

ほうれん草の保存および加熱条件による クロロフィル含量の変化

下橋 淳子 寺田 和子

The Change in Chlorophyll Content of Spinach Leaves by Preservation and Cooking Condition

Atsuko Shimohashi Kazuko Terada

緒 言

食品本来の色を保持するような保存法および調理条件は、食品を扱う上で大切なことである。

野菜の色は、新鮮さの目安のひとつともなり、その野菜本来の色を生かした料理は、食欲をそそる要因としても大きな意味を持つ。

緑色の野菜の保存、調理中の色素の変化、安定性に関する報告^{1)~10)}は、数多くされており、特に緑葉野菜のゆで方に関しては、従来から行なわれている方法が最良とは言えない結果も報告されている。しかし、緑葉野菜のゆで操作は、緑色保持の目的で、大量の熱水中に1~2%の食塩を添加しふたをせずにゆでる方法が、現在なお実施されている。

また、最近保存が難しいと思われる緑葉野菜を「鮮度保持袋」と称する袋に入れたり、温度、湿度を調節して商品価値を保ちながら陳列棚に並べるスーパーマーケットなどが増え、家庭でも野菜保存中、鮮度を保てるようにと鮮度保持に悪影響を及ぼすエチレンガスを吸着するポリエチレン袋も市販されるようになった。

今回、これらの緑葉野菜の保存法や加熱条件を再検討し、クロロフィル含量の変化についてまとめたので報告する。

実験方法

試料

6~7月、10月の市販のほうれん草を用いた。

ほうれん草は、茎、葉柄を除いた葉の部分をクロロフ

ィル定量用の試料とした。

保存条件

① 温度

(1) 6°C (冷蔵室下段)

(2) 26°C (恒温器中)

(3) 30°C (恒温器中)

② 包装

ほうれん草を株ごと100gずつに分け、下記の3種類の条件で保存した。

(1) 5枚重ねの新聞紙に包んだもの。

(2) エチレン吸着性低密度ポリエチレン袋(緑色不透明)に入れ、袋の中の空気をできるだけぬいて輪ゴムで口を閉じたもの。

(3) 普通のポリエチレン袋(無色透明)に入れ、袋の中の空気をできるだけぬいて輪ゴムで口を閉じたもの。

(1)の包装条件の試料は、(1)~(3)の温度条件でそれぞれ3日間、(2)、(3)の包装条件のほうれん草は(1)の温度条件で15日間保存した。

加熱条件

① 電子レンジ

株のままのほうれん草100gを水洗いし、水を切ってラップフィルムに包み、1分30秒レンジ加熱後、ただちに氷水中にとり、5分間水さらしを行なった。その後手しぼりで水を切り、重量を測定した。

② ゆで操作

株のままのほうれん草100gを水洗いし、水を切ってほうれん草重量の15倍量の沸騰水中に入れ、2分間ゆでた後ただちに氷水中にとり、5分間水さらしを行なった。その後手しぼりで水を切り重量を測定した。

鍋はホーロー鍋を用い、水は脱イオン水、添加する食塩は特級塩化ナトリウム (NaCl) を使用した。

なお、加熱済試料は、ラップフィルムに包んでフリーザー中 (-18°C) に保存し、一定期間保存後解凍し、クロロフィル含量を測定した。

分析方法

① 色調

日本色彩研究所編の標準色彩図表により、視覚による観察を行ない、色相、トーン、彩度、明度を表現した。

② クロロフィル含量¹¹⁾

試料 2 g を乳鉢にとり、生試料の場合は熱水中に 3 分間浸漬して酵素を不活性化した。その後炭酸カルシウム 1 g を加え、さらに海砂を加えてすりつぶし、最終濃度 80~85% になるようにアセトンを加えた。

色素抽出後、遠心分離によりアセトン抽出液を得、これをエーテルに転溶した。水洗をくり返し、芒硝を加えて脱水した後、エーテル層を定容とし、試料液を得た。

試料液は 660.0nm および 642.5nm で吸光度を測定し、Commer & Zscheile による計算式¹²⁾を用いてクロロフィル含量を算出した。

結果および考察

図 1 に 6°C、26°C および 30°C で試料 100 g を新聞紙

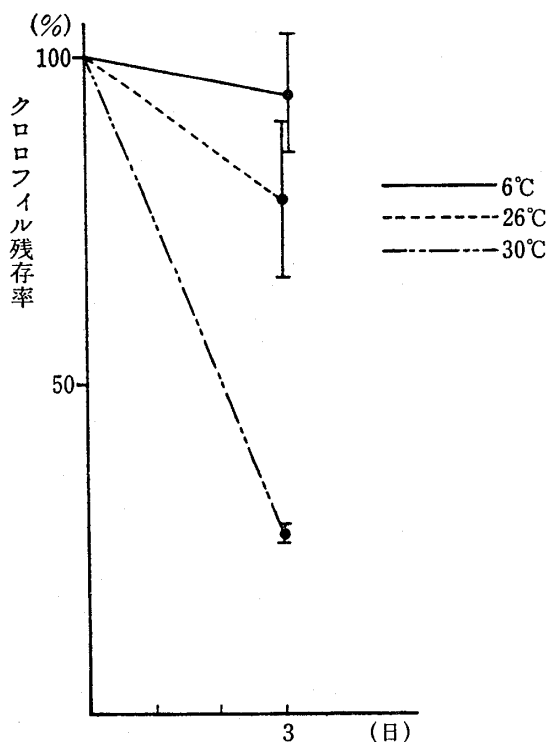


図 1 保存温度別新聞紙包装試料のクロロフィル残存率

5 枚に包み、根元を下にして縦に置いた状態で保存 (垂直保存) した場合の乾物換算したクロロフィル含量を、実験開始時を 100% とし、残存率で示した。

クロロフィル含量は、保存温度の上昇に伴って減少した。3 日間にわたる 6°C 保存の試料では、色調に関する視覚的な変化は認められず、クロロフィル残存率の平均値 ± 標準偏差 ($\bar{x} \pm SD$) は $94 \pm 9\%$ であった。26°C 保存の試料では、視覚的な色調で、明度が保存時より 1.0 程度高くなり、きみどりの黄がやや表面に現われてきて、3 日後のクロロフィル残存率の $\bar{x} \pm SD$ は、 $78 \pm 12\%$ であった。30°C 保存の試料では、その値が $27 \pm 1\%$ まで急激に低下し、明らかに葉の黄変が観察された。

図 2、図 3 に 6°C の温度条件で、エチレン吸着性ポリエチレン袋と、普通のポリエチレン袋に保存した試料について、乾物換算したクロロフィル含量の変化を、実験開始時を 100% とした残存率で示した。

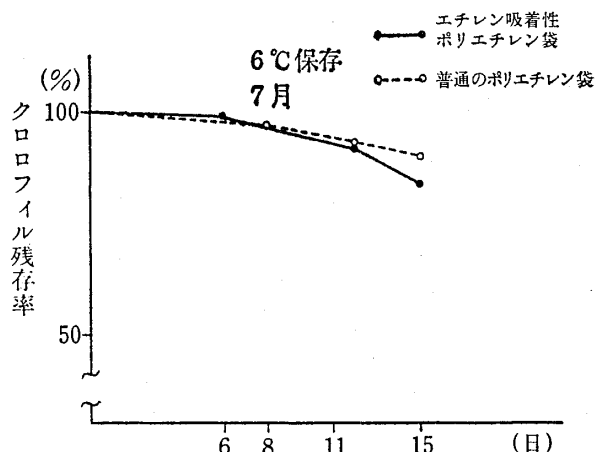


図 2 ポリエチレン袋水平保存時のクロロフィル残存率

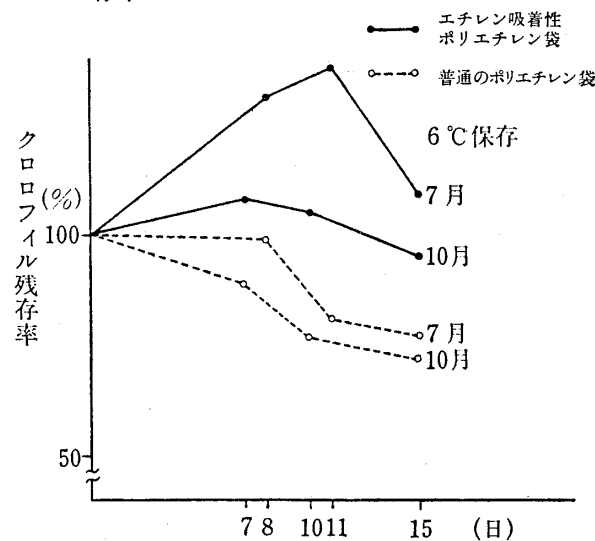


図 3 ポリエチレン袋垂直保存時のクロロフィル残存率

図2は、袋に入れたほうれん草を横にした状態で保存した場合(水平保存)、図3は垂直保存した場合である。

図2に示したように、水平保存の場合のクロロフィル残存率は、両試料間にほとんど差は認められず、1週間程度の保存では、保存当初のクロロフィル含量を保持していたが、その後しだいに残存率は低下していく傾向が観察された。

一方、垂直保存の場合、エチレン吸着性ポリエチレン袋に保存した試料のクロロフィル含量は、10日前後まで増加し、その後減少が見られた。普通のポリエチレン袋保存では、水平保存の場合と同様、1週間程度の保存では、クロロフィル含量はほぼ90%以上残存していたが、その後は水平保存時にくらべて急激にクロロフィル含量は減少していった。

また、7月と10月のほうれん草では、エチレン吸着性ポリエチレン袋保存の場合、10月の方がクロロフィル含量の増加率は低く、ふつうのポリエチレン袋保存の場合、10月の方が、残存率の低下は保存当初から見られた。

全体的に10月の方が残存率の変化はゆるやかであった。このことは、品種、成育の程度や季節による試料の代謝活性などの因子が相互に影響しているものと思われるが、今回の実験でははっきりした説明はできない。

エチレンは、植物体の成熟ホルモンとも言われ、落葉、追熟、落果を促進する物質である。エチレン吸着性ポリエチレン袋での垂直保存時のクロロフィル含量の増加は試料、試料採取時の部位の違いが関係する他に、保存中に生成する植物劣化因子のエチレンが吸着されることにより、試料中のプロクロロフィルからクロロフィルが生成しやすくなった結果とも考えられる。

エチレンは、植物体の生長ホルモンのオーキシンが過剰の時に大量に作られる¹³⁾。オーキシンは、植物体の下部に偏在するため、水平保存の場合、エチレンも下部に生成し、試料全体に影響を与えるが、垂直保存の場合、エチレンは下部に多いため、上部の葉への影響が少なくなると考えられる。

エチレン吸着性ポリエチレン袋での有効性は、1週間程度とされているが、今回の実験では10日間程度はクロロフィルも保持でき、垂直保存の場合は特に有効であることがわかった。

生のほうれん草の視覚的な観察では、色相が10YG(きみどり)、トーン dp (deep tone, 濃い) または d (dull tone, にぶい)、彩度7Sで、明度が7.5~4.5(明るい~強い~濃い)であった。

保存状態による色調の変化は、観察項目の中で、明度

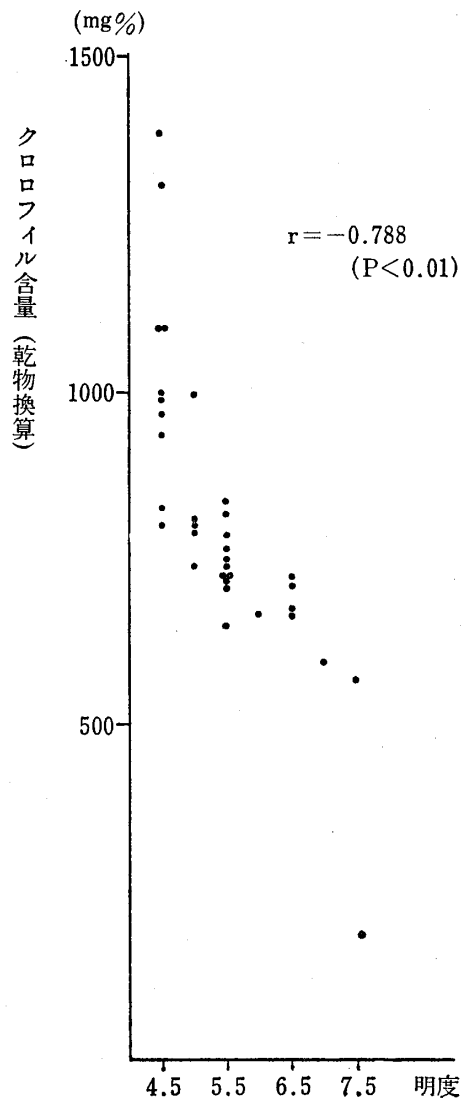


図4 明度とクロロフィル含量の関係

が最も大きかった。

図4は、明度とクロロフィル含量の関係を示したものである。

両者の間には、相関係数 $r = -0.788$ で負の相関関係が認められ、有意水準1%で有意であった。したがって、明度からおよそのクロロフィル含量を推定することも可能と思われた。

図5に、生、ゆでおよび電子レンジ加熱による試料中のクロロフィル残存率の比較を示した。

ゆで操作でも、電子レンジ加熱でも、視覚的な色調は同じで、色相が12G(みどり)、トーン dk (dark tone, 暗い) 彩度7S, 明度3.5でこい緑であった。

クロロフィルは、短時間高温にさらされた場合、クロロフィラーゼ的作用によりフィトールが除去され、クロロフィリンとなり、鮮やかな緑色を示す。加熱による緑色の野菜の鮮やかな緑色は、クロロフィリンによるもの

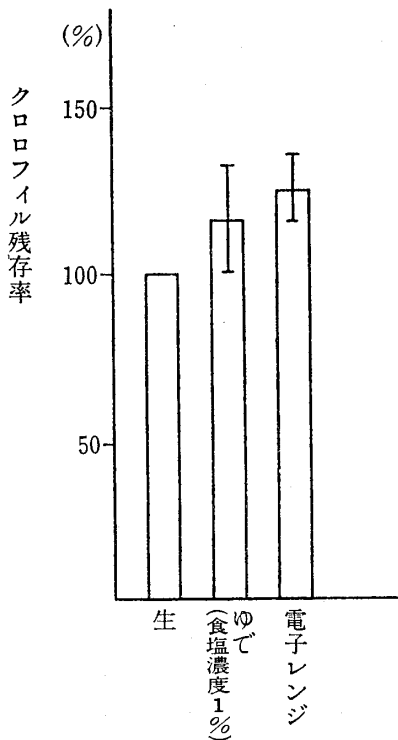


図5 加熱条件の違いによるクロロフィル残存率の比較

と考えられるが、この現象は、ゆで操作でも電子レンジ加熱でも同様であった。すなわち、加熱処理によるクロロフィル残存率の $\bar{x} \pm SD$ は、ゆで操作、電子レンジ加熱でそれぞれ $117 \pm 18\%$ と $125 \pm 10\%$ であり、両者間に有意な差は認められなかった。

今回の実験では、加熱処理を行なった試料のクロロフィル含量が、生の試料より多くなる結果が得られた。これは、クロロフィル a, b の吸収極大付近に、同様の吸収極大を有するクロロフィリン a, b のような緑色物質が増加しているためと考えられる。また、ルテインやカロチンが、わずかながらも色調の変化に影響を及ぼす可能性を示す文献¹⁾もあるが、不明の点が多い。

なお、 -18°C のフリーザーに 3~4 週間保存しておいた加熱試料を、自然解凍、電子レンジ解凍、流水解凍の 3 種類の方法で解凍し、クロロフィル含量を測定してみたが、いずれの方法でも冷凍前と同程度のクロロフィルが保持されており、解凍方法による差は認められなかった。

図 6 に、ゆで操作時のふたの有無によるクロロフィル含量の比較を示した。

15 倍量の沸騰水に 1% の NaCl を添加し、2 分間ゆでるという加熱条件では、ふたの有無によるクロロフィル含量への影響は認められなかった。

水量を 4~40 倍に変えてほうれん草をゆでた場合にも

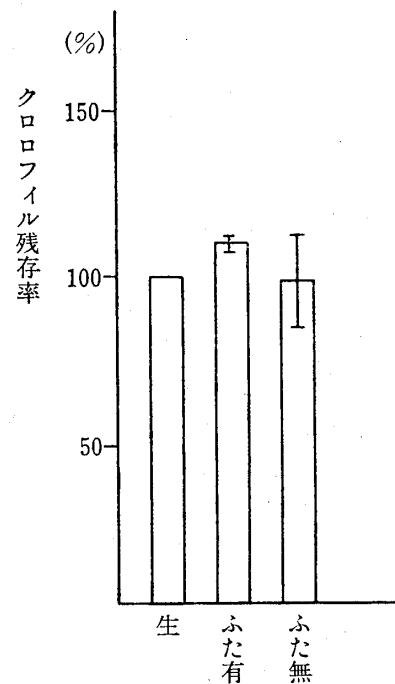


図6 ふたの有無によるクロロフィル残存率の比較

ふたの有無による差は認められなかったという報告²⁾もある。このことは、ほうれん草のクロロフィルが、熱や揮発性の酸にかなり安定であることも示唆している。

図 7 に、0~4% の食塩濃度でほうれん草をゆでた時のクロロフィル残存率を示した。

NaCl 2% 濃度でのゆで試料が、最も緑色が鮮やかであり、クロロフィル残存率も生試料を上回る値を得た。

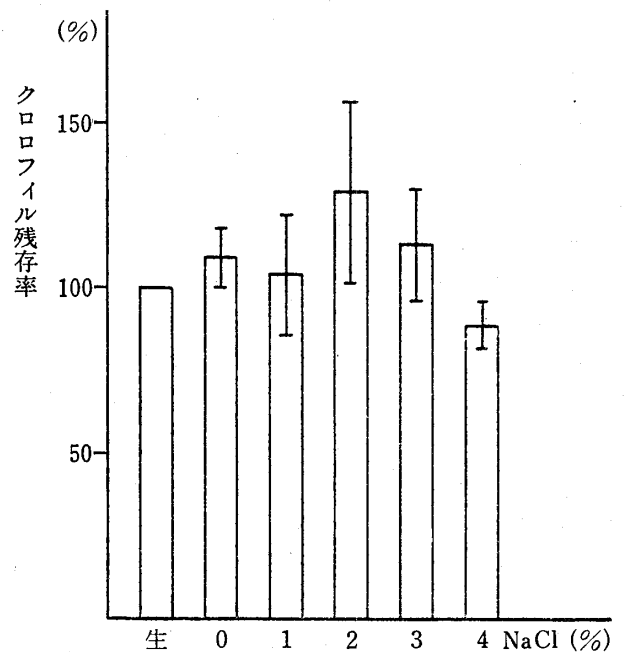


図7 ゆで操作の食塩濃度の違いによるクロロフィル残存率の比較

しかし、ゆでた葉菜のおいしさは、色調と同時に食感が大切である。この点で2%以上のNaCl濃度でのゆで試料は、いずれも試料組織からの脱水が多いため、水切りした試料重量の減量も大きく、このことが食感にも影響し、実用的ではない。

したがって、十分量の沸騰水で短時間にゆで上げれば、NaClの添加は特に必要ではないという結果が得られた。

今回の実験ではクロロフィルaとbの含量も計算式¹²⁾から算出してみた。

表1に、条件別試料についてのクロロフィルa/クロロフィルb値を示した。

表1 条件別試料のクロロフィルa/b値

a/b		$\bar{x} \pm SD$
条件		
生		2.4 ± 0.3
電子レンジ		2.5 ± 0.4
食塩濃度	0%	2.5 ± 0.3
	1	2.4 ± 0.3
	2	2.7 ± 0.4
	3	2.5 ± 0.1
	4	2.6 ± 0.4
ふた有		2.9 ± 0.7
ふた無		2.7 ± 0.7
N-3-6*1		2.4 ± 0.8
E-15-6*2		2.9 ± 0.5
P-15-6*3		2.9 ± 0.5

- *1 新聞紙包装 保存3日目 (6°C)
- *2 エチレン吸着性ポリエチレン袋包装 保存15日目 (6°C)
- *3 普通のポリエチレン袋包装 保存15日目 (6°C)

生試料におけるa/b値は $\bar{x} \pm SD$ が 2.4 ± 0.3 で、加熱や保存によって大きく変化することはない、またクロロフィルaとbの安定性に関しても一定の傾向は得られなかった。

要 約

ほうれん草の保存、加熱時のクロロフィル含量の変化を調べることを試みた。

品種、成育程度などの点で同一の試料を入手できなかったこと、試料の入手が夏季と秋季に限られたことなど不備な点はあるが、今回の実験で得られた知見をまとめると次のようになる。

①クロロフィルの安定性は保存温度の影響が大きく、冷蔵が最も好ましい。

②エチレン吸着性低密度ポリエチレン袋を使用し、冷蔵庫内に垂直状態に保存することは、緑色保持の面から緑葉野菜の保存に効果が見られた。

③視覚的な観察による生のほうれん草の明度は、クロロフィル含量と相関係数 $r = -0.788$ ($P < 0.01$)で有意な負の相関関係を示し、明度からクロロフィル含量を推定することが可能であると考えられた。

④ほうれん草のクロロフィル含量は、通常のゆで操作と電子レンジ加熱の両者間で差は認められなかった。

⑤ほうれん草のゆで操作時のふたの有無は、クロロフィル含量に影響を及ぼさなかった。

⑥ほうれん草のゆで操作時の食塩濃度は、クロロフィル含量に有意差を認めなかった。

食塩濃度が2%以上の沸騰水中でのゆで操作は、食感をそこねることから、実用的にはゆで操作時の食塩添加は必要としない。

文 献

- 1) C. T. Tan and F. J. Francis: J. Food Sci., 27, P232 (1962)
- 2) I. D. Jones, et al: Food Technology, 16, (3), P96 (1962)
- 3) J. G. Kapsalis, et al: Food Technology, 19, (7), P125 (1965)
- 4) 守康則ら: 栄養と食糧, Vol. 22, 2, P115 (1968)
- 5) 目野悦子ら: 日本女子大学紀要 家政学部, Vol. 22, P69 (1975)

- 6) 中林敏郎：日本食品工業学会誌, Vol. 33,12, P835 (1986)
- 7) 河村フジ子：調理科学, Vol. 19,3, P39 (1986)
- 8) 佐伯俊子ら：調理科学, Vol. 20,2, P125 (1987)
- 9) 佐伯俊子ら：調理科学, Vol. 23,1, P106 (1990)
- 10) 倉田元子ら：調理科学, Vol. 23,1, P94 (1990)
- 11) 小原哲二郎ら編：食品分析ハンドブック第2版, 建帛社, P366~367 (1972)
- 12) C. L. Comar and F. P. Zscheille：Plant Physiol, 17, P198 (1942)
- 13) 倉石 晉：植物ホルモン, 東京大学出版会, P107~108 (1978)