ガンマー線照射によるリテーナ成形かまぼこの 変敗抑制効果

伊 藤 均*・飯 塚 廣**

Effect of Gamma-Irradiation to Prevent the Spoilage of “Retainer type Kamaboko”

HITOSHI ITO* and HIROSHI IIZUKA**

The species of main microorganisms which can grow in retainer-Kamaboko a kind of fish meat jelly products were *Bacillus subtilis* and *B. pumilus* at 20°C, and *B. pumilus*, *B. megaterium*, *B. cereus*, *Pseudomonas* and yeasts at 10°C. When Kamaboko was stored at 5°C, microorganisms capable to grow were the species of *Pseudomonas*, *Brevibacterium*, *Aeromonas* and yeasts. Irradiation of Kamaboko at 300 krad and 450 krad reduced the aforementioned flora to the *Bacillus* and yeasts, and the storage life of Kamaboko was extended about 2 times at 10°C. The growth of *Bacillus* strains at 10°C was suppressed for 3 days or more after destruction to about 95% of the total viable cells by irradiation at 300 krad. The putrefaction in retainer-Kamaboko was brought mainly by *Bacillus*, which seemed to be originated mainly from starch at a manufacturing process. The number of microorganisms in Potato starch was 200 per gram, and they were consisted mainly of *Bacillus*. These bacteria in starch could be almost eliminated by means of 500 krad irradiation.

(Received Jun. 13, 1977)

かまぼこや魚肉ソーセージなどの水産ねり製品は、わが国において国民の食生活上重要な良質動物性蛋白源の一つである。水産ねり製品のうち、かまぼこ類は生産量が多く周年生産されているが、貯蔵中のネト発生などの問題がある。放射線照射によるかまぼこの貯蔵期間延長の研究は原子力委員会の決定に基づくプロジェクトとして、食品照射の原子力特定総合研究指定品目の一つとして取り上げられている。

篠山はガンマー線照射による蒸し板かまぼこの保蔵効果について報告しており¹⁾、300 krad 照射したものは10～12°C貯蔵の条件で2倍に貯蔵期間が延長でき官能的品質にも問題ないとしている。また林・飯塚らはかまぼこの菌類フローラについて検討し、300 krad 照射した場合かまぼこの糸状菌発生が遅延することを報告している²⁾。

著者らは研究用に調製されたリテーナ成形かまぼこを用いて細菌を中心とする変敗菌フローラの変化とガンマー線照射効果について検討した。一方、木俣の報告³⁾によればかまぼこ内部の腐敗は主としてデンプンに由来する有芽胞細菌によって起こるとしているので、比較のためかまぼこ製造原料の一つであるデンプンの殺菌効果についても検討したので合わせて報告する。

実 験 方 法

1. 試料

供試かまぼこは紀文(株)に依頼して調製した、合成保存料や合成殺菌剤などを添加していない製品である。試料の組成は篠山¹⁾が用いた自製品とほぼ同じでスケトウダラ無塩冷凍すり身が主原料である。試料の形状は巾47 mm、長さ125 mm、高さ20 mmでありポリプロピ

* 日本原子力研究所・高崎研究所 (群馬県高崎市綿貫町 1233)
Japan Atomic Energy Research Institute.

Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment, Takasaki, Gunma

** 東京理科大学応用生物科学科 (千葉県野田市東亀山 2641)

Department of Applied Biology, Science University of Tokyo. Noda-shi, Chiba-ken

レンフィルムで包装した後、型枠に入れ 85°C・40 分間蒸煮してある。比較に用いたデンプンの種類はばれいしょ及びとうもろこしで、某社から提供を受けた。

2. 照射方法

供試かまぼこは包装状態のまま厚紙製ケース（高さ 20 cm，横 28 cm，巾 5 cm）に各 6～10 本詰め、日本原子力研究所高崎研究所の食品照射ガンマー棟の Co-60 板状線源（100 kCi）で 300 krad または 450 krad 照射した。照射位置の線量率の測定は FRICKE 線量計で行ない 1.5×10^5 rad/hr の位置で反転照射し線量分布が均一になるようにした。なお、試料の照射は製造日から 2 日以内に行ない、それまでの間は 4°C に保存した。

3. 微生物の増殖及びマイクロフローラの検索

かまぼこ試料は照射後 5, 10, 20°C の各温度条件で 15～32 日間貯蔵し、微生物増殖およびマイクロフローラ、ネット発生などをしらべた。微生物の検出には Difco-nutrient agar 23 g, yeast ex. 5 g, glucose 5 g, K_2HPO_4 2 g, 水 1 l の組成で pH 7.2 に調整した平板培地を用いた。各試料は無菌的に 2～3 cm 巾に切断し、切断片による微生物分布の差を少くするよう試料 1 本あたり 3 か所から採取した切断片をエミデー小型自動粉砕器（柴田化学工業製）で無菌的に細断し、その 5 g を 50 ml の殺菌水に加え懸濁した。この懸濁液及び稀釈液 0.2 ml を平板培地上に塗布し、20～25°C で 3～5 日培養して、発生してくるコロニー数から生存菌数を算出した。マイクロフローラの検索は代表的なコロニーを釣菌して、細菌類は Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, 第 8 版⁴⁾に従って同定した。なお、デンプンの場合も同様

な方法でしらべた。

4. 分離菌株の放射線感受性の測定

かまぼこ各試料およびデンプンから分離した各菌種の代表株を選び放射線感受性をしらべた。*Bacillus* 属の各菌株については yeast ex. 3 g, peptone 10 g, glucose 10 g, NaCl 3 g, agar 20 g に水 1 l を加えた平板培地上で 30°C, 7～10 日培養して胞子を形成させた。各菌株の胞子は 0.067 M 磷酸緩衝液に懸濁し、70°C で 30 分間加熱処理後、同緩衝液で 2 回洗浄をくり返した。この後同緩衝液に $10^6 \sim 10^8$ cells/ml 懸濁し、通気下でガンマー線を照射して平板分離法で生存率をしらべた。他の微生物類は液体培養し、定常期細胞について同様に放射線感受性をしらべた。

実験結果

1. 照射による貯蔵効果とマイクロフローラ

かまぼこ中の生菌数及びマイクロフローラは各製品間でかなりばらつきがあることは予備試験の段階で推察された。そこで、1976 年 5 月に調製した各試験区 10 本の試料を用意し、非照射と 300 krad で貯蔵効果を 20°C・15 日、10°C・20 日、5°C・32 日の各条件で比較した。Table 1 には 20°C・15 日貯蔵した場合の菌数増加、マイクロフローラ、ネット発生の状況を示した。試料中の菌数は製造直後には 1 g あたり $<50 \sim 2 \times 10^2$ 個程度であるが、非照射品の場合 15 日貯蔵しただけで生菌数が $1.2 \times 10^6 \sim 2.4 \times 10^7$ 個に達し、10 本全部にネットが発生し変敗臭も強く感じられた。増殖してきたこれらの細菌は *Bacillus subtilis* と *B. pumilus* が圧倒的に多く、その

Table 1. Microbial Growth in Kamaboko Stored at 20°C for 15 days

No.	non-irrad.				300 krad			
	Total counts	Main microorganisms	Slime	Mold	Total counts	Main microorganisms	Slime	Mold
1	1.2×10^6	<i>B. pumilus</i> , <i>B. subtilis</i>	±	—	5.1×10^8	<i>B. pumilus</i>	—	—
2	1.6×10^6	<i>B. subtilis</i>	++	—	1.6×10^8	<i>B. pumilus</i>	—	—
3	1.1×10^7	<i>B. pumilus</i>	+	+	3.2×10^4	<i>B. pumilus</i>	—	—
4	1.2×10^6	<i>B. subtilis</i>	±	—	1.1×10^6	<i>B. pumilus</i> , <i>Bacillus</i> sp.	—	±
5	1.5×10^6	<i>B. subtilis</i>	+	—	2.4×10^6	<i>B. subtilis</i>	±	—
6	3.6×10^6	<i>B. pumilus</i> , <i>B. subtilis</i>	++	—	8.5×10^2	<i>B. subtilis</i>	—	—
7	2.4×10^7	<i>B. subtilis</i>	++	—	9.7×10^4	<i>B. subtilis</i>	—	±
8	1.7×10^7	<i>B. pumilus</i> , <i>Micrococcus</i>	++	—	2.0×10^6	<i>B. subtilis</i>	±	—
9	1.7×10^7	<i>B. subtilis</i> , <i>Aeromonas</i>	++	—	2.3×10^2	<i>B. subtilis</i>	—	—
10	1.2×10^7	<i>B. subtilis</i>	++	+	4.1×10^8	<i>B. pumilus</i>	—	—

— none, ± a slight, + much, ++ large amount

Table 2. Microbial Growth in Kamaboko Stored at 10°C for 20 days

No.	non-irrad.				300 krad			
	Total counts	Main microorganisms	Slime	Mold	Total counts	Main microorganisms	Slime	Mold
1	8.8×10^6	<i>Pseudomonas</i>	—	—	1.8×10^2	<i>B. cereus</i>	—	—
2	1.4×10^5	<i>B. megaterium</i> , <i>B. pumilus</i>	±	—	1.1×10^4	<i>B. pumilus</i> , Yeast	—	—
3	4.9×10^5	<i>B. pumilus</i>	±	—	—	—	—	—
4	6.9×10^3	<i>Pseudomonas</i> , Yeast	—	—	1.8×10^2	—	—	—
5	4.0×10^4	<i>B. megaterium</i> , <i>B. pumilus</i>	—	—	—	—	—	—
6	1.3×10^5	<i>B. megaterium</i> , <i>B. pumilus</i> , <i>Micrococcus</i>	±	—	1.3×10^4	<i>B. megaterium</i>	—	—
7	7.0×10^4	<i>B. pumilus</i>	—	—	1.0×10^2	—	—	—
8	4.5×10^5	<i>B. cereus</i> , <i>B. pumilus</i> , <i>Micrococcus</i>	±	—	6.8×10^2	Yeast	—	—
9	4.5×10^5	<i>B. megaterium</i> , <i>B. pumilus</i>	±	—	7.5×10	<i>B. pumilus</i>	—	—
10	1.1×10^4	<i>B. pumilus</i>	—	—	9.3×10^2	<i>B. pumilus</i> , Yeast	—	—

他 *Micrococcus* や *Aeromonas* などの増殖も一部に認められた。変敗の進行は内部切断面でも明確に肉眼観察され液化状態の部分が斑点状に認められた。糸状菌の発生は一部の試料に認められたが、板との境目に局部的に発生する程度である。300 krad 照射された試料では変敗菌抑制効果が認められ、ネトの発生は 10 本のうち 2 本にわずか認められた。生菌数も 1g あたり $2.3 \times 10^2 \sim 2.4 \times 10^5$ 個で、変敗菌は *B. subtilis* と *B. pumilus* が中心である。かまぼこの場合のマイクロフローラは Table 1 に見られるように製品により若干差があったが、主に *Bacillus* 属で占められており、この傾向はウィンナーソーセージで以前検討した結果⁵⁾ と異なるものである。

10°C で 20 日間貯蔵した場合には Table 2 に示すよう

に *B. subtilis* の増殖は認められず、非照射試料に検出された変敗菌は *B. pumilus*, *B. megaterium*, *B. cereus*, *Pseudomonas* が中心で *Micrococcus* や酵母菌の増殖も認められた。ネト発生は貯蔵 15 日ころより非照射品に認められ始めたが、菌数が多い割合には肉眼で判別しにくい製品もあった。菌数は非照射品で 1g あたり $6.9 \times 10^3 \sim 8.8 \times 10^6$ 個であり、多くの試料が 1×10^5 個以上に増殖していた。照射試料の菌数は 1g あたり $7.5 \times 10 \sim 1.3 \times 10^4$ 個と少なく、増殖してきたのは *B. pumilus* などの有芽胞細菌と酵母菌である。

一方、5°C で 32 日間貯蔵した場合には *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Brevibacterium* および酵母菌のみが非照射品に若干増殖してきた (Table 3)。しかし、菌数は <50

Table 3. Microbial Growth in Kamaboko Stored at 5°C for 32 days

No.	non-irrad.				300 krad			
	Total counts	Main microorganisms	Slime	Mold	Total counts	Main microorganisms	Slime	Mold
1	9.4×10^3	<i>Aeromonas</i> , Yeast	—	—	<50	—	—	—
2	<50	—	—	—	—	—	—	—
3	2.9×10^3	<i>Pseudomonas</i>	—	—	<50	—	—	—
4	4.0×10^2	<i>Brevibacterium</i>	—	—	—	—	—	—
5	3.5×10^4	<i>Brevibacterium</i>	±	—	<50	—	—	—
6	<50	—	—	—	<50	—	—	—
7	2.0×10^2	<i>Pseudomonas</i> , Yeast	—	—	—	—	—	—
8	<50	—	—	—	5.5×10^2	Yeast	—	—
9	1.0×10^2	Yeast	—	—	<50	—	—	—
10	8.8×10^2	Yeast	—	—	<50	—	—	—

～ 3.5×10^4 個と少なかった。この場合、有芽胞細菌の増殖は一切認められず、静菌状態で残存していた *B. subtilis* のコロニーが若干検出される程度である。300 krad 照射品では 10 本のうち 1 本に酵母菌が若干増殖してきたにすぎない。このように、試料を 5°C で貯蔵する場合には照射しなくとも 1 ヶ月近く貯蔵が可能であるが、実際の流通状態を考えると 10°C 前後での貯蔵効果を検討するのが現実的と思われる。

そこで、次に製造時期の異なった試料を用いて 10°C で 1 ヶ月間の貯蔵試験を行った。Fig. 1 は 1976 年 7 月

Fig. 1 Comparison of microbial growth in Kamaboko which prepared at different season and stored at 10°C for 30 days

Sample number is given by figures on the circle

及び 1977 年 1 月に製造された試料についての実験結果である。用いた各試料数は 7 月製造区で非照射 2 本、450 krad 10 本であり、1 月製造区では非照射、300 krad、450 krad 各 6 本を用いた。その結果、7 月製造のものは非照射品 2 本とも有芽胞細菌の増殖は認められず *Pseudomonas* と *Aeromonas* がそれぞれ約 10^7 個増殖してきた。この場合は照射直前でも菌数は 1g あたり $<50 \sim 2.2 \times 10^3$ 個で *Pseudomonas* と *Aeromonas* が検出されている。450 krad 照射品では 10 本のうち 9 本までは 1g 中の菌数が 50 個以下で、わずかに 1 本に酵母菌が認め

られた。1 月製造のものは非照射品に *B. pumilus*, *Pseudomonas*, *Brevibacterium* などが 1g 中 $2.0 \times 10^6 \sim 5.8 \times 10^8$ 個増殖してきて Table 2 の 5 月製造品と似たマイクロフローラを示した。300 krad 照射した場合には 6 本のうち 1 本だけ菌数が多く *B. pumilus* が増殖してきた。450 krad では 6 本とも菌数は 50 個以下である。その他、1976 年 3 月製造の非照射品 4 本、300 krad 4 本の貯蔵効果をしらべた場合も主要変敗菌は *B. pumilus* などの有芽胞細菌が中心で、非照射品は 15 日貯蔵で $6.7 \times 10^6 \sim 7.0 \times 10^5$ 個/g に達しネットが発生しはじめた。300 krad では 50 個以下であった。このように、かまぼこ試料中のマイクロフローラや菌数は製造時期によって異なっていたが、主要な変敗菌は有芽胞細菌や *Pseudomonas* 等であった。保存料無添加のかまぼこを 10°C で貯蔵する場合、非照射品では 15 日でネットが発生するが、ガンマー線照射処理品では 300 krad で 20～30 日、450 krad で 30 日以上はネット発生もなく貯蔵が可能である。

2. 分離菌株の分類学的性質

かまぼこを 10°C 以上の条件で貯蔵した場合に増殖してくる変敗菌は有芽胞細菌の *Bacillus* 属が多かった。その多くは Table 4 に示すごとく *B. subtilis*, *B. pumilus*, *B. cereus*, *B. megaterium* の 4 種類に分類できる。この内、*B. subtilis* は 15°C 以上の貯蔵で増殖してきたが、10°C では *B. pumilus* が多く分離され、*B. cereus* や *B. megaterium* も増殖してきた。これらの有芽胞細菌は木俣⁸⁾ や小笠原⁹⁾ も述べているように原料デンプンからの混入も考えられる。一方、5～10°C で貯蔵した場合には *Pseudomonas* や *Aeromonas*, *Brevibacterium* もかなりの頻度で増殖してきた。このうち *Pseudomonas* は Table 5 に示すような性質からして *Ps. fluorescens* と *Ps. putida* と同定され、*Aeromonas* の 1 株はガス発生が活発な点からして *A. hydrophila* と同定できる。他の

Table 4. Differential Characteristics of *Bacillus* Strains Isolated from Kamaboko

	<i>B. pumilus</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>B. cereus</i>	<i>B. megaterium</i>
Cell size (μ)	0.5×1.5~2.0	0.4~0.6×1.5~2.0	1.0×1.5~2.0	1.0×2~3
Motility	+	+	±	—
Intercellular globulles	—	—	+	+
Growth in 7% NaCl	+	+	+	+
Growth at 45°C	+	+	—	—
Acid from glucose	+	+	+	+
" mannitol	+	+	—	+
Starch hydrolysis	—	+	+	+
V P test	—	+	±	—
Nitrate reduction	—	+	+	—
Number of isolated strains	30	31	2	5

Table 5. Differential Characteristics of *Pseudomonas*, *Aeromonas* and *Brevibacterium* Isolated from Kamaboko

	<i>Pseudomonas</i>	<i>Aeromonas</i>	<i>Brevibacterium</i>
Shape	Rod	Rod	Rod
Gram reaction	-	-	+
Motility	+	+	±
Cell size (μ)	0.5~0.8×0.8~1.5	0.3×0.5~0.8	0.8~1.0×1.5~3.0
Flagella	Polar	Polar	
Carbohydrates	Oxidative	Fermentative	Oxidative
Oxidase	+	+	+
Gas production	-	+ or -	-
Acid from glucose	+	+	+ or -
Ammonium ion and glucose as source of Nitrogen and Carbon	+	+	+ or -
Growth in 0% NaCl	+	+	+
Growth in 6% NaCl	+ or -	+ or -	-
Nitrate reduction	-	+ or -	-
V P test	-	+ or -	-
Indole	-	+ or -	-
Gelatine hydrolysis	+ or -	-	+ or -
Number of isolated strains	4	3	2

2株はガス発生能がなく *Vibrio* と同性質が似ていたが仮に *Aeromonas* と分類しておいた。この2株は5℃と20℃貯蔵品に増殖してきて、20℃分離株は1本の極毛を有し、5℃からの分離株は極多鞭毛を有していた。さて、*Pseudomonas* や *Aeromonas*, *Vibrio* などは魚から分離されることが多く⁷⁾、かまぼこの場合も魚肉中に混在していたものが加熱処理後も生残していたのであろう。そのほか、5~10℃の低温貯蔵で増殖してきた酵母菌類は *Candida* と *Torulopsis* に属する無孢子酵母であった。

つぎに、*B. pumilus*, *B. cereus*, *B. subtilis* の各代表菌株についての生育適温を温度勾配培養装置（東洋科学産業製）でしらべた。この場合、生育は Difco-nutrient broth で16時間培養して660nmでの吸光度で比較した。Fig. 2 にみられるように *B. pumilus* と *B. cereus* は5℃でもわずかに増殖する傾向が認められ、15℃以上で急速に生育が活発となった。*B. subtilis* の場合は15℃まで生育が認められず20℃以上で生育が活発となり、かまぼこの貯蔵試験から得られた結果と傾向が一致していた。一方、*Ps. fluorescens* や *A. hydrophila* の場合は10℃以上で生育が活発であり、酵母菌類も Fig. 3 に示すごとく15℃以上で活発な生育を示した。

3. 分離菌株の放射線感受性

かまぼこより分離した有芽胞細菌の代表株 *B. pumilus* KL-4, *B. subtilis* Kr-7, K-3, *B. megaterium* KL-3, *B. cereus* KL-19, 後述のデンプンよりの分離株 *B.*

Fig. 2. Growth of some strains of *Bacillus* after 16hr incubation at different temperatures

pumilus B₁₋₁, *B. megaterium* B₂, 医療品の放射線滅菌のマーカー菌 *B. pumilus* E 601, 及び *B. subtilis* IAM 1069 株を用いて磷酸緩衝液中、好気的条件下での放射線感受性を比較した。Fig. 4 及び Table 6 に示すように最も強い放射線抵抗性を示したのは *B. pumilus* KL-4, B₁₋₁, E 601 株で、その D₁₀ 値（片対数グラフの直線部分で 90% 死滅させるに要する線量）は 170 krad である。一方、*B. subtilis* の D₁₀ 値は 130~140 krad で

Fig. 3. Growth of yeasts and some bacteria after 16 hr incubation at different temperatures

あり、*B. cereus* は 110 krad である。*B. megaterium* の場合は KL-3 株で 120 krad, B₂ 株で 150 krad と菌株により値が異なっていた。つぎに、酵母菌の代表株として *Candida* sp. Kc-16 株を選び 30°C, 4 日間静置培養した細胞の放射線感受性を窒素ガス飽和下と好気的条件下で比較してみた。Fig. 5 に示すごとく窒素ガスで飽和すると 600 krad 以内の線量域で有芽胞細菌に近い放射線抵抗性を示した。一方、*Pseudomonas* や *Aeromonas* は放射線抵抗性が弱く D₁₀ 値も有芽胞細菌の 1/20~1/50 である。これらの結果は、かまぼこ中の有芽胞細菌や酵

Fig. 4. Survival curves of some strains of *Bacillus* in 0.067M phosphate buffer irradiated under the condition of air-bubbling

母菌を完全に殺菌するには 300 krad の線量は不十分であることを示している。しかし、実際のかまぼこ中では照射による変敗菌抑制効果が認められている。

そこで、*B. pumilus* と *B. cereus* の代表株の孢子懸濁液を 70°C, 30 分加熱処理後、シリコン通気栓した試験管中のかまぼこ細断末 5g(殺菌済)に加え、10°C での生育を比較してみた。Fig. 6 に示すように、300 krad 照射したものは 95% 程度の殺菌効果しかないにもかかわらず照射による静菌効果が認められた。すなわち、両株とも非照射にくらべ 3 日程度生育開始が遅れ、*B. cereus* の場合には生育開始後も増殖速度はゆるやかである。実際のかまぼこは嫌気的条件下に近く、照射による静菌効

Table 6. Comparative Radio-resistance of Some species of Microorganisms isolated from Kamaboko and Other Sources Irradiated under the Condition of Airbubbling in 0.067 M Phosphate Buffer.

Species	Source	D ₁₀ value (krad)
<i>B. pumilus</i> KL-4	Kamaboko	170
" B ₁₋₁	Starch	170
" E 601	Type strain	170
<i>B. subtilis</i> Kr-7	Kamaboko	130
" K-3	"	130
" IAM 1069	Type strain	140
<i>B. megaterium</i> KL-3	Kamaboko	120
" B ₂	Starch	150
<i>B. cereus</i> KL-19	Kamaboko	110
<i>Ps. fluorescens</i> KL-32	"	4
<i>Aeromonas</i> sp. KL-31	"	5.7
<i>Candida</i> sp. Kc-16	"	77

Fig. 5 Comparative sensitivity of *Candida* sp. Kc-16 in 0.067M phosphate buffer irradiated under different conditions

●—● air-bubbling, ○—○ nitrogen gas equilibrium

Fig. 6 Growth of *B. pumilus* KL-4 and *B. cereus* KL-19 stored in the aerobic condition at 10°C after irradiation

●—● *B. pumilus* KL-4, ○—○ *B. cereus* KL-19

果はさらに著しく現れるものと思われる。事実、既報⁵⁾のウィンナーソーセージの例でも *B. cereus* の照射による増殖抑制効果は 10°C 貯蔵で著しく認められている。

4. デンプンの放射線による殺菌効果

かまぼこの主要変敗原因菌の *Bacillus* 属は主にデンプン由来のものとの報告例がある^{8,9)}。そこで、製造原料の一つであるデンプン中の菌数と放射線による殺菌効果をしらべた。この場合、ばれいしょデンプンを用いた

が、1g あたりの菌数は 200 個で比較のきれいだである。そして、総菌数の 90% 以上が *Bacillus* 属で占められていた。分離した好気性細菌 23 株のうち 15 株が *Bacillus* 属で、残りの 8 株は *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Lactobacillus*, 放線菌などに属していた。*Bacillus* 属は *B. pumilus* 4 株, *B. coagulans* 4 株, *B. lentus* 2 株, *B. circulans* 2 株, *B. sphaericus* 2 株, *B. megaterium* 1 株に分類された。そのほか、チオグリコール酸培地からは嫌気性の *Clostridium* sp. 2 株が分離された。

Fig. 7 Effect of gamma-irradiation on microbial destruction of starches

つぎに、ばれいしょデンプン及び比較に用いたとうもろこしデンプンに 50~800 krad のガンマー線を照射してチオグリコール酸培地を用いる End point 法⁸⁾により生残曲線を求めた。その結果 Fig. 7 に示すように 500 krad の線量で 1g あたり 10^{-1} ~ 10^{-2} 個に殺菌された。したがって 500 krad の線量は衛生的に充分な殺菌線量と思われる。

考 察

以上の結果から、リテーナ成形かまぼこにガンマー線を 300 krad 照射することにより非照射かまぼこの約 2 倍すなわち 10°C で 20~30 日、貯蔵期間を延長することが可能である。非照射のリテーナ成形かまぼこは 15~20°C で貯蔵すると 15 日で 1g あたりの総菌数が 10^6 ~ 10^7 個に達し、主な変敗菌は *B. subtilis* と *B. pumilus* である。10°C では 15~20 日で総菌数は 10^6 ~ 10^7 個で、*B. pumilus*, *B. cereus*, *B. megaterium*, *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Brevibacterium* および酵母菌が増殖してきた。これらの微生物のうち *Bacillus* 属は耐熱性菌であ

り放射線の場合も 1000 krad 以上照射しなければ完全に殺菌できない。ところが、300 krad の線量で 95% 程度しか殺菌効果が認められないにもかかわらず、10°C の低温貯蔵では照射による増殖抑制効果が認められた。この静菌効果は放射線損傷細胞の修復⁹⁾ が低温下で著しく遅延するためであろう。なお、5~10°C の低温貯蔵で増殖してくる *Pseudomonas* や *Aeromonas* などの細菌は魚肉由来のものと思われ、わまぼこ内部に加熱処理後も生残していたものが増殖してきたのであろう。しかし、これらの菌は低線量で殺菌でき、照射後 10°C 以下に保てば *Bacillus* 属増殖の心配もなく 1 ヶ月以上の長期貯蔵が可能である。かまぼこ内にはそのほか酵母菌も増殖してくるが、照射後の菌数はわずかである。

なお、この研究の結果からかまぼこの原料段階での放射殺菌が考えられる。木俣の報告³⁾ によれば、かまぼこ内部における変敗には主としてデンプン由来の有芽胞細菌が関係しており、使用デンプンの汚染度が製品の保蔵力に影響を及ぼすと述べている。本研究の結果でも、かまぼこの製造時期により汚染度やマイクロフローラが異なった原因として原料デンプンの影響や二次汚染などが考えられる。したがって、デンプン原料をあらかじめ 500 krad 程度の線量で放射線殺菌しておいて二次汚染をおこさない条件下で水産ねり製品を製造すれば有芽胞細菌による被害はかなり低減化するであろう。さらに、照射デンプンで製造したリテーナ成形かまぼこを 100~200 krad 照射すれば *Pseudomonas* や *Aeromonas*, *Vibrio* などによる被害も防げるであろう。しかし、デンプンの場合には放射線照射によって起こる粘度低下^{10,11)} が加工適性に影響する可能性が考えられる。したがって照射デンプンを用いての食品加工適性をしらべる必要があろう。

要 約

ガンマー線照射によるリテーナ成形かまぼこの変敗の抑制を目的として各温度におけるマイクロフローラと貯蔵効果を検討し以下の結果を得た。

(1) かまぼこの変敗菌は 20°C 貯蔵では *B. subtilis*, *B. pumilus* が中心であり、10°C では *B. pumilus*, *B. cereus*, *B. megaterium*, *Pseudomonas*, *Aeromonas*, 酵母菌などが増殖してきた。5°C では *Pseudomonas*, *Brevibacterium*, *Aeromonas*, 酵母菌が検出された。

(2) かまぼこにガンマー線を 300~450 krad 照射した場合に残存が認められたのは *Bacillus* と酵母菌であるが、照射による変敗の抑制効果は明確に認められた。そして 10°C 前後では約 2 倍に貯蔵期間が延長され、20~30 日の貯蔵が可能である。

(3) *Bacillus* 属各菌株の芽胞は放射線抵抗性が強く、300 krad では 95% 程度しか殺菌できない。しかし、照射による生育遅延効果が著しく、10°C ではかなりの期間（例えば好氣的条件で 3 日以上）静菌状態を保った。*Pseudomonas* や *Aeromonas* は放射線抵抗性が弱く 300 krad 以下で充分殺菌できる。

(4) リテーナ成形かまぼこの主要変敗菌である *Bacillus* 各菌種は主としてデンプン由来のものと思われる。そこで、ばれいしょデンプン中の菌数をしらべたところ 1g 中 200 個あり、その 90% 以上が *Bacillus* 属で占められていた。そして、1g 中の菌数が 10^{-1} ~ 10^{-2} 個以下に殺菌されるためには 500 krad の線量が必要であった。

終りに本研究を行なうに当って、御指導、御鞭撻を賜った本研究所客員研究員の佐藤友太郎博士に感謝の意を表します。

文 献

- 1) 篠山茂行：東海水研報，70，57 (1972)，75，39 (1973)。
- 2) 林 新通・飯塚 廣・岡沢精茂・橘内秀子・松山晃：日本農芸化学会講演要旨集，p. 92 (1975)。
- 3) 木俣正夫：日水誌，16，52 (1951)。
- 4) BUCHNAN, R. E. and GIBBONS, N. E. (ed.): "Bergey's Manual of Determinative Bacteriology", 8th Ed., Williams and Wilkins, 1974.
- 5) Ito, H. and SATO, T.: Agric. Biol. Chem., 37, 233 (1973)。
- 6) 小笠原和夫・斉藤富保：全国魚肉ソーセージ協会報，90 (1963)。
- 7) 金子精一：New Food Industry, 13, 76 (1971)。
- 8) 伊藤 均・飯塚 廣・佐藤友太郎：JAERI-M 5249, p. 2 (1973)。
- 9) 伊藤 均・飯塚 廣・岡沢精茂・渡辺 宏：農化，46，127 (1972)。
- 10) GREENMOOD, C. T. and MACKENZIE, S.: Die Stärke, 12, 444 (1963)。
- 11) 渡邊幸雄・綾野雄幸・小原哲二郎：食品工誌，23，13 (1963)。

(昭和 52 年 6 月 13 日受理)