

# 野菜のビタミンCに関する研究 (第1報)

—ホウレンソウの各種溶液中での煮沸によるビタミンCと色の変化—

伊藤 彰子 熊谷 孝美

有色野菜は調理加工されても食品それ自身の美しい色を保ちつつ、栄養成分も損失されないよう配慮されることが望しい。しかし緑色野菜の加熱調理において、ビタミンCは損失されやすく、同時に色も変化しやすい。

野菜のビタミンCに関する研究は数多くあり、貯蔵中における変化<sup>1)</sup>、調理方法による変動<sup>2)</sup>、調味料の影響<sup>3)</sup>、など各分野から報告されている。

緑葉を美しく保ち、一層あざやかにするために薄いアルカリ性溶液中で加熱することが行なわれ、またグリーンピースの缶詰やきうりの漬物などを加工する過程では薄い硫酸銅溶液で処理されている。一般にビタミンCは、酸性溶液中で比較的安定であり、アルカリ性溶液中では不安定で損失されやすく、 $\text{Cu}^{++}$ などの重金属イオンが共存すると酸化が促進されることが知られている。

以上のことから、緑葉の色とビタミンCの安定性について、ホウレンソウを材料とした実験を行った。上述の調理、および加工条件に関連したものとして、水および食塩、酢酸、重炭酸ナトリウム、硫酸銅溶液を選び、各溶液中で加熱し、ホウレンソウの総ビタミンC(T.C)、還元型ビタミンC(R.C)、および酸化型ビタミンC(O.C)の含量の変動を調べた。尚この種の実験におけるT.C、R.Cの損失については多くの報告を見られるが、O.Cの変動に関するものはあまり見られない。それゆえ、本実験では特に、T.C、R.C、とともにO.Cの変化について注目した。

## I 試料と実験方法

### 1. 試料

市販の新鮮なホウレンソウを用い、数株から良質の葉のみを採取し、葉の大きさは4~6枚で10.0gとなるようなものを選んで実験した。

実験期間は昭和45年12月22日から46年1月15日に行なったものである。

### 2. 溶液の種類

- ①  $\text{H}_2\text{O}$
- ② 0.5% NaCl 溶液
- ③ 0.5%  $\text{CH}_3\text{COOH}$  溶液
- ④ 0.5%  $\text{NaHCO}_3$  溶液
- ⑤ 0.5%  $\text{CuSO}_4$  溶液

### 3. 加熱方法

300 ml ビーカーに、ホウレンソウの重量の20倍の溶液を用意し、葉をそのままの形で溶液が沸騰している中へ入れ、1分間、3分間、5分間と煮沸し、直ちにとり出し空気中で冷やす。煮沸後の重量を秤量して水分吸収量を求め、試料浸出液の希釈の際差引いた。

### 4. ビタミンC定量法

定量はインドフェノール法<sup>9)</sup>によった。

総ビタミンCは、試料浸出液のpHをおよそ5に調製し、硫化水素を通じて酸化型ビタミンCは、総ビタミンCと還元型ビタミンCの差から算出した。

試料は10.0gを秤り、5%メタリン酸15mlと蒸留水25mlを加えた5倍希釈浸出液を可検液とした。ホウレンソウの色素を除くため酸性白土を用いた。

実験値はすべて3回の測定の平均を用いた。

## 5. 色の観察方法

ホウレンソウを1.0g取り、20mlの各溶液中でそれぞれについて、1分間、3分間、5分間煮沸し、直ちにとり出して空气中で冷やす。それを観察した。

## II 結 果

## ビタミンCの損失

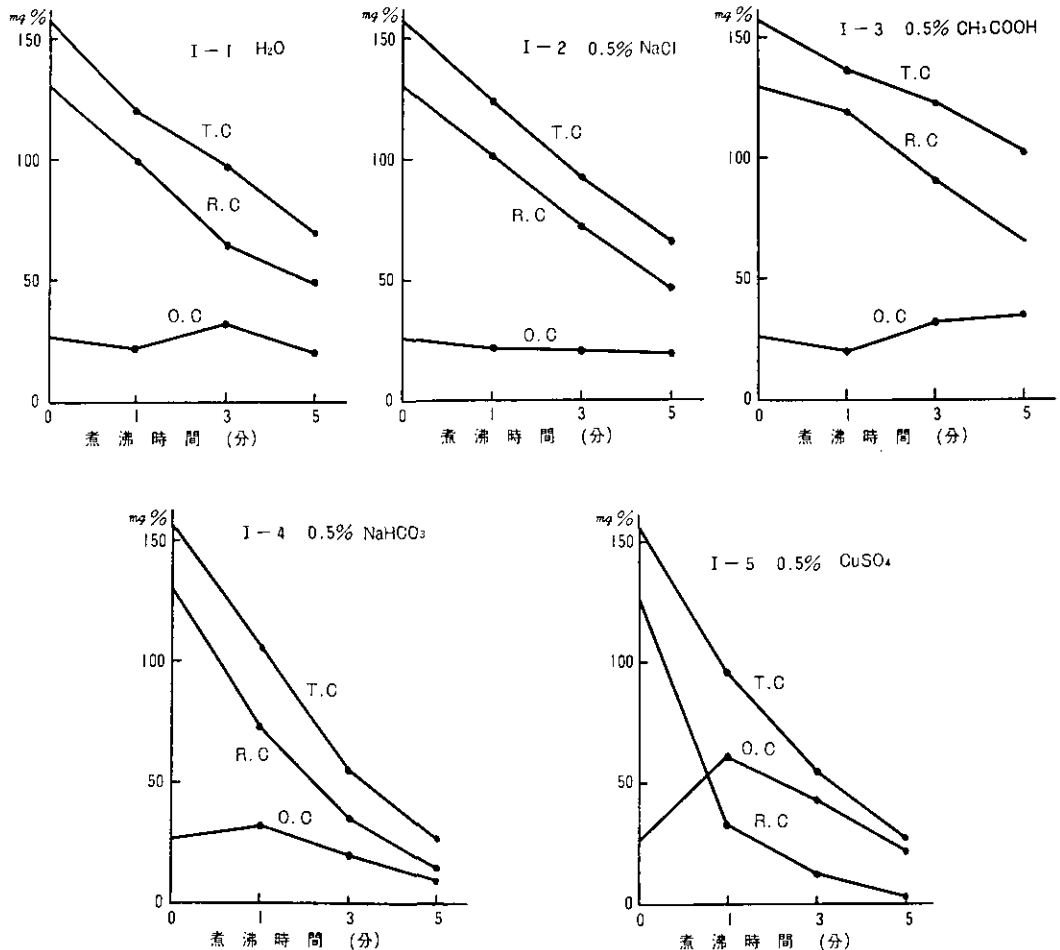
ホウレンソウの煮沸によるビタミンC量の変化は図I-1~5に示す結果を得た。

T.C: T.Cの煮沸時間による損失量はほぼ直線的傾斜を示し、0.5%酢酸では最も損失量が少なく、0.5%重炭酸ナトリウム、0.5%硫酸銅では、5分間の煮沸で85%の急激な損失

であった。

R.C: R.Cは、硫酸銅を除いてT.Cと同じような傾向を示し、T.Cと平行的に減少している。硫酸銅のR.Cは、1分間で75%が失なわれ、R.CとO.Cが入れ替っている点や、5分間で97%も失なわれていることが特徴である。

O.C: O.Cはどの溶液中で煮沸しても大幅な減少は見られず、むしろ一時的に増している傾向がある。水と食塩では見るべき変化はないが、酢酸では1分間で25%の減少があったが、その後、3分間、5分間と20%と35%と増している。O.Cの最も多く増したのは硫酸銅で、1分間煮沸すると生の2.5倍の増加が



図I 1-5 T.C,R.C,O.Cの煮沸時間による変化(mg%)

表1 T.Cに対するR.C, O.Cの比率(%)

溶 液	煮沸時間 (分)	R.C/	O.C/
		T.C×100	T.C×100
生	0	83	17
H <sub>2</sub> O	1	82	18
	3	66	34
	5	71	29
0.5% NaCl	1	83	17
	3	77	23
	5	75	25
0.5% CH <sub>3</sub> COOH	1	87	13
	3	74	26
	5	65	35
0.5% NaHCO <sub>3</sub>	1	69	31
	3	63	37
	5	61	39
0.5% CuSO <sub>4</sub>	1	35	65
	3	22	78
	5	12	88

見られた。その後、5分では生の値に戻っている。生の場合のR.C:O.Cは5:1であったが、硫酸銅のR.C:O.Cの割合は、1分間で1:2、3分間で1:3、5分間で1:8と煮沸時間が長くなるとO.Cの割合が増している。

**煮沸の時間による残存率**

図II-1~3は、T.C, R.C, O.Cの残存率を示したものである。

図II-1のT.Cでは、酢酸が最も多い残存

率で、5分間で65%であった。水と食塩では類似した残存率を示し、5分間で45%位であった。また硫酸銅と重炭酸ナトリウムでも類似した率を示し、5分間で15%位であった。

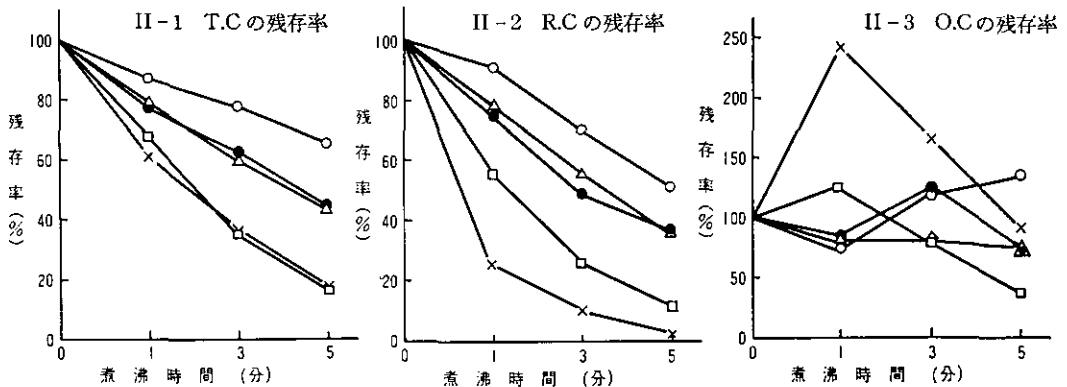
図II-2のR.C残存率を見ると、酢酸、水、食塩ではT.Cと同じ傾向を示したのに対し、重炭酸ナトリウムと硫酸銅ではT.Cにおいて見られなかった変化があった。すなわち、硫酸銅では1分間に34%の残存率になり、5分間では3%という減少をみた。

図II-3のO.Cの残存率は、それぞれの溶液で特徴ある動きを示している。食塩の場合は時間と共に徐々に減少しているが、目立った動きは見られない。水は3分間で25%増しているが、5分間では食塩と同じになっている。重炭酸ナトリウムでは、1分間でO.Cが増し、その後、減少し5分間で40%にまで落ちる。硫酸銅のO.Cは1分間で2.5倍になり、大きく変化しているところが注目される。

以上O.Cの残存率は特異的な動きを示し煮沸時間が長くなると、T.Cとの割合が増しているところ(表I)が確認された。

**色 の 変 化**

各種溶液中で煮沸した時の色の変化は表IIに示したものである。



図II 1-3 T.C, R.C, O.Cの煮沸時間による残存率%

- H<sub>2</sub>O,
- △—△ NaCl,
- CH<sub>3</sub>COOH,
- NaHCO<sub>3</sub>,
- ×—× CuSO<sub>4</sub>,

表 II ホウレンソウの色の变化

煮沸時間 (分)	1	3	5
溶 液			
H <sub>2</sub> O	あざやかな緑色。	1分とそれ程の変化がみられないがやや色が薄い。	1分よりやや褐色を帯びている。3分より少し色が薄い。
0.5% NaCl	H <sub>2</sub> O の1分より少し色が濃くあざやかである。	1分とほとんど変化なし。	1分より少し色は悪いがH <sub>2</sub> O の5分より色が濃く緑色である。
0.5% CH <sub>3</sub> COOH	緑色が少し残った褐色。	全く褐色に変化してしまう。	3分と変化なし。
0.5% NaHCO <sub>3</sub>	NaCl より最も濃いあざやかな緑色。	濃い透明なあざやかな緑色。組織がやわらかくなる。	色は3分と変化なし。組織がもっとやわらかくなる。
0.5% CuSO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O とほとんど同じ。	H <sub>2</sub> O の3分より少し薄い色。	H <sub>2</sub> O の5分より薄く褐色を帯びている。

### III 考 察

#### ビタミンのC損失

ビタミンCの煮沸による損失は、King<sup>8)</sup>らが述べているように、A) 食品組織より溶液中に溶出してゆくため、B) 非酵素的酸化が促進されるためなどの主な原因があげられるが、本実験では溶液中に溶出したビタミンC量を測定していない。従って今までの報告と本実験でのO.Cの変動などから次のようなことが推察される。すなわち重炭酸ナトリウムによるT.C, R.Cの減少は、アルカリによる緑葉組織の柔軟化によってもたらされる溶液中への溶出による損失も大きいこと。また、硫酸銅による変動は上述したB)が主な原因と考えられる。O.Cが一時的に増加している現象はこのことを物語るものと思われる。酸性溶液中でビタミンCが比較的安定であることは、一般的に認められていることであり、この実験における酢酸溶液中での安定性は、それを支持するものであるが、その原因としては主として、B)の酸化的変化に抑制的に働くためと考えられる。それはO.Cが一時的に減少するが、3分間、5分間の煮沸で増加の傾向を示していることから推論できる。

#### 煮沸による色の变化

ホウレンソウの煮沸による色の变化は、表IIに示す結果を得た。一般に述べられているよう

な色調の变化であったが、硫酸銅については食品としてホウレンソウに使用することはないであろうが、色としてそれ程あざやかな緑色にはならなかった。しかし硫酸銅溶液で煮沸したビタミンCで用いた浸出液では、メタリン酸を多量に加えても色があざやかに保っていた。それはCu<sup>+</sup>により安定な銅クロロフィルになっているためと察せられる。

野菜の緑色は細胞中に含まれている葉緑素のためであるが、沸騰水中で短時間ゆでると、わずかに加水分解など起して一時的にあざやかな緑色を呈する<sup>8)</sup>。

アルカリ性溶液で煮沸すると、早く組織内に浸入し、硬さをゆるめて柔らかくし、一時的にフロオフィリン化合物を生じあざやかな緑色になる。

食塩で煮沸の場合も、真水よりも組織内に浸入しやすいため色がきれいになる。

硫酸銅で煮沸すると、葉緑素のMg<sup>++</sup>がCu<sup>++</sup>と置換され青緑色の安定な銅クロロフィルになる。

酸による煮沸は葉緑素のMg金属が脱取されてフェオフィチンとなり褐変現象を起す。

### IV 要 約

市販のホウレンソウを用い、これを水および食塩、酢酸、重炭酸ナトリウム、硫酸銅の0.5

%溶液中で煮沸し、T.C, R.C, および O.C 量の変化を調べた。その結果、次のことが明らかにされた。

1. T.C の煮沸による損失は、五種溶液とも直線的傾斜を示し、酢酸で最も少なく、重炭酸ナトリウム、硫酸銅で著しかった。
2. R.C の煮沸による損失は、硫酸銅を除き T.C の減少パターンと似た傾向を示したが、硫酸銅では、1 分間で減少が大きかった。
3. O.C の煮沸による変動は、各溶液により変化あるパターンを示したが、硫酸銅の場合で一時的ではあるが、生の 2.5 倍に増加したと、また酢酸の場合に、実験時間の範囲内で除々に増加していることが特徴的であった。

4. ホウレンソウの煮沸による色調の変化について同時に観察し、あざやかな色の順に並べると、重炭酸ナトリウム、食塩、水、硫酸銅、酢酸であった。

#### 参 考 文 献

- 1) 山崎ら：山陽女子短大紀要 1 13 (1966)
- 2) 森本：栄養誌 20 1 16 (1962)
- 3) 福田：山口医学 9 5 1236, 1264 (1960)
- 4) 小松原：島根女子短大紀要 5 1 (1966)
- 5) 松本：宮城学院生活科学研究所報告 2 45 (1968)
- 6) 赤尾：日大医誌 17 7 1689 (1958)
- 7) 稲垣：ビタミン 光生館 (1968)
- 8) 岩狭：食品化学 共立出版 (1967)
- 9) TILLMAS: *Biochem* 2 250 312 (1932)
- 10) 酵素研究法：2 374 朝倉書店 (1954)