放射線による食品の防腐—I.

 γ -線による食品の防腐

岡田郁之助・小坂部勇・菊池武昭・福島 清

(東京水産大学)

山下久雄・佐々木正五・橋本一男

(慶応大学医学部)

赤塚 盛・渡辺 渉

(二幸研究所)

Experiment on the Antisepsis of Foods by Radioactive Rays—II.

Preservation of Foods by Gamma-Radiation

I. OKADA, I. OSAKABE, T. KIKUCHI, K. FUKUSHIMA, H. YAMASHITA,
S. SASAKI, K. HASHIMOTO, M. AKATSUKA, and W. WATANABE

The preservative effects of γ -ray radiation on "Kamaboko" (a kind of fish cake) were investigated by the microbiological and chemical test.

In this report, the radiation of γ -ray was carried out in two way, that is intermittent and continuous radiation.

When Co^{60} 21C. was used as a source of intermittent irradiation, it was hardly effective.

In continuous irradiation of γ -ray at such a short distance as 1 to 3 cm. from Co^{60} 41C. and 60C. for 41 hours, the following results were obtained;

- (1) It was possible to perish bacteria.
- (2) "Kamaboko" had the irradiated odour but had not any radioactivity.

I. 緒 言

前報¹⁾に於て Co^{60} 21C. を照射線源として、鳴門巻に γ 線を 120 時間照射した結果(総照射線量、約 11 万 r.) 殺菌効果のある事を認めた。本報に於ては前報と同一照射源を用い、同一線量(又はそれ以上の線量)を間歇的に照射した場合も連続的に照射した場合と同様に殺菌効果があるか否かを知る為に実験を行った。

別に Co^{60} 41C. 及び 60C. を照射源として試料を照射源から極近距離に置いて連続照射を行った場合の蒲鉾防腐の殺菌効果を細菌学的及び化学的検索によつて研究した結果を報告する。

II. 実 験

線源は間歇照射には Co^{60} 21C. を近接連続照射の場合には Co^{60} 41C. 及び 60C. を使用した。試料はすべて加糖蒲鉾を使用し、試料の調製は前報と同様に行った。

照射方法は間歇照射の場合は第1表に示す如き割合で、夫々の線源距離に於て行い、極近接連続照射の場合(線源よりの距離 1~3 cm.) はすべて前報¹⁾と同様の方法で行った。

照射終了後の殺菌効果の判定試験は前報¹⁾と同様 pH, 酸度, 臭等の変化等について行った。近接連続照射試料及びその対照試料は 35°C に恒温放置し細菌学的検索を次の如き方法で行った。

一定量の試料に 5~10 cc. の滅菌生理的食塩水 (0.85 %) を加えて、無菌操作により 1 分間 16,000 回転のホモゲナイザーにて 1 分間処理後 pH 7.4 牛肉汁にて 10 倍希釈を行い、37°C, 24 時間培養後その濁度

より菌数を算定した。又各稀釈列の 0.1 cc. を遠藤平板及び馬血液平板に塗抹して 37°C, 24 時間培養後菌数を算定し、同時に集落の性状により異つたものを分離した。

各菌の形態, グラム染色, Kligler 培地 (glucose, lactose の変化), saccharose, mannitol, indole, Voges-Proskauer, methyl-red, citrate agar, 半流動寒天 (運動性) gelatine, urea 等により菌の同定を行いつゝあるが、此等については次の報告にゆずる。

III. 実験結果

第1表の如き状態で間歇照射した結果は第2, 3, 4表より明らかな如く、試料 No.1 の157時間照射の場合 (自2月15日一至2月25日, Aの位置で照射された試料は総照射線量約23万6千r. を受けている) も、No.2 の148時間照射の場合 (自2月6日一至2月15日, 総照射線量はAの位置で22万2千r.) も No.3 の125時間照射の場合 (自2月27日一至3月8日, 総照射線量はAの位置で18万8千r.) も共に殺菌効果は若干認められるが、恒温放置後の pH, 酸度及び臭等の考察から見ると、完全には殺菌されていない事が判る。此の傾向は特に線源より遠い位置に於て照射された C, D, E, F. の試料に現われ殺菌の効果は殆どない事が観察された。即ち上記の如き γ-線の間歇照射によつては、殺菌の効果を期待する事は殆ど不可能であると考ええる。

線源より 1~3 cm. の如き近距離に於て連続的に照射した場合は第4表より明らかなる如く照射試料を5日間 35°C に恒温放置後に於てもその菌数は零であつた。又化学的検索を行つた結果も、pH, 酸度等に何等の変化も認められなかつた。control に於ては5日間 35°C に恒温放置せるものは 3×10^6 乃至 19×10^7 の菌数を有し、又 pH, 酸度も著しく変化し完全に腐敗した。

此のように Co^{60} 41C. 及び 60C. を使用して近接照射を連続的に行つた場合は細菌学的及び化学的検索両面より Control と非常な差異を生じ、照射試料が完全に殺菌せられている事が明らかにされた。

官能検査によつて、近接連続照射の蒲鋒には所謂、照射臭を帯びる事が観察された。然しながら此のような近接照射に於ても、蒲鋒自体に放射能を帯びる事はなかつた。(神戸工業製の G. M. 計数管による) 此の事も亦注目すべき点と考えられる。

Table 1. Time of intermittent exposure.

Experiment number	When exposure started		When exposure ended		Hours of irradiation
	Date	Time	Date	Time	
No. 1	(1954)		(1954)		hrs. min.
	15 Feb.	15 55	16 Feb.	8 50	16 55
	16 "	16 07	17 "	8 50	16 43
	17 "	16 15	18 "	8 50	16 35
	18 "	17 10	19 "	8 50	15 40
	20 "	15 54	22 "	8 50	40 56
	22 "	16 19	23 "	8 53	16 34
	23 "	16 18	24 "	8 56	16 38
	24 "	15 50	25 "	8 50	17 00
			(Total hours irradiated)		157 01
No. 2	6 Feb.	16 20	8 Feb.	8 47	40 27
	8 "	16 20	9 "	8 45	16 25
	9 "	15 55	10 "	8 55	17 00
	10 "	16 25	11 "	8 53	16 28
	12 "	16 00	13 "	8 50	16 50
	13 "	16 00	15 "	8 50	40 50
			(Total hours irradiated)		148 00
No. 3	27 Feb.	16 12	1 Mar.	8 51	16 39
	1 Mar.	16 10	2 "	8 51	16 41
	3 "	15 54	4 "	8 50	16 56
	4 "	16 03	5 "	8 54	16 51
	5 "	16 03	6 "	8 53	16 50
	6 "	15 49	8 "	8 50	41 01
			(Total hours irradiated)		124 58

Table 2. Distance from the radiation source to the sample and the total dosage of γ -ray.

Sample	Distance from the source to the sample (cm.)	Total dosage (r.)		
		Experiment number		
		No. 1	No. 2	No. 3
A	11.0~13.5	236,000	222,000	188,000
B	16.0~18.5	118,500	112,000	94,200
C	18.5~21.0	96,900	91,300	77,100
D	21.0~23.5	78,000	73,500	62,100
E	23.5~26.0	63,400	59,800	50,500
F	26.0~28.5	52,200	49,300	41,600

Table 3. Effects of intermittent exposure on "Kamaboko" using Co^{60} -21C.
as a radiation source at room temperature. Experiment number, No. 1; total
hours of exposure 157: 01 (See Tables 1 and 2).

Sample	Incubation time (hr.)											
	0			24			48			96		
	pH	Acidity	Odor	pH	Acidity	Odor	pH	Acidity	Odor	pH	Acidity	Odor
Control	4.70	20.85	##	5.45	7.54	##	5.35	8.48	##	4.80	19.20	##
A	6.71	1.93	—				6.39	2.41	±	4.52	25.47	##
B	5.86	4.63	+				5.83	4.43	++	5.50	7.21	##
C	5.97	3.61	++	6.03	3.45	++	5.15	12.03	##	4.80	19.00	##
D	5.62	6.19	++	5.88	4.08	++	5.45	7.95	##	4.60	17.80	##
E	5.72	5.23	++	5.40	8.42	##	5.15	12.07	##	4.95	14.04	##
F	6.62	1.84	—	5.34	9.12	##	4.81	18.62	##	4.80	18.95	##

Table 4. Effects of intermittent exposure on "Kamaboko" using Co^{60} -21C.
as a radiation source at room temperature. Experiment number, No. 2; total
hours of exposure, 148 (See Tables 1 and 2).

Sample	Incubation time (hr.)											
	0			24			48			96		
	pH	Acidity	Odor	pH	Acidity	Odor	pH	Acidity	Odor	pH	Acidity	Odor
Control	5.93	4.03	##	5.15	8.49	##	4.38	29.62	##	4.45	16.80	##
A	6.88	1.91	—				6.48	2.05	±	6.95	1.40	±
B	6.58	5.82	±				6.49	1.88	±	4.80	18.62	##
C	6.32	2.46	±	5.95	4.61	++	5.88	8.21	##	5.52	7.29	##
D	5.79	6.23	++	5.60	6.83	++	5.05	14.51	##	4.41	29.78	##
E	5.48	7.29	++	4.75	19.92	##	4.60	23.81	##	4.52	19.20	##
F	5.90	4.13	++	5.42	8.09	##	5.13	12.15	##	4.40	20.12	##

Table 5. Effects of intermittent exposure on "Kamaboko" using Co^{60} -21C.
as a radiation source at room temperature. Experiment number, No. 3; total
hours of exposure, 124: 48 (See Tables 1 and 2).

Sample	Incubation time (hr.)											
	0			24			48			96		
	pH	Acidity	Odor	pH	Acidity	Odor	pH	Acidity	Odor	pH	Acidity	Odor
Control	4.87	17.45	##	4.58	23.64	##	5.42	8.40	##	4.75	20.02	##
A	6.69	1.82	—				6.15	3.08	±	6.25	3.13	±
B	6.64	2.79	±				5.35	5.65	##	5.05	13.47	##
C	5.88	4.00	++	6.10	2.58	++	6.00	3.95	++	5.05	14.13	##
D	5.38	8.26	##	5.42	8.03	##	5.64	6.06	##	5.31	10.22	##
E	5.36	9.91	++	5.81	4.35	++	6.15	3.82	+	5.39	8.15	##
F	5.00	14.89	##	5.30	9.48	##	4.90	16.93	##	4.98	17.15	##

Table 6. Bacteriological and chemical properties on the "Kamaboko" irradiated by gamma-ray emitted from Co⁶⁰—41 and 60 curie sources.

Sample	Data after incubation for 5 days at 35°C. (Samples wrapped in Sn-leaf)			
	Organoleptic observation	Decaying and fermenting odor	pH	Acidity (c.c of $n/28$ NaOH consumed by 100g of sample)
Control	Many yellowish colonies of bacteria and fungi, viscous fluid matter were observed.	++++	4.85	23.6
Irradiated	Good appearance was observed organoleptically for the samples irradiated with both 41 and 60 curie radiation source.	—	7.02	0.89
		—	7.06	0.92

Data after incubation for 24 hrs. at 37°C.		
Number of microorganisms after incubation		
Culture	Sample wrapped in Sn-leaf	Sample wrapped in no Sn-leaf
B*	19,000,000	193,500,000
E**	4,000,000	3,036,000
B*	Irradiated with 60 curie source, 0	0
	Irradiated with 41 curie source, 0	0
E**	Irradiated with 60 curie source, 0	0
	Irradiated with 41 curie source, 0	0

Distance from th source.....1~3 cm., dosage.....about 2,255,000 r. (41 curie)

Irradiation time41 hrs., dosageabout 3,416,000 r. (60 curie)

*B=Blood agar plate culture

**E=ENDO agar plate culture

IV. 考 察

以上の実験結果から考察するに、微生物に対する γ 線の作用は総照射線量のみによるのではなく、一定の線量を一定時間内に照射を受けなければ死滅せず、定った照射条件の下では一定強度以上の dosage rate を以つて、完全殺菌に必要な総照射線量に達する迄、連続照射する必要のある事が判る。従つて線源量、線源よりの距離、連続照射時間等が細菌を死滅へ導く重要な条件で、総照射線量が細菌の死滅を支配する唯一の条件ではないと考えられる。此の事は恐らく他の生物に対しても、ほぼ同様であると想像せられる。

以上の事は Co⁶⁰ 41C. 及び 60C. を使用して 1~3 cm. の如き近接照射により一時に多量の線量を而も 41 時間連続的に行つた結果、蒲鉾中の細菌が完全に死滅したと云う点からも想像される。今回の実験により我々は予想以上に下等生物（細菌の如き）の放射線に対する抵抗性が強い事が観察された。

V. 要 約

Co⁶⁰ 21C. を用いて、 γ -線による食品の間歇照射殺菌について、蒲鉾を用いて研究した。

(1) 種々の dosage rate と間歇照射時間について行つたが、此の実験の範囲に於ては間歇照射による殺菌効果は得られなかつた。

(2) 細菌の死滅を支配するものは総照射線量が唯一の条件ではなく、一定強度以上の dosage rate を以つて一定時間以上連続照射を行う事が重要な条件であると考ええる。

Co^{60} 41C. 及び 60C. を照射線源として、線源よりの距離 1~3cm. の如き近接照射を蒲鉾に対して 41 時間行つた結果

(1) 細菌学的、化学的老察の結果、完全に細菌が死滅する事が判り、此の条件では完全殺菌が可能である。

(2) 近接照射により、一時に多量の線量が照射された結果、蒲鉾に所謂照射臭を帯びたが、蒲鉾自体に放射能を帯びる事はなかつた。

終りに臨み、慶応義塾大学病院の Co^{60} 照射装置の使用を許可された医学部長阿部勝馬先生、放射線科科长春名教授、色々と御配慮を賜つた牛場教授、実験に助力を賜つた二幸研究所主任研究員高橋武雄氏、実験の一部を担当された東京水産大学々生、飯塚直、小川洋二の諸氏に深甚の謝意を表する次第である。

尙本研究費の一部は厚生省よりの研究費によるものである併せて感謝の意を表する。

文 献

- 1) 岡田・小坂部・菊池・福島・山下・赤塚・金田・渡辺：日水会誌；**20**, 249~255 (1954).
- 2) C. G. DUNN, W. L. CAPBELL, H. FRAM, and A. HITCHINS: *Journ. App. Phys.* **19**, 605 (1948).
- 3) B. E. PROCTOR, and S. A. GOLDBLITH: *Food Techn.*, **5**, 376 (1951).
- 4) L. E. BROWNELL *et al*: Univ. of Michigan, Engineering Research Institute, Coo-196, Utilization of the Gross Fission Products, Progress Report 5, Project M 943, U. S. Atomic Energy Commission Contract, No. AT (11-1)-162, September (1953).
- 5) 同上：M 943, V. S. Atomic Ener. Comm. Cont., June 31 (1952).