ビタミン C に及ぼす紫外線の影響 (第 3 報)

Studies on the Effect of the Ultraviolet Rays on Vitamin C (Part 3)

野菜・果実のビタミン C の変化

Changes of the vitamin C in vegetables and fruits

(昭和 42 年 8 月 7 日 受理)

北 川 雪 恵
(Yukie Kitagawa)

The effect of ultraviolet ray radiation on the vitamin C in 11 kinds of vegetables and fruits was studied with the following results.

1) Ultraviolet ray radiation for 2 hours on the round slices of vegetables and fruits, such as radish, summer orange, tomato and onion, diminished the amounts of total C and, especially, of ascorbic acid (AsA). On the other hand, in the case of round slices of potato, sweet potato and carrot, the amount of vitamin C was scarcely changed by the same treatment.

2) The vitamin C in short and small-cut pieces of radish was affected more seriously than that in its round slices.

3) Ultraviolet ray radiation for 16 hours on the whole sample with rind, peel and skin did not influenced on the amounts of vitamin C in radish, summer orange, tomato and onion, but distinctly lowered the amounts of C in cabbage, French beans and spinach.

緒 言

先に著者¹⁾²⁾は、L-ascorbic acid (AsA) および Dehydroascorbic acid (DAsA) 溶液および 12 種の野菜・果実汁に紫外線および可視線を照射して、そのビタミン C (VC) に対する影響を検討し、AsA 溶液および食品汁のうち還元型 C が大部分をしめ空気中で比較的酸化されにくいものは、紫外線により激しく影響を受けることを報告した。続いて本報では、これらの野菜・果実の固体の状態に対する紫外線の影響について検討しその概要を報告する。

実 験 方 法

1. 供試食品

野菜・果実 11 種 (大根、夏みかん、トマト、玉葱、きゅうり、キャベツ、さやいんげん、ほうれん草、じゃが芋、さつまい芋、にんじん) の新鮮なものを使用した。

2. 試料の調製

1) 輪切り野菜・果実 (厚さ 5 mm): 夏みかんと玉葱は皮を除き、トマトは皮つきのまま、ステンレス製包丁

を用いて、上下の部分差が少なくなるよう何れも縦の輪切りとし、他のものは皮つきのまま輪切りとした。

2) セン切り大根: 大根は皮つきのまま縦横 5 mm、長さ 50 mm の柱状に切り揃えた。

3) 丸のまま野菜・果実: 何れも皮つきのままを使用した。

3. 紫外線照射方法

1) 紫外線: 前報と同様の殺菌灯 (ナショナル 15W、波長 2537 Å) を用いた。

2) 輪切り野菜・果実に対する照射: 1 個の個体につき、できるだけ部分差が少なくなるように配慮して、輪切り試料を照射前、紫外線照射および暗所放置の各試料に 3 等分した。さらに 2 個以上の個体を用いる場合は、個体差をできるだけ少なくするために、各個体につき上記のように部分差のないよう 3 等分した輪切り試料を、正確に等量ずつとって、照射前、紫外線照射、暗所放置の試料とした。試料は白紙上においたガラス板に並べ、照射距離: 10 cm、放射照度: $1150 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 、照射時間: 2 hr とした。別に紫外線照射と平行して、暗所放置を紫外線の場合と同一条件で行なった。

栄 養 と 食 糧

3) せん切り大根への照射：大根のせん切りについて輪切りの場合と同様の方法で実施した。

4) 丸のまま野菜・果実への照射：何れの野菜・果実もその VC 含有量は個体差が大きいので、紫外線照射と対照の暗所放置には、別個の試料が用いられない。そこで大根、夏みかん、トマト、玉葱については、1 個の試料をできるだけ左右対称に縦割りとし、一方を紫外線照射、他方を対照の暗所放置の試料とした。試料を白紙上においてガラス板に切口を下にして並べ、切口の断面とガラス板の間には間隙ができないよう、テープで切口とガラス板を密着させ、紫外線および外気ははいり込まないよう配慮した。キャベツは葉を順にはがして、葉柄の部分から左右対称に縦切りとし、はがした順にそれから均質になるよう、それぞれ交互に数枚ずつとって照射前、紫外

線照射、暗所放置の 3 試料とした。さやいんげんおよびほうれん草は個体が小さいので丸のままのものを多数用い、大きさその他の状態ができるだけ同じになるよう 3 等分し、照射前、紫外線照射、暗所放置の 3 種の試料とした。何れの試料も照射距離は 10cm、照射時間 16 hr とした。対照として暗所放置を紫外線照射と同一条件で平行して行なった。

5) VC 定量方法

前報¹⁾²⁾と同様、Hydrazine 法により総 C、還元型 C および酸化型 C の定量を行なった。

各試料の照射および暗所放置前後の重量を測定して、乾燥減量を求め、乾燥により失われる水分を補充して VC 定量を行なった。

各試料 (50~150 g) と同量の 10 % メタリン酸液を加

第 1 表 輪切り野菜・果実に対する紫外線の影響
(照射距離：10cm、照射時間：2hr)

食 品		V C	V C 残 存 率				照 射 (放置) 温 度 (°C)	室 温 (°C)
			照 射 直 前	紫 外 線	暗 所	紫外線 /暗所		
Ⅰ 群	大 根	総 C	% mg 100.0 (19.7)	% mg 96.4 (19.0)	% mg 100.0 (19.7)	0.96	33.5	29.5
		還元型C	97.0 (19.1)	84.8 (16.7)	93.9 (18.5)	0.90	}	}
		酸化型C	3.0 (0.6)	11.6 (2.3)	6.1 (1.2)	1.92	33.8	29.8
	夏みかん	総 C	100.0 (39.6)	98.5 (39.0)	99.5 (39.4)	0.99	34.7	30.7
		還元型C	97.5 (38.6)	86.9 (34.4)	94.9 (37.6)	0.91	}	}
		酸化型C	2.5 (1.0)	11.6 (4.6)	4.6 (1.8)	2.56	34.9	31.0
	ト マ ト	総 C	100.0 (25.7)	97.3 (25.0)	97.3 (25.0)	1.00	33.8	30.7
		還元型C	93.0 (23.9)	78.2 (20.1)	89.1 (22.9)	0.88	}	}
		酸化型C	7.0 (1.8)	19.1 (4.9)	8.2 (2.1)	2.33	34.3	31.2
	玉 葱	総 C	100.0 (9.5)	91.6 (8.7)	98.9 (9.4)	0.93	26.2	22.3
		還元型C	91.6 (8.7)	68.4 (6.5)	84.2 (8.0)	0.81	}	}
		酸化型C	8.4 (0.8)	23.2 (2.2)	14.7 (1.1)	1.57	26.7	22.9
	きゅうり	総 C	100.0 (11.2)	87.5 (9.8)	93.7 (10.5)	0.93	18.5	16.0
		還元型C	90.2 (10.1)	69.6 (7.8)	83.9 (9.4)	0.83	}	}
		酸化型C	9.8 (1.1)	17.9 (2.0)	9.8 (1.1)	1.82	19.5	17.2
Ⅱ 群	じゃが芋	総 C	100.0 (22.0)	100.0 (22.0)	100.0 (22.0)	1.00	19.5	17.0
		還元型C	92.3 (20.3)	91.8 (20.2)	91.8 (20.2)	1.00	}	}
		酸化型C	7.7 (1.7)	8.2 (1.8)	8.2 (1.8)	1.00	21.0	18.5
	さつま芋	総 C	100.0 (50.4)	95.6 (48.2)	98.6 (49.7)	0.97	17.0	15.0
		還元型C	86.1 (43.4)	80.9 (40.8)	84.7 (42.7)	0.96	}	}
		酸化型C	13.9 (7.0)	14.7 (7.4)	13.9 (7.0)	1.06	18.4	16.0
	にんじん	総 C	100.0 (6.0)	95.0 (5.7)	98.3 (5.9)	0.97	18.8	16.8
		還元型C	81.7 (4.9)	76.7 (4.6)	80.0 (4.8)	0.96	}	}
		酸化型C	18.3 (1.1)	18.3 (1.1)	18.3 (1.1)	1.00	19.2	17.2

注 () 内数字は試料 100 g 中の VC 含量 mg. 以下同じ

え、ミキサーを用いて高速度で1分間磨砕してVC量を測定し、照射直前の総Cを100として紫外線照射および暗所放置後のVC残存率(%)を求めた。

なお、丸のままの夏みかん、トマト、大根、玉葱については、前述の理由で照射前のVC量を測定することが不可能であるため、紫外線照射後と暗所放置後のVC量を比較検討した。

実験結果および考察

1. 輪切り野菜・果実に対する紫外線の影響

大根、夏みかん、トマト、玉葱、きゅうり、じゃが芋、さつま芋およびにんじんの8種の輪切りに、前述の方法で2hrの紫外線照射並びに暗所放置を行ない紫外線の影響を検討した。

第1表に示す通り8種の野菜・果実は、何れも照射前には総C中還元型Cが大部分をしめているが、これらに対する紫外線の影響は大根、夏みかん、トマト、玉葱およびきゅうりの5種の食品(I群)とじゃが芋、さつま芋およびにんじん(II群)の場合とはその様相が異なり、

前者は紫外線の影響をかなり受けるが、後者は殆んど受けない。すなわちI群食品についてみると、暗所放置後のVC残存率は、前報²⁾の汁の場合程の激減はみられないが、総C、還元型Cともに暗所放置のものより減少し特に還元型Cの減少度が著しく、逆に酸化型Cは増加する。一方II群は暗所放置によってもまた紫外線照射によっても殆んど影響を受けないか、または極くわずかの影響を受けるに過ぎない。すなわち大根、夏みかん、トマト、玉葱およびきゅうりの輪切りに対しては、汁の場合ほどではないが、紫外線がかなり吸収されてVCに作用するのに対し、じゃが芋、さつま芋およびにんじんでは殆んど透過せず作用しない。このことはこれらの食品の組織化学的性状の差異に基づくものと推定される。

2. せん切り大根に対する紫外線の影響

前項の結果から、大根の輪切りは紫外線の影響をかなり受けることを認めたので、同じく大根を用いて、さらに表面積を大きくしたせん切りに対する紫外線の影響を検討した。(第2表)

この場合は、輪切りよりも総C、還元型Cの減少が著

第2表 せん切り大根に対する紫外線の影響
(照射距離: 10cm, 照射時間: 2 hr)

V C	V C 残 存 率				照射(放置) 温度(°C)	室 温 (°C)
	照 射 直 前	紫 外 線	暗 所	紫外線/暗所		
総 C	% 100.0	% 82.5	% 95.4	0.87	30.5	25.5
還元型C	mg (19.5)	mg (16.1)	mg (18.6)			
還元型C	97.4 (19.0)	61.5 (12.0)	90.8 (17.7)	0.68	}	}
酸化型C	2.6 (0.5)	21.0 (4.1)	4.6 (0.9)	4.56	30.8	25.8

しく、特に還元型Cにおいて顕著である。これは輪切りよりも表面積が一層広くなり、紫外線の吸収量が大となったためと考えられる。

3. 丸のまま野菜・果実に対する紫外線の影響

1) 厚みのある野菜・果実に対する紫外線の影響

大根、夏みかんおよび玉葱は、前報および前項1において、汁および輪切りの状態では、紫外線の影響が大なることを認めたので、続いてこれら食品の皮つき丸のままの状態における影響を検討した。すなわち各食品とも3~8個の個体について紫外線を16hr照射した。その結果を第3表(1), (2)に示す。

大根および玉葱の場合は、紫外線照射と暗所放置のVC残存率は何れの試料もほぼ同値であり、紫外線の影響のないことが明らかに認められる。一方、夏みかんおよびトマトについては、個々の試料により、紫外線照射後のVC残存率大なる場合と、暗所放置後の残存率の大なる場合とあって一定せず、5~8コノ平均値では有意差

は認められない。このことは紫外線の影響よりも、個々の試料の左右の部分差が大なることに基づくものであって、紫外線は殆んど影響していないものと考えられる。

要するに、何れの試料も皮つき丸のままの状態では、紫外線の影響は殆んど認められない。この現象は、夏みかんのように厚い皮のあるものも、大根、トマトのように薄い皮のものも同様である。このことは、前述の如くこれら野菜・果実の輪切り状態では、紫外線の影響が認められたことを併せ考えると、これら野菜・果実の皮は何れも紫外線を殆んど透過させないことに基因するものと考えられる。

なお、大根および玉葱のような根菜や地下莖は、VC含量の部分差が殆んど認められないのに対し、トマトおよび夏みかんのような果菜や果実は、かなり部分差があることは興味ある事実である。

2) 厚みの少ない野菜に対する紫外線の影響

次いで、キャベツ、さやいんげんおよびほうれん草など

栄 養 と 食 糧

第3表 厚みのある野菜・果実の丸のままに対する紫外線の影響
(照射距離: 10cm, 照射時間: 16hr)

(1) 大根および玉葱

項 目		大 根				玉 葱			
		a	b	c	平 均	a	b	c	平 均
紫外線	総 C	mg 34.1	mg 29.0	mg 32.5	mg 31.9	mg 17.0	mg 11.3	mg 14.0	mg 14.1
	還元型C	33.3	27.9	31.1	30.8	16.3	10.7	13.4	13.5
	酸化型C	0.8	1.1	1.4	1.1	0.7	0.6	0.6	0.6
暗 所	総 C	34.8	29.3	31.3	31.8	17.1	11.0	14.0	14.0
	還元型C	33.9	28.4	30.1	30.8	16.4	10.4	13.3	13.4
	酸化型C	0.9	0.9	1.2	1.0	0.7	0.6	0.7	0.6
照射(放置)温度(°C)		16.0 ~ 17.5				19.8 ~ 21.4			
室 温 (°C)		12.0 ~ 13.5				16.0 ~ 17.4			

注 a, b, c は個体試料記号を示す (以下同じ)

(2) トマトおよび夏みかん

A) ト マ ト

項 目		a	b	c	d	e	f	g	h	平 均
紫 外 線	総 C	mg 20.6	mg 13.4	mg 17.8	mg 30.3	mg 23.4	mg 19.0	mg 21.4	mg 22.6	mg 21.1
	還元型C	19.4	12.3	16.7	25.2	21.8	16.2	20.2	21.1	19.1
	酸化型C	1.2	1.1	1.1	5.1	1.6	2.8	1.2	1.5	2.0
暗 所	総 C	17.8	15.2	15.2	27.4	26.0	21.8	20.0	25.2	21.1
	還元型C	16.7	14.4	14.1	23.9	22.6	19.7	18.7	22.9	19.1
	酸化型C	1.1	0.8	1.1	3.5	3.4	2.1	1.3	2.3	2.0
照射(放置)温度(°C)		19.6 ~ 21.1				21.8 ~ 23.2				
室 温 (°C)		16.0 ~ 18.0				18.2 ~ 19.7				

B) 夏 み か ん

項 目		a	b	c	d	e	平 均
紫 外 線	総 C	mg 44.6	mg 35.6	mg 48.2	mg 32.6	mg 42.8	mg 40.8
	還元型C	41.2	31.6	44.0	32.0	42.0	38.2
	酸化型C	3.4	4.0	4.2	0.6	0.8	2.6
暗 所	総 C	44.0	40.2	48.2	37.2	40.8	42.1
	還元型C	40.8	36.0	45.0	36.8	40.2	39.8
	酸化型C	3.2	4.2	3.2	0.4	0.6	2.3
照射(放置)温度 (°C)		21.8 ~ 22.8				23.1 ~ 24.6	
室 温 (°C)		17.8 ~ 19.2				19.0 ~ 20.5	

第 4 表 厚みの少ない野菜・果実の丸のままに対する紫外線の影響
(照射距離: 10cm, 照射時間: 16hr)

試 料	V C	V C 残 存 率				照 射 (放置) 温 度 (°C)	室 温 (°C)
		照 射 直 前	紫 外 線	暗 所	紫外線 / 暗所		
キ ャ ベ ツ	総 C	% mg 100.0 (36.1)	% mg 60.4 (21.8)	% mg 98.3 (35.5)	0.61	21.0	17.2
	還元型 C	96.1 (34.7)	50.1 (18.1)	94.2 (34.0)	0.53	}	}
	酸化型 C	3.9 (1.4)	10.3 (3.7)	4.1 (1.5)	2.47	23.0	19.0
さ や い ん げ ん	総 C	100.0 (23.5)	90.2 (21.2)	100.0 (23.5)	0.90	21.1	17.3
	還元型 C	94.5 (22.2)	84.2 (19.8)	94.5 (22.2)	0.89	}	}
	酸化型 C	5.5 (1.3)	6.0 (1.4)	5.5 (1.3)	1.08	22.8	19.0
ほ う れ ん 草	総 C	100.0 (83.2)	72.6 (60.4)	78.4 (65.2)	0.93	19.8	16.0
	還元型 C	94.7 (78.8)	61.1 (50.8)	71.9 (59.8)	0.85	}	}
	酸化型 C	5.3 (4.4)	11.5 (9.6)	6.5 (5.4)	1.78	21.4	17.4

厚みの少ない野菜に紫外線を照射 (16 hr) した場合の結果を第 4 表に示す。

暗所放置によっては、さやいんげんの VC は全く減少せず、キャベツも極くわずかの減少が認められるに過ぎず、これらは丸のままの固体状態ではかなり安定しているといえる。他方、ほうれん草の VC は相当減少しており、前 2 者より酸化作用をかなり受ける。これに対し紫外線照射の場合は、3 食品の何れも総 C、還元型 C ともに前項の厚味のある食品に比してかなり減少が認められるが、特にキャベツは総 C、還元型 C ともに大幅に減少している。ほうれん草やさやいんげんは葉緑素含量が大なること、また、さやいんげんは厚みのあることなども VC 酸化抑制の一因をなしているものと推察される。

要 約

11種の野菜・果実につき、固体の状態すなわち輪切り、せん切りおよび丸のままの状態、紫外線を照射 (距離 10 cm) して、その影響を検討して次の事項を認めた。

(1) 大根、夏みかん、トマトおよび玉葱の輪切り (厚さ 5mm) に紫外線を 2 hr 照射したものの VC 残存率は、汁の場合程の激減ではないが、総 C、還元型 C ともに暗所放置のものより減少し、特に還元型 C の減少度が大きい。

(2) ジャガイモ、さつま芋およびにんじんの輪切りは暗所放置によっても、また紫外線照射 (2 hr) によっても殆んど影響を受けないか、または極くわずかの影響を受けるに過ぎない。

(3) せん切り大根 (縦横 5 mm, 長さ 50 mm) に紫外線を照射 (2 hr) した場合は、輪切りよりもさらに一層総 C、還元型 C の減少がみられ、特に還元型 C の減少が顕著である。

(4) 大根、夏かん、トマトおよび玉葱など厚みのある野菜・果実の皮つき丸のままに紫外線を照射 (16 hr) したものは、何れもその影響が殆んど認められない。

(5) キャベツ、さやいんげんおよびほうれん草など厚みの少ない野菜に紫外線を照射 (16 hr) したものは、何れも総 C および還元型 C のかなりの減少がみられ、特にキャベツの場合に顕著である。

終わりに臨み、ご指導とご校閲をいただきました本学藤井義正教授に深謝申し上げます。

文 献

- 1) 北川雪恵: 本誌, 20, 416 (1968)
- 2) 北川雪恵: 本誌, 20, 461 (1968)

(山口大学教育学部)