

ほうれん草の調理科学的研究

Studies for Science of Cookery on Spinach

代谷 沢* 片岡 慶子* 勝元みどり**

Sawa Siroya, Keiko Kataoka, Midori Katumoto

緒 言

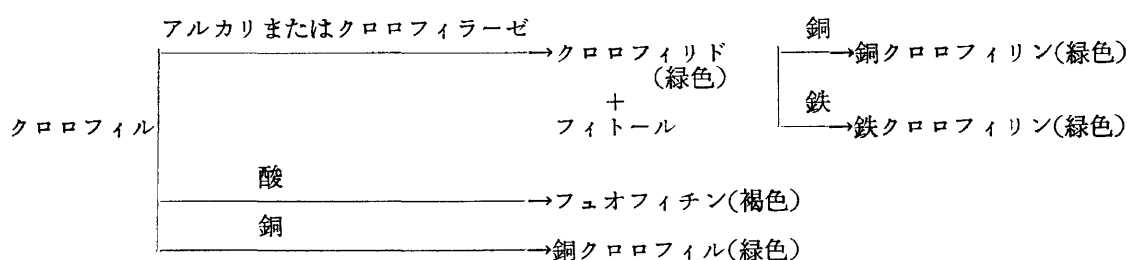
緑色野菜は栄養的にはビタミンA及びCの給源として重要であるばかりでなく、その食品の持つ特有の色の美しさが食欲をうながし、消化機能の働きをよくしている。

緑色野菜の緑色の色素をクロロフィルといい、細胞中の葉緑体の基質中に、蛋白と結合した形で可溶状態として存在していると考えられている。この他緑色野菜には黄色の色素であるカロチンや、キサントフィルが存在しているが、クロロフィルの緑色に覆れていて、直接目には映じない。しかし空気中に放置しておいたり、酸で処理したりすると、クロロフィルの緑色が褪色して、カロチノイドの色が現われてくる。栄養的な価値のあるのはクロロフィルよりカロチノイドであり、これは体内でビタミンAにかかわることができるプロビ

タミンAとして役立っている。

クロロフィルについては、古くから研究がなされており、太陽光線のエネルギーを吸収してその力により炭酸と水との化合を行なわせる仲介物であること、またクロロフィルa(青緑色)・クロロフィルb(黄緑色)の分離と各々の構造式も確定されている。植物中には普通3:1の割合でクロロフィルa・クロロフィルbが含まれている。クロロフィルの構造は高等動物の血液色素の構造に極めてちかいことも判ってきた。

クロロフィルは植物体内で蛋白と結合している場合は安定な緑色を呈しているが、pH・酸・加熱温度などにより褪色してしまう。これはクロロフィルの中心にあるMgの結合が弱く不安定であることに要因する。クロロフィルの分解過程については次のことが知られている。



この図からわかるようにクロロフィルのMgをCu・Feと置換する処理をすると安定な鮮やかな緑色になる。このことを利用して食品の着色料として用いられている。その他クロロフィルは創傷治療作用・造血作用・脱臭作用があり、多くの薬学的効果が認められている。

著者は緑色野菜が調理によりどのように色が変化するか、クロロフィル含量の定量を中心に本実験を開始した。試料はほうれん草を用い、島津自記分光光度計QR-50型により色の変化をみた。

実験の部

I ペーパークロマトグラフィーによる緑色野菜の色素の検索

1) 試料

①新鮮なほうれん草 ②加熱温度 100°C 中で褪色したほうれん草

2つの試料を用いて比較した。

2) 試料溶液の作成

ほうれん草の緑葉 5g に85%アセトンを加え、ホモジナイザーを用いて組織を磨碎し、30分間放

置後、吸引ろ過して、ろ液をエバポレーターで40°C内外で濃縮したものを Sample とした。

- 3) 展開方法：一次元上昇法
- 4) ろ紙：東洋ろ紙 No. 50(2×40cm)
- 5) 展開溶媒

トルエン：エチルアルコール=200：1

〔結果〕

Sample の Rf 値と文献の Rf 値との比較によりほうれん草に含まれる色素を同定した。

表 1

文 献 値 ²⁾		新鮮な Sample		褪色した Sample		Spot
Rf 値	文献色素名	Rf 値	呈 色	Rf 値	呈 色	
0.98	β-カロチン	0.98	橙 色	0.98	橙 色	I
0.92	フェオフィチン a	—		0.94	暗緑色	II
0.88	フェオフィチン b	—				
0.78	キサントフィル	0.83	黄 色	0.81	黄 色	III
0.45	クロロフィル a	0.44	緑 色	—		IV
0.25	クロロフィル b	0.22	黄緑色	0.23	黄緑色	V

〔考察〕

新鮮なほうれん草には β-カロチン・キサントフィル・クロロフィル a・クロロフィル b の色素が検出され、褪色したほうれん草ではクロロフィル a が消失し、新たにフェオフィチンを検出した。これはクロロフィルが加熱により、蛋白質との結合が切断され、植物中に存在する有機酸によって(酸性で)フェオフィチンに分解されたことによると思われる。

(表1)

II. 薄層クロマトグラフィーによる色素の分離及びその吸収スペクトル²⁾

1) 試料溶液

ほうれん草 5g に 0.1g の炭酸カルシウムと85%アセトンを加え、ホモジナイザーで磨砕し、1時間放置後吸引ろ過し、残渣に85%アセトンを加え、再び色素を抽出する。残渣に色がなくなるまで抽出をくり返し、ろ液を合わせ、エバポレーターで濃縮した。

2) 展開溶媒

トルエン：プロピルアルコール：エチルエーテル = 92：6.5：1

3) 吸着剤；5%ギブス入りシリカゲル

4) 操作

展開槽に展開溶媒を入れ、暗所にて1時間放置する。放置後シリカゲルをぬったガラス板に毛细管で試料をつけ、展開した。各成分の分離が終れ

ば、着色部分をスパティールでかきとり、アセトンに溶かした後、ろ液を島津自記分光光度計で可視部(400~700 mμ)の吸収曲線を作成した。吸収曲線の吸収極大ならびに吸収極小の位置および特定の波長との吸光度の比率を求めた。

なお各帯の色素の同定は文献値の Rf 値と Sample の Rf 値により先に行なっておいた。

〔結果〕

表 2

Sample		文 献		Band
Rf 値	呈 色	Rf 値	色素名	
0.98	橙 色	0.98	カロチン類	I
0.55	暗緑色	0.91 0.55	フェオフィチン	II
0.43	緑 色	0.43	クロロフィル a	III
0.40	黄緑色	0.38	クロロフィル b	IV
0.35 0.15	黄 色	0.35 0.25	キサントフィル類	V

Sample の Rf 値と文献の Rf 値との比較によりカロチン・フェオフィチン a・クロロフィル a・クロロフィル b・キサントフィルがほうれん草の色素であると同定した。更に各色素の吸収曲線を求めることができた。

(表2・3, 図1)

表 3

クロロフィル a (緑色)	吸収極大の位置 (m μ)	432 430	410 410	665 663	614 615	575 580	532 535
	吸光度*	113.0 106.0	92.0 77.1	80.8 74.0	16.4 15.7	13.4 8.7	7.6 3.9
	吸光度の比率* (%)	100 100	81.4 79.2	71.5 72.7	14.5 14.8	11.9 8.2	6.7 3.7
クロロフィル b (黄緑色)	吸収極大の位置 (m μ)	455 455	645 645	595 595	550		
	吸光度	82.0 146.9	36.0 51.8	8.3 11.3	5.9		
	吸光度の比率 (%)	100 100	43.9 22.8	10.1 9.9	7.2		
フェオフィチン a (暗緑色)	吸収極大の位置 (m μ)	412 (410)	666 (665)	508 (505)	536 (532)	608 (608)	560 (559)
	吸光度	83.0 (126.0)	32.0 (59.0)	12.0 (13.5)	10.4 (11.3)	8.4 (8.8)	6.0 (3.2)
	吸光度の比率 (%)	100 (100)	38.5 (46.8)	14.4 (10.7)	12.5 (9.0)	10.1 (7.0)	0.7 (2.5)
キサントフィル (黄色)	吸収極大の位置	478	425	662	448		
	吸光度	109.6	107.0	8.4	140.0		
	吸光度の比率	78.1	76.5	6.0	100		
カロチン	吸収極大の位置	450	480				
	吸光度	36.0	28.0				
	吸光度の比率	100	77.1				

[註] 下の数字はアセトン中の文献値⁵⁾
 () はエーテル中の文献値²⁾

*吸光度；比吸光係数 $\log I_0/I(g/l)$ で表わしたもの

*吸光度の比率 = $\frac{\lambda \text{ max}}{\text{可視部短波長の最大吸光度}} \times 100$

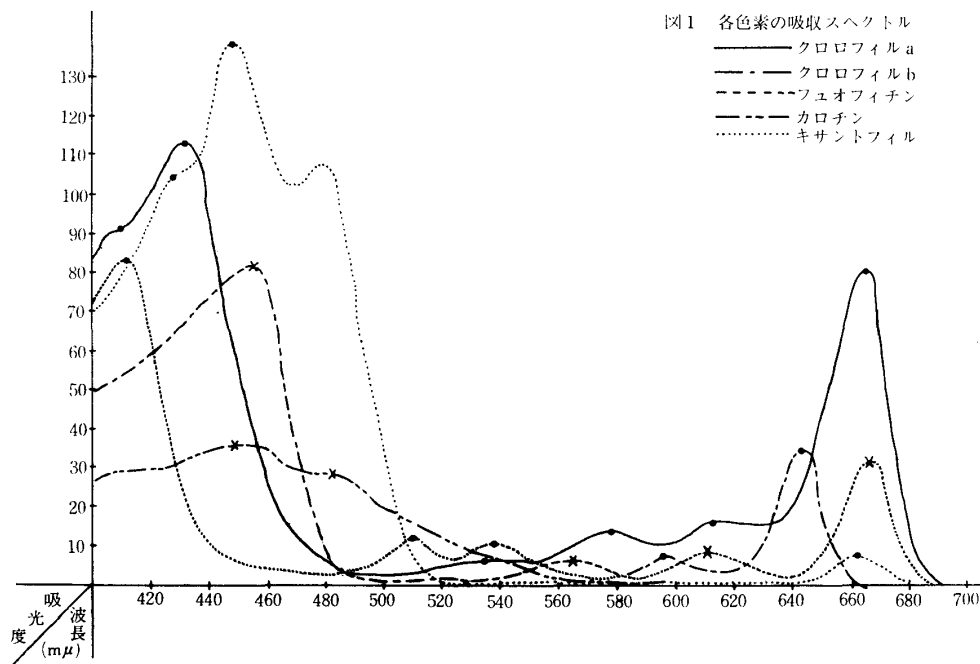


図1 各色素の吸収スペクトル
 ———— クロロフィル a
 - - - - クロロフィル b
 - · - · - フェオフィチン
 - - - - カロチン
 ······ キサントフィル

Ⅲ. 緑色野菜の調理におけるクロロフィルの変化¹⁾

1) 試料; ほうれん草 (水気をろ紙でふきとり葉身のみ 5g 用いた。)

2) 操作

試料 5g に炭酸カルシウム 0.1g と 85%アセトンを加えてホモジナイザーで磨砕し、吸引ろ過後、残渣に再び85%アセトンを加え、残渣に色がなくなるまでこの操作をくり返した。抽出液を 200ml に定容後、無水硫酸ナトリウムを加え一夜放置し、脱水した。この抽出液 10ml をピペットでとり 50 ml にアセトンで稀釈後、島津自記分光光度計で 400~700mμ の吸収曲線を作成した。

3) 試料調整

①新鮮なほうれん草

②加熱温度による変化

加熱温度の影響をみるため 60°C · 80°C · 90°C · 100°C 中で 5分 · 10分 · 20分 · 30分 · 60分 と時間を変化させ調理した後、冷水にて急冷したもの。

③調味料による変化

加熱時における調味料の影響をみるため、1%食塩 (pH=6.3) · 5%食塩 (pH=6.9) · 5%醤油 (pH=4.7) · 5%食酢 (pH=3.0) · 1%重曹 (pH=8.4) · 5%重曹 (pH=8.5) の各液中で②と同様に調理したもの。

ただし 5%食酢 · 5%醤油液中については加熱時間を 1分 · 3分 · 5分 · 10分 · 15分 にした。

④ブランチング後の調味料による変化

ブランチング後 (100°C 中で 5分加熱したもの) の影響をみるため、食酢 (pH=2.6) · 醤油 (pH=4.5) 20cc 中に 5分 · 10分 · 20分 · 30分 · 60分 と浸せき時間を変化させたもの。

⑤調理の加熱方法による変化

①茹でる; 蓋あり, 蓋なしの場合の 2つの方法で 100°C 2分加熱したもの。

②蒸す; 蒸気中 2分加熱

③無水鍋; 試料に水気を含ませ、鍋が熱してから試料を入れ、火をとめ 2分間加熱。

④電子レンジ; 水気を含ませサランラップにくるみ, 500W 中 1分間処理したもの。

⑤油いため; 熱したフライパンで油 5cc でいためたもの。

以上の 5種類で調理したものをを用いた。

〔計算 I〕

665mμ と 645mμ の吸光度を用いて西村氏によるクロロフィル a · b の含量を求め、生葉のクロロフィル a · b 含量を 100 として緑色度の変化を比率で表わした。

〔結果 I〕

表 4 ②加熱温度による変化

加熱温度60°C 表4-1

	クロロフィル a 含量 mg/100 g	残存率	クロロフィル b 含量 mg/100 g	残存率	クロロフィル a 含量 mg/100 g	残存率	クロロフィル b 含量 mg/100 g	残存率
0	100	100	37.0	100	100	100	37.0	100
5	100	100	37.0	100	97.0	97	34.0	89
10	99.8	100	33.4	90	92.8	93	27.2	76
20	98.4	98	27.8	76	90.0	90	24.2	63
30	98.0	98	23.0	62	78.0	78	23.6	62
60	98.0	98	22.0	60	71.0	71	22.0	60

加熱温度80°C 表4-2

加熱温度90°C 表4-3

	クロロフィル a 含量 mg/100 g	残存率	クロロフィル b 含量 mg/100 g	残存率	クロロフィル a 含量 mg/100 g	残存率	クロロフィル b 含量 mg/100 g	残存率
0	90.0	100	33.0	100	90.0	100	33.0	100
5	77.4	86	23.0	69	63.6	71	17.2	52
10	75.0	83	20.8	63	54.4	61	11.2	34
20	70.4	78	18.4	56	54.0	60	10.0	33
30	68.0	76	15.4	47	43.0	48	7.6	23
60	62.4	67	11.0	33	41.4	46	4.0	12

加熱温度100°C 表4-4

表 5 ③調味料による変化

1%食塩水 表5-1

	クロロフィル a 含量 mg/100 g	残存率	クロロフィル b 含量 mg/100 g	残存率	クロロフィル a 含量 mg/100 g	残存率	クロロフィル b 含量 mg/100 g	残存率
0	99.0	100	35.0	100	100	100	37.0	100
5	89.0	90	34.0	97	96.0	96	37.0	100
10	84.0	84	33.0	94	83.0	83	35.6	96
20	78.0	79	32.0	92	83.0	83	28.0	76
30	73.0	74	15.6	45	67.4	67	27.2	73
60	65.0	66	11.2	32	55.6	56	6.4	17

5%食塩水 表5-2

5%醤油 表5-3

	クロロフィル a 含量 mg/100 g	残存率	クロロフィル b 含量 mg/100 g	残存率	クロロフィル a 含量 mg/100 g	残存率	クロロフィル b 含量 mg/100 g	残存率
0	100	100	37.0	100	100	100	37	100
1	78.5	79	29.0	89	68.0	68	23.4	63
3	78.3	78	25.0	67	65.0	65	12.8	35
5	74.2	74	16.4	44	53.5	54	12.8	35
10	52.8	53	6.5	18	50.5	51	2.0	5
15	46.3	46	3.6	10	46.0	46	—	—

5%食酢 表5-4

1%重そう 表5-5

5%重そう 表5-6

	クロロフィル a 含量 mg/100g	残存率	クロロフィル b 含量 mg/100g	残存率	クロロフィル a 含量 mg/100g	残存率	クロロフィル b 含量 mg/100g	残存率
0	142.0	100	52.0	100	92	100	34.0	100
5	141.0	99	53.0	102	106.2	115	82.0	241
10	140.4	99	53.0	102	97.0	105	79.	232
20	139.0	98	53.0	102	87.0	95	78.0	229
30	128.0	90	58.0	111	78.0	85	77.6	228
60	112.0	79	64.5	124	68.0	74	70.0	206

表 6 ④ブランチング後の調味料による変化

醤油 表6-1

食酢 表6-2

	クロロフィル a 含量 mg/100g	残存率	クロロフィル b 含量 mg/100g	残存率	クロロフィル a 含量 mg/100g	残存率	クロロフィル b 含量 mg/100g	残存率
0	157.0	100	58.0	100	157.0	100	58.0	100
5	106.0	67	25.0	42	97.6	62	15.2	26
10	88.0	56	24.0	41	95.0	60	15.0	26
20	86.0	55	24.0	42	74.0	47	14.0	24
30	86.0	55	22.0	38	69.0	44	9.2	16
60	73.0	47	21.0	36	68.4	44	8.7	15

表7 ⑤調理の加熱方法による変化

	クロロフィル a 含量 mg/100g	残存率	クロロフィル b 含量 mg/100g	残存率
生	120.0	100	44.0	100
茹でる(蓋なし)	86.0	72	25.0	57
茹でる(蓋あり)	68.0	57	22.0	50
蒸す	87.0	73	27.0	61
無水鍋	103.0	86	39.0	89
電子レンジ	117.0	98	41.0	91
油いため	82.0	68	26.0	59

吸収極大の位置が 410m μ ならびにクロロフィル a の吸収極大の位置が 432m μ に現われることを知ったので、432m μ の吸光度を 100 として 412m μ の吸光度の比率を求め、フェオフィチンの量的変化をみた。

〔結果Ⅱ〕

①新鮮なほうれん草

432m μ の吸光度 1.09

412m μ の吸光度 0.84

吸光度の比率 77

〔計算Ⅱ〕

薄層クロマトグラフィーによりフェオフィチンの

②加熱温度による変化

加熱温度 60°C 表8-1

加熱温度 80°C 表8-2

加熱時間	432m μ の吸光度	412m μ の吸光度	吸光度 の比率	432m μ の吸光度	412m μ の吸光度	吸光度 の比率
5分	0.96	0.65	77	0.80	0.67	84
10	0.88	0.63	75	0.76	0.67	89
20	0.85	0.68	79	0.70	0.64	91
30	0.80	0.66	82	0.62	0.84	135
60	0.78	0.79	101	0.41	0.58	142

加熱温度 90°C 表8-3

加熱温度 100°C 表8-4

加熱時間	432m μ の吸光度	412m μ の吸光度	吸光度の比率	432m μ の吸光度	412m μ の吸光度	吸光度の比率
5分	0.66	0.57	87	0.53	0.47	88
10	0.62	0.58	93	0.45	0.49	111
20	0.57	0.53	94	0.44	0.56	126
30	0.54	0.67	125	0.35	0.52	149
60	0.45	0.70	154	0.34	0.54	161

③調味料による変化

1%食塩水

表9-1

5%食塩水

表9-2

加熱時間	432m μ の吸光度	412m μ の吸光度	吸光度の比率	432m μ の吸光度	412m μ の吸光度	吸光度の比率
5分	0.76	0.63	83	0.98	0.81	83
10	0.70	0.64	91	1.08	0.99	92
20	0.64	0.70	108	0.76	0.76	100
30	0.60	0.75	124	0.65	0.68	105
60	0.54	0.83	155	0.49	0.71	145

5%醤油

表9-3

5%食酢

表9-4

加熱時間	432m μ の吸光度	412m μ の吸光度	吸光度の比率	432m μ の吸光度	412m μ の吸光度	吸光度の比率
1分	1.37	1.07	7.8	1.20	1.11	93
3	1.36	1.17	8.6	1.01	1.42	147
5	1.25	1.35	10.8	1.01	1.63	161
10	0.86	1.18	13.7	0.95	1.59	167
15	0.80	1.21	15.1	0.87	1.42	163

④ブランチング後の調味料による変化

醤油浸せき

表10-1

食酢浸せき

表10-2

浸せき時間	432m μ の吸光度	412m μ の吸光度	吸光度の比率	432m μ の吸光度	412m μ の吸光度	吸光度の比率
5分	0.66	0.62	94	0.76	0.78	103
10	0.85	0.84	99	0.76	0.87	114
20	0.72	0.67	94	0.57	0.77	135
30	0.66	0.61	91	0.53	0.75	143
60	0.75	0.72	97	0.52	0.84	163

⑤調理の加熱方法による変化 表11

加熱方法	342m μ の吸光度	412m μ の吸光度	吸光度の比率
茹でる(蓋なし)	0.72	0.64	88
茹でる(蓋あり)	0.58	0.53	91
蒸す	0.74	0.66	89
電子レンジ	1.05	0.76	72
油いため	0.72	0.53	74
無水鍋	0.88	0.64	72

重そう添加溶液(アルカリ性)で加熱した試料ではフェオフィチンの吸収極大値 412m μ に吸光度は現われず、蒸留水(中性)や調味料添加溶液(酸性)で加熱した試料と異なった吸収極大の位置に吸光度を認めることができた。これを表にすると次のようになった。

表 12

試料	波長(mμ)	663	620	608	580	560	535	475	455	432	417	412	試料の色
生		+	+	-	+	-	-	-	+	+	-	+	青 緑 色
重そう溶液中で加熱したもの		+	+	-	+	-	-	+	-	+	+	-	鮮やかな緑
蒸留水 100°C 5分加熱したもの		+	-	+	-	-	+	-	+	+	-	+	緑 色
100°C 60分 蒸留水調味料添加		+	-	+	-	-	+	+	+	-	-	+	褐 色

〔考察〕

1) 加熱温度による影響は、60°C では長時間加熱してもクロロフィルは安定であった。これはクロロフィル分解酵素であるクロロフィラーゼ(70°C で活性化する)の作用をうけないためと思われた。80°C・90°C の加熱温度では30分で100°Cの加熱温度では10分で褪色した。これはクロロフィルがクロロフィラーゼにより活性化され、更に野菜中の有機酸が遊離されて褪色したものと思われた。(表4)

2) 調味料添加溶液中における加熱による影響を考える場合、クロロフィルのpHによる影響も同時に考える必要があると思われた。

①酸性溶液中(醤油・食酢を添加したもの)では短時間で褪色した。食酢(pH=3.0)では3分で、醤油(pH=4.7)では5分で褪色したことより、pH値が低いほど褐変するのが速いことが判った。このように茹汁を酸性にするとクロロフィル分子中のMgがH₂と置換して、暗緑色のフェオフィチンに変化すると考えられた。

(表5-3・5-4)

②食塩添加の影響については、20分加熱しても比較的安定な色を保つことができた。1%以上の食塩水は普通の植物体内の生理的食塩水0.85%より濃い溶液であるため、組織中に浸入していく。このため、食塩のNa⁺と葉緑素のMg⁺が置換され、酸化酵素作用が抑制されることによると思われた。なお1%食塩水と5%食塩水の濃度による変化はあまり認められなかった。

(表5-1・5-2)

④アルカリ性溶液中(重そうを添加したもの)では、60分加熱しても色の変化はみられず、生の試料よりも鮮やかな緑色を呈していた。ただし時間が経るにつれて組織が柔らかくなった。アルカリ性溶液中ではクロロフィルのMgが非常に安定で、加熱により加水分解してフィトール

が除かれたクロロフリンとなり、安定な緑色を呈しているためと思われた。(表5-5・5-6)

⑤ブランチング後の調味料添加の影響については、醤油の場合浸せき時間を長くしても色の変化はあまり認められなかったが、食酢については20分間の浸せきで著しく褪色した。調味料添加溶液中で加熱した場合と比較してみると食酢・醤油とも加熱処理後における調味料添加の影響の方が少ないことが判った。緑色野菜の調理方法として日常よく行なう浸し物・酢の物は、これらの原理にもとづき緑色を保ち食卓に供しているのである。(表6)

⑥調理の加熱方法による影響をみると、空茹(電子レンジ・無水鍋)により調理した場合、他の加熱方法よりもクロロフィルの破壊率が少ないことがわかった。空茹の加熱方法はビタミンB・Cの水溶性ビタミン・無機質の溶出が少ないという利点もあるので、材料が軟らかく水分が多く、またアクの少ない緑色野菜はこの加熱方法がよいといえる。(表7)

〔註〕

計算Ⅰ(吸収極大の位置665mμ・645mμ)から求めたクロロフィルa・bの残存率から試料の緑色度を判定したが、計算Ⅱ(吸収極大の位置452mμ・410mμ)から求めたフェオフィチンの量により試料の褪色度を判定した方が、緑色野菜の調理による色の変化がより判定しやすかった。(表8・9・10・12)

ただしアルカリ溶液中での加熱においては、フェオフィチンの吸収極大の位置410mμには極大が現われないため、フェオフィチンによる褪色度の判定はできなかった。

Ⅳ 薄層クロマトグラフィーによる色素の含量

1) 試料

①新鮮なほうれん草

②100°Cで5分・10分・20分・30分・60分づつ調理したほうれん草

2) 試料溶液の作成

Ⅱと同様に行なった。

3) 展開溶媒・吸着剤

Ⅱと同様のものを使用した。

4) 操作

2) で濃縮した溶液の量を計っておき、15mμのマイクロピペットを用いて、一定量の試料をガラス板につけ展開した。各成分の分離が終れば、着色部分をスパティールでかきとり、一定量のアセトンで溶かした後、ろ液を島津自記分光光度計にてキサントフィルは448mμ、フェオフィチンは665mμ、クロロフィルaは665mμ、クロロフィルb

は645mμ、カロチンは450mμ附近の波長の吸光度を測定した。

[計算]

各色素の吸光度=測定した吸光度

$$\times \frac{\text{濃縮した試料量}}{\text{ガラスに塗布した量}} \times \frac{5 \text{ CC}}{\text{希釈アセトン量}}$$

(5 CC:一定量のアセトン)

上式のようにして薄層クロマトグラフィーによって分離した各着色帯を一定量のアセトンに溶かした時の吸光度を各々求め、色素の定性を行なった。更に生の試料の各々の色素量を100として、100°C中の加熱時間別による、すなわち褪色するにつれて各色素量がどのように変化するか比較検討してみた。

[結果]

表 13

試料	カロチンの吸光度	残存率	フェオフィチンの吸光度	残存率	クロロフィルaの吸光度	残存率	クロロフィルbの吸光度	残存率	キサントフィルの吸光度	残存率
生	5.34	100	2.84	100	7.33	100	3.20	100	12.84	100
100°C 5分加熱	4.85	91	7.29	257	6.00	82	3.00	94	11.82	92
100°C 10分加熱	4.17	77	17.45	614	6.40	83	3.00	94	12.88	100
100°C 20分加熱	2.93	55	17.48	614	3.12	42	2.08	66	11.74	91
100°C 30分加熱	1.59	30	18.78	661	1.78	24	1.37	43	19.39	151
100°C 60分加熱	1.42	27	19.98	704	0.92	12	0.96	30	18.34	143

[考察]

クロロフィルa・b量は共に加熱10分までは安定であるが、20分になると著しく減少した。フェオフィチン量については5分加熱で約2.5倍、10分以後では約6倍もの増加をみた。キサントフィル量についてはあまり変化なく、カロチン量は加熱時間が長くなるにつれて減少していった。

加熱時間とクロロフィル量の変化についてはSweeneyらがすでに検討しているが、彼らによると加熱時間が長いほどクロロフィルaおよびbの損失は大きく、クロロフィルaの方がクロロフ

ィルbに比べてすみやかに損することを報告している。このことから実験Ⅳで求めた値の方が正確ではないかと思われた。

緑色野菜の生体内での吸収スペクトル^{12) 16) 17)}

1) 試料:生のほうれん草

茹でて調理したほうれん草

2) 操作

島津マルチパーパス自記分光光度計(MPS-50型)を用いて、オパールグラス法で試料をアセトン抽出することなく、吸収曲線を求めた。

[結果] 表 14

試料	吸収極大	吸光度	吸収極大	吸光度	吸収極大	吸光度	吸収極大	吸光度	吸収極大	吸光度
生	680	1.53	635	1.86	485	1.61	440	2.25	350	2.91
茹でたもの	670	1.85	635	1.93	475	2.02	440	2.41	350	2.53

吸光度:オパールグラス法により完全に散乱された光による aEt 値

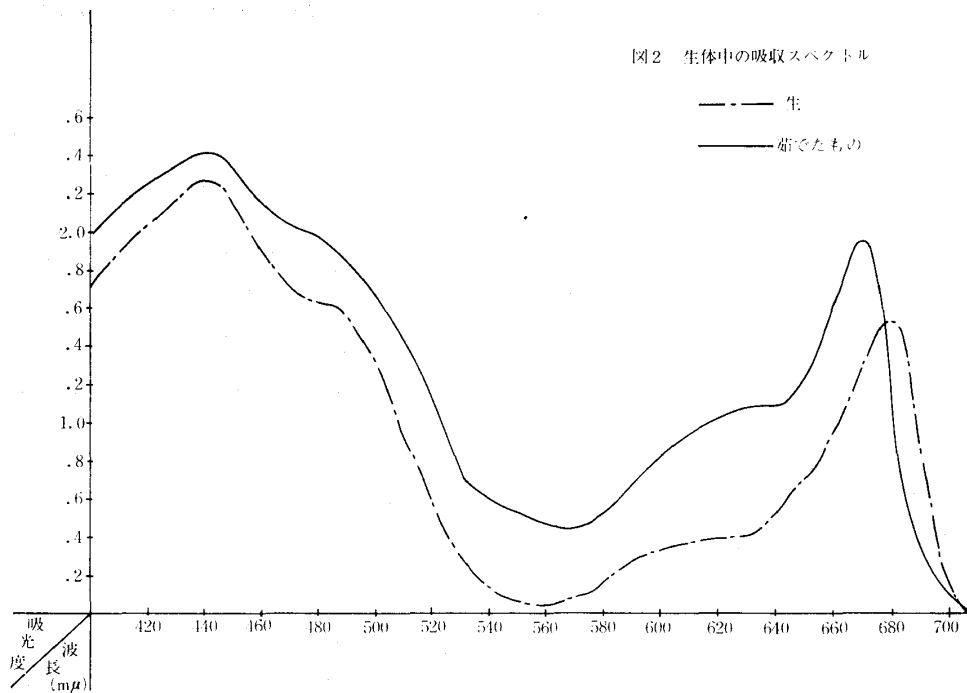


図2 生体中の吸収スペクトル

〔考察〕

- ①従来のアセトンで抽出したほうれん草の色素の吸収スペクトルとアセトン抽出をしないそのままのほうれん草では吸収極大の位置が異なって現われた。
- ② MPS-50 型で測定した場合、生のほうれん草と茹でたほうれん草では吸収極大の位置が異なって現われた。
- ③ ①、②のことより色素蛋白の形で分子量が大きい生のほうれん草では吸収極大の位置が 680 mμ、茹でて加水分解されたほうれん草では 670 mμ、アセトン抽出を行なったほうれん草では 665 mμ に各々現われた。このことは分子量が小さくなり分解されると波長が左に移行することがわかった。

総 括

- 1) 薄層クロマトグラフィーにより、ほうれん草中の色素(クロロフィル a, クロロフィル b, カロチン, キサントフィル, フェオフィチン)を分離し、各々の吸収極大の位置を確認した。
- 2) ほうれん草の調理におけるクロロフィルの変化については
 - ①酸性溶液中の加熱では短時間でも急速に褐変することがわかりクロロフィルが酸性で分解しやすいことを認めた。
 - ②アルカリ溶液中の加熱では長時間でも色調の低

下はみられず、クロロフィルはアルカリ中で安定であることを認めた。

- ③食塩添加溶液中の加熱では、長く加熱しても比較的安定な色を保つことができ、しかも美味で、歯ざわりよい感触があるなどの利点があり、緑色野菜を茹でる時は食塩を添加したほうがよいことがわかった。5%添加と1%添加との差はあまりないので、多く食塩を加える必要がないといえる。
- ④ブランチング後の醤油浸せきによる色の変化はみられなかったが、食酢浸せきについては、時間が経るにつれて褐変していくのがみられた。
- ⑤調理の加熱方法によるクロロフィルの変化は、空茹の方法がクロロフィルの破壊率が少なくよいことがわかった。
- 3) 褪色するにつれてフェオフィチンの量が増すことがわかった。
- 4) クロロフィル bの方がクロロフィル aよりも安定であるが、クロロフィル aの残存率の高いほど色調がすぐれていることがわかった。
- 5) 島津自記分光光度計によって測定した 400~700 mμ の吸収曲線から、クロロフィル a, クロロフィル b の試料中の含量ならびにフェオフィチンの量的変化を読みとることができた。色素の研究において、正確に比較的簡単に吸光度を測定できる島津自記分光光度計が大いに役立っていると思われた。

6) 島津マルチパーパス自記分光光度計では色素の抽出などの無駄が省け、しかも蛋白が分解されていない植物中に存在する色素そのものの吸収スペクトルを測定することができ、生体中の色素を研究する上で重要な器械として注目されると思われた。

参 考 文 献

- | | |
|--|--|
| 1) 家政学雑誌; 山崎清子
緑色野菜の調理による色の変化(1956) | 5) 食品工学実験書上巻
493~ |
| 2) 食品分析ハンドブック
352~(1969) | 6) 植物色素: 服部静夫
502~(1936) |
| 3) 化学の領域: 西村光雄
136~(1958) | 7) 家政学雑誌 Vol. 18 No. 1: 守康則(1967) |
| 4) 食品の変色とその化学
116~(1967) | 8) 食品の色・味・香: 稲垣
27(1966) |
| | 9) 要説栄養化学実験: 満田
299(1966) |
| | 10) 生化学講座 9 |
| | 11) 食品化学: 岩狭
52, 181, 202(1953) |
| | 12) 食品の調理科学: 望月
184(1968) |
| | 13) 調理科学の理論: 高木和夫
120(1950) |
| | 14) 蛋白質・核酸・酵素 Vol. 13 No. 5 4
吸収スペクトルおよび散乱スペクトルの測定
とその原理: 柴田和雄 |
| | 15) 化学の領域 第19巻, 第9号, 別刷: 柴田54 |