冷蔵庫内の紫外線の効果

Effect of Ultraviolet Rays in the Refrigerator

(昭和41年2月11日受理)

石 原 房 雄

(Fusao Ishihara)

畑 中 み ど り

(Midori Hatanaka)

神 田 豊 子

(Toyoko Kanda)

久 保 房 子

(Fusako Kubo)

Effect of ultraviolet rayradiation in the refrigerator was investigated. Two refrigerators of the same type were prepared; one irradiated by a 2-watt lamp of ultraviolet rays inside and the other non-irradiated as a control.

Suspensions of a certain concentration of bacilli such as *Escherichia coli*, *Enteritis vibrio parahemolitics*, *Enteritis Gärtner*, *Staphylococcus* and hay were put and left in the two refrigerators. After a certain hours' storage, the number of colonies was examined. It was found that in the irradiated samples it was reduced to 1/6-1/300, possibly influenced by ultraviolet rays.

Farther, to study a preservative value of ultraviolet rays acting against putrefaction, pH, NH_3 production, protein precipitation, the number of all bacilli per 1 g were compared. The results showed the progress of putrefaction in the irradiated samples was 5-6 days slower than in the control non-irradiated, and that the number of bacilli in the air in the refrigerator irradiated decreased to 1/6. The air contained only a small amount of ozone.

第1章 緒 言

近來の紫外線の殺菌力は極めて強い。これは真空管の技術の進歩により、また殺菌力の弱い波長のものを除く工夫をされたからである。殺菌力の最も強い波長は2000Å~2900Åで2900ÅはDorno線と称せられ最も強い。[(μミクロンとは1mm¹の1/1000で細菌の大きさに用い、(10⁻⁶m), mμミリミクロンとは1μ/1000でビールの大きさに用い、Å(オングストローム)はその1/10で光の波長の単位に用いる(10⁻¹⁰m)]。紫外線の殺菌線量は照度と照射時間の積である。殺菌力は照射面/cm², 分単位で菌の99.9%を殺すマイクロワット(μWは1Wの100万分の1)で現わす[μW/miu/cm²]。普通腸内細菌は80, 球菌は200位, 芽胞を有するものは2000位である。大腸菌は殺菌されやすい方で、15Wの紫外線灯10cmで6秒で全部死滅せしめる。

照度は距離の自乗に反比例するから、距離は最も重要である。また照射角度にも関係するから、物体の位置を注意しなければならない。紫外線は屈折はするが、透過率が悪く液体は10%透過するが固体は透過しないからその表面にくっついている菌だけに働く。

この実験は家庭用冷蔵庫で内容100lのものに小型ランプGB2サンタリー型で消費電力100V, 2W管の外

径23mm 管長25mmで真空管内には水銀蒸気の外過剰の水銀粉を封入してある。殺菌線強度は10cmの照射距離で約23μW/cm²を示し、主波長は2537Åである。対照としては同一型同大の冷蔵庫を用い、照射する位置も上段の中央を用い、両者条件を同一にするようつとめた。まず菌の純培養に就て菌が紫外線による減少の割合を見、次いでクレラップ紙で包んだ場合を調べ、次いで腐敗により鮮度を失なう過程を追日探究するために、pH, NH_3 -N, 総菌数, 蛋白沈降反応, ヒスタミンを試験した。

放電の場合は常にオゾン(O₃)を発生する。O₃は空気を浄化し防臭、殺菌の力もあるが1ppm(ppmは百万分の1容量)以上は有害である。O₃は波長1850Åのものが最も多く生産するので、これを除くため全線を透過する石英硝子の代わりに、珪酸硝子を使用するのが普通である。この冷蔵庫のO₃は、沃度加里法により測ったが平均0.015ppmで24時間閉め切りの場合0.12ppmであった。この分量では防臭の作用はいくらかあろうが、殺菌の作用はない。

なお比較のため一般殺菌灯の棒状のもの長さ11cm 4Wのものを用いた。

第2章 細菌数に及ぼす影響

各種の菌浮遊液を作りその一定量を、無菌であること

を確めた培地上に滴下し平等に塗布して紫外線灯下の10～25cm の確実に照射される所に一定時間照射し、対照として同一構造の冷蔵庫で紫外線灯を備えていないものを用い兩者 37°C に培養しその集落数を調べた。その結果は第1表に示したように、紫外線照射のものは好塩菌(腸炎ビブリオ)において1/60、1/120に減少し、腸炎菌(ゲルトネル)は1/130、1/70に減少した。

キャベツの葉6×6cm 大のものに好塩菌を付着せしめ

第1表 殺菌力試験(24時)

(a)

	紫 外 線 付	対 照 (紫外線なし)
好 塩 菌	15	880
	2	240
腸 炎 菌	360	4800
	23	1680
キ ャ ベ ツ (6×6cm)	60	3600
	5時間 24時間	
	380 40	3850
小 鯨	10 ⁴ ×1.5 500	10 ⁴ ×1.2
	(棒状 4W) 0	

(b)

	紫外線照射 2 W(5時間)			棒状紫外線照射(4 W)		対 照
	そのまま	クレラセロフ	アップ包み	そのまま	クレラセロフ	
大腸菌(a)	200	∞	∞	0	—	∞
	8	1000	1000	4	—	2200
	4	1500	1200	1	—	1500
ブドウ球菌	910	4000	5000	0	—	6100
	150	1500	1500	0	—	1880
	10	700	610	0	—	1510
枯草菌	275	∞	∞	0	—	∞
	50	210	250	0	—	320
	3	380	1140	0	—	1240
大腸菌(b)	0	750	—	0	150	∞
	1200	∞	—	6	150	∞
	1200	∞	—	25	3500	∞
変形菌	46	106		10		3200
	556	1000				2200
	150	819		56		850
小 鯨	2日目11.22	12.44	12.67			12.44
NH ₄ mg%	7日目12.67	12.92	13.17			12.92

紫外線に照射 15 時間後、対照は 3600 コを見たのに、紫外線の方は 60 コであった。次に同じキャベツの対照は 3850 コのものが紫外線 5 時間約 380、24 時間照射約 40 コとなった。

次に小鯨に付着せし雑菌数(非病原菌)を比較した。50cc の無菌プイオン加生食内に入れ滅菌ブラシで十分に洗いその洗液中の菌数を見たのに、対照は10⁴×1.2であったものが紫外線 5 時間照射後 10⁴×1.5で、24 時間後のものはさらに少なく 500 コになった。また棒状紫外線で 5 時間照射したものに菌は証明されなかった(10⁴×1.5とは 10×10×10×10×1.5=15000 コを意味す)。

なお家庭ではセロファンなどの紙に包むことが多いので、その影響を調べた。紫外線の透過する割合はセロファン紙 60%、ポリエチレン 65% と記されている。著者は稀酸法を用い実測した。すなわち N/100 稀酸と N/100 硫酸ウラニニウムの混合液 25cc を直径 9cm の普通シアーレに入れ、紫外線を直射し、3 時間後 N/100 KMnO₄ 液で滴定した。その結果対照 24.2cc で、紫外線照射のもの 23.4cc クレラップで包んだもの 23.7cc であった。すなわち、稀酸を分解した量は紫外線のもの 0.8、クレラップで包んだもの 0.5cc となり、その差 0.3 は前者 0.8 に対し $\frac{0.3}{0.8} \times 100 = 37.5\%$ となり包紙のため透過率の減少した数字である。従って透過率は 62.5 % となった。

次にセロファン紙や、クレラップ紙で包んだ場合の菌の発育を見るのに、大腸菌(a)、ブドウ球菌、枯草菌について見ると、対照に比し紫外線のは 1/50～1/500 に著しく減少しているが、セロファン、クレラップで包んだものは約 1/4 に減少している。ただ大腸菌(b)例においては対照に比し∞のものが 750 となっている。これは紫外線の真下 5cm の所においたものがかく減少したのである。また棒状紫外線の方は皆完全に滅菌しているが、これにクレラップで包んだものは、その対照∞のものが 150 コの菌が発育しただけである。次に腐敗菌として変形菌(Proteus morganii)を用い試験した。ここでも大体同じに、対照 3200 コのものが、紫外線をかけたものは 46 コに、クレラップで包んだものは 106 コとなり、棒状紫外線は 10 となった。これで見るとクレラップで蔽った場合は強い紫外線を透過して弱いものは透過しない。透過してもその力は 1/4 に減少するものと思われる。元来なら透過率 62.5% であったから半分以上の効力はあってよいはずであるが、そうはいかない。これは矛盾するようにも思われるが、紫外線の透過される波長は長い方が主で、殺菌力の強い波長の短い部分は割合に少ないからであって、それが透過率と殺菌力と一致しない理と思われる。

枯草菌は芽胞を有し、熱や化学薬品に対して抵抗の最も強いものであるが紫外線に対しては他の芽胞を有しないものと殆んど同じ抗抵を示すと記されているが、ここでも対照に比し 1/30, 1/80 に減少しているのを見た。

なお冷蔵庫内空気中の菌数を調べた。10時間冷蔵庫内にシャーレを放置しその落下菌数を見たが、紫外線のある方は3回共1コの集落を見た。対照の方は8コ、3コ、6コであった。平均して紫外線の方が菌の数は著しく少なく1/6ということになる。内の空気が循環して滅菌されたためである。なお、その冷蔵庫の上に同様落下菌を見たのに30分で6コ、7コ、12コ、13コであった。それに比較すると紫外線のある冷蔵庫内は外気より $1/100$ 以上少数となっていることになる。

第3章 腐 敗 試 験

腐敗は主として腐敗菌および雑菌の繁殖によるものであるが、その腐敗に至る行程を知るために pH 値, $\text{NH}_3\text{-N}$ 定量, 総菌数, 蛋白沈降反応, ヒスタミンを日を追って定量, 腐敗に至るまでの日数を調べた。

1. pH 値

硝子電極法と pH 試験紙を用いた。試験紙の方は常に 0.1~0.2位低いのみならず不同であるので表には電極法のみを記した。pH 値は新鮮な食品は大体 6.0 以下で 6.2 は鮮度の低下を表わした。

実験例1は小鯰で水上げ後6日目に対照は6.6であるのに紫外線照射の方は12日目に6.2で腐敗の始まりを示している。ここでは腐敗抑制作用が6日以上差を示している。第2例は鯖について対照は6日目6.48になっているが、紫外線の方は10日目6.11で7日位の差を思わせる。第3例は豚肉で13日目に対照は6.15であるのに、紫外線の方は16日目に6.25でここでも3日以上差を認められた。

2. 揮発性塩基性窒素 ($\text{NH}_3\text{-N}$) 測定

Conway 氏法によった。試料を細粉したもの10gに水50ccを加へ30分抽出し「ユニット」に入れ炭酸カリで分解し、37°C 80分間硼酸に吸収し、水平ビュレットを用い0.02N H_2SO_4 で滴定して揮発性塩基性窒素を測定した、蛋白質腐敗の進行を化学的に見る最も適した方法である。一般には 5~10mg/% ならば新鮮で 25mg/%

第 2 表 腐 敗 試 験

		pH の 変 化		$\text{NH}_3\text{-N}$ mg/%		総 菌 数		蛋 白 沈 降 反 応				ヒスタミン	
		紫外線付	対 称 (紫外線 ナシ)	紫外線付	対 称	紫外線付	対 称	紫外線付		対 称		紫外 線付	対称
								A	B	A	B		
1. 小 鯰	6日目	6.20	6.64	18.70	22.70							—	—
	12日目	6.20	7.90	21.19	57.12			+	±	卅	卅	—	—
2. 鯖	2日目	5.97	5.97	11.03	11.03	10^5	10^5	—	—	—	—	—	—
	6日目	6.00	6.48	12.07	17.17	$10^6 \times 3$	$10^6 \times 2$	—	—	+	+	—	—
	8日目	6.00	6.98	12.64	25.47	$10^6 \times 4$	$10^{11} \times 7$	±	—	卅	卅	—	—
	10日目	6.11	/	15.47	/	10^7	/	+	—	/	/	—	—
3. 豚肉	2日目	5.80	5.80	8.30	18.30	$10^4 \times 4$	$10^4 \times 4$	+	—	—	—	—	—
	6日目	5.80	5.95	19.81	22.07	10^5	$10^6 \times 2$	—	—	+	+	—	—
	9日目	5.75	5.95	22.64	38.30	/	/	/	/	/	/	—	—
	13日目	5.90	6.15	23.96	99.06	$10^6 \times 2$	$10^7 \times 5$	+	—	卅	+	—	—
	16日目	6.25	7.55	24.53	205.66	10^7	$10^8 \times 3$	卅	+	/	/	—	—
サ ラ ダ	1日目	4.78	4.78			$10^4 \times 1.2$	$10^4 \times 1.2$						
	4日目	4.75	4.75			$10^4 \times 1.2$	$10^4 \times 1.8$						
	10日目	5.20	5.22			$10^6 \times 3$	$10^6 \times 10$						
小 鯰 (煮つけ)	2日目	6.28	6.40 6.40	12.08	12.90 15.00	$10^3 \times 2$	$10^4 \times 7$ $10^5 \times 6$		—			—	室
	5日目	6.30	6.50 6.50	13.33	16.25 17.50	$10^3 \times 3$	10^6 10^7		—			±	臭
	9日目	6.30	6.50 7.25	15.83	17.50 85.00	$10^5 \times 1.6$	$10^6 \times 2$ $10^8 \times 4$		±			+	臭甚
里 芋 (生)	2日目					2000	6000 $10^4 \times 1.7$					室は室温に放置したもの (11±4°C)	
	5日目					2670	7800 $10^4 \times 2$						
	9日目					$10^5 \times 5$	$10^6 \times 4$ $10^7 \times 2$						

まで普通の鮮度、30mg/% ならば初期の腐敗を示し、50mg/%以上のものは完全腐敗としている。今その実験例でみると第1例のものは対照では6日目 22.70mg/%に達しているが、紫外線の方は12日目に21.19mg/%で両者の間に6日の差を認める。対照は12日目に57.12mg/%を示し完全腐敗となっている。

第2例 鯖の実験を見ると、対照は6日目17.17mg/%で、微かに臭を感じたが、紫外線の方は10日目で15.47mg/%で臭はなかった。ここでも6日位の鮮度の延長を思わしめた。対照の方は8日目 pH 6.98、菌数は実に $10^{11} \times 7$ 、 NH_3 も 25.47mg/% となり臭いもあり蛋白沈降反応も強陽性を示している。第3例、豚肉について試験した。対照は6日目に 22.07 であるのに紫外線の方は13日目に 23.76 で6日位の差を思わしめる。16日目には、紫外線の方は24.53であるのに、対照の方は 205.60 mg/% で8.5倍の多量になっている。

3. 総菌数

菌数は腐敗に対し良い標準となるが食品によって菌数が多少違う。魚などは1g中 10^6 以上を腐敗しているものとしているが米飯は 10^4 である。第2例鯖についてその成績を見ると、対照は6日目で $10^4 \times 2$ と著しく多数を示しているのに、紫外線の方は8日目 $10^4 \times 4$ 、10日目 10^7 と僅に6日以上差を認めている。第3例では対照が13日目 $10^7 \times 5$ であるのに、紫外線の方は16日目に 10^7 で僅に4日の差を思わせる。

4. 蛋白沈降反応

試料5gを紅糸し50ccの水を加え30分抽出し濾過しその液2ccを試験管2本にとり各々にA液およびB液を滴下し全量を1cc加える。その間にコロイド状、微細顆粒または沈降をきたさないかを見る。A液は、1%昇糖水液、B液はA液に0.05%の割合にキリ酸を加えたものである。第1例の鯖は12日目に紫外線の方は透明またはコロイド状に濁り、B液で±に沈澱をきたし極初期の腐敗を思わしめるが、対照の方は強い沈澱をきたし6日以上差を示した。第2例の鯖は6日目対照は初期腐敗を来しているが紫外線の方は10日目にA液のみで、B液では一である。対照は8日目完全に腐敗している。ここでも6日位の差を思わしめる。第3例の豚肉は対照では6日目に初期腐敗を示しているが、紫外線の方は13日目にA液のみで、極初期腐敗を示し、ここでも7日以上差を示している。

ヒスタミンはクロマトグラフを用いたが、全部陰性であった。元来ヒスタミンは赤味の魚で Histidin を含むものでそこに Protease を産生する菌が発育した場合に発生するもので一般腐敗には証明されない。

上述の4つの腐敗発生の遅速結果を相互比較して見る

と第1例の小鯨は12日目に対照も紫外線も四者共よく一致して前者は完全腐敗を示し後者は四者共初期腐敗を示している。第2例の鯖で、対照の方が pH 6.48、 NH_3 17.17 と腐敗は極々初期と思われるが菌数は $10^4 \times 2$ となり蛋白沈降反応も相当腐敗は進んでいることを示して後二者が強くなっている。紫外線照射の方は10日目で pH、 NH_3 、菌数、蛋白沈降反応皆一致して腐敗は極々初期という数字で四者一致している。第3例豚肉は対照の方では9日目も動かないのに、 NH_3 38.30、蛋白沈降も陽性を示している。紫外線の方は16日目 pH は動かないのに NH_3 24.53、菌 10^7 、蛋白沈降±となり腐敗の初期を示している。このように四者は大体は一致しているが1~2日のズレはある。総じて pH の動きは鈍く、蛋白沈降反応は早く現われ、最も確実性なのは、 NH_3 と菌数であるといえよう。

次に調理したものとして野菜サラダを用いた。紫外線はその表面にのみ働き内部の細菌には作用しないから、紫外線の影響は少ないことはもちろんである。その結果 pH は変化を認められず、ただ菌数において紫外線の方は $10^4 \times 1.2$ であったが、対照は $10^4 \times 1.8$ であった。10日目に pH 両者共に 5.2 で菌数が約3倍になっている。次に小鯨をそのままのもの、クレラップで包み紫外線にあてたもの、セロファンに包んだものを作り、2日目、7日目 NH_3 を定量したが、第1表(b) (下列) に見るように、その差なくその効果を見なかった。

次に煮魚について見ると、 NH_3 が紫外線の方は9日目 15.33 mg/% であるが、紫外線のない方は5日目 16.25 mg/% であり、蛋白沈降反応は紫外線の方は9日目±であるのに、対照の方は5日目±で臭もあり、僅に4日以上差がある。普通室温 ($11 \pm 4^\circ\text{C}$) に放置したものは臭甚しく変色あり、これらよりさらに7日の差を見る。菌数においても全く同じである。生の里芋についてその菌数を調べたが、紫外線の方は対照に比し略 $1/4$ であるが、9日目になると両者殆んど等しく 10^6 に増加し、室内に放置したものは2日目すでに $10^4 \times 1.7$ であるから、7日位の差があると思われる。

なお酸酵と腐敗に主役をなす嫌気性菌 Clostridium 属の菌の紫外線の影響を見ようと Zeissler 培地を用い培養を試みたが、発見されなかった。

かく紫外線の方は腐敗が約6日延長され鮮度はそれだけ長もちするという理である。その理由は2つある。紫外線は雑菌を著しく減少せしめる。その力は食品の表面に付着している菌を殺す。しかし内部には働かない。しかし魚も肉も内部には菌はいない。病気とか、腸の内とか、調理したものは別として健康な新鮮な魚肉の内部には菌はいない。故に紫外線は内部には作用しないが良く

上述の如く良い結果も齎したものと思う。また今1つの理由は紫外線は菌の繁殖を抑制する作用があるのでこの2つの力が共働したものと思う。

紫外線は直射された部分にのみ働くので、食品の裏側や下段のものには作用しない。裏側に作用せしめるには一夜後裏返しにしなければならない。

また冷蔵庫内の空気中の菌も紫外線のある方は菌数が $\frac{1}{10}$ に減少しているので、鮮度を保たせるには良いであろう。庫外の空気に比して百分の一である。

なお紫外線はビタミンを破壊する作用が強い。ビタミンでは B_2 が最も壊れやすく、次いでAであり、 B_1 は壊れ難い。 $1 r/cc$ の B_2 の標準液をこの紫外線の下に5時間、1日間、2日間照射し蛍光比色計で検したが少しも破壊されていなかった。棒状の方に20時間照射したものは62%、クレラップで包んだものは20%の破壊されるを見た。

次に味覚を試験した。小鰯を冷蔵庫に入れ3日目から6日目まで毎日塩焼にして味を吟味した。対照に比し紫外線照射したものの方がやや鮮度新しく、味も良かった感じを与えた。

第4章 総 括

紫外線のある冷蔵庫は純培養で各種の菌数および食品についている菌がおおよそ $1/30 \sim 1/300$ 位に減少せしめた。また腐敗に進む日数を調べるために生や煮た魚、肉、野菜について、pH、 NH_4-N 量、総菌数、蛋白沈降反応によって検索したが、平均して腐敗が4~6日位延びるのを見た。鮮度がそれだけ長もちする理である。その作用は紫外線に照射された表面の細菌を殺したためと思われる。紫外線は食品の内部には働かない。しかし魚肉なども細菌のついているのは表面で、内部には病気でない限り細菌はいない(腸内や調理したものは別として)。だから表面だけに働いてもその効果は著しい。かつ紫外線は細菌の繁殖抑制作用も強いので、両作用相まってかくの如き差を見たものと思われる。紫外線は直射された部分だけに働いて、その裏や下段の物には作用しない。裏方の菌を殺すためには翌日裏返しにして照射する必要がある。クレラップで包むとこの作用は $\frac{1}{10}$ に減ずるし灯直下に置かなければならぬ。どこまでも紫外線のある冷蔵庫は、食物を入れさえすればそれで消毒、殺菌されると考えてはならない。

(女 子 栄 養 大 学)
(経 費 著 者 負 担)