福寿\*\*, 町田順\*\*, 渡辺 宏

( \*\* 群馬県蚕業試験場 )

## 目 的

近年わが国における食品工業分野での放射線利用の研究は著しく進展し、発芽抑制のための馬鈴薯の照射は実用化されつつある。また放射線による殺菌は化学的変化や物理的変化が少ない点で加熱殺菌よりもすぐれており、これらの特徴を生かして実験動物用の無菌飼料の殺菌に放射線が使用されている。<sup>1)2)</sup>そこで本実験では家蚕人工飼料に $\gamma$ 線を照射して、微生物の減少および照射された人工飼料による家蚕の飼育成績を調べ、人工飼料に対する照射の適応性について検討した。

## 実験方法

人工飼料は Table 1 に示した各成分から構成されており、照射前に調製した。調製方法は飼料原料に 2.4 倍容の水を加え、よく練ったのち  $100^{\circ}\text{C}$ 、15 分加熱成形したものをスライス状に切ってからポリエチレン袋に入れて照射試料とした。照射は  $0-60$  を用いて室温で行なった。

飼料の殺菌効果と飼育時における菌数の変化を調べるために、細菌に関しては Waksman 培地を用い、また糸状菌のために、Martin 培地を使用した。飼育は殺菌シャーレ内で雌蚕 40 頭を室温  $27^{\circ}\text{C}$  で飼育した。飼料は照射後冷蔵庫に保存し、食餌として 1 日 1 回与えた。

## 実験結果および考察

照射による殺菌効果は  $0.25 \text{ Mrad}$  でも比較的有効であったが、Table 2 に示すように  $2.5 \text{ Mrad}$  の照射では細菌も糸状菌も全く検出されなかった。また、開放系の飼育のため雌蚕の飼育中に飼料は次第に汚染されたが、細菌の場合には菌数の増加は線量が大きいほど少なく  $1.0 \text{ Mrad}$  5 日後でも非照射の  $1/30$  以下であり、実用化の期待がもてた。糸状菌では  $1.0 \text{ Mrad}$  の照射で照射直後には全く検出されなかったが、3 日後にはすでに非照射飼料と同じ程度汚染され、5 日後にはさらに菌数が増加した。

飼育試験の結果を Fig. 1 に示した。横軸は照射した飼料の線量であり、縦軸は孵化してから 10 日間照射飼料で飼育した時の生長度を非照射飼料で飼育したものの生長度を 100 とし、その相対値で示した。生長度は蚕重量で測定した。家蚕の生長は  $1.0 \text{ Mrad}$  以上照射した飼料では線量の増加に伴って阻害された。この傾向は乾燥飼料  $6 \text{ g}$  当たり  $50 \mu\text{g}$  のビタミン  $B_1$  やビタミン  $B_6$  を各々添加しても抑制することはできなかった。しかし飼料に 3% のビタミン  $C$  を添加することによって、照射による生長阻害を抑えることができた。また照射による off-flavor についてみると、 $2.5 \text{ Mrad}$  でも家蚕の忌避性はみられなかった。し

\* 第 42 回日本蚕糸学会講演 (1972)。

たがって、ビタミンCの補強などにより飼料組成を変えることによって、忌避性もなく、生長阻害も起らない殺菌飼料をγ線照射によって調製できることが明らかになった。家畜人工飼料の流通と室温貯蔵の必要性等を考慮すると、放射線殺菌処理は人工飼料の実用化において有力な手段になるものと思われる。

文 献

- 1) 岩藤誠吾, 鈴木善雄, 飯塚広, 柴部禎巳, 仲川憲一: 実験動物, 19, 77 (1970)。
- 2) 岩藤誠吾, 鈴木善雄, 飯塚広: 実験動物, 21, 189 (1972)。



Radiation Treatment of Artificial Diet for Silkworm (*Bombyx mori*)\*

Osamu SHIMIZU\*\*, Takekatsu MIYOSHI\*\*, Fukuju MIYAZAWA\*\*,

Junichi MACHIDA\*\* and Hiroshi WATANABE

(\*\* Gumma-ken Sericicultural Experimental Station)

Abstract

Effect of irradiation on sterilization of an artificial diet for silkworm was investigated.

- 1) The artificial diets were sterilized by irradiation of 1 - 2.5 Mrad, but number of bacteria and molds was gradually increased on the rearing of silkworm.
- 2) Silkworm eated the diet irradiated with 2.5 Mrad in a similar manner as unirradiated one.
- 3) The growth of silkworm was inhibited by rearing on the diet irradiated with dose more than 1.0 Mrad. However, the growth inhibition by irradiation was prevented by addition of L-ascorbic acid (vitamin C) to the diet.

\* Presented at the 42nd Annual Meeting of the Sericicultural Society of Japan in 1972.

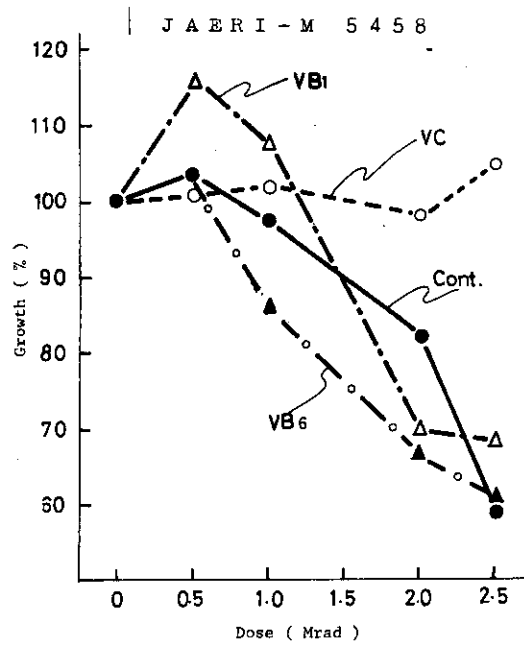


Fig. 1. Growth of Silkworm Reared with Irradiated and Unirradiated Diet

Table 1. Composition of Diet

constituent	percent
mulberry leaf powder	35.0
soybean powder, defatted	34.0
milk casein	3.2
sucrose	3.2
glucose	2.7
corn starch	4.3
Brewer's yeast	4.3
salt mixture	1.0
OM-2	0.5
ascorbic acid	1.0
citric acid	1.6
terephthalic acid	1.0
total	100.0

water: 24 ml per 10g of dry diet

Table 2. Effect of Irradiation on Microorganisms of Diet

organism	dose (Mrad)	rearing (days)		
		0	3	5
bacteria	0	5233	6800	5800
	1.0	24	80	167
	2.5	0	10	40
molds	0	300	200	570
	1.0	0	150	400
	2.5	0	200	700

## (2) 放射線照射による無菌動物用飼料の殺菌\*

伊藤 均, 飯塚 広\*\*, 佐藤友太郎

( \*\* 京大・応用微生物研究所)

## 目 的

近年無菌動物またはSPF(特定病原不在)動物を使用した研究<sup>1)2)</sup>がさかんになるに伴って与える飼料の完全殺菌方法が問題となってきた。最近まで行なわれてきている無菌飼料の商業的な生産は高圧蒸気殺菌法で行なわれているが、蒸気殺菌した飼料は不可避的に飼料の硬化およびビタミン等の成分の破壊がともなう。このほかエチレンオキサイドガスなどによる燻蒸の方法があるが、殺菌効果が飼料中の水分含量やガス拡散性などの条件によって変動しやすく、味とか臭および飼育動物に与える毒性等の問題もあり好ましくないとされている。これに対しγ線照射による処理法の場合にはポリエチレン袋等による包装状態で完全殺菌でき、熱変性の心配もないと思われる。

本研究は日本原子力研究所とオリエンタル酵母(株),三共(株)の三者による協力研究<sup>3)4)</sup>が行なわれた時の原研側が分担した滅菌効果についての報告である。

## 実験方法

1. 照射方法: ポリエチレン袋にシールした飼料を線量率0.5 Mrad/hrの位置で0.5~3.0 Mradの各線量照射した。
2. 殺菌効果の判定: チオグリコレート培地約50 mlに各線量の照射ペレット各1個ずつ無菌的に投入して無菌試験を行なった。また医療用具の放射線滅菌のマーカー菌 *Bacillus pumilus* E601株, *Streptococcus faecium* A<sub>2</sub> 1株も参考に用いて殺菌線量を求めた。

## 実験結果および考察

ペレット状固型飼料をチオグリコレート培地に無菌的に投入して培養した場合、飼料は一晩で水を吸って膨張し、非照射ペレットおよび0.5 Mrad照射ペレットは5ケのチオグリコレート培地全部に細菌の生育が認められた。また、1.0 Mrad照射ペレットでは2~3日後に10ケ中7ケに菌体の生育が認められた。また、1.5 Mrad照射ペレットでは7日近く培養することにより、10ケ中2ケに細菌類の増殖が認められた。そして2.0 Mrad以上の照射ペレットでは一切菌類の生残は認められなかった。この結果を表にして示すとTable 1のようになる。

次に、固型飼料1g中の総菌数のγ線照射線量による変動をしらべるためにend point法によって得られた生残菌数の変動をグラフにするとFig. 1のようになった。総菌数は非照射の飼料で1gあたり $4.0 \times 10^4$ 個あり、生残菌数の減少は3つの異なる部分の曲線で示されていた。すなわち0~0.2 Mradの間では放射線感受性の強い細菌群による死滅曲線であり、0.2~1.0 Mradの間では *Bacillus* などの有芽胞細菌を中心とした死滅曲線で

あると思われる。1.0 Mrad 以上でのテーリングは有芽胞細菌または栄養細胞型の放射線抵抗性細菌による死滅線であろう。このグラフから1gあたり $10^{-5}$  ~  $10^{-6}$  々の生残菌数にまで減少させるのに必要な線量を求めると2.5 ~ 3.5 Mrad 必要ということになる。

一方、マーカー菌の*B. pumilus* E601株、*St. faecium* A<sub>2</sub> 1株を滅菌乾燥して無菌飼料と同じような乾燥状態でγ線を照射して完全殺菌線量を求めたところ2.5 ~ 3.0 Mrad で十分殺菌が可能なのことがわかった。

したがって、これらの諸結果を考慮して飼料の殺菌曲線から求めた2.5 ~ 3.5 Mrad の線量が完全殺菌線量として妥当であろう。

#### 文 献

- 1) 野村達次：化学と生物，7，35（1969）。
- 2) F. J. Ley, J. Bleby, Marie E. Coates: Lab. Anim. 3, 221 (1969)。
- 3) 岩藤誠吾ら：実験動物，19（2，3），77（1970）。
- 4) 岩藤誠吾ら：実験動物，21（4），189（1972）。

## Sterilization of Laboratory Animal Diets by Ionizing Radiation\*

Hitoshi ITO, Hiroshi IIZUKA\*\* and Tomotaro SATO

(\*\* Institute of Applied Microbiology, University of Tokyo)

## Abstract

Sterilizations by gamma irradiation of various laboratory animal diets are described, which are intended for specified-pathogen-free (SPF) and germ-free colonies. The sterilization of pellets is successfully achieved with the doses as low as 2 Mrad by an inoculation technique, using thioglycollate medium. A few positive samples are observable at a dose of 1.5 Mrad, the number increasing with decrease of the dosage. The organisms surviving over 1.0 Mrad are mostly spore-forming bacterium such as Bacillus spp; and some gram positive cocci and gram negative in chains or filamentous bacterium are also observed.

A radiation dose of 2.5 Mrad is effective for sterilization of dried test pieces such as Bacillus pumilus E601 and Streptococcus faecium A<sub>2</sub>1, which are the recommended microbiological reference standards of medical products. The radiation doses of 2.5 ~ 3.5 Mrad, which are obtained from the sterilization curve of animal diets, thus appears to be desirable for sterilization of the animal diets.

\* JAERI-M 5249 (1973).

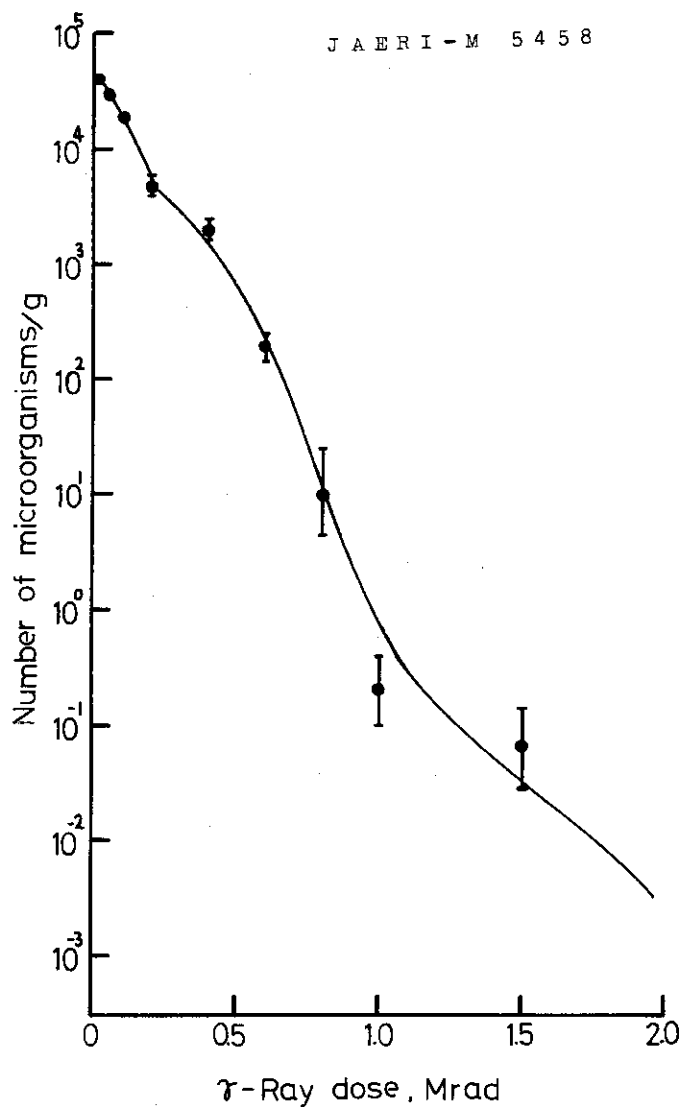


Fig. 1. Sterilization curve of animal diets by gamma-radiation

Table 1. The lethal effect of ionising radiation on microorganisms of diets.  
Each randomly sampled pellet was introduced into a glass vial flask containing 50 ml of tioglycolate broth and incubated for 7 days.

Dose(Mrad)	number of pellets	positive pellets number	%
0.5	5	5	100
1.0	10	6	60
1.5	10	2	20
2.0	20	0	0
2.5	20	0	0
3.0	30	0	0

## 2.2.2 発酵原料の殺菌、改質

## (1) ビオチンの放射線分解\*

渡辺 宏, 佐藤友太郎

## 目 的

グルタミン酸発酵において、大部分のビオチン要求性微生物では培地 1 ℓ 当り 1~5  $\mu\text{g}$  のビオチン濃度が微生物の生長とグルタミン酸生成との関係において最適な濃度であるといわれている。しかし培地に使用される糖蜜の多くは 1  $\text{g}$  当り 0.3  $\mu\text{g}$  の多量なビオチンを含有しており、そのままではグルタミン酸生成には適していない。そのため現在では抗生物質<sup>1)</sup>や界面活性剤<sup>2)</sup>を使用することにより、グルタミン酸の生成を調整している。そこで、糖蜜培地を  $\gamma$  線で照射することにより、殺菌処理を行なうと同時にビオチン含量を調節し、最適な発酵培地に改質することの可能性を検討するために、水溶液中における各種条件下でのビオチンの放射線分解について調べた。

## 実験方法

$\gamma$  線による照射はビオチンを蒸留水に溶解して 1~100  $\mu\text{g}/\text{ml}$  の各種濃度の水溶液を調製し、0~60 の  $\gamma$  線を線量率  $5 \times 10^4$  R/hr で各線量を室温で照射した。窒素飽和および酸素飽和の溶液はビオチン水溶液 2 ml を試験管にとり 10 分間各々の気体で置換したのち、密栓して照射した。ビオチンは *Lact. arabinosus* 17-5 (ATCC8014) を使用し、バルブディスク法による微生物定量法によって定量した。

## 実験結果および考察

糖蜜中のビオチン含量はその種類および産地により異なり、甘蔗糖蜜では 1  $\text{g}$  当り 0.6~1.0  $\mu\text{g}$ 、また甜菜糖蜜では 0.033  $\mu\text{g}$  であるといわれている<sup>3)</sup>。このようにビオチン含量の変化する糖蜜を処理することを考慮し、各種濃度の水溶液中におけるビオチンの照射による濃度変化を測定した (Fig. 1)。ビオチン濃度を活性で測定したため、縦軸は初濃度に対する残存ビオチン活性を百分率で示した。照射によるビオチンの失活は初濃度が低いほど大きくなった。50 krad 以下では各濃度溶液におけるビオチンの失活は指数函数的に減少しており、この直線部分ではビオチンの失活は初濃度に依存した。

次に照射によるビオチンの失活におよぼす水溶液中の酸素効果を調べ、その結果を Fig. 2 に示した。100  $\mu\text{g}/\text{ml}$  のビオチン濃度の場合にはいくぶん酸素置換の効果が認められ、酸素置換を行なうことによってビオチンの失活はわずかに促進された。しかし 10  $\mu\text{g}/\text{ml}$  の濃度の場合には、酸素置換を行なったものと、直換を行なわずに水溶液の状態での照射したものと、ともにその残存ビオチン活性は指数函数的に減少したが、酸素置換を行なった場合には Lag dose をもつシグモイド曲線となった。これは酸素置換を行なったことにより、ビオチンの失活が抑えられたのではなく、ビオチンが遊離基と反応して生じた生成物がビオチンと同様に微生物活性を有していると考えられる。

\* 食品照射, 7 (1), 37~42 (1972)。

糖蜜中のビオチン含量の照射による減少に影響を与えるものとして pH の効果を検討した。Fig. 3 には  $10 \mu\text{g}/\text{ml}$  のビオチンを pH 5 ~ 8 まで各種 pH の  $1/15 \text{ M}$  リン酸緩衝液中で照射したときの残存ビオチン活性を示した。pH の変化により  $\gamma$  線によって水から生じる遊離基の G 値は変化するが、ビオチンは酸性溶液中で失活されやすく、アルカリ性では失活されにくかった。

以上の結果から、糖蜜中のビオチン含量を  $\gamma$  線照射によって効果的に減少させるためには、濃度の減少率が初濃度に依存することを考え、糖蜜原液をそのまま照射するよりも、培地として使用する濃度にまで希釈した状態で、また溶液は酸性として照射することが望ましいと考えられる。発酵培地として使用される糖蜜溶液中のビオチン含量は高々  $1 \mu\text{g}/\text{ml}$  程度であるから、Fig. 1 の結果から推定すると  $50 \text{ krad}$  程度の照射でビオチン濃度は最適濃度にまで低減できると思われるが、実際糖蜜中に含まれるビオチンは他の含有化合物により、 $\gamma$  線に対して保護されていると考えられるから、さらに高線量の照射がビオチン濃度の低減のために必要になるものと思われる。

#### 文 献

- 1) N, L, サマーソン他：日本特許公告，昭 37-1965。
- 2) 宇田川清，阿部重雄，木下祝郎：醸工誌，40，614 (1962)。
- 3) 林部正也他：醸協誌，17，215 (1959)。



## Radiolysis of Biotin\*

Hiroshi WATANABE and Tomotaro SATO

## Abstract

Most of microorganisms on glutamic acid fermentation demand biotin for the growth. It has been explained that the concentration of biotin of 1 ~ 5  $\mu\text{g}/\text{l}$  in medium is optimum for the production of glutamic acid. However, molasses used as medium contains generally a large quantity of biotin, 0.3  $\mu\text{g}$  per one gram of molasses, and it is unsuitable for the production of glutamic acid as it is. Inactivation of biotin by  $\gamma$ -irradiation was investigated under the various condition as preliminary experiment, in order to obtain information for possibility that biotin in molasses may be destroyed and consequently molasses may be changed into optimum condition for the fermentation.

Biotin was dissolved in water and the concentrations of biotin were measured quantitatively by bioassay. Lactobacillus arabinosus 17-5 was used as the testing microorganism.

The concentration of biotin decreased by irradiation. Inactivation of biotin by irradiation was promoted with decreasing the concentration and  $D_{37}$  values on the inactivation were proportional to the initial concentration of biotin. In the case of biotin concentration of 10  $\mu\text{g}/\text{ml}$ , the activity of biotin decreased exponentially. While in the aerobic condition, the inactivation curve showed sigmoidal. Inactivation was promoted on the acidified solution, and protected by addition of cysteine. Therefore, molasses must be diluted as far as possible and acidified, in order to decrease the concentration of biotin successfully by irradiation.

\* Food Irradiation, Japan, 7 (1), 37 - 42 (1972).

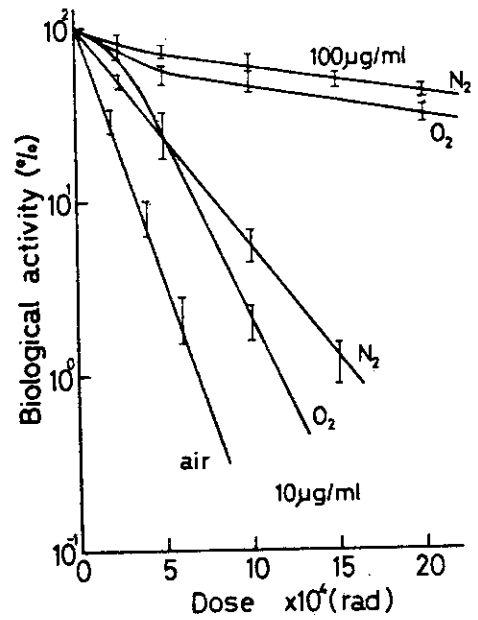
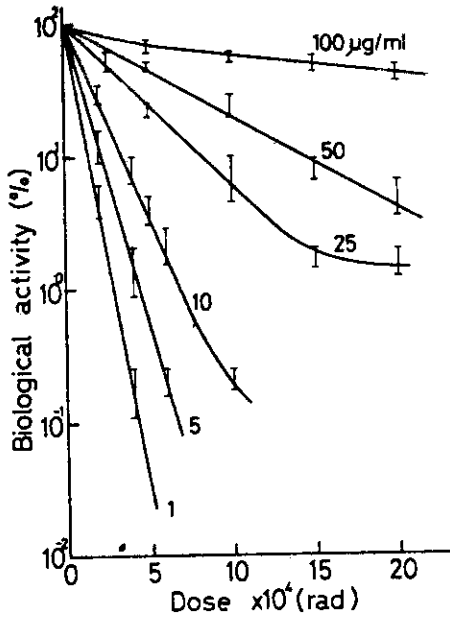


Fig. 1. Rates of Inactivation of Biotin by Gamma Irradiation

Fig. 2. Effect of N<sub>2</sub> and O<sub>2</sub>-Saturation on Inactivation of Biotin

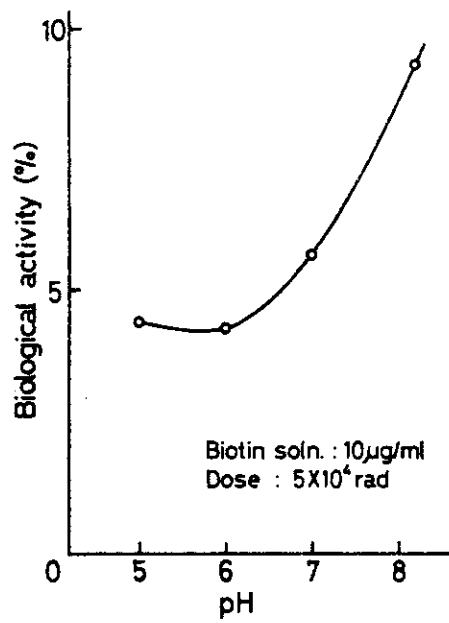


Fig. 3. Effect of pH on Inactivation of Biotin

## (2) 水溶液中におけるビオチンの放射線分解(その1)\* (グルタミン酸発酵培地の放射線処理 第1報)

渡辺 宏, 佐藤友太郎

## 目 的

現在, 発酵生産培地の殺菌は一般に常圧または加圧下における加熱処理法によって行なわれている。しかし, 加熱処理法においては高温で処理した培地を適温まで冷却する工程で多量の冷却水と時間を要すること, またある種の発酵においては殺菌のための高温処理中に培地基質の変性が起り, そのために発酵生産物の収量が減少<sup>1)</sup>するなどの問題がある。そこで発酵培地の殺菌と改質に放射線が適用できれば, 加熱処理法におけるこれらの問題点の解消に役立つものと考えられる。この目的のために前報<sup>2)</sup>ではグルタミン酸発酵をとりあげ, 発酵調節物質であるビオチンの水溶液中での分解について検討したが, 今回はビオチンの分解とそれに伴う主要な分解生成物についてしらべた。

## 実験方法

ビオチンは市販品を使用した。ビオチンスルフォキシドは D, B, Melville<sup>3)</sup>の方法によりビオチンから調製した。ビオチンは3回蒸留水に溶解し, 1 mg/ml 濃度のものを試験管に入れ密封して室温で照射した。ビオチンの分離は Dowex 1 の液体クロマトグラフィによって行ない, その検出は熱検出法によった。また照射生成物の分離のために水飽和 n-ブタノールを溶媒系とする薄層クロマトグラフィ, および Sephadex G-10 によるゲル濾過法を使用した。

## 実験結果および考察

現在ビオチンは微生物定量法で定量するのが一般的である。しかし微生物定量法ではビオチン含量をその生物活性でおさえるために, ビオチンと同じ生物活性をもつ物質が共存した場合にはビオチンそのものの量的変化を測定することがむずかしい。そこで微生物定量法以外のビオチン定量法について検討した。Fig. 1は熱検出法によるビオチンの検出と, ビオチン d-および l-スルフォキシドの分離を示した。Fig. 1(B)では 0.8φ × 30 cm カラムを使用した。この条件によりビオチンとビオチンの2つのスルフォキシドとの分離が可能となった。この分離条件においてビオチンのピークの高さと濃度との関係を Fig. 2に示した。検出限界濃度は約 0.05 mg/ml であると思われるが, 0.1 ~ 1.0 mg/ml の測定濃度範囲で直線関係が得られたため, この検量線からビオチンの定量を行なった。照射によるビオチン濃度の変化を Fig. 3 に示した。ビオチンは 1.0 Mrad の照射により初濃度の 55% が変化し, さらに 2.0 Mrad では約 86% が変化した。

ビオチン水溶液を照射すると水溶液は白濁し, またその沈殿を除いた上清の紫外吸収を測定すると 295 mμ における吸収が濃量とともに増大した。Fig. 4に示したように 1.0 Mrad まではほぼ直線的に吸収は増大するが, 2.0 Mrad では吸収の増加は次第に緩くなる

\* Amino Acid · Nucleic Acid, 27号, 50 ~ 56 (1973) .

った。この物質の分離方法を Fig. 5 に示したが、水飽和  $\alpha$ -ブタノールを溶媒系として展開したペーパークロマトグラフィからの Rf は約 0.73 であり、ビオチンよりも大きかった。またさらにこの物質の分子量を推定するために 0.05 M NaCl で緩衝化した Sephadex G-10 によりゲル濾過を行なった結果、フェニルアラニンよりも分子量が小さく、従って少なくとも 165 以下であると考えられる。

次に照射によって生成する沈殿物質について検討した。Fig. 5 に示した方法によって分離される沈殿物質は、Fig. 6 に示したように、線量とともに増大し、12.0 Mrad の照射ではその沈殿重量は使用したビオチン重量の 40% に達した。さらに沈殿生成は 12.0 Mrad 以上でも線量につれて増大する傾向を示した。この沈殿物質をメンブランフィルターで分画すると、10,000 以下、1,000 以上の分子量を持つ区分に分画され、Sephadex G-10 によるゲル濾過においては溶媒容積 ( $V_0$ ) と同じ点で溶出された。またこの物質中の窒素およびイオウ元素の確認のためにケルダール分析とヨウ素アジド反応を行ない、窒素元素とイオウ元素の存在を確認した。このことはビオチンに近い元素組成をもっていることを意味する。したがってこの沈殿物質は少なくとも分子量 1,000 以上の物質であり、ビオチンが何らかの形で重合して生成された高分子物質であると思われる。このように照射によって生成される物質には 295  $m\mu$  に吸収をもち、ビオチンよりも低分子量の物質と、ビオチンの重合体と考えられる沈殿物質とがあった。したがって、ビオチン水溶液を  $\gamma$  線で照射した場合にはビオチンの分解反応と、高分子物質を生成するような重合反応と少なくとも 2 つの反応経路が存在しているものと考えられる。

#### 文 献

- 1) 白土志郎, 本山 浩: 農協誌, 19, 549 (1961).
- 2) 渡辺 宏, 佐藤友太郎: 食品照射, 7, 37 (1972).
- 3) D. B. Melville : J. Biol. Chem., 208, 495 (1954).

Radiolysis of Biotin on Aqueous Solution\*  
Irradiation Treatment of Medium on L-Glutamic Acid  
Fermentation, Part I

Hiroshi WATANABE and Tomotaro SATO

Abstract

Most of microorganisms on the glutamic acid fermentation demand biotin for the growth. It has been explained that the concentration of biotin of 1 ~ 5  $\mu\text{g/liter}$  in medium is optimum for the production of glutamic acid. However, the molasses used as medium contains generally a large quantity of biotin, 0.3  $\mu\text{g}$  per one gram of molasses, and it is unsuitable for the production of glutamic acid as it is. The radiolysis and irradiation products of biotin on aqueous solution were investigated as preliminary experiment, in order to obtain information for possibility that biotin in molasses may be destroyed and consequently molasses may be changed into optimum material for the fermentation.

The assay system other than the bioassay used some bacteria was investigated as the method to determine the concentration of biotin. Biotin was separated by liquid chromatography using Dowex 1 buffered by formic acid, and detected by thermal detection method. The measurements were made on solutions ranging in the concentration from 0.1 to 1.0  $\text{mg/ml}$ . The linear relationship existed between the concentration of biotin and the peak height of elution curve on this limited concentration ranges. The concentration of biotin in aqueous solution decreased by  $\gamma$ -irradiation. The absorbance at 295  $\text{m}\mu$  on the biotin solution increased with an increase in irradiation dose. The substance that absorbs light at 295  $\text{m}\mu$  was eluted the fractions of lower molecular weight than phenylalanine by chromatography on a column of Sephadex G-10. On the other hand, the molecular weight of precipitate produced in the biotin solution by irradiation was at least more than one thousand by ultrafiltration, and higher than molecular weight of biotin (244.31).

\* Amino Acid . Nucleic Acid, No. 27, 50 ~ 56 (1973)

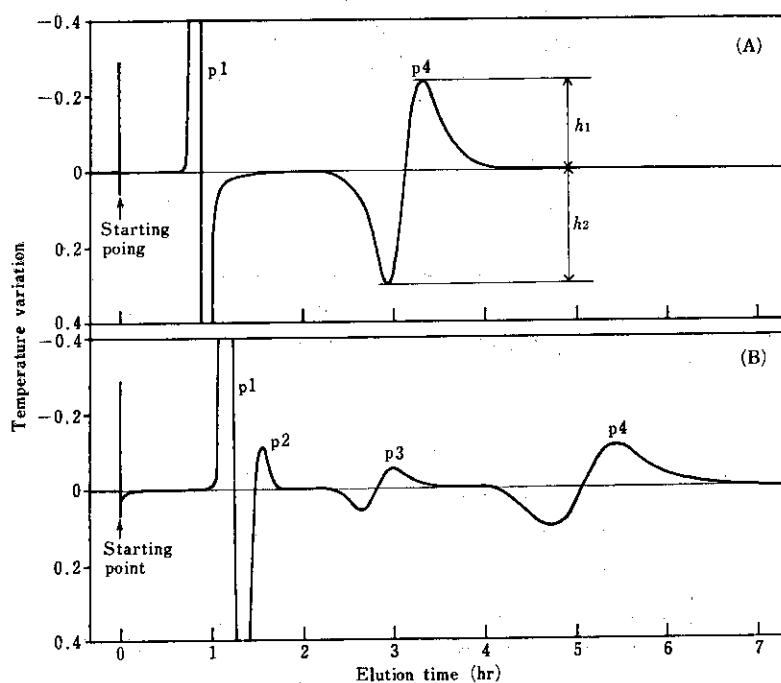


Fig. 1. Liquid Column Chromatography of Biotin and Biotin-sulfoxide by Thermal Detection Method

The separation of biotin was carried out with the following conditions; separation column  $0.8 \times 15$  cm (A),  $0.8\phi \times 30$  cm (B), detection column  $0.8\phi \times 6.5$  cm, fixed phase Dowex  $1 \times 2$  (200~400 mesh), eluent 0.1M formic acid, flow rate of eluent 0.51 ml/min, sensitivity  $\pm 3/1000^\circ\text{Cfs}$ , chart speed 30 mm/hr. p1, sample solvent (water); p2, biotin *d*-sulfoxide; p3, biotin *l*-sulfoxide; p4, biotin.

Peak height (H) =  $h_1 + h_2$

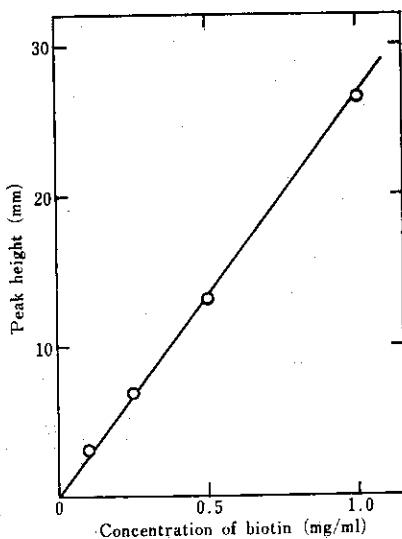


Fig. 2. Relationship between Concentration of Biotin and Peak Height of Elution Curve

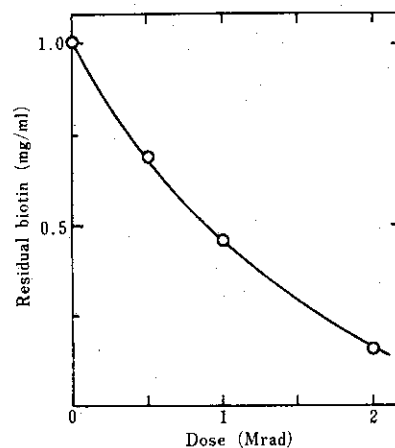


Fig. 3. Changes in Concentration of Biotin in Aqueous Solution by Irradiation

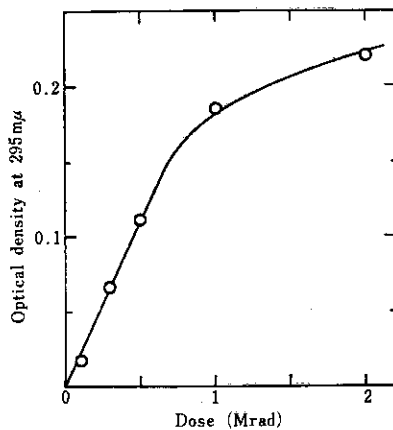


Fig. 4. Increase in Absorbance at 295 mμ on Biotin Solution

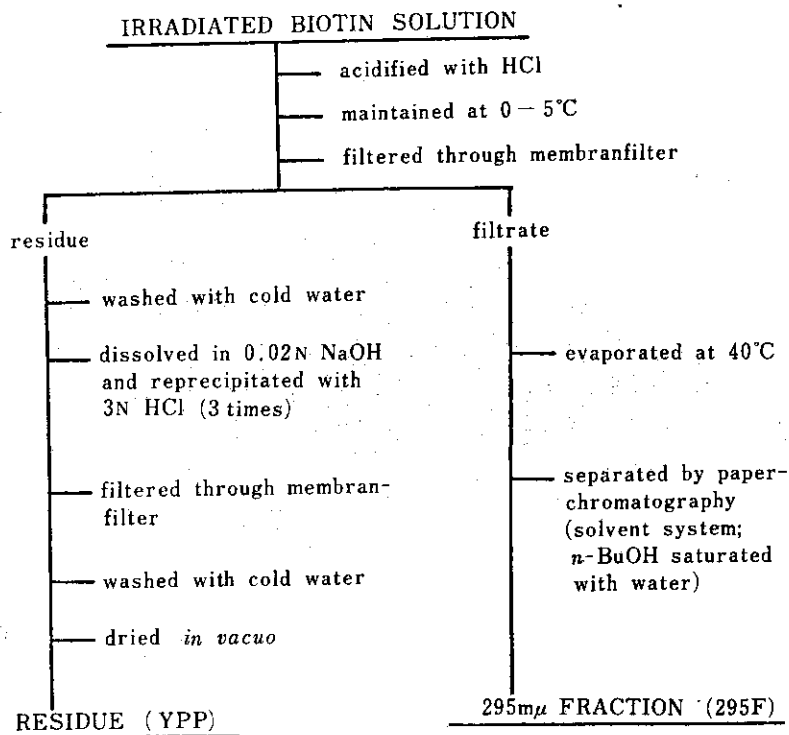


Fig. 5. Separation Procedure of 295 F and YPP Produced by Irradiation

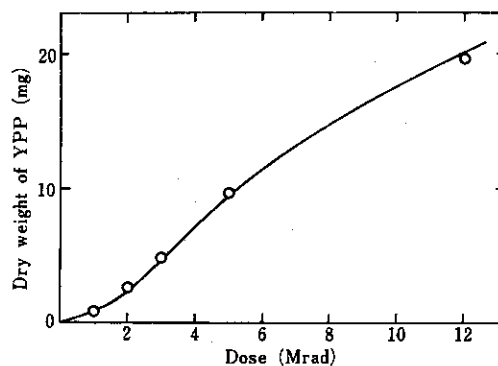


Fig. 6. Increase in Dry Weight of Precipitate (YPP) Produced by Irradiation

## 3. 総説その他発表リスト

## 3.1 総説 (Reviews)

## 1) 照射食品実用化の問題点 - 照射ジャガイモ -

佐藤友太郎：原子力工業，16(11)，7~10(1970)。

The Problem on the Practical Application of Food Irradiation. -  
Irradiation of Potatoes. -

Tomotaro SATO: Nucl. Engng. (Japan), 16 (11), 7 ~ 10 (1970).

## 2) 放射線照射による実験動物用飼料の殺菌

佐藤友太郎：食品工業，13(24)，89~92(1970)。

Sterilization of Laboratory Animal Diets by Gamma Radiation.

Tomotaro SATO: Food Industry, Japan, 13 (24), 89 ~ 92 (1970).

## 3) ヨーロッパにおける食品照射の現状

佐藤友太郎：JAERI-memo，4395，93p. (1971)。

Present Status on Food Irradiation in Europe.

Tomotaro SATO: JAERI-memo, 4395, 93p. (1971).

## 4) 最近におけるヨーロッパの食品照射の現況見聞記

佐藤友太郎：食品照射，5(2)，1~8(1971)。

Present Status on Food Irradiation in Europe.

Tomotaro SATO: Food Irradiation, Japan, 5 (2), 1 ~ 8 (1971).

## 5) 馬鈴薯の放射線保蔵 - その技術的，経済的展望 -

佐藤友太郎：ニューフードインダストリー，13(7)，23~26(1971)。

Radiation Preservation of Potatoes.

Tomotaro SATO: New Food Industry, 13 (7), 23 ~ 26 (1971).

## 6) アイソトープの食品分野における利用

佐藤友太郎，伊藤均：スチールデザイン，No.99，39~41(1971)。

Utilization of Radioisotopes in the Field of Foods.

Tomotaro SATO and Hitoshi ITO: Steel Design, No.99, 39 ~ 41  
(1971).

## 7) 食品照射の新らしい側面

佐藤友太郎：食品工業，14(12)，45~53(1971)。

Side-view of Food Irradiation.

Tomotaro SATO: Food Industry, Japan, 14 (12), 45 ~ 53 (1971).

## 8) 食品・飼料などのサルモネラ菌の放射線殺菌

川嶋浩二，佐藤友太郎：食品工誌，18(9)，441~448(1971)。

Elimination of Salmonella from Foods and Feeds by Irradiation.

Koji KAWASHIMA and Tomotaro SATO: J. Food Sci. Technol., Japan,  
18 (9), 441 ~ 448 (1971).



9) 食品照射に関する原子力特定総合研究の現況 - バレイシヨの発芽防止に関する研究成果

佐藤友太郎: Radioisotopes, 20 (11), 631 ~ 637 (1971).

Present Status of National Research Project on Food Irradiation. -  
Report on Sprout Inhibition of Potatoes by Gamma Irradiation. -

Tomotaro SATO: Radioisotopes, 20 (11), 631 ~ 637 (1971).

10) 食品照射に関する特定総合研究の現況 - バレイシヨの発芽抑制 -

佐藤友太郎: 日本原子力学会誌, 13 (3), 135 ~ 138 (1971).

Present Status of National Research Project on Food Irradiation. -  
Sprout Inhibition of Potatoes. -

Tomotaro SATO: J. At. Energy Soc. Japan, 13 (3), 135 ~ 138  
(1971).

11) 食品照射の意義と作用機構

佐藤友太郎: ニューフードインダストリー, 14 (1), 65 ~ 69 (1972).

Meaning and Mechanism of Food Irradiation.

Tomotaro SATO: New Food Industry, 14 (1), 65 ~ 69 (1972).

12) 放射線による食品照射

佐藤友太郎: セイフティダイジェスト, 18 (4), 140 ~ 144 (1972).

Food Irradiation.

Tomotaro SATO: Safety Digest, 18 (4), 140 ~ 144 (1972).

13) 食品照射の将来への展望

佐藤友太郎: 食品工業, 15 (10), 83 ~ 88 (1972).

Food Irradiation and Its Future Prospects.

Tomotaro SATO: Food Industry, Japan, 15 (10), 83 ~ 88 (1972).

14) 食品保蔵におけるラジエーション技術の新しい展開

佐藤友太郎: 食品工業, 15 (16), 73 ~ 77 (1972).

New Progress in Radiation Technology for Food Preservation.

Tomotaro SATO: Food Industry, Japan, 15 (16), 73 ~ 77 (1972).

15) わが国における食品照射の現況 (英文)

佐藤友太郎: Peaceful Uses of Atomic Energy (Proc. 4th  
Geneva Conf. 1971), Vol.12, 325 ~ 336, IAEA,  
Vienna (1972).

Present Status of Food Irradiation in Japan. (English)

Tomotaro SATO: Peaceful Uses of Atomic Energy (Proc. 4th  
Geneva Conf. 1971), Vol.12, 325 ~ 336, IAEA,  
Vienna (1972).

16) 鶏卵の放射線処理について

佐藤友太郎, 久米民和: ニューフードインダストリー, 14(11), 18~21(1972).

Irradiation of Egg.

Tomotaro SATO and Tamikazu KUME: New Food Industry, 14 (11),  
18 ~ 21 (1972).

17) 食品照射に関する照射施設技術

佐藤友太郎: 食品工業, 15(24), 73~90(1972).

Irradiation Plant Techniques on Food Irradiation.

Tomotaro SATO: Food Industry, Japan, 15 (24), 73 ~ 90 (1972).

18) 放射線によるジャガイモの発芽防止

佐藤友太郎: 食品工誌, 20(1), 26~33(1973).

Sprout Inhibition of Potatoes by Irradiation.

Tomotaro SATO: J. Food Sci. Technol., Japan, 20 (1), 26 ~ 33  
(1973).

19) ばれいしょ照射の経済性について

佐藤友太郎: 照射, 18号, 15~18(1973).

Economic Aspects on Irradiation of Potatoes.

Tomotaro SATO: Shosha (Irradiation), No.18, 15 ~ 18 (1973).

20) 放射線によってなぜ発芽がとまるか

青木章平: 照射, 18号, 21~22(1973).

On Mechanism of Sprout Inhibition by Irradiation.

Shohei AOKI: Shosha (Irradiation), No.18, 21 ~ 22 (1973).

21) 食品照射への加速器の利用

佐藤友太郎, 渡辺 宏: 原子力工業, 19(5), 30~34(1973).

Utilization of Accelerator to Food Irradiation.

Tomotaro SATO and Hiroshi WATANABE: Nucl. Engng. (Japan),  
19(5), 30 ~ 34 (1973).

22) 最近の食品照射の研究動向 - わが国の食品照射の効果, 安全性, 経済性をみる -

佐藤友太郎: 原子力工業, 19(6), 45~48(1973).

Tendency of Research with Food Irradiation in Japan.

Tomotaro SATO: Nucl. Engng. (Japan), 19 (6), 45 ~ 48 (1973).

佐藤友太郎：NHK総合テレビ，“スタジオ102”，（1972. 8）。

3) 放射線照射食品

佐藤友太郎：TBSテレビ，“調べてみました”，（1972. 10）。

3.4 スライドフィルム (Slide Film)

1) 放射線による馬鈴薯，玉ねぎの発芽防止

佐藤友太郎監修：農林省食品総合研究所編，食品研究シリーズ162，ネオ光芸社製作，普及用スライド，（1972）。