

ホウレンソウの色に及ぼすゆで水への添加物

—— 食塩と銅の影響について ——

Effect of salt and copper on the stabilization of the color of spinach

原 知 子

キーワード：ホウレンソウ、色、ゆでる、食塩、銅

要 旨

ホウレンソウの色を保持するために、銅板を用いる方法について検討した。食塩では2%以上で緑色を保ちやすいといわれているが、銅板を利用することで、それと同等もしくは、生に近い緑色を長時間保存後まで保持することができた。また、TLCによる色素の分離から銅板を用いてゆでたホウレンソウではフェオフィチンが少ないことを確認した。

1. 緒言

ホウレンソウをはじめ青菜を茹でると色に変化しやすい。綺麗な緑色は食欲をそそり、食材そのものの味わいを増してくれる。健康人の食事においてもそうであるが、嚥下食等、食感が限られた食事においてはさらに外観等他の要素による楽しみが重要になってくる。

青菜のゆで方における添加物の効果について、酸性状態で著しく黄変することについては周知のことである。一方、食塩の添加については、渋川により2%食塩水でゆでると緑色が保たれると報告¹⁾されており、濃度によって色への効果が異なることが明らかとなっているが、調理実習書や調理科学の教科書、文献の中には、食塩についての言及がないもの^{2) 3)}や、1~2%で色どめ効果があるという記述⁴⁾、あるいは色止めの効果はないが成分流出や味の面で効果があるというもの^{5) 6) 7)}、1%および5%で共に効果がある⁸⁾、など様々である。

濃度の異なる食塩の効果については、本研究においても先行実験において1%、2%、3%における茹で実験の結果、1%では効果が認められず、2%以上で水に比べて肉眼的に緑色が保持されるという結果を得ている⁹⁾。しかし、食塩濃度が高いことが健康や料理に影響を持つ場合もあることから、他の方法による色の保持も必要ではないかと考えられる。

調理現場の料理人の方たちの中には、青菜を茹でるときに銅鍋や銅板入りの湯を用いることも多い。ところが、銅クロロフィルの色が安定であるという食品学的な記述は多いが、銅を利用することによる実際の茹で効果の検証は見当たらない。

そこで、本研究では食塩添加と銅板入りによるホウレンソウの茹で上がりの色についての実験結果について報告する。

2. 方法

- 1) 茹で実験に用いた試料は、神戸市西区にて同日に採取したホウレンソウ（リード種）を用い、株の一番外から2番目・3番目の葉を用いた。茹で水はコントロールとしての脱イオン水と、3%食塩水、銅板入り脱イオン水（厚さ1mm、1cm角の銅板30枚を700ml脱イオン水にて2時間沸かしておいたものを500mlでゆで開始）として、各々沸騰状態で葉を投入後、1、3、5、10分加熱、氷水にとり、ろ紙にあげた。

ゆで水は沸騰を強く持続する状態とし、温度はアンリツ計器温度センサーにより $100 \pm 2^{\circ}\text{C}$ であることを確認した。脱イオン水のpHは5.8であった。

2) 測定・記録項目

- ①葉の色についての客観測定は、測色色差計ND-1001DP型（日本電色工業）により、L、a、b、 ΔE を測定した。
- ②葉の外観を写真撮影した。撮影時には同じ色画用紙を用いて、画用紙の色が一定になるように確認した。表面の水分についてはろ紙にて一定時間吸い取り、照明については同一条件とした。
- ③視覚的な色に近い状態での写真ということで、色差計の白色光を背後から透過させた状態で写真撮影を行った。
- ④葉の硬さは、YAMADEN クリープメーター RE-3305により $\phi = 10\text{mm}$ の穴あき治具に葉を固定して $\phi = 3\text{mm}$ のプランジャーにて破断強度を測定し、破断荷重を求めた。葉の厚さについてはクリープメーターの高さ測定装置により測定した。
- ⑤TLCによる色素成分の分離は、ホウレンソウ試料をジメチルエーテルとともに粉碎し、抽出したものをメルク製シリカゲルガラスプレートにアプライし、石油エーテル7：アセトン3にて展開した。

3. 結果および考察

3. 1 ホウレンソウの葉面の色

図1に3%食塩、銅板添加によって1分、3分、5分、10分間ゆでた葉の写真を示した。ゆで時間終了時に氷水にとり、1分後にろ紙上に引き上げ、表面の水分を除いた。いずれの溶液においても、短時間ゆでることによって一瞬明るくなり、葉の組織構造が変化するためか生に比べて色が深くなる。ゆで時間1分では3種類ともに葉の緑色が深みを帯び、鮮やかに感じられた。3分加熱では、食塩水でゆでたものは柔らかさが増し、浸透圧の影響か、さらに濃く深みが増し、青みが強い傾向が認められた。一方、銅板入りでは3分、5分と明るい緑色に見え、脱イオン

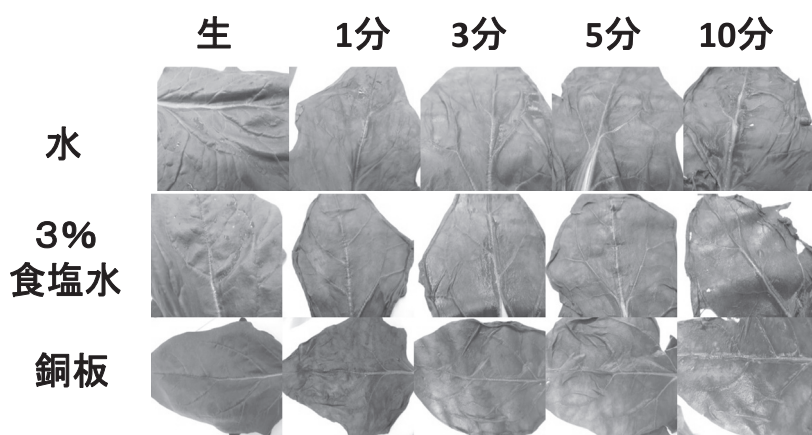


図1 生およびゆで加熱後の葉（写真画像）

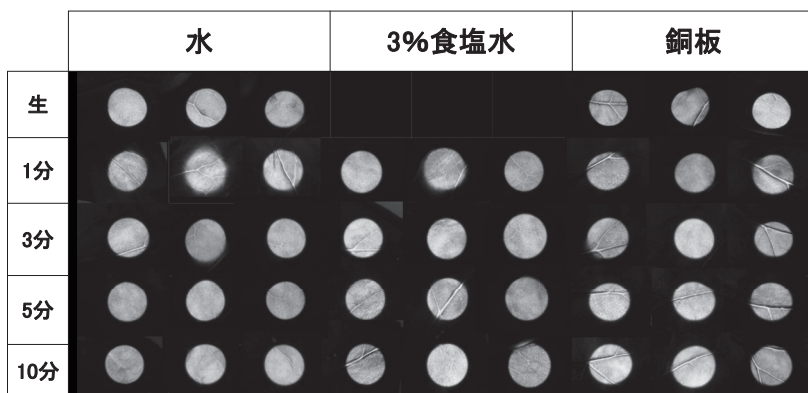


図2 透過光による葉の色（写真画像）

水では5分、10分と時間が長くなるとやや茶色味を帯びてきた。

反射光による写真では、差異が映り込みにくいので、図2に示したように、裏面から光を当てて透過した状態で撮影した。（写真原図は全てカラー撮影）

比較的葉先に近い部位と葉の縦方向の中央にて葉脈を挟んで左右の部位の3点ずつ記録した。その結果、水3分加熱で赤味が強くなっている、3%食塩添加で緑色が鮮やかである、銅板入りでは安定した緑色であることが認められた。肉眼観察による色については、加熱初期では差が認められないが、3分以上になると3%食塩水（以下食塩と略す）、銅板入り（以下銅板と略す）で色が褐色に変化しにくい。なお、銅板のゆで水中の銅の濃度については、簡易パケットによる測定で0.5ppmであった。ただし、銅板からの銅の溶出は少なく、水に投入して沸騰後すぐにほうれんそうを茹でる場合には、ゆで水に銅濃度は検出されにくく、この場合には緑色保持の効果が認められなかった。銅を投入して2時間程度加熱した湯の場合に、銅濃度が0.5

ppmとなり、有効であった。

3. 2 色差計測

色を表す一つの方法としてL値、a値、b値、 ΔE 、および彩度について検討した。

図3の3-1、3-2、3-3はL、a、b値の測定結果である。Lは明度をa値は赤－緑の色、b値は黄－青の色を表すとされているが、明度は組織の水の含み具合、間隙の状態による影響を受けるとも考えられる。時間の長い10分加熱において食塩、銅板により明度が低下している。図3-2のa値はばらつきが大きく肉眼観察にて青みの強いと考えられる食塩で、逆にa値が高い傾向にあった。これについては、カメラで焦点を合わせる際などに、一瞬葉が赤く見えることがあったこととの関連についても確認すべきである。表面の水分をろ紙によって除去してはいるが、葉が水を含んで濡れた状態での測定ということで、1週間遮光冷蔵したのちに再度測定してみたところ、図3-3のように、後述の肉眼観察と一致するように赤味を帯びていく、すなわちa値が高くなっている。

b値については、肉眼観察と一致して、水、銅板、食塩の順に黄色みが強くなり、食塩では

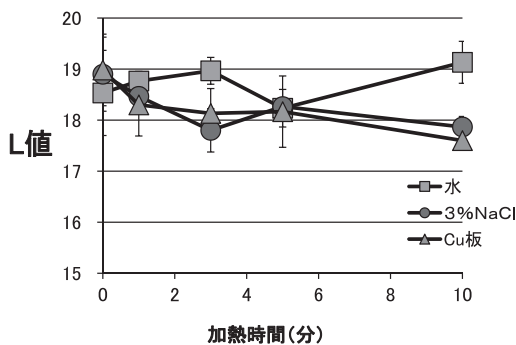


図3-1 L値

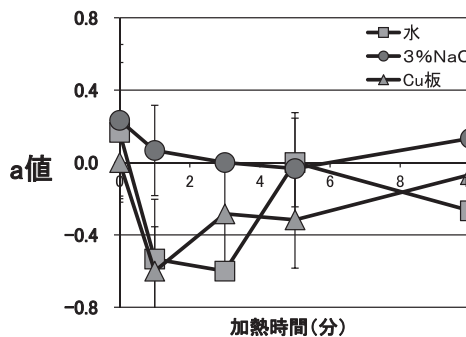


図3-2 a値

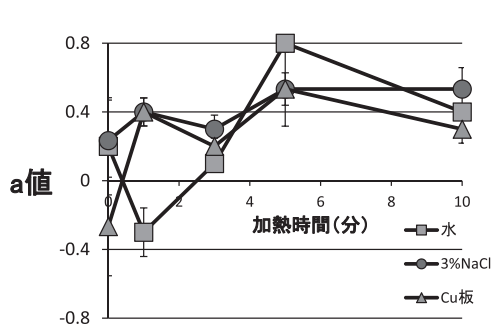


図3-3 冷蔵後の葉のa値

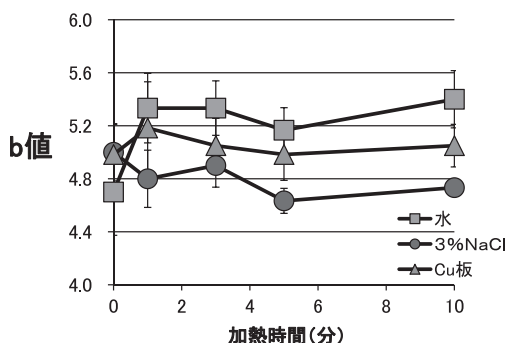


図3-4 b値

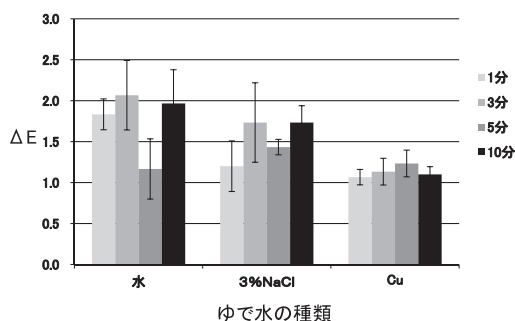


図4 生の葉に対する色差

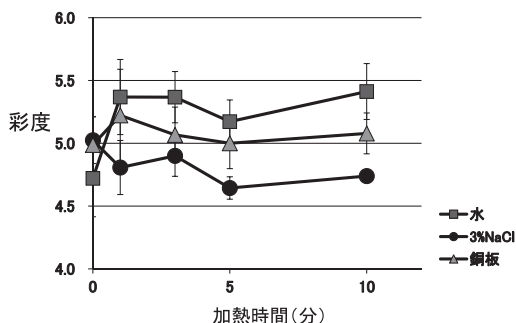


図5 彩度

青みが強い値となっている。(図3-4)

生の葉に対する色差は図4に示した通り、水では変化が大きく、次いで3%食塩、銅板の順であるが、銅板の場合生に近い色となり、さらに加熱時間による変化も少なかった。

彩度についてはa値とb値による値ということで、b値と傾向は類似して、水、銅板、食塩の順となった。(図5)。鮮やかさを表す彩度ではあるが、食塩の場合は緑に加えて青みが入って、色が混ざることによる彩度の低下が考えられた。銅板では生葉の彩度との差が少なかった。

3.3 葉の硬さ

葉菜類は軟弱野菜と呼ばれるように、葉が柔らかくうすい。ゆでるとさらに柔らかくなり、10分加熱では、とろける状態に近く、葉を広げる際にひと塊になってしまうほどであり、破断荷重の比較的小さな値での比較になった。また、葉の厚さは0.2mm程度で、測定値のうち最低0.04mmから最高0.38mmまで厚さに差が認められた。従って、厳密に厚さをそろえての破断荷重ではないが、図6に示すように、食塩添加で柔らかくなりやすい傾向が認められた。

食塩の10分加熱では治具に設置する際に破れてしまい、測定が困難であった。

水および食塩による浸透圧による細胞内の水分や構造変化の影響は大きいと考えられる。明度においても影響が出ていると考えられるが、硬さにおいても、食塩添加では短時間で軟化が進む。このことは実際の茹で操作において、食塩添加では茹で終点を早目に判断しやすくなり、加熱時間が短くなることにつながると考えられた。

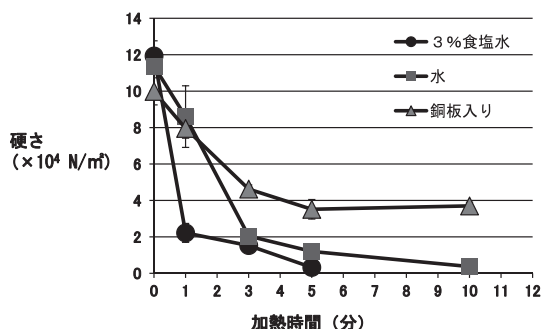


図6 ほうれんそうの葉面の破断強度
葉の表を上にして、 $\phi=10\text{mm}$ の穴あき治具で挟んで固定し、 $\phi=3\text{mm}$ のプランジャーにて測定、 $n=3$ 。

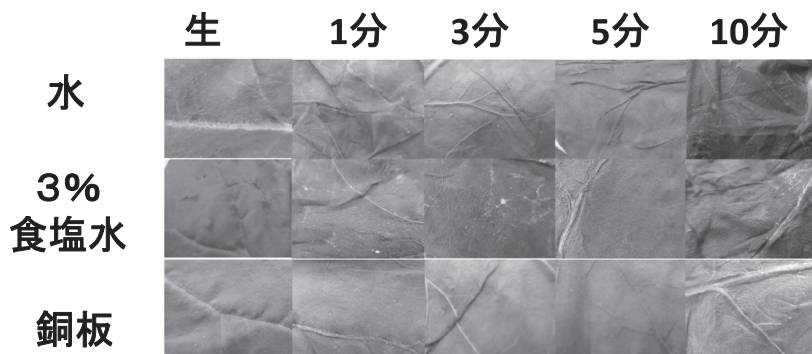


図7 ゆで後遮光冷蔵した葉の外観写真

3. 4 時間経過後の色の変化

ゆで加熱後のホウレンソウをろ紙にとりラップしたものを遮光し、冷蔵状態で1週間保存した。茹で直後では細胞内の水分等による色の変化が大きく、本来の葉の組織の色が見えにくいと考えた。

図7にその写真を示した。水茹でのものは、より褐色化が進み、図1では見えにくかった色の変化が強調された状態と考えられる。この中で、銅板入りでゆでたものは、時間経過後も色の変化がなく、保存時にも有効であると考えられた。

3. 5 クロロフィルの変化について

色が保持されている、あるいは褐色になっているということがクロロフィルの変化と関連するのかどうかについて、定性的に確認するため、TLCによって、色素を分離した。図8にその結果を示す。クロロフィルa、b、および関連物質は緑色、黄緑色のスポットとしてあらわれ、上部の方には灰緑色のフェオフィチン類のバンドが認められた。水ゆでにおいてはフェオフィチンが多く出現しているのに対して、食塩、銅板では、フェオフィチン化が抑えられていると考えられた。食塩ではクロロフィルaより極性の低い鮮緑色のバンドが認められるが、これらについては検討中である。3%食塩添加および銅板添加によってホウレンソウの色が保持されていることの一つは、やはりフェオフィチン化が抑制されていることであると考えられる。

しかし、わかめを茹でた際に湯に入れた瞬間に色に変化する現象は、クロロフィルに変化がなくフコキサンチンが変化する¹⁰⁾といわれている。また、クロロフィルの存在状態例えばタンパク質と結合状態であるかどうかにより吸収波長が変化するなどの変化も多い。このような現象が起こっていると考えられるので、今後は、色素の存在状態やホウレンソウの組織構造の状態、および人間の目にどう見えるかということに着目する必要があると考える。

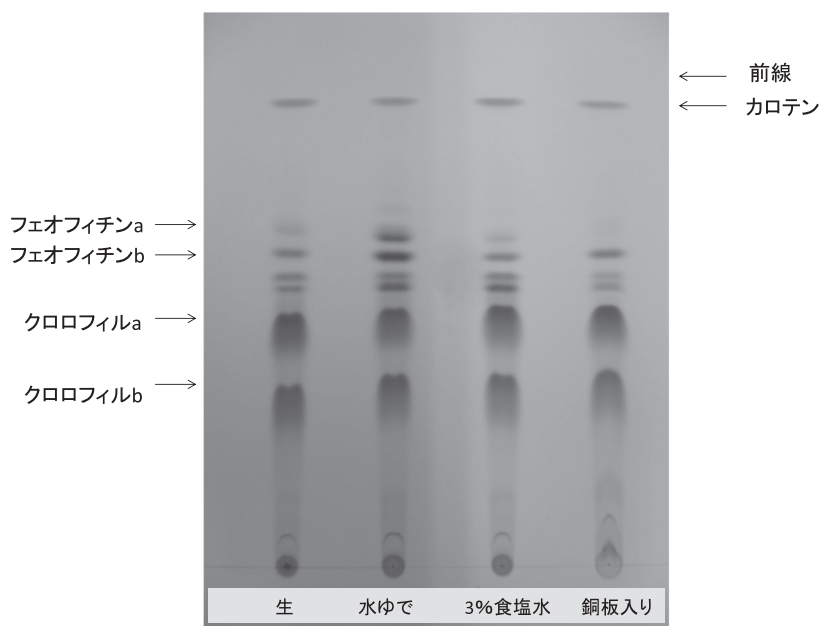


図8 色素の分離

4. 要約

以上の結果から、本実験では、下記のことを明らかにした。

- 1 3%食塩添加、および銅板入りのゆで水によってハウレンソウを茹でた場合、緑色の保持が有効であった。
- 2 銅板を添加してゆでたハウレンソウでは、ゆでた後、時間経過しても、緑色に変化しなかった。
- 3 3%食塩添加、および銅板入りのゆで水によってゆでたハウレンソウから、色素を抽出し TLC によって分離した結果、フェオフィチンが水ゆでに比べて少なかった。

ハウレンソウを色よくゆでるためには、加熱温度、加熱時間、pH、添加物等の影響をコントロールする必要がある¹¹⁾。青菜を茹でる場合には実用的には食塩を添加することが多いが、銅を用いることで、より生に近い緑色を保持できることが確認された。銅は人体にとって必要なミネラルであり、水道水の水質基準は1.0mg/L 以下であるので、0.5ppm程度のゆで水は安全性に問題はないと考えられる。既に食品加工においては銅が利用されていると考えられるが、家庭の調理においても、ハウレンソウをゆでる際に銅鍋や銅板を利用することが、色の保持に有効であると考えられた。

参考文献

- [1] Shoko SHIBUKAWA and Naomi OKAMOTO: Effect of salt on the stabilization of chlorophyll in green vegetables, *Sci Rep Yokohama Natl Univ Sect 1* No.32 (1985.10)33-43.
- [2] 村山篤子, 茂木美智子: レクチャー調理学実習, 建帛社, 9
- [3] 南出隆久, 大谷貴美子: 栄養科学シリーズ NEXT 調理学, 22 (2000)
- [4] 丸山悦子, 山本友江: 調理科学概論, 朝倉書店, 67 (2005)
- [5] 和泉眞喜子 日本家政学会誌 2005
- [6] 竹井よう子, 井奥加奈: 浦上財団研究報告書 (2004)
- [7] 児玉ひろみ, 小川久恵: 日本家政学会誌 (2003)
- [8] 代谷沢, 片岡慶子, 勝元みどり: ほうれん草の調理科学的研究, 食物学会誌, 第27号, 31 (1972)
- [9] 小寺真実, 原知子: ほうれんそうのゆで方に関する視覚教材作成の試み, 日本調理科学会平成26年度研究発表会ポスター (2014)
- [10] 横浜康継: カラフルな海藻は語る, つくば生物ジャーナル *Tsukuba Journal of Biology* (2004) 3: TJB200410YY. (特集: 植物の世界: 平成16年度筑波大学公開講座)
- [11] 畑江敬子, 香西みどり: 調理学, 東京化学同人, 99-100 (2003)