

# 緑色野菜の調理による変化

山 田 和 代\*

On the change of chlorophyll during the cooking of green leaves

Kazuyo Yamada

## 緒 言

野菜や果実には多くの色素が含まれており、調理に際しこれらの色素を利用し、色の取合わせをすることが多い。しかしこれらの植物色素は酸あるいはアルカリ、金属と反応し変色を示す事が多い。緑色野菜は葉その他の部分の細胞の葉緑体中に Carotenoid 等の色素とともに葉緑素(chlorophyll)を含み、この chlorophyll を含む緑色野菜を沸騰水に入れると緑色が鮮やかになったり漬物にした緑葉、胡瓜が褐変することは日常経験する現象である。又、chlorophyll はアルカリよりケン化されて chlorophyllin となり冴えた緑色に変る。chlorophyll の Mg を Cu や Fe で置換した Cu-あるいは Fe-chlorophyll は安定な緑色を保つので昆布加工品グリーンピースその他の缶詰、びん詰等食品の着色に利用され、さらに chlorophyll は脱臭、創傷等の治療剤に利用し、医薬品、食品さらに化粧品等にも広く用途を見出しつつある。

葉緑素(chlorophyll)は R. Willstatter, H. Fischer 等の研究により chlorophyll a, b が分離され大体の構造の決定を見、これらの研究が基となって現在はほとんど構造の確定を見るに到った。

Chlorophyll と酸あるいはアルカリとの反応については従来より研究が行われ、chlorophyll の分解過程が明らかになった。chlorophyll の加熱による変化については桜井氏は chlorophyll の加熱変化は酵素によらず加熱により化学変化を起すと報告し、梶本氏は油脂中の chlorophyllin 分解について報告した。

著者は緑葉中の chlorophyll 含量が調理により、どのように変化するか加熱時間、温度、調理する水の pH、放置による変化、調理法による変化等の影響を検討し、実際調理を行う際の指針を得るため最も一般的に行われる調理方法を基本として本実験を開始した。試料はほうれん草を使用し光电比色計の近赤外部の分光光度測定による chlorophyll 含量の定量並びに島津自記分光光度計 QR-50 型の可視部の吸収スペ

クトルから定性を行った。

## 実験の部

[1] 緑葉色素の抽出及び分離

- (1) 試料 市販のほうれん草
- (2) 抽出

ほうれん草の緑葉10gを細かく刻みエタノールを加えて30分間室温に放置し、これをナス型フラスコに移し還流冷却管をつけ 80°C の湯浴上で20分間加熱しこれを濾過し濾液を sample とした。

(3) Paper chromatography による検索

- (a) 展開方法：一次元上昇法
- (b) 濾紙：東洋濾紙 No50 (2×40cm)
- (c) 展開溶媒：トルエン：酢酸エチル  
9：1
- (d) 展開時間及び温度：2時間(35°Cの恒温器)
- (e) 結果：第一表の通りである。

第1表 Sample の色素の Rf 値、及び呈色と標準色素との比較

	Sample		標準色素	
	Rf 値	呈色	Rf 値	文献色素色名
Spot I	0.44	黄色	0.45	chlorophyll b
Spot II	0.66	青緑色	0.67	chlorophyll a
Spot III	0.85	黄色	0.80	Xanthophyll
Spot IV	1.00	黄褐色	1.00	Carotene

(4) Column Chromatography による分離及びその吸収スペクトル

活性アルミナ炭酸石灰、乳糖を吸着剤とし石油ベンジンにそれぞれを懸濁し、吸着管に湿式法にて充填を行い column を作った。ほうれん草葉5枚を石油ベンジン 45ml, ベンゼン 5ml, メタノール 15ml の混液で3時間浸漬後濾過し濾液を分液漏斗中再三水と振盪しメタノールを完全に除去し無水硫酸ナトリウムで乾

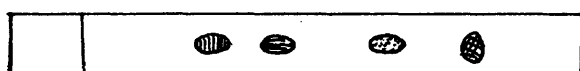
\*昭和40年度卒業生

燥した抽出液を流し込み石油ベンジンとベンゼン(4:1)の混液で展開した。各成分の分離が終わったら受器を減圧にし column 中の溶媒を完全に除き、着色帯をスパーテルで分け緑色着色帯の吸収スペクトルを島津自記分光光度計QR-50型を用いて測定した。

結果

上層よりchlorophyll b, a Xanthophyll, Carotene が輪状に吸着した。Chlorophyll a 及び b の吸収スペクトルの極大値が既知の極大値と一致したことより、黄緑色が chlorophyllb で青緑色の輪状が chlorophyll a であることを確認した。

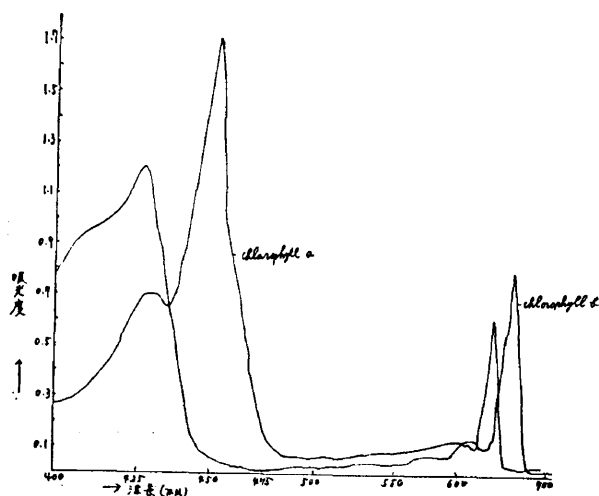
第1図 Paperchromato-graphy による検出



第2図 Column chromatography による分離



第3図 Chlorophyll a 及びbの吸収曲線  
(エーテル溶液)



〔Ⅱ〕 chlorophyll 含量の定量

- (1) 試料 市販のほうれん草
- (2) 検液の調製

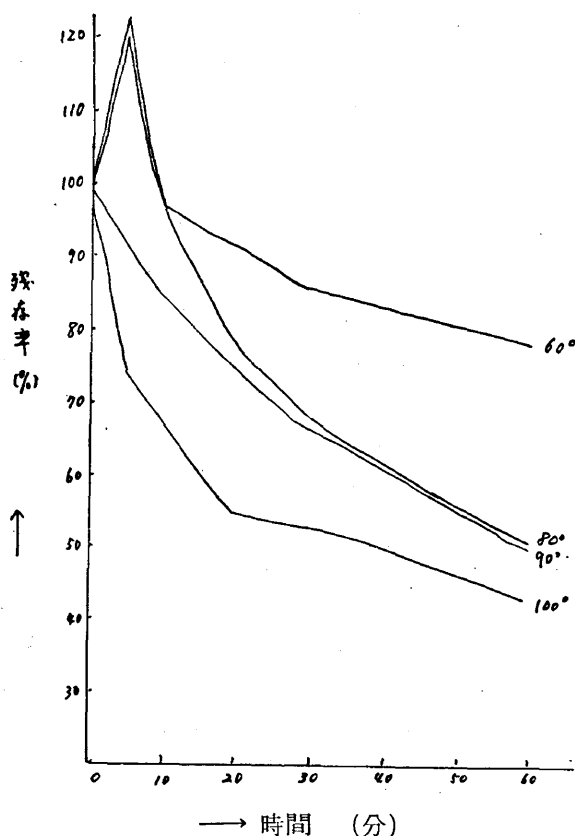
試料5gを乳鉢に入れ石英砂を加えて軽く短時間すりつぶす。組織がくずれつぶし易くなったら85% acetoneを加えて細かくすりつぶす。十分すりつぶされたら Buchner 漏斗を用いて吸引濾過し残留物を85% acetoneで洗液を濾液に合併する。残留物は乳鉢に戻し85% acetoneを加え再びすりつぶし濾過洗滌を行なったこの操作を残留物及び洗液が緑色を呈さなくなるまでくりかえし濾液洗液を集める全洗液を合し100ml

のメスフラスコに移し85% acetoneを加えて全容とする。この液の20mlを取り、ether 50mlを入れた第1分液漏斗に入れ混和した後、注意しながら水を脂溶性色素が明らかに ether 層に移行するまで加え、ふりまぜ静置した後水層を捨てる。第1分液漏斗の下口を洗滌管の上口中に置き洗滌管の下端は水50mlを入れた第2分液漏斗の水層深く挿入しておく。第1分液漏斗から ether 溶液を流下し、終わったら第1分液漏斗及び洗滌管を少量の ether で洗う。両分液漏斗の位置を交換し第2分液漏斗の水層を捨て第1分液漏斗に新しく水50mlを入れ洗滌管を挿入し上述の操作をくりかえす。この操作を7回くりかえし acetone を完全に除去した後、溶液を無水硫酸ナトリウムを加えて脱水し、100mlのメスフラスコに移し ether を加えて一定容としこれを検液とした。加熱の場合は各湯浴にて一定時間加熱した後、冷水にて急冷し上記と同様に処理し検液とした。

(3) 計算

この検液について642.5mμ及び660mμに於ける吸光度を島津ポジューロム回折格子形光電比色計スペクトロニック20にて測定し次式を用いて各成分含有量を求め、試料100g中の chlorophyll 含量を算出した。  
chlorophyll a (mg/g) = 9.93E<sub>660</sub> - 0.777E<sub>642</sub>.

第4図 加熱時間による Chlorophyll の変化



$$\text{chlorophyll b (mg/g)} = 17.6E_{642.5} - 2.81E_{665}$$

$$\text{chlorophyll a+b (mg/g)} = 7.12E_{660} + 16.8E_{642.5}$$

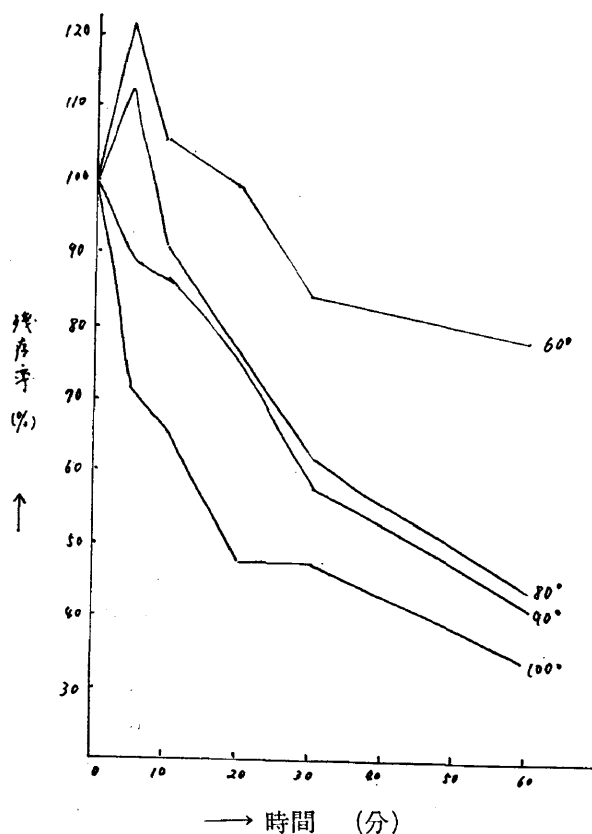
(E:吸光度)

加熱温度を 60°80°90°100° とし時間を 5分10分20分30分60分として各々の chlorophyll 含量を定量し第 2 表~第 5 表及び第 4 図~第 6 図の結果を得た。なお加熱は蒸溜水 (pH=5.5) でピーカーにより直接加熱を行った。

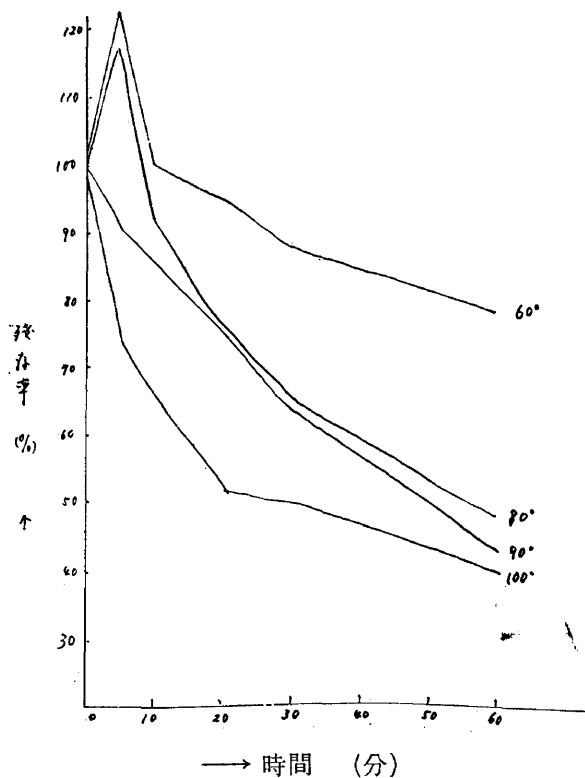
(4) 実験結果

- ① 調理中の chlorophyll の変化について
- ② 加熱温度と時間による変化

第 5 図 加熱時間による Chlorophyll b の変化



第 6 図 加熱時間による総 Chlorophyll の変化



第 2 表 加熱温度 60° による変化

時間	chlorophyll a		chlorophyll b		chlorophyll a+b	
	(mg/100g)	残存率 (%)	(mg/100g)	残存率 (%)	(mg/100g)	残存率 (%)
0	60.61	100.0	47.09	100.0	107.63	100.0
5分	74.53	122.9	57.61	121.0	132.07	122.7
10分	58.54	96.6	49.42	104.9	107.89	100.0
20分	55.74	91.7	46.75	99.3	102.36	95.1
30分	52.02	85.8	42.56	83.8	94.51	87.8
60分	47.35	78.1	36.96	78.5	84.25	78.3

第3表 加熱温度 80° による変化

時 間	chlorophyll a (mg/100g)		chlorophyll b (mg/100g)		chlorophyll a+b (mg/100g)	
	mg/100g	残存率 (%)	mg/100g	残存率 (%)	mg/100g	残存率 (%)
0	91.18	100.0	64.54	100.0	155.64	100.0
5分	110.42	121.1	72.93	113.0	146.22	117.7
10分	87.51	96.0	58.54	90.7	146.39	93.4
20分	71.00	77.9	49.35	76.7	120.21	77.2
30分	62.20	68.2	40.29	62.3	102.10	65.6
60分	46.42	50.9	28.57	44.4	74.731	48.0

第4表 加熱温度 90° による変化

時 間	chlorophyll a (mg/100g)		chlorophyll b (mg/100g)		chlorophyll a+b (mg/100g)	
	mg/100g	残存率 (%)	mg/100g	残存率 (%)	mg/100g	残存率 (%)
0	87.71	100.0	55.08	100.0	142.66	100.0
5分	84.05	91.8	49.15	89.2	133.07	90.3
10分	74.93	85.4	48.22	87.2	123.08	86.2
20分	66.07	75.3	41.43	75.2	107.49	75.3
30分	58.68	66.9	32.04	58.1	90.61	63.5
60分	44.69	51.0	23.24	42.2	67.87	47.6

第5表 加熱温度 100° による変化

時 間	chlorophyll a (mg/100g)		chlorophyll b (mg/100g)		chlorophyll a+b (mg/100g)	
	mg/100g	残存率 (%)	mg/100g	残存率 (%)	mg/100g	残存率 (%)
0	81.52	100.0	46.36	100.0	127.81	100.0
5分	61.63	75.1	33.63	72.3	94.77	74.16
10分	54.81	66.7	30.77	66.3	85.51	66.2
20分	44.76	54.9	22.05	47.6	66.73	52.2
30分	43.49	53.3	21.91	47.3	64.67	50.5
60分	35.23	43.2	15.52	33.5	50.69	39.7

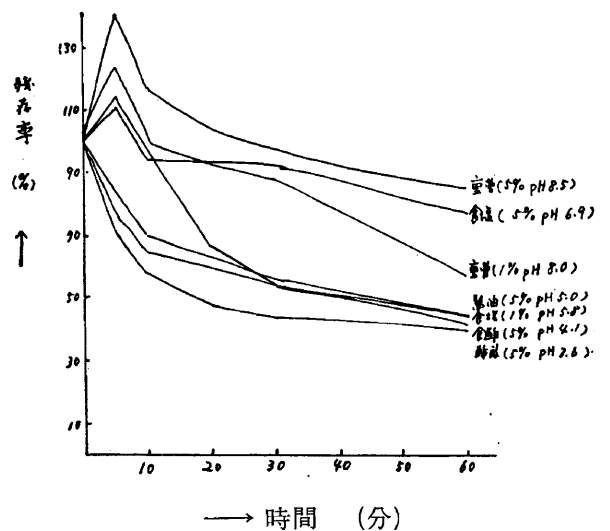
温度が低いほど分解程度が少なく60°Cでは60分の加熱で22%に減少したのに反し100°Cでは5分間ですでに25%の減少を見、分間とともに緑色がうすく黄味を帯び、60分では60~70%減少し組織並びに色も食用に供し難いほど破壊された。

緑色に変化したのは Chlorophyll が熱と野菜中の有機酸の遊離とによりフェオフィチン (Pheophytin) に変化したためと考えられる。

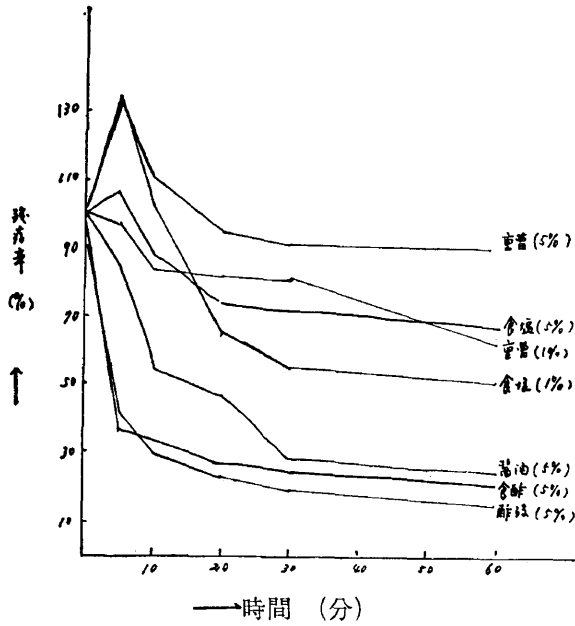
(b) 酸による変化

酢酸 (5%水溶液 pH=3.6) 食酢 (5%水溶液 pH=1.1) 醤油 (5%水溶液 pH=0.5) を用い、加熱温度を100°Cとし時間を5分10分20分30分60分と変化させ各 Chlorophyll を定量し第6表~第8表及び第7図~第9図表の結果を得た。

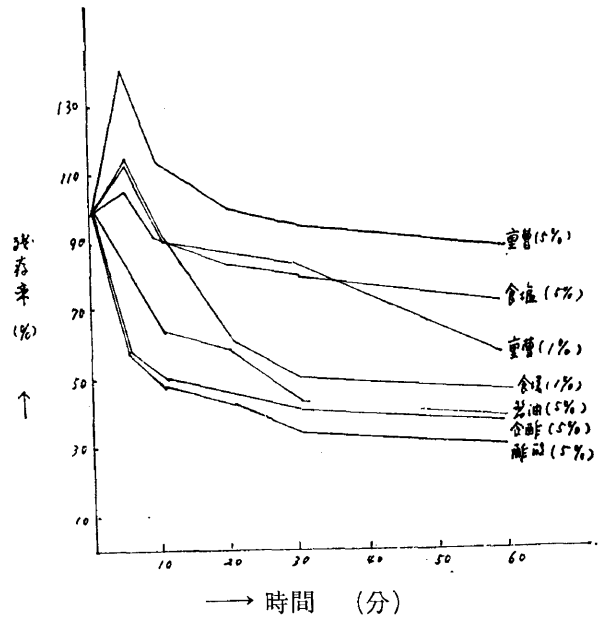
第7図 酸、アルカリ、食塩による Chlorophyll a の変化



第8図 酸, アルカリ, 食塩による Chlorophyll b の変化



第9図 酸, アルカリ, 食塩による総 Chlorophyll の変化



第6表 酢酸(5%水溶液)による変化)

時間	chlorophyll a (mg/100g)		chlorophyll b (mg/100g)		chlorophyll a+b (mg/100g)	
	残存率 (%)	残存率 (%)	残存率 (%)	残存率 (%)	残存率 (%)	残存率 (%)
0	60.94	100.0	38.30	100.0	99.23	100.0
5分	42.42	69.6	15.78	41.2	58.14	58.6
10分	35.75	58.7	11.60	30.3	47.35	47.7
20分	28.95	47.5	8.95	23.4	42.85	43.2
30分	26.65	43.7	7.25	18.9	33.85	34.1
60分	23.91	39.2	5.99	15.4	29.84	30.1

第7表 食酢(5%水溶液)による変化)

時間	chlorophyll a (mg/100g)		chlorophyll b (mg/100g)		chlorophyll a+b (mg/100g)	
	残存率 (%)	残存率 (%)	残存率 (%)	残存率 (%)	残存率 (%)	残存率 (%)
0	59.47	100.0	43.36	100.0	102.76	100.0
5分	45.02	75.7	16.18	37.3	61.14	59.1
10分	38.56	64.8	14.59	33.6	53.08	51.2
20分	35.36	59.5	11.98	27.4	47.35	46.1
30分	30.00	53.0	10.79	24.9	42.29	41.2
60分	26.12	43.9	9.53	22.0	35.65	34.7

第8表 醤油(5%水溶液)による変化)

時間	chlorophyll a (mg/100g)		chlorophyll b (mg/100g)		chlorophyll a+b (mg/100g)	
	残存率 (%)	残存率 (%)	残存率 (%)	残存率 (%)	残存率 (%)	残存率 (%)
0	59.10	100.0	38.90	100.0	97.90	100.0
5分	49.50	83.8	32.90	84.6	82.40	84.2
10分	41.20	69.7	21.40	55.0	62.50	63.7
20分	39.40	63.3	18.40	47.3	51.80	58.9
30分	32.40	58.8	10.80	27.8	43.20	44.1
60分	27.00	45.7	9.60	25.4	36.70	37.6

煮汁を酸性にした場合、短時間で褐色してしまった。これは chlorophyll 分子中の Mg が  $H_2$  と置換した phaeophytin に変化したためと考えられる。又 pH が低くなればなるほど減少率が大きく chlorophyll は酸に対して甚だ不安定であることを認めた。

(c) アルカリによる変化

重曹 (1%水溶液 pH=8.0 5%水溶液 pH=8.5) を用い、加熱温度を  $100^\circ$  とし時間を 5分10分20分30分60分と変化させ各 chlorophyll 含量を定量し第9表、第10表及び第7図～第9図の結果を得た。

第9表 重曹 (1%水溶液) による変化

時間	chlorophyll a (mg/100g)	残存率 (%)	chlorophyll b (mg/100g)	残存率 (%)	chlorophyll a+b (mg/100g)	残存率 (%)
0	56.08	100.0	64.09	100.0	104.29	100.0
5分	69.73	124.3	47.42	97.2	117.08	112.2
10分	55.68	99.3	39.82	83.7	95.44	91.3
20分	52.15	93.0	39.09	82.4	91.18	81.4
30分	49.28	87.7	38.16	80.5	87.31	83.7
60分	32.69	58.3	28.97	61.1	60.81	58.3

第10表 重曹 (5%水溶液) による変化

時間	chlorophyll a (mg/100g)	残存率 (%)	chlorophyll b (mg/100g)	残存率 (%)	chlporohyll a+b (mg/100g)	残存率 (%)
0	79.59	100.0	60.81	100.0	140.26	100.0
5分	117.88	148.2	81.15	133.4	199.00	141.9
10分	93.04	116.9	67.47	110.9	160.37	114.3
20分	82.45	103.6	57.74	95.0	139.99	99.8
30分	77.59	97.5	56.28	92.4	133.53	95.2
60分	67.73	85.1	56.08	92.2	123.74	88.2

5%重曹水溶液中で加熱した際、色は安定に保たれ60分間の加熱でわずか10~15%減少しただけであった。即ち pH が高くなるほど長時間加熱しても比較的安定に色が保たれた。これは煮汁が酸性に傾くのを重曹によって中和し chlorophyll 分子中の Mg を Na で置換した安定な chlorophyllide chlorophyllin に置換したためと考えられる。しかし無理にアルカリにすることは色は安定に保たれるが組織を軟かくし、又ビ

タミンその他の栄養素が相当損失されると思われ食用には適さない。

(d) 食塩による変化

1%食塩水 (pH=5.8) 5%食塩水 (pH=6.9) を用い加熱温度を  $100^\circ$  とし時間を 5分10分20分30分60分と変化させ、各 chlorophyll 含量を定量し第11表、第12表及び第7図～第9図の結果を得た。

第11表 食塩 (%) による変化

時間	chlporohyll a (mg/100g)	残存率 (%)	chlorophyll b (mg/100g)	残存率 (%)	chlorophyll a+b (mg/100g)	残存率 (%)
0	56.81	100.0	37.10	100.0	100.87	100.0
5分	65.60	115.0	50.09	134.0	116.42	115.0
10分	54.48	95.8	37.83	101.9	92.24	91.4
20分	37.50	66.0	24.11	64.7	61.54	60.9
30分	30.44	53.6	20.31	54.7	50.75	50.3
60分	26.24	44.3	18.91	50.9	46.15	45.7

第12表 食塩(5%)による変化

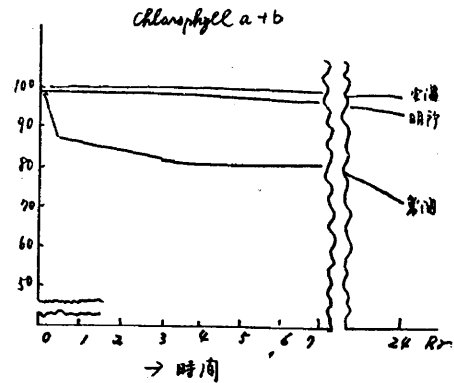
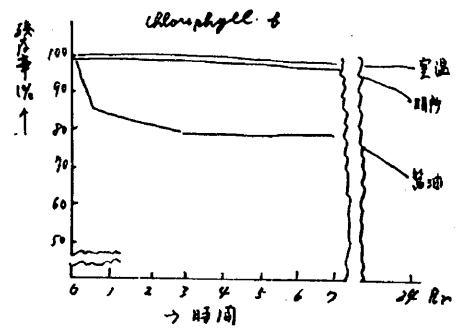
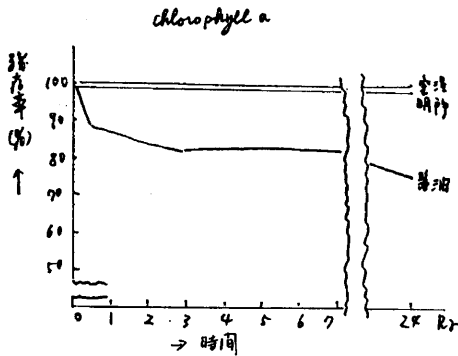
時間	chlorophyll	残存率 (%)	chlorophyll	残存率 (%)	chlorophyll	残存率 (%)
	a (mg/100g)		b (mg/100g)		a+b (mg/100g)	
0	56.08	100.0	46.09	100.0	104.29	100.0
5分	63.14	112.0	49.28	106.9	112.29	106.0
10分	53.08	94.7	40.56	88.0	93.51	89.7
20分	52.41	93.5	33.77	73.3	86.11	82.6
30分	51.48	91.8	32.37	72.4	83.32	79.9
60分	43.69	77.0	30.97	67.1	74.66	71.5

食塩水中で加熱した場合、重曹の時と同様5分間の加熱では緑色が濃くなり chlorophyll 含量が増加した。水で加熱した際熱と野菜中の遊離酸により煮汁が酸性になってくるため変色がみられたが、1%食塩水の場合も短時間では緑色が安定であるが時間とともに減少し水の場合と同様の成績を示した。ところが5%食塩水で加熱した場合は1%食塩水の場合よりも変色が少なかったかアルカリ度が強くなるほど組織を早く軟かくした。

② chlorophyll と放置時間との関係

① 室温(20°)放置による変化

- i) ほうれん草の緑葉5gを蒸留水中にて90°3分間加熱後冷水にて急冷し、一定時間放置し第13表及び第10図の結果を得た。



第10図 Chlorophyll の放置時間による変化  
室温放置 1%醤油添加後室温放置 明所放置

第13表 室温放置による変化

時間	chlorophyll	残存率 (%)	chlorophyll	残存率 (%)	chlorophyll	残存率 (%)
	a (mg/100g)		b (mg/100g)		a+b (mg/100g)	
0	49.50	100.0	34.70	100.0	84.20	100.0
1時間	49.50	100.0	34.70	100.0	84.20	100.0
12時間	49.50	100.0	34.70	100.0	84.20	100.0
1時間	49.50	100.0	34.70	100.0	84.20	100.0
6時間	49.50	100.0	34.70	100.0	84.20	100.0
1時間	49.50	100.0	34.70	100.0	84.20	100.0
2時間	49.35	99.7	34.50	99.4	83.85	99.5
3時間	49.20	99.4	34.35	99.0	83.55	99.1
7時間	49.10	99.2	34.20	98.5	83.30	98.8

ii) ほうれん草の緑葉 3gを蒸留水中にて90°  
3分間加熱後、冷水にて急冷し材料の1%の

醤油をかけ、一定時間室温に放置し第14表及  
び第10図の結果を従た。

第14表 1%醤油添加後室温放置による変化

間 時	chlorophyll a (mg/100g)	残存率 (%)	chlorophyll b (mg/100g)	残存率 (%)	chlorophyll a+b(mg/100g)	残存率 (%)
0	59.47	100.0	43.30	100.0	102.76	100.0
1時 12間	54.10	90.9	40.30	92.5	94.30	91.8
1時 6間	52.30	87.9	37.40	85.9	89.60	87.2
1時 2間	52.30	87.9	37.47	85.9	89.60	87.2
3時間	49.05	83.2	34.70	79.7	84.10	81.8
7時間	49.50	83.2	34.70	79.7	84.10	81.8
24時間	44.80	75.3	29.00	66.6	73.80	71.8

⑥ 明所放置による変化  
ほうれん草の緑葉 5gを蒸留水中にて90° 3分

間加熱後、冷水にて急冷し、一定時間日光の当る  
明所に放置し第15表及び第10図の結果を得た。

第15表 明所放置による変化

時 間	chlorophyll a (mg/100g)	残存率 (%)	chlorophyll b (mg/100g)	残存率 (%)	chlorophyll a+(bmg/100g)	残存率 (%)
0	57.9	100.0	44.5	100.0	103.4	100.0
1時 12間	57.9	100.0	44.5	100.0	103.4	100.0
1時 6間	57.9	100.0	44.5	100.0	103.4	100.0
1時 2間	57.5	99.3	44.3	99.6	102.8	99.4
3時間	57.5	99.3	44.3	99.6	102.8	99.4
7時間	57.2	98.8	44.1	99.1	101.3	98.0
24時間	57.1	98.4	39.7	89.2	96.8	93.6

短時間加熱した緑葉を室温放置、明所放置した  
場合短時間加熱により、chlorophyllを破壊す  
る酵素(chlorophyllaseやOxydase類)を非  
活性化するためか、24時間放置してもほとんど変  
化しなかった。しかし醤油をかけて放置した場合  
(お浸し、あえものをする時)醤油中の酸によりわ  
ずか変化し24時間後で30~40%の減少を見た。

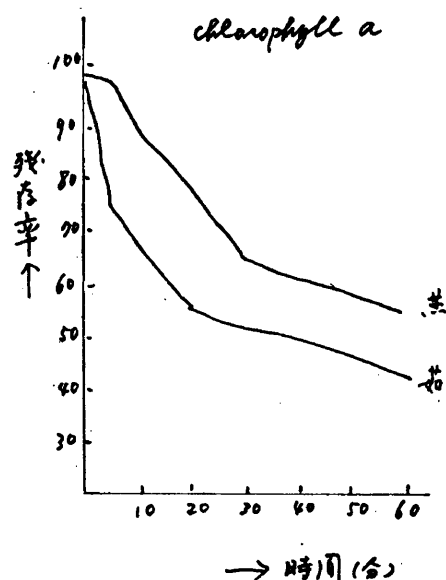
③ 調理法による chlorophyll の変化

調理法として茹でる場合は100°の蒸留水中で一定  
時間加熱した。その結果は第16表、第17表及び第  
11図に示すとおりである。

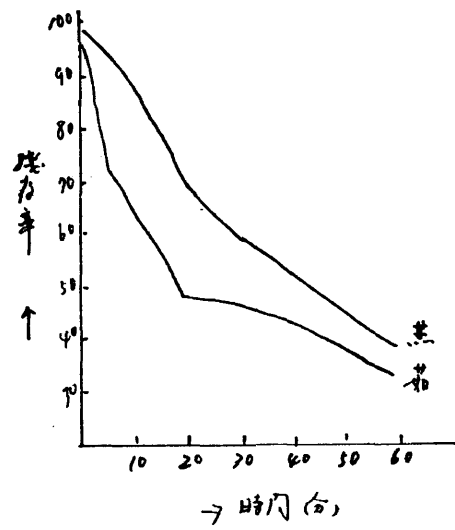
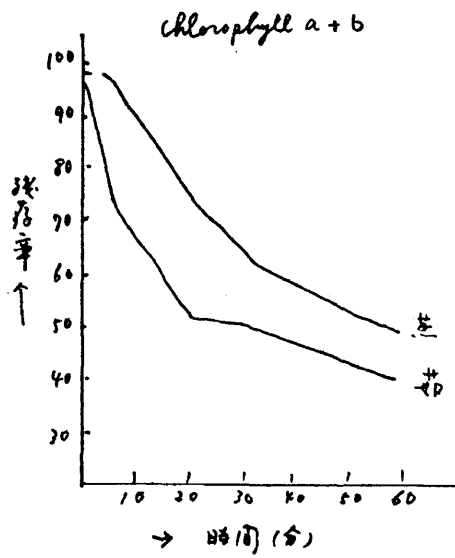
蒸した方が茹でた場合よりも減少率が少なく、5分  
間では比較的安定であるが時間の経過とともに緑  
葉より溶出した揮発酸がふたがあるため揮発せ  
ず、熱と遊離酸により分解され、60分では50~60  
%減少した。

④ 吸収スペクトル

第11図 調理法による Chlorophyll の変化



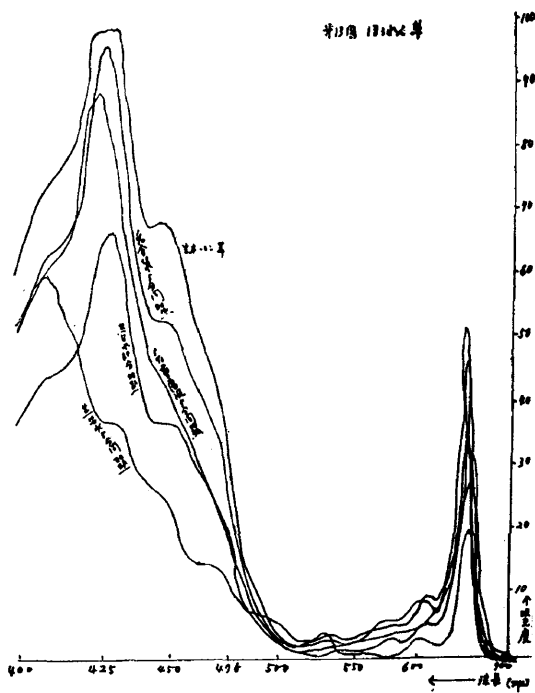




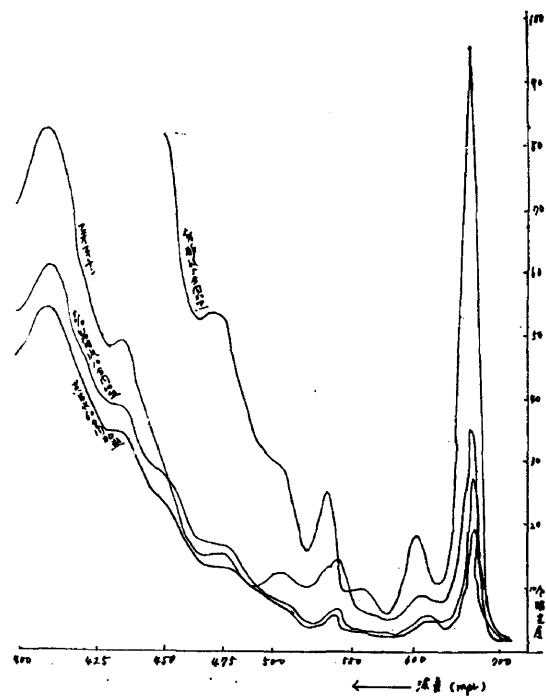
第16表 茹でた時の chlorophyll の変化

時間	chlorophyll a (mg/100g)	残存率 (%)	chlorophyll b (mg/100g)	残存率 (%)	chlorophyll a+b(mg/100g)	残存率 (%)
0	81.52	100.0	46.35	100.0	127.81	100.0
5分	61.21	75.1	33.63	72.3	94.77	74.1
10分	54.81	66.7	30.77	66.3	85.51	66.2
20分	44.76	54.9	22.05	47.6	66.73	52.2
30分	43.49	53.3	21.91	47.3	64.67	50.5
60分	35.23	43.2	15.52	33.5	50.68	37.7

第12図 ほうれん草



第13図 ほうれん草



第17表 蒸した時の chlorophyll の変化

時 間	chlorophyll		chlorophyll		chlorophyll	
	a (mg/100g)	残存率 (%)	b (mg/100g)	残存率 (%)	a+b (mg/100g)	残存率 (%)
0	67.50	100.0	48.90	100.0	116.40	100.0
5分	67.10	99.4	46.20	94.5	113.20	97.3
10分	59.90	88.7	43.00	87.9	102.20	88.3
20分	52.40	77.6	33.80	69.1	86.20	74.1
30分	43.80	64.9	29.30	59.1	74.00	63.6
60分	37.40	55.4	19.00	38.9	56.40	48.5

chlorophyll が熱、酸、アルカリ、食塩と作用した場合どのように変化するか、島津自記分光光度計 QR-50 型を用い、その吸収スペクトルを測定した。(第12図、第13図)

各々の吸収極大の波長(第18表)より chloro-

第18表

吸収極大 (m $\mu$ )	409	432	453	473	505	534	538	558	577	607	614	660
調理形態												
生	-	+	+	-	-	+	-	-	+	-	+	+
蒸留水5分間加熱	-	+	+	-	-	+	-	-	+	-	+	+
蒸留水60分間加熱	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
1%食塩水5分間加熱	-	+	+	-	-	+	-	-	+	-	+	+
%重曹水5分間加熱	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-	+	+
フェオフィチン	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	-	+
5%食酢5分間加熱液	+	+	-	+	-	+	+	+	-	+	-	-
5%醤油液10分間加熱	+	+	-	+	-	+	+	+	-	+	-	-

総括及び考察

1. Paper chromatography と Column chromatography によりほうれん草の緑葉から chlorophyll a, b Xanthophyll, Carotene を検出した。
2. 島津スペクトロニック20により緑葉中の chlorophyll 含量を定量し、次の結果を得た。
  - 1) 短時間の加熱(5分間以内)では生の時よりも chlorophyll 含量が増加するが、温度が高いと加熱時間が短かくても変化を生じ、長時間加熱すると緑色が褐変し黄褐色の phaeophytin に変化した。
  - 2) Chlorophyll はアルカリ、食塩の水溶液中ではかなり安定であるが調理時間が長くなるとアルカリより熱の方が多く作用するので変化する。水溶液が酸性に傾くほど短時間で著しく変化する。そして pH=6.0 以下では非常に変化しやすい。
  - 3) 酵素類(chlorophyllase や Oxydaase 類)が一度非活性化されると、長時間緑葉を放置してお

phyll は短時間の加熱、食塩、アルカリに対しては安定であるが、酸との反応又は長時間加熱すると緑色か褐色して phaeophytin に変化することを確認した。

いても chlorophyll 含量はほとんど変化しない。

- 4) 緑色野菜は茹でるよりも蒸した方が chlorophyll の変化が少なく、ヌビタミン類、無機類の損失も少なく栄養的にもよいと考えられる。
  - 5) Chlorophyll の熱、アルカリ、食塩、酸の影響を島津自記分光光度計 QR-50 型の可視部吸収スペクトルより追求した所、その吸収スペクトルの吸収曲線の差異より chlorophyll のわずかな変化でもごく簡単に精密に測定できた。色素研究にはこの吸収スペクトル法が今後ますます利用され発展していくものと思われる。
- 以上の結果より緑色野菜を調理する時、次の点に注意して行うのがよい。
- ① 緑色野菜は茹でるよりも蒸した方がよい。
  - ② 緑色をよく保たせる茹で方として、沸騰してる湯の中で出来るだけ早く(3分間位)茹でる。
  - ③ 軟かくなれば直ちに冷却する。温水に長く浸すと chlorophyll は分解する。

- ④ 色あげをよくするために1%位の食塩を添加するとよい。
- ⑤ 茹でる時使用する水の量は多い程よいと思われる。

終りにこの研究のために終始御指導、激励を賜った平友恒教授はじめ、高橋、井口両先生に心から感謝致します。

### 参 考 文 献

- 1) 桜井 芳人：日農化第33巻281 (1959)
  - 2) 梶本 五郎：栄養と食糧第16巻No2 (1963)
  - 3) 赤木瑠璃子：卒業論文要旨集 (1964)
  - 4) 化学実験研究会編：化学実験操作書181 (1965)
  - 5) 満田 久輝：実験栄養化学(全)358 (1961)
  - 6) 山口 一孝：植物成分分析法(下巻)  
Methods of Analysis A. O. A. C 111 (1950)
- 服部 静夫：植物色素
- 下田 吉人：基礎調理学Ⅱ84 (1962)
- 望月 英男：食品の調理科学184 (1963)
- 横山 正実：調理の化学(1965)
- 小幡弥太郎：食品の色、香、味
- 佐竹 一夫：クロマトグラフィー
- 日本分析化学会編：分析化学データブック
- 化学の領域増刊：生化学領域における光電比色法。