畜産食品の保存に関する研究 (4)

0.5 Mrad の γ 線照射による鶏肉の保存効果

(昭和41年3月28日受理)

木 崎 卓 平* 神 谷 誠*

Studies on the Preservation of Animal Foods (4)
Preservative Effects of γ -Ray Irradiation at Levels of 0.5 Mrad

Takuhei KIZAKI and Makoto KAMIYA

(Faculty of Agriculture, Meiji University:
5158, Ikuta, Kawasaki)

Ground chickens (*M. pectoralis*) irradiated by ^{60}Co γ -ray at levels of 0.5 Mrads were stored at about 25°C and about 4°C. As the criteria for preservative effects of irradiation and chemical or bacteriological changes after irradiation, Sensory test, pH, Resazulin Reduction Test, Volatile Basic Nitrogen, Free-Tyrosine, Bacterial Numbers and detection of diazo reaction positive substances were carried out.

The results were shown in Tables 1~4 and Fig. 2~4. As the summary, it was found that the storage life of irradiated chickens were extended for more about 2 days compared with control, and the application combined with irradiation and refrigeration was effective certainly without any extensive chemical changes for 20 days.

Determination of Free-Tyr. was seemed to be effective for the method of detecting spoilage of chickens.

(Received March 28, 1966)

I 緒 言

筆者らはさきに1.0 Mrad 照射により、25°C保存鶏肉の保存期間を非照射肉に比べ約1週間延長させること、照射と冷蔵との併用により、さらに保存効果が高められることを確認し報告¹⁾した。引き続き、0.5 Mrads の線量で照射した場合の鶏肉の保存効果に関し、実験検討を加えたので、その結果をここに報告する。

II 試料および実験方法

1. 試 料

本学部飼育の白色レグホン種成鶏をと殺解体して、胸筋 (*M. pectoralis*) を採取後手動肉ひき機で粉碎し実験に供した。この一連の操作はできるだけ無菌状態の維持に努めた。

2. 実験方法

(i) γ 線照射 上記粉碎試料を、口径15mm高さ50mmの保存用共せんガラス試験管にそれぞれ約10gずつ入れ、密せん後照射試料と非照射試料とに区分した。照

射区の試料は ^{60}Co 線源の γ 線を 0.5 Mrads (0.5×10^6 rads) 照射した。照射時の温度は約20°C、照射時間は2時間43分であった。

(2) 保存方法 ガラス試験管封入試料(照射区と非照射区)を定温器 (25±2°C) と冷蔵庫 (4±1°C) に分けて保存する。したがって試料は4群となる。と殺解体約5～6時間後に最初の分析を行なった。

(3) 測定方法 照射時の影響および保存試料の経日的変化を解明するため、つぎの項目について測定を行なった。

(i) 官能検査：試料の形状、におい、色調等の官能所見を記録する。

(ii) 水素イオン濃度の測定：WTW 製 pH メーターを用い肉面接触により直接測定する。

(iii) レサズリン還元試験(RRT)²⁾：試料1gをレサズリン試験管に無菌蒸留水10ml とともに入れ、これにレサズリン溶液1ml を加え密せん後静かに数回転倒し混和する。恒温水槽 (35～37°C) に入れ、一定時間後の呈

* 明治大学農学部：神奈川県川崎市生田5158

色状況を色調表と比較して判定する。

(iv) 揮発性塩基性窒素 (VBN) の定量: Fig. 1 のごとく調製した試料について、微量拡散法³⁾により定量する。

Fig. 1. Sample preparation methods for VBN, Free tyrosine and paper chromatography

(v) 遊離チロシンの定量: VBN 定量のための試料 2 ml を比色試験管にとり、混合アルカリ液 (Na_2CO_3 15%, (NaPO_3)₆ 2% soln.) 5 ml と Folin 試薬⁴⁾ 1 ml を加えよく混和する。30分静置後 Elma Spectrophotometer M-IV を用い 650 m μ にて比色定量する。

(vi) 生菌数の測定: 食品衛生検査法⁵⁾の標準平板培養法により測定する。

(vii) ジアゾ反応陽性物質の検出:

a) 検出試料 VBN および遊離チロシンの定量に使用したのちの残液を濃縮し、ペーパークロマトグラフィー検出試料とした。

b) 展開および溶媒 東洋ろ紙 No. 52, 2×40 cm を用い 10% アンモニア水飽和ブタノール⁶⁾ で約 18 時間展開した。

c) 発色液 第 1 液: 1% スルファニルアミド 10% 塩酸溶液 20 ml と 5% 亜硝酸ナトリウム 20 ml を分液ロートに入れ, 100 ml *n*-ブタノールを加え振とうし, ブタノール層 (ジアゾ試薬) を使用する。第 2 液: 半飽和炭酸ナトリウム液。

展開ろ紙を乾燥後第 1 液を, 次ので第 2 液を噴霧する。乾燥後スポットの色調と R_f を記録する。

III 実験結果および考察

0.2 Mrads の γ 線照射時鶏肉の保存効果に関し前記 7 項目の実験結果を表示し, 対照区と比較検討する (Table 1~4, Fig. 2~4)。

Fig. 2. pH value of chickens during storage

Fig. 3. VBN of chickens during storage

Fig. 4. Free tyrosine of chickens during storage

官能検査 (Table 1): 0.5 Mrads 照射直後における試料の形状, におい, 色調は, いずれも対照区と相違が見られなかった。

高温保存区 (25±2° 保存のもの, 以下同じ) では非照射区において, 第 3 日に形状に変化をきたし, 酸味臭を発するとともに緑かっ色化し, 腐敗の状況を呈した。照射区では第 3 日に照射臭と思われる異臭および退色を認め第 5 日には腐敗臭を伴う形状の変化と色調の変化 (緑かっ色~黄かっ色) とを認めた。

Table 1. Results Obtained on Sensory Test

Irradiation: 0.5 Mrads with ⁶⁰Co

Storage(days)	Sensory Sample	Appearance		Odor		Color	
		control	irradiated	control	irradiated	control	irradiated
Storage at about 25°C	1	—	—	—	—	—	—
	2	—	—	—	—	—	—
	3	±	—	+*1	±*2	±*3	±*4
	4	+	—	++*5	+*1	+	—
	5	++	±	++*6	++*5	++	+*3
	6	+++	+	+++	++	+++	++*7
	7	+++	++	+++	++	+++	++
	8	+++	+++	+++	++	+++	++
	9	+++	+++	+++	++	+++	++
	10		+++		++		++
Storage at about 4°C	1	—	—	—	—	—	—
	3	—	—	—	—	—	—
	5	—	—	—	—	—	—
	7	—	—	—	—	—	—
	9	—	—	—	—	—	—
	11	—	—	—	—	—	—
	13	—	—	—	±*2	—	—
	15	—	—	—	—	—	—
	17	—	—	—	—	—	—
	19	—	—	—	—	—	—
	21	±	—	—	—	—	—

— : Normal ± : Uncertained change + : Appreciable change
 ++ : Considerable change +++ : Severe change
 *1 : sour *2 : foreign *3 : greenish brown *4 : fading *5 : uncomfortable
 *6 : putrid *7 : yellowish brown

Table 2. Results on RRT of Chickens during Storage

Irradiation: 0.5 Mrads with ⁶⁰Co

Storage (days)	RRT(min) Sample	Storage at about 25°C				Storage (days)	RRT(min) Sample	Storage at about 4°C			
		30 min	60	120	180			30 min	60	120	180
1	control	0	1	2	2	1	control	0	1	2	2
	irradiated	0	0	1	1		irradiated	0	0	1	1
3	control	2	2	2	2	5	control	0	1	2	2
	irradiated	1	1	1	2		irradiated	0	0	1	1
5	control	2	2	3	4	9	control	0	1	1	2
	irradiated	1	2	2	2		irradiated	0	0	1	2
7	control	0	2	2	2	13	control	0	0	1	2
	irradiated	0	1	2	2		irradiated	0	0	1	2
9	control	1	2	2	2	17	control	0	0	1	2
	irradiated	0	1	2	2		irradiated	0	0	1	2
11	control					21	control	0	1	2	2
	irradiated	1	2	2	3		irradiated	0	1	2	2
	control					25	control				
	irradiated						irradiated	0	1	2	2

RRT samples are compared with Lactester-A Table (Wakō Pure Chem. Indus. LTD) and when the degree of sample's reduction are equivalent to one of colors in the table, the color number is noted here

Table 3. Bact. Numbers of Chickens during Storage
Irradiation: 0.5 Mrads with ^{60}Co

Bact. No. Storage (days)	Storage at about 25°C		Bact. No. Storage (days)	Storage at about 4°C	
	control	irradiated		control	irradiated
1	4,800* ¹	< 3,000	1	4,800	< 3,000
3	22,000	< 3,000	5	7,000	8,000
5	3,400	L. A. * ²	9	4,300	< 3,000
7	L. A.	< 3,000	13	11,000	< 3,000
9	30,000	L. A.	17	5,700	L. A.
11	85,000	< 3,000	21	55,000	L. A.
			25		< 3,000

*¹ Bact. numbers per gram material

*² Laboratory Accident

Table 4. Detection of the Diazo-reaction Positive Substances
Irradiation: 0.5 Mrads with ^{60}Co

Sample Storage(days)	Spot	Control					Irradiated				
		His.	Tyr.	ImA	Hm	Tm	His	Tyr.	ImA	Hm	Tm
Storage at about 25°C	1	±	±	—	—	—	±	±	—	—	—
	2	+	±	—	—	—	—	—	—	—	—
	3	+	+	—	—	—	+	±	—	—	—
	4	+	+	—	—	+	+	+	—	—	—
	5	+	—	+	—	+	+	±	±	—	—
	6	+	+	+	+	+	+	+	+	—	±
	7	+	+	+	—	±	+	±	+	—	±
	8	+	±	+	—	+	+	+	+	—	+
	9	+	—	+	—	+	+	+	+	—	+
	10						+	+	+	—	±
	11						+	+	+	—	+
Storage at about 4°C	1	±	±	—	—	—	±	±	—	—	—
	3	+	+	—	—	—	+	±	—	—	—
	5	+	±	—	—	—	+	±	—	—	—
	7	+	±	—	—	—	+	±	—	—	—
	9	+	±	—	—	—	+	±	—	—	—
	11	+	±	—	—	—	+	±	—	—	—
	13	+	±	—	—	—	+	±	—	—	—
	15	+	±	—	—	—	+	±	—	—	—
	17	+	±	—	—	—	+	±	—	—	—
	19	+	±	—	—	—	+	±	—	—	—
	21	+	+	—	—	—	+	+	—	—	—
	23	+	±	—	—	—	+	±	—	—	—
	25	+	±	—	—	—	+	±	—	—	—
	27	+	±	—	—	—	+	±	—	—	—

His.: Histidine Tyr.: Tyrosine ImA: Imidazol acetic acid Hm: Histamine Tm: Tyramine
Paper chromatography

Solvent: *n*-butanol saturated with 10% NH_4OH — not detected ± uncertain + detected
Detection: diazo reaction

低温保存区 ($4 \pm 1^\circ$ 保存のもの, 以下同じ) では照射の有無にかかわらず21日間当初の官能所見を維持した。ただし, 例外的に照射区の第13日の試料にやや異臭を発つものが存在した。15日以後の試料に変化の見られない点から, この原因は明らかにしない。

pH (Fig. 2): 第1日の pH 値は非照射区5.85に対し照射区5.94とやや高い値を示し, 1.0 Mrads 照射時⁷⁾ と逆の結果を示した。一般に食肉の照射は pH 値の上昇をもたらすといわれている⁷⁾。

高温保存区では, 非照射区において第3日にすでに pH 6.50 を示し腐敗初期に達する。照射区においては第5~6日にこの段階となる。

低温保存区では, 照射の有無は実験期間(21日間)中, pH 値に影響なく pH 5.5~6.1の範囲にとどまった。すなわち, 食肉保存に関し, 低温は0.5 Mrads 照射に匹敵する因子であることが明らかである。

官能検査と pH 値測定の結果から, 高温保存の場合, 0.5 Mrads 照射は非照射試料に比べ約2日間保存期間を延長せしめることが確認された。

RRT (Table 2): 本実験において得られた数値が大となるに従って, 食品の鮮度は低下する。

第1日にして, RRT 30分を除き, 非照射区はいずれも照射区よりもじん速に退色することを認めた。

高温保存区では, 非照射区が第3日, 照射区が第5日において, それぞれの60分, 120分測定の結果から, 腐敗の徴候があらわれた。この2日の差は γ 線照射の殺菌効果を示すものといえる。

低温保存区では, 非照射区と照射区との差は顕著でない。前項に論じたごとく, 照射効果が低温という因子にマスクされていることを物語っている。

VBN (Fig. 3): 第1日において 照射区は非照射区に比べわずかに高い値を示した。

高温保存区では, 非照射区が第3日に初期腐敗の段階と目される量 (30 mg%) をはるかに越す69.34 mg% を, 照射区が第5日47.29 mg% を示した。

低温保存区では, 非照射区が常に照射区よりも高い値を示し, VBN が漸増していくことから, 低温においても非照射区が照射区に比べ早く変質することが推察される。

遊離チロシン (Fig. 4): 照射直後(第1日)においては非照射, 照射区はそれぞれ0.0825 mg%, 0.0805 mg% でほとんど差はなかった。

高温保存区では, 非照射区および照射区の遊離チロシン量は, 当初は緩慢に, 第4日および第6日に至ってそれぞれ急激に増加を見る。すなわち, γ 線照射は約2日の保存期間を延長させたことになる。

低温保存区では, 非照射区は照射区に比べ常に高く経目的にわずかながら漸増し, VBN の場合と全く同一の傾向を示した。

遊離チロシン量と他の測定項目で得られた結果とを比較検討した場合, 鶏肉においては0.2~0.3 mg% の遊離チロシン量が腐敗に入る段階と考えられる。

生菌数 (Table 3): 第1日の4800/g の生菌を有する鶏肉が照射後は3000/g 以下となること, 高温保存区の第3日, 第11日および低温保存区の第9日, 第13日の生菌数の測定結果から, 明らかに γ 線照射による殺菌に由来する保存効果の持続が認められた。

ジアゾ反応陽性物質の検出 (Table 4): イミダゾール核およびフェノール核を有する遊離のアミノ酸, アミン類はジアゾ試薬に陽性である。

遊離のヒスチジン, チロシンは4群の実験区とも, おおむね保存初期より検出されている。

高温保存区では, 非照射区において第4日以降チラミンが, 第5日以降イミダゾール酢酸 (文献値同定) がそれぞれ検出された。一方照射区においては第6日以降イミダゾール酢酸, 第8日以降チラミンが検出されたが, ヒスタミンは見られなかった。

低温保存区では, ヒスチジンおよびチロシンが検出されるにとどまった。

以上の結果から腐敗の進行に伴いチロシンは脱炭酸されてチラミンに, ヒスチジンは酸化的脱アミノされてイミダゾール酢酸, あるいは脱炭酸されてヒスタミンに移行するものと推察されるが確かでない。なお, ヒスチジンの分解については, まず脱炭酸によりヒスタミンとなりその分解の途上でイミダゾール酢酸の生成を認めるとの報告⁸⁾ がなされている。

IV 総括

鶏胸筋のひき肉に⁶⁰Co 線源の γ 線を0.5 Mrads 照射し高温 ($25 \pm 2^\circ$) と低温 ($4 \pm 1^\circ$) に区分保存し, その照射後および短期間保存中の諸変化と保存効果を非照射肉と比較しながら検討を加えた。

鶏肉に与える0.5 Mrads 照射はわずかながら pH, VBN, 生菌数, 遊離チロシン等の値に影響を及ぼした。すなわち pH, VBN は照射区が非照射区に比べ高く, 生菌数, 遊離チロシンでは照射区の方が低い値を示した。一方官能検査, RRT, ジアゾ反応陽性物質の検出等では照射それ自体 (第1日の結果) の影響は差として明らかでない。

保存期間中では, 高温区で照射の影響は経目的にはつきりする。すなわち官能検査, pH, RRT, VBN, 生菌数, 遊離チロシン等では非照射区は第3日にすでに腐敗を示すに対し, 照射区はいずれもの結果から第5日頃に腐敗に入った。

低温保存中では, 官能検査, pH, RRT, ジアゾ反応陽性物質検出等では照射の影響は判然としないが, VBN, 生菌数, 遊離チロシンでは明らかに低温ながらも照射の保存効果が見られ, γ 線照射が肉の内部変化を抑制していることが認められた。

要するに 0.5 Mrads 照射の高温保存鶏肉は非照射区に比べてほぼ 2 日ほどの保存効果をあらわすがその効果は 1.0 Mrad 時の約 1/3 である。低温保存では照射は内部の変質をきたさずに保存が可能であることを確認した。

なお、鮮度判定法として遊離チロシンの定量は効果的で鶏肉の場合 0.25~0.3 mg% の線を越えるときが一応腐敗の目安となりうると推察される。またチラミン、イミダゾール酢酸等の生成は腐敗に入ってから検出されることが明らかとなった。

本実験を行なうに当り試料の照射にご協力を賜った都立アイソトープ総合研究所の岡 充，山崎邦郎の両氏に感謝の意を表します。

この報文の要旨は日本食品衛生学会第 9 回学術講演会（昭和40年 5 月，大阪市）において発表。

文 献

- 1) 木崎卓平，神谷 誠：明大農研報. **18**, 1(1965).
- 2) 乳業技術講座編集委員会：“牛乳・乳製品検査” p. 221 (1963) 朝倉書店.
- 3) 厚生省編：“食品衛生検査指針 I” p. 1~13 (1959)；石坂音治：“微量拡散分析提要” p. 62 (1951) 柴田化学器械工業 k k.
- 4) O. Folin, V. J. Ciocaltee: J. Biol. Chem. **73**, 627 (1927).
- 5) 遠山祐三，川城 巖，他：“食品衛生ハンドブック” p. 93 (1957) 朝倉書店.
- 6) 佐竹一夫：“クロマトグラフィー” p. 99 (1955) 共立出版.
- 7) American Meat Institute Foundation: “The Science of Meat & Meat Products” p. 305 (1960) Reinhold; F. Batzer et al.: J. Agr. Food Chem. **3**, 64 (1955).
- 8) 佐竹一夫，林 誠，他：腐研報. **5**, 79 (1952).