

食品添加物に対する γ 線照射の影響に関する研究—V*¹

かまぼこの保存期間延長に対する
食品保存料と γ 線照射の併用効果

浜田 盛承・石尾 真弥*²

Studies on the Influences of Gamma Irradiation
upon Food Additives—V

Combined Effect of Food Preservative and Gamma
Irradiation on the Quality of “Kamaboko”

By

Moritsugu HAMADA and Shinya ISHIO

Combined effect of food preservative and gamma irradiation on the shelf-life of “Kamaboko”, and the changes in the concentration of food preservatives added separately, i.e., sorbate and FF (2-(2-furyl)-3-(5-nitro-2-furyl) acrylamide) after the irradiation has been examined. The “Kamaboko” added with food preservative was irradiated by gamma rays at the dose of 3.0×10^5 rad, and it was kept at 20°C for 25 days. The concentrations of sorbate and FF were 2,000 ppm and 2.5 ppm, respectively. At intervals, organoleptic observation on microbial proliferation on its surface, and determination of the concentrations of volatile basic nitrogen (VBN) and the food preservative added were conducted. Based on the organoleptic observation, it was confirmed that the addition of sorbate extended the shelf-life of the “Kamaboko” irradiated, but the addition of FF did not. The concentration of sorbate remained in the “Kamaboko” decreased from 1,450 ppm to 980 ppm by gamma irradiation. On the other hand, the concentration of FF remained did from 1.6 ppm to less than 0.1 ppm.

* 1 水産大学校研究業績 第 931 号, 1981 年 11 月 26 日受理。
Contribution from Shimonoseki University of Fisheries, No. 931. Received Nov. 26, 1981.

* 2 九州大学農学部,

1. 緒 言

生鮮魚介類に低線量の γ 線照射と食品保存料を併用すれば、それぞれ単独使用の場合よりも保存期間は延長される¹⁻⁷⁾一方、加熱魚肉または水産物製品に対しては、岡田ら⁸⁾、浦上ら⁹⁾、平野¹⁰⁾、篠山ら^{11,12)}、上野ら¹³⁾および篠山¹⁴⁻¹⁶⁾が放射線照射による保存性について報告しているが、食品保存料と併用した時の保存性については報告されていない。

ここでは、食品保存料を添加したかまぼこに低線量の γ 線を照射した時の保存性を20°C保蔵の場合について検討したので、以下報告する。

2. 実 験 方 法

2.1 試料かまぼこ

ソルビン酸カリウム（以下 sorbate と略す）をソルビン酸として 2000 ppm、または 2-(2-フリル)-3-(5-ニトロ-2-フリル)アクリルアミド（1974年、食品保存料としての使用が禁止された。以下 FF と略す）を 2.5 ppm となるように添加した。これらのかまぼこは、かまぼこ研究所（東京）に委託して次の手順を経て調製されたものである。1）特上スケソウダラ無塩冷凍すり身に対し、水25%、食塩2.7%、じゃがいもデンプン5.0%、卵白8.0%、砂糖1.0%、グルタミン酸ナトリウム1.0%、イノシン-5'-リン酸ナトリウムおよびグアノシン-5'-リン酸ナトリウムを各0.025%、みりん2.0%の添加および擂潰、2）sorbate または FF の添加・擂潰、3）エゾ松板（160×53×10 mm）上に手付け成型、4）中心温度が 80~85°C で40分間蒸気加熱、5）5秒間の水道水散水後、室温に30~60分間の放冷、6）防湿セロファンで包装後、底部および小口面のヒートシール。

このようにして調製したかまぼこを直ちに研究室（福岡）まで運び（東京~福岡間空輸）、供試した。

2.2 γ 線照射

篠山¹⁴⁾によれば、かまぼこの保存期間を延長させるのに効果的で、かつ照射臭を起さない照射線量は 3.0×10^5 rad である。本研究においても、これにならって照射線量を 3.0×10^5 rad とした。

九州大学⁶⁰Co放射線照射実験室において、線源の周囲に立てて置いたかまぼこに 1.34×10^4 rad/h の線量率で γ 線を照射した。照射に要した時間は23時間であった。

2.3 分析項目

2.2の条件で γ 線照射を行ったかまぼこを20°Cに保蔵し、保蔵期間中における外観検査を行うとともに、細菌数、揮発性塩基窒素（VBN）含量および sorbate または FF 含量を測定した。

2.4 外観検査

かまぼこの保存期間延長に対する γ 線照射と食品保存料の併用効果を判定する方法の一つとして、かまぼこの表面に微生物の生育が肉眼的に認められるまでの日数（保存日数）を調べた。

2.5 細菌数

試料かまぼこの中央部を約1cmの幅で輪切りにし、滅菌したナイフで細切した後、その9倍量の滅菌水とともにホモジナイズした。得られたホモジネートを滅菌水で順次10倍希釈し、平板培養法によって細菌数を計数した。細菌の計数用培地は、ペプトン（Difco社製のポリペプトン）10gおよびNaCl（和光純薬製、1級）2gを1lの水に溶かしてpHを7.0に調整した後、寒天末（和光純薬製）15gを加えて加熱滅菌したものである。培養温度は37°Cとした。

2.6 sorbate および FF の定量

sorbate：細切したかまぼこ68gに脱イオン水を160ml加え、東芝製JC-400W型ミキサーでホモジナイズした。このホモジネートにその2倍量の0.3N過塩素酸溶液を加えてホモジナイズし、約30分間静置した後、東洋濾紙製の濾紙（No. 2）を用いて濾過した。得られた濾液を水蒸気蒸留し、留出液について sorbate の極大吸収波長（264 nm）における吸光度を測定し、検量線から sorbate を定量した。sorbate の回収率は94.5%（3回測定の実測値）であった。FF：細切したかまぼこ20gを石英砂4gとともに乳鉢中ですりつぶし、この摩砕物5gにアセトン-ジメチルホルムアミド-水（5:1:4）混合液20mlを加え、日本精機製のミキサーでホモジナイズした。約10分間静置後、東洋濾紙製の濾紙（No. 2）を用いて濾過した。得られた濾液について、*Bacillus natto* を試験菌株とする松田ら¹⁷⁾のシリンダープレート法に従ってFFを定量した。FFの回収率は84.5%（3回測定の実測値）であった。

2.7 VBN の定量

かまぼこ68gと水160mlのホモジネート13.5gに7.0%

のトリクロル酢酸 10 ml を加え、日本精機(株)製のミキサーでホモジナイズした後、 $3,000 \times g$ で5分間遠心分離した。この上澄液に濾過助剤としてセライトを10% (w/w) となるように加え、東洋濾紙(株)製の濾紙 (No. 6) を用いて濾過した。得られた濾液について、CONWAY¹⁸⁾の方法に従って VBN を定量した。

3. 結 果

3.1 外観検査

外観検査の結果を Table 1 に示す。 3.0×10^5 rad の γ 線照射によってかまぼこの保存日数は対照試料と比較して明らかに延長され、sorbate の併用でその日数はさらに延長された。しかし FF 併用では、併用の効果は認められなかった。なお、sorbate 単用の保存日数は γ 線照射単用のそれを上回ったが、FF 単用では、対照試料と比較して明らかなように FF の効果を認めることができなかった。

Table 1. Combined effect of food preservative and gamma irradiation on the extension of shelf-life of "Kamaboko" stored at 20°C

Sample	Shelf-life*1 (days)
Control*2	
Non-irradiated	3
Irradiated	5-6
Sorbate-treated*3	
Non-irradiated	10
Irradiated	25
FF-treated*4	
Non-irradiated	3
Irradiated	5

*1 No visible period of microbial proliferation on the surface of "Kamaboko".

*2 Food preservative was not added.

*3 Concentration of sorbate added, 2,000 ppm.

*4 Concentration of FF (2-(2-furyl)-3-(5-nitro-2-furyl) acrylamide) added, 2.5 ppm.
Irradiation dosage, 3.0×10^5 rad.

3.2 sorbate 試験区の細菌数、VBN および sorbate 含量

sorbate 試験区かまぼこの保蔵に伴う細菌数、VBN および sorbate 含量の変化を Fig. 1 に示す。なお、 γ 線照射前後の細菌数はいずれも 10 cells/g 以下で、VBN 含量は照射後わずかに増大した (照射前, 8.8 mg/100 g; 照射後 10.1 mg/100 g)。

保蔵に伴う細菌数の増大は外観検査の結果とよく一致し、細菌数増大の抑制順位は大きい方から

併用 > sorbate 単用 > 照射単用 > 対照

となった。

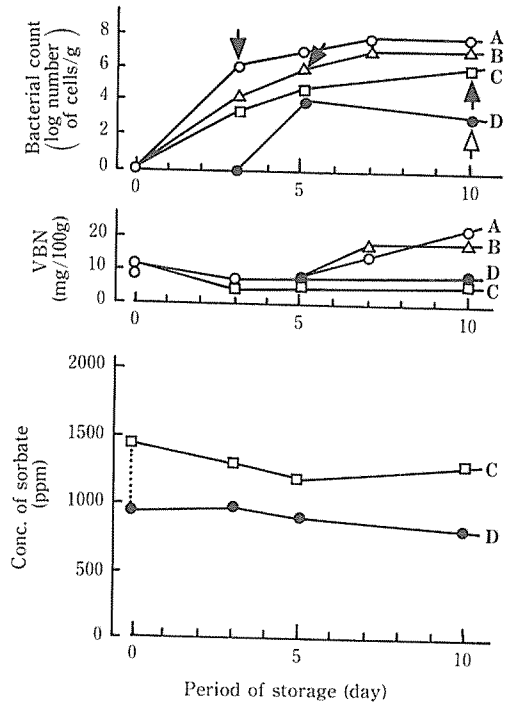


Fig. 1. Variation of bacterial count, VBN and sorbate content in "Kamaboko" kept at 20°C.

A (—○—), control, non-irradiated; B (—△—), control, irradiated; C (—□—), sorbate-treated, non-irradiated; D (—●—), sorbate-treated, irradiated.

Mark ▲ indicates visible growth of microbes on the surface of "Kamaboko", and mark △ shows no visible growth.

保蔵に伴う VBN 含量の増大は細菌数の増大ほど顕著ではなかった。しかし、それが抑制される順位は外観検査の結果とほぼ一致し、次の順位となった。

併用 ≒ sorbate 単用 > 照射単用 ≒ 対照

sorbate 含量は併用、sorbate 単用を問わず保蔵に伴って漸減した。併用の場合、照射前の sorbate 含量は 1450 ppm であったが、照射によって明らかに減少し、照射後 980 ppm となった。

3.3 FF試験区の細菌数, VBN および FF 含量

FF試験区かまぼこの保蔵に伴う細菌数, VBN および FF 含量の変化を Fig. 2 に示す。なお, γ 線照射前後において細菌は検出されず, また VBN 含量にも差が認められなかった (照射前, 8.2 mg/100 g; 照射後, 7.8 mg/100 g)。

保蔵に伴う細菌数の増大は外観検査の結果と一致せず, 細菌数増大の抑制順位は

併用 > FF 単用 > 照射単用 > 対照

となり, sorbate 試験区かまぼこについての順位と一致した。これに対して, 保蔵に伴う VBN 含量の増大は細菌数の増大ほど顕著でなかったが, 抑制順位は外観検査の結果とほぼ一致し

併用 \approx 照射単用 > FF 単用 \approx 対照

の順であった。

FF は照射によって大幅に分解された (照射前, 1.6 ppm; 照射後, 0.1 ppm 以下) が, FF 単用かまぼこでも保蔵中にかなり急速に分解された。

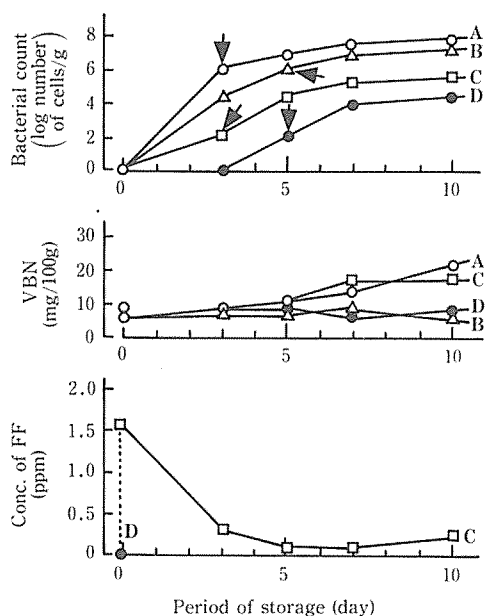


Fig. 2. Variation of bacterial count, VBN and FF content in "Kamaboko" kept at 20°C.

A (—○—), control, non-irradiated; B (—△—), control, irradiated; C (—□—), FF-treated, non-irradiated; D (—●—), FF-treated, irradiated.

Mark ▲ is the same as that shown in Fig. 1.

4. 考 察

照射かまぼこの保存性の判定には官能検査以外に細菌数, VBN 含量, pH, ゼリー強度などの測定が行われている⁶⁻¹⁶⁾。しかし, 官能検査の結果とこれら各測定項目の測定結果との相互関係については, 詳細な検討がなされていない。したがって, 照射かまぼこの保存性を判定する生物学的ならびに理化学的方法 (客観的方法) は確立されていないといえる。本研究では食品保存料と γ 線照射の併用による保存性の判定に, 試料かまぼこ表面における微生物生育の肉眼検査を主とし, その検査結果と細菌数ならびに VBN 含量の変化がどのように関連するかも検討した。

外観検査では, sorbate 試験区の保存効果は

併用 > sorbate 単用 > 照射単用 > 対照

の順位であり, 照射と食品保存料の併用効果が認められた。併用の効果が認められた理由は, sorbate 添加かまぼこに γ 線を照射しても照射による sorbate の分解は添加量の約1/3に過ぎず, 残存 sorbate によって細菌の増殖が抑制されたためと考えられる。この推定の正当性は, 細菌数増大の抑制順位が外観検査による保存効果の順位と一致することにより裏づけられる。また, VBN 含量増大の抑制順位も外観検査の結果とほぼ一致した。以上のことから, sorbate 試験区においては外観検査, 細菌数および VBN 含量のいずれも保存性を判定する基準になりうると判断した。

一方, FF 試験区においては, 外観検査による保存日数の延長順位は

併用 \approx 照射単用 > FF 単用 \approx 対照

であり, γ 線照射の効果は認められたものの, FF との併用効果は認められなかった。

細菌数の増大抑制順位は

併用 > FF 単用 > 照射単用 > 対照

であることから, 細菌数の測定値を保存性の判定基準とすれば, 併用効果が認められる結果を示した。また, VBN 含量を判定基準とすれば保存性の順位は外観検査の順位と一致し, FF 併用効果を認めることができなかった。

以上のように, 保存料の種類によっては, 細菌数や VBN 含量による保存性の判定は外観検査の結果と一致しないこともあることがわかった。その理由については, 本実験の結果のみで推論することは困難である。

5. 要 約

食品保存料と γ 線照射の併用によるかまぼこの保存期間延長の効果を, 外観検査, 細菌数および VBN 含量の変化か

ら調べた。ソルビン酸カリウムまたは2-(2-フリル)-3-(5-ニトロ-2-フリル)アクリルアミドを添加したかまぼこに 3.0×10^5 rad の γ 線照射を行い、20°C で保蔵し、次の結果を得た。

1. γ 線の照射によって、外観検査からみたかまぼこの保存日数は対照試料に比較して延長され、sorbate との併用でその日数はさらに延長された。しかし、2-(2-フリル)-3-(5-ニトロ-2-フリル)アクリルアミドとの併用効果は認められなかった。

2. 保存料としてソルビン酸カリウムを用いた場合、細菌数による保存性の判定の結果は外観検査の結果とよく一致し、保存性の順位は

併用 > ソルビン酸カリウム単用 > 照射単用 > 対照

であった。また、VBN 含量による保存性の判定の順位も、これにほぼ一致した。

3. 保存料として2-(2-フリル)-3-(5-ニトロ-2-フリル)アクリルアミドを用いた場合、外観検査およびVBN 含量による保存性の判定では、 γ 線照射との併用効果は認められなかった。しかし、細菌数からの判定では併用効果が認められた。

4. γ 線照射によってソルビン酸カリウムの濃度は1450 ppm から980 ppm に、2-(2-フリル)-3-(5-ニトロ-2-フリル)アクリルアミドのそれは1.6 ppm から0.1 ppm 以下にそれぞれ減少した。

文 献

- 1) C. F. NIVEN Jr. and W. R. CHESBRO : *Antibiotics Ann.*, 855~859 (1956-1957).
- 2) R. F. CAIN, A. W. ANDERSON and A. S. MALASPINA : *Food Technol.*, **12**, 582~584 (1958).
- 3) W. L. BROWN and M. L. SCHMUCKER : *Food Technol.*, **14**, 92~93 (1960).
- 4) A. W. PHILLIPS, H. R. NEWCOMB, T. ROBINSON, F. BACH, W. L. CLARK and A. R. WHITEHILL : *Food Technol.*, **15**, 145~152 (1961).
- 5) P. A. LERKE, L. FARBER and W. HUBER : *Food Technol.*, **15**, 145~152 (1961).
- 6) A. A. AWAD, R. O. SINHUBER and A. W. ANDERSON : *Food Technol.*, **19**, 864~866 (1965).
- 7) 小嶋秩夫：食品防腐剤と加熱または放射線照射との併用効果に関する研究，学位論文（九州大学），1967.
- 8) 岡田郁之助・小坂部 勇・菊池武昭・福島 清・山下久雄・佐々木正五・橋本一男・赤塚 盛・渡辺 洪：日水誌，**20**，989~993 (1955).
- 9) 浦上智子・田中裕子：栄養と食糧，**11**，78~86 (1958).
- 10) 平野敏行：食品工業，**3**，538~547 (1960).
- 11) 篠山茂行・天野慶之：食品照射，**2**，38~49 (1967).
- 12) 篠山茂行・天野慶之：食品照射，**4**，115~123 (1969).
- 13) 上野照雄・北村禎三：食品照射，**5**，78~82 (1970).
- 14) 篠山茂行：東海水研報，No. 70，57~64 (1972).
- 15) 篠山茂行：東海水研報，No. 75，39~46 (1973).
- 16) 篠山茂行：東海水研報，No. 82，97~104 (1975).
- 17) 松田敏生・小島 渥：日水誌，**31**，208~213 (1965).
- 18) E. J. CONWAY：微量拡散分析及び誤差論（石坂音治訳），南江堂，東京，1957，pp. 82~84.
- 19) 山田金次郎：食衛誌，**4**，323~331 (1963).
- 20) 戸沢晴巳：日水誌，**34**，740~755 (1968).
- 21) 松田敏生：醸酵工学，**43**，426~431 (1965).