

食品組織の基礎的研究 (II)

— 煮熟したマメ類について —

今 中 鏡 子*

A Fundamental Study on Food Histology (II)

— Boiled Bean Tissue —

Kyouko IMANAKA

I. はじめに

料理に用いられるマメの種類は多く、調理方法も豊かである。マメ類は乾燥すると保存に適しているため、日常乾燥豆をもどし(乾燥した食品を水に浸漬して水分を吸収させることを通称「もどす」、またこのように処理されたマメを「もどしマメ」といわれているので、以下この語を用いる。)て用いることが多い。

乾燥マメは調理するまえにもどして用いる場合ともどさず用いる場合とがある。山崎・島田¹⁾は「一晩水に漬ける。」とし、楠ら²⁾も「水分が飽和に達するまで浸漬させる。」としている。また料理書でも岡松ら³⁾はマメの種類によって「10時間から1晩普通水に浸漬、吸収膨潤させたあと煮る。」と述べている。このように水にもどし、柔らかくなるまで煮たのち調味料を添加するが、一般に「柔らかくなるまで」の時間が書かれていないので、経験上長時間と認識されている。

乾燥したマメは長時間水に浸漬したり、時間をかけて煮なければならぬと考えられているので、とかく調理が億劫になるせいか、最近では家庭であまり調理されない傾向にあり、本学食物栄養学科の学生71人の家庭を調査したところ、30%の家庭で煮豆を調理し、28%は家庭で調理した煮豆を食べていない。

マメ類には食物繊維が多く、成人病予防には優れた食品といわれている。1988年厚生省は3年間にわたる食品中の食物繊維量と、調理後の食事献立中の食物繊維量を発表⁴⁾「欧米型食生活の弊害を少なくするためにも食物繊維を多く含む食品の摂取はこれ以上減らさ

ないことが望ましい。」と述べ、乾燥したマメ類には、100g当り約15~20gの食物繊維が含まれていると報告している。またこれと同時に1人1日当り20g以上の食物繊維の摂取が望ましいと指導されたが、本学食物栄養学科学生40名について3日間調査した結果、1人1日当り平均8.8±3.8g(最高20.8g,最低2.4g)と低値であった。後記の写真にも見られるように、マメの種皮にはセルロースなど繊維が多いので、1人1食30gの乾燥マメを食べると5g前後の食物繊維がとれる計算になる。若い世代の食事にもぜひマメ料理を取り入れるよう期待している。

以上の理由から、手軽にマメ類を煮るには、圧力鍋を用いる方法もあるが、通常の熱源と鍋を用いて、煮るにはどれだけの時間が必要か「もどし」時間を含めた煮熟について検討した。また乾燥、もどし、煮熟に伴う組織や細胞の形態変化についてもあわせ観察した。

II. 材料および方法

1. 材料

実験には次の3種類のマメの乾燥した種子を用い、水分量を一定にする目的で、デシケーター中ほう硝上に保存した。

ダイズ (*Glycine hispida* MAX) は広島県産、品種はアキシロメ。

ウズラマメ (*Phaseolus vulgaris* L.) は北海道産、品種は福粒。

ソラマメ (*Vicia faba* L.) は中国^{チヨウチヤン}浙江^{チンボウ}省産、品種は寧波ソラマメ。

2. 方法

1) 長さおよび重量の計測: ミクロメーターおよび

* 食物栄養学科

上皿天秤 (感量 0.1 g)

2) 温度測定: サーミスター隔測温度計 (TAKARA THERMISTOR DIGIMULTI D611) および水銀温度計

3) 硬度の測定: カードメーター (Iio ELECTRIC Co. Neo Curdrometer M-302)

4) 熱源および煮熟方法: 電気コンロ (ナショナル NK-630) 600 W を用い, 調味料を添加しないで煮熟した。本文中「煮る」または「煮熟」はこれによった。

5) 切片作成 1: 乾燥マメは前報⁵⁾のとおり, 無処理のまま回転式ミクロトームで 5~10 μm の切片とし, 88% アルコールで固定し染色した。

6) 切片作成 2: もどしマメは, 常法どおりパラフィン切片法によった。

7) 染色: 次の方法によった。

a. サフラニンとライトグリーンの二重染色⁶⁾。

b. ライトグリーンとゲンチャンバイオレットとヨード・ヨードカリ染色: 「a, b」ともに細胞質とデンプン粒の検出。

c. アクロレイン・シフ染色: タンパク質の検出。

d. 偏光フィルター: 規則正しい分子配列構造を持つ物質は偏光を生ずる。

8) 検鏡: 光学顕微鏡 (生物顕微鏡 Nikon SF-Ke)

III. 結果および考察

1. 乾燥マメともどしマメの大きさおよび吸水による膨潤度

乾燥したマメ類は, もどすとおおよそ 2 倍の重量になると調理関係の書物に記されている。今回の実験では, 発芽を防止する目的で 5°C の冷蔵庫内で飽和吸水 (重量がそれ以上増加しない水分吸収量) 状態にもどした「もどしマメ」ともとの乾燥マメとを比較して膨潤度を求めた。

ダイズ, ウズラマメ, ソラマメの 3 種類について, 乾燥マメともどしマメ各 20 個 (計 120 個) の長径, 短径, 厚さを測定し表 1 に示した。測定は, 図 1 のようにマメのへそ

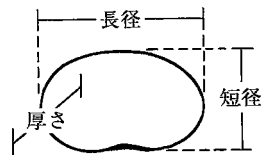


図 1 測定部位の名称

表 1 乾燥マメともどしマメの大きさおよび膨潤度

(単位 mm)

		長 径				短 径				厚 さ			
		平均値±標準偏差	最高	最低		平均値±標準偏差	最高	最低		平均値±標準偏差	最高	最低	
ダ イ ズ	乾 燥	8.4±0.3	8.9	7.5		8.1±0.3	8.7	7.6		7.5±0.4	8.3	6.9	
	もどし	14.9±0.6	16.3	13.8		9.0±0.4	9.6	8.2		8.6±0.5	9.5	7.3	
	平均値の膨潤度 (乾燥マメを 1にした値)	1.78				1.11				1.15			
ウ ズ ラ マ メ	乾 燥	15.7±0.7	16.7	14.4		9.6±0.5	10.5	8.8		7.8±0.3	8.3	7.1	
	もどし	19.1±0.8	20.2	17.5		11.8±0.5	12.5	10.6		9.7±0.5	10.9	8.9	
	平均値の膨潤度 (乾燥マメを 1にした値)	1.22				1.23				1.24			
ソ ラ マ メ	乾 燥	14.6±0.7	15.7	13.3		20.1±1.1	21.6	17.5	基 部	8.0±0.5	9.0	7.1	
	もどし	17.6±0.9	19.2	16.0		23.8±1.2	26.0	21.7		10.2±0.7	11.5	9.3	
	平均値の膨潤度 (乾燥マメを 1にした値)	1.20				1.18				1.28			
マ マ メ	乾 燥								先 端	5.3±0.4	6.1	4.4	
	もどし									7.4±0.6	8.9	6.6	
	平均値の膨潤度 (乾燥マメを 1にした値)									1.40			

(さやである果皮に着床していたときの珠柄の接合部位)を下にして子葉の縦方向を「長径」、横方向を「短径」、2枚の子葉を合わせた厚さを「厚さ」とした。

著者は第1報⁵⁾で述べたように、乾燥ダイズは長径 8.4 ± 0.3 mm, 短径 8.1 ± 0.3 mm, 厚さ 7.5 ± 0.4 mm。もどしダイズでは長径 14.9 ± 0.6 mm, 短径 9.0 ± 0.4 mm, 厚さ 8.6 ± 0.5 mm であり、吸水による膨潤度は乾燥マメに対して長径1.78倍, 短径1.11倍, 厚さ1.15倍であった。長径はとくに膨潤度が大きく, これはダイズの組織構造に由来する。すなわち, 乾燥ダイズの縦断組織は写真1のようなジグソーパズル状になっている。吸水により縦断面細胞は写真2のようにもとの多角を帯びた円形にもどり, マメ自体は楕円にもどるので長径が乾燥時の1.78倍になる。写真1のヨードで茶色に好染した部分および写真2の偏光十字を持つ粒の集合体は, デンプングループである。

ウズラマメは, 乾燥時の平均長径 15.7 ± 0.7 mm, 短径 9.6 ± 0.5 mm, 厚さ 7.8 ± 0.3 mm であり, もどすと長径 19.1 ± 0.8 mm, 短径 11.8 ± 0.5 mm, 厚さ 9.7 ± 0.5 mm であり, 吸水による膨潤度は乾燥マメに対して長径, 短径および厚さともに約1.23倍前後であった。ウズラマメの細胞はほぼ球形で乾燥時には写真3のような縮み現象がどの方向にも生じている。もどすと写真4と5のように縮み現象が消失し, ウズラマメはどの方向に対しても約1.23倍の大きさに膨潤する。

ソラマメは乾燥時に長径 14.6 ± 0.7 mm, 短径 20.1 ± 1.1 mm, もどしマメで長径 17.6 ± 0.9 mm, 短径 23.8 ± 1.2 mm であった。ソラマメの場合は他のマメとは反対に長径方向に短く, 短径方向に長い。乾燥マ

メの厚さは, へそに近い基部で 8.0 ± 0.5 mm, 反対側の先端で 5.3 ± 0.4 mm であり, もどしマメでは基部で 10.2 ± 0.7 mm, 先端で 7.4 ± 0.6 mm であり, 吸水による膨潤度は長径で1.20倍, 短径で1.18倍, 厚さ基部で1.28倍, 先端で1.40倍であった。ソラマメの細胞の形態は部分によって異なっていた。

2. 乾燥マメのもどし温度と膨潤度

乾燥マメを水に浸漬した際の膨潤速度は, マメの種類や水温および保存期間などに左右される。採取後1年未満のダイズ, ウズラマメおよびソラマメを用いて水温 5°C (冷蔵庫内温度) と 23°C で膨潤度を計測し図2を得た。それぞれの飽和吸水に到達した時間は, ダイズの場合 5°C で14時間, 23°C では9時間。ウズラマメの場合 5°C で20時間, 23°C では10時間。ソラマメの場合 5°C で54時間, 23°C で22時間であった。乾燥マメに対する飽和吸水時の重量は, ダイズは 5°C で2.25倍, 23°C では2.35倍。ウズラマメは 5°C で1.85倍, 23°C では1.88倍。ソラマメは 5°C で2.00倍, 23°C では2.10倍であった。以上の結果から, 低温 (5°C) ではもどし時間が長くなり, 重量もやや少ないが, 水温が 23°C と高くなると膨潤時間が短くなった。

ソラマメは, 他のマメに比べて膨潤速度が遅い。マメ類の種皮は基部で厚く先端でやや薄い, 中間部分で観察すると, ソラマメの場合写真6のように種皮は厚い。著者ら⁷⁾はマメ類の種皮外側第一層を柱状 (Po) の上皮細胞が規則正しく配列していると報告した。ソラマメの柱状 (Po) の上皮細胞は, 写真7のウズラマメ柱状 (Po) の上皮細胞約 $60 \mu\text{m}$ に比べ長さが約 $250 \mu\text{m}$ と4倍あり, この上皮細胞の内側に柵状組織 (Pp) があり, さらに柔組織 (Pa) がある。ソラ

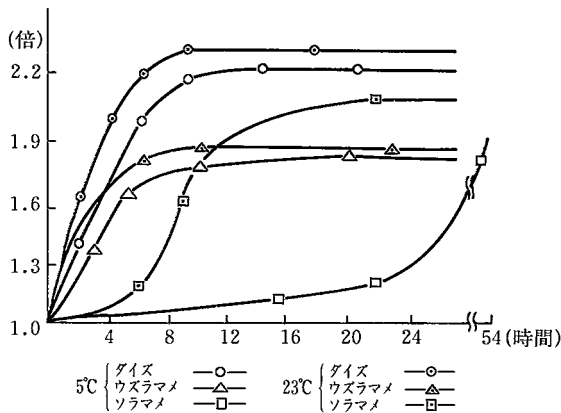


図2 水温と乾燥マメの膨潤度

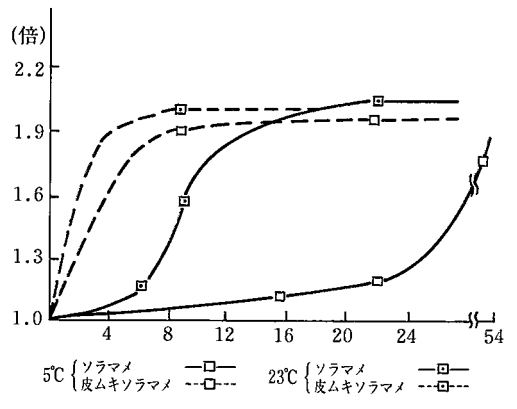


図3 水温と種皮の有無別、乾燥ソラマメの膨潤度

表2 乾燥ウズラマメの浸漬時間と膨潤度および煮熟時間と破断力(単位 dyn/cm²)

浸漬時間 (時間)	膨潤度 (倍)	煮 熟 時 間 (分)					
		45	60	75	90	105	120
0	0.00				6.9×10 ⁴	5.1×10 ⁴	3.3×10 ⁴
1	1.27		7.0×10 ⁴	5.7×10 ⁴	3.8×10 ⁴		
2	1.53		8.7×10 ⁴	3.3×10 ⁴			
5	1.73	8.4×10 ⁴	6.0×10 ⁴	4.1×10 ⁴			
16	1.91	10.4×10 ⁴	7.5×10 ⁴	3.3×10 ⁴			

マメの種皮は370~700 μmと厚いので、これによる吸水の影響を検討するため、種皮を除いて浸漬し図3を得た。このように5°Cでは11時間、23°Cでは6時間で飽和吸水に達し、種皮があるものに比べそれぞれ1/5~1/4に吸水時間を短縮し、種皮の影響は明かであった。

種皮の柱状の上皮組織は煮熟によって崩れにくい。写真7のウズラマメは、子葉細胞中にあるデンプン粒(S)が膨潤していることから煮えたマメである。それにもかかわらず種皮(Sc)の破壊はほとんどみられない。始原細胞壁(CW₁: Primary Cell Wall)は、マイクロフィブリルと呼ばれるα-セルロースの長鎖分子が規則正しく並んでいる結晶部分とそれらの間を埋めているマトリックスとからなる⁹⁾ので、分子が規則正しく配列している部分は偏光により光って観察される。写真8の左側はもどしソラマメ種皮の柱状上皮組織であり、写真8の右側は煮たソラマメの種皮である。このように加熱した後も上皮組織のセルロースの配列はあまり破壊されなため、これも偏光によって光って観察される。調理中にマメの皮がいつまでも硬く感じられるのは、この上皮組織細胞の強靱さによる。

3. ウズラマメの浸漬時間と煮熟時間について

前記のようにアズキ以外の日常用いられる乾燥マメは、まず水に浸漬してもどして調理するように述べられている。しかし、その年に収穫された乾燥マメをも

どさないで煮てみるとサイズもウズラマメも煮える(ウズラマメは煮崩れが多い)。そこでウズラマメを用いて浸漬時間と煮え時間との関係について検討した。まず予備実験として水温12°Cの場合、浸漬時間と乾燥ウズラマメの膨潤度を測定した結果、1時間で1.27倍、2時間では1.53倍、3時間では1.63倍、4時間では1.67倍、5時間では1.73倍、16時間では1.91倍の飽和吸水に達したので、浸漬時間を0時間、1時間、2時間、5時間、16時間に決定した。これらの浸漬時間を経過したウズラマメを試料として、加熱開始から45分、60分、75分、90分、105分、120分経過したマメを5粒ずつ取り出し、温度を20°Cに下げた後カードメーターで破断力を測定し表2を得た。

破断力は、表2から明らかなように浸漬時間0時間では120分経過後3.3×10⁴ dyn/cm²、1時間浸漬では90分後に3.8×10⁴ dyn/cm²、2時間浸漬では75分後に3.3×10⁴ dyn/cm²、5時間浸漬では75分後に4.1×10⁴ dyn/cm²、16時間浸漬では75分後に3.3×10⁴ dyn/cm²であった。このように本実験では、浸漬時間が2時間、5時間、16時間のもの、75分間の煮熟で食しうるほぼ同じ破断力であった。

以上のことから2時間浸漬では、吸水量が乾燥ウズラマメの1.5倍重量の膨潤度で煮たことになり、5時間や16時間浸漬したもの、煮崩れが少なく、1.5倍の膨潤度でよいことが判明した。

先の「2. もどし温度と膨潤度」の結果から明かなように、高温でもどしほど膨潤時間が早くなることから、もどし温度を変えて1.5倍重量になる時間を計測し図4に示した。このように20°Cでは120分、30°Cでは70分、40°Cでは40分、80°Cでは35分、100°Cでは20分と高温になるほど短時間あったが、高温では煮えたと崩れるものが多い。もどし温度は20~30°Cがよく、恒温が可能であれば30°Cで70分、恒温できなければ20°C 120分で1.5倍重量になったものを煮始め75

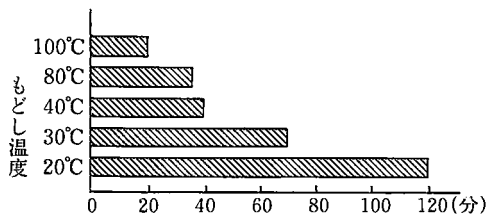


図4 乾燥ウズラマメが1.5倍に膨潤するもどし温度と時間

分経過するとウズラマメは柔らかくなる。その後調味料を添加すると合理的である。以上の方法は少量の50 g程度から、1 kg以上の比較的大量の場合も変わらず、集団給食調理に活用している。

煮えているときのマメの内部温度は85~93°C。また浸漬時点から炭酸水素ナトリウムを乾燥マメ重量の0.1%添加すると煮え時間は10~15分間短縮され、色も濃い目に仕上がる。

4. マメ類の組織と煮熟による組織学的形態変化

写真9はもどしたウズラマメの組織で子葉接合部の横断面。子葉表面の第一層細胞は小さい。この細胞の緻密な配列で子葉の表面はなめらかである。その内側にはデンプン粒(S)を多数内蔵した細胞がある。デンプン粒はヨードで紫に染まり、細胞質(P)は青緑に染まっている。写真10は煮たウズラマメの組織、デンプン粒は加熱によって膨潤している。右側に幼根・幼葉(Pr)が緑色で観察される。この部分にはデンプン粒は存在せず、細胞が非常に若く四角い形態のものが配列している。

写真11と12とは写真9と10と同じ条件のものを拡大している。加熱前のデンプン粒は球形または楕円形で中央に亀裂がある。このデンプン粒はアミロプラストのなかでつくられた貯蔵デンプン粒⁹⁾である。煮えたデンプン粒は形が崩れ膨潤しているが、75分間加熱したにもかかわらず、組織の規則性を破壊した膨潤ではない。マメ類や米などはこのように細胞レベルの破壊がない状態の食味(触感)がよい。細胞レベルで崩れているものは「うまい」とは感じない。炊飯米の場合でもよく炊けた味のよい米粒の組織や細胞には規則性が観察される¹⁰⁾。

偏光で観察したウズラマメのデンプン粒を写真13に示した。偏光十字と中心を取り巻く層が観察され、半複粒(Hg)もある。写真14はウズラマメのアクロレイン・シッフ染色であり、青いセクションの一辺は140 μm である。始原細胞壁(CW₁)は赤い細い線で観察され、同じく細胞質部分も赤く好染する。しかしデンプン粒と細胞壁2(CW₂: Secondary Cell Wall)は染色されない。この細胞壁2(CW₂)はライトグリーンやヨードによっても染色されず、光学顕微鏡では観察しにくい。電子顕微鏡では確認¹¹⁾されている部分である。右下に始原維管束横断面(Vb)が観察されるが米などの胚乳には管束は存在せず、マメが子葉であることを証明する。この始原維管束は写真5および次の写真15の組織でも観察される。

写真15はもどしダイズ縦組織のアクロレイン・シッフ染色で、写真16のウズラマメと同倍率である。このようにダイズの細胞は他のマメ類に比べて小さく、140 μm^2 の中に約10個前後の細胞が観察される。またダイズの横断面の細胞は、次の写真19に見られるように細長い。両断面をあわせて比較しても、ダイズ細胞の約10個分がウズラマメ細胞の1個分に相当する。

煮熟ダイズを観察するにあたって、事前にもどしダイズの縦組織をサフラニン、ライトグリーン染色で観察すると写真16のように、始原細胞壁(CW₁)は茶色がかかった赤に、細胞質部分(P)はグリーンに好染している。その間に細胞壁2(CW₂)部分が染色されず存在しているのが形態上鮮明である。写真17はもどしダイズ縦断面をさらに拡大した像であるにもかかわらず、ダイズデンプンは微細で観察しにくい。他のマメ類ではデンプン粒が大きい。サフラニンによって紅く染まって観察しやすい。そこで同じ部分を偏光で観察すると写真18のようにデンプン粒(S)が光って観察され、グループを形成して存在していることも判明する。さらに始原細胞壁(CW₁)も光って観察される。

写真19は煮たダイズの横断面の組織であるが、この倍率では加熱の影響は観察されない。拡大した縦断面の写真20では、写真17のもどしダイズに比べると細胞は多角形から丸みをおびた形態に変化し、細胞質(P)部分もグリーン濃度が均一化して染色されている。加熱によるデンプン粒の変化は、他のマメに比べダイズのデンプン粒が微細なため観察できない。これを偏光で観察しても偏光十字を有して光るデンプン粒の像は熱変性のため消失している(写真略)。

写真21はもどしソラマメの1個の細胞で、サフラニンとライトグリーン染色のため、デンプン粒(S)がピンクに染まり細胞質がグリーンに好染している。中央に赤い細胞核(N)があり、他の細胞内物質も多く観察される。ソラマメにも始原細胞壁(CW₁)と細胞質との間に細胞壁2(CW₂)がある。高倍率の暗視野では、写真22のようにデンプン粒のみが観察される。川上⁹⁾が述べているようにソラマメのデンプン粒には単粒もあるが半複粒が多いことを示している。

写真23は煮たソラマメをライトグリーンとサフラニで二重染色した組織で細胞内に膨潤したデンプン粒(S)が充満して観察される。しかしこの煮えたデンプン(S)はサフラニンでは染色されない。煮えたデンプンを観察するにはつぎの写真24のようにヨード染色が適切である。この部分は煮えたソラマメの横断面の

子葉接合部分である。ヨードで薄茶色に好染したデンプン粒がよく膨潤している。写真23には種皮横断面が観察され、煮たものであってもほとんど破壊されていない。種皮下部層柔組織にお多福豆の発色源である褐変物質 (K) がサフラニンで紅く好染している。この褐変物質はもどしマメでも観察される (写真6)。この褐変物質はヨードには反応せずライトグリーンとサフラニンで染め分けられる。

IV. ま と め

乾燥マメのもどし時間ともどし温度および膨潤度を検討するとともに、ウズラマメを用いて膨潤度や煮熟時間と煮え加減との関係をカードメーターで測定し、下記の結果を得た。また乾燥、もどし、煮熟にともなう組織や細胞の形態変化を観察した。

1. 膨潤速度は図2のように水温が高いほど早く、膨潤度はサイズでは乾燥マメの2.25~2.35倍、ウズラマメは1.85~1.88倍、ソラマメは2.00~2.10倍であった。5°Cの膨潤時間はソラマメで54時間、最も早いサイズで14時間かかる。ウズラマメで20時間であった。それはソラマメの種皮の上皮組織がウズラマメの4倍も厚く (写真6)、強靱な柱状 (Po) の上皮組織細胞に吸水が阻まれ、もどしに時間を要する。煮熟後もセルロースの分子配列が崩れないため柱状の上皮組織細胞は偏光で光って観察される (写真8の右側)。他のまめの種皮上皮組織も同様に強靱である。

2. 膨潤度と煮熟時間との関係は、ウズラマメの場合、1.5倍の膨潤度のものとそれ以上膨潤したものとを比較したところ差は認められず、柔らかくなる (破断力 $3.3 \times 10^4 \text{ dyn/cm}^2$) までの時間は、いずれも75分であった。20°Cで120分、30°Cでは70分浸漬するとウズラマメは1.5倍重量に膨潤する。

3. 微細なサイズデンプン粒に比べると、ウズラマメやソラマメのデンプン粒は大きく観察しやすい (写真1~5, 9, 11, 13, 14, 18, 21, 22)。このデンプン粒は加熱により膨潤し、加熱前の規則正しい分子配列を崩壊して、偏光では観察できない。しかし、その膨潤は細胞や組織の規則性を破壊するものではない

(写真7, 10, 12, 23, 24)。

4. 煮えたデンプン粒はサフラニンでは染まらず、ヨード染色が適切である。生のデンプン粒は両方に染まる。ソラマメの種皮にはお多福豆の発色源である褐変物質が見られる (写真6)。これはサフラニン、ライトグリーン染色で識別され加熱後にも見られる (写真20)。

おわりに、本研究にあたり終始ご懇切なご指導とご鞭撻をいただいた元広島大学教授川上いつゑ博士に深く感謝申し上げます。また試料をご提供くださいました広島県立農業試験場に厚くお礼申しあげます。

参 考 文 献

- 1) 山崎清子, 島田キミエ: 調理と理論, 同文書院, 1973, pp. 76~172
- 2) 楠喜久子, 江上一子, 吉岡慶子: 調理実習, 講談社, 1977, p. 187
- 3) 岡松喜与子, 望月澄江, 関操子: たのしいクッキング 卵 トウフ 豆料理, 株式会社国際情報社, 1977, pp. 93~123
- 4) 日本栄養士会: 栄養日本, 日本栄養士会, 1988, pp. 27~29
- 5) 今中鏡子: 広島文化女子短期大学紀要, 1988, No. 21, pp. 27~39
- 6) 猪野俊平: 植物組織学, 内田老鶴園社, 1977, p. 40
- 7) 今中鏡子, 川上いつゑ: 広島文化女子短期大学紀要, No. 13, 1980, pp. 71~72
- 8) 小川和朗, 黒住一昌, 小池聖淳, 佐藤正一: 植物細胞学, 朝倉書店, 1977, p. 100
- 9) 川上いつゑ: デンプンの形態, 医歯薬出版, 1975, p. 181
- 10) 今中鏡子, 藤井純子, 川上いつゑ: 広島文化女子短期大学紀要, No. 6, 1972, p. 54
- 11) Mironn C. Ledbetter, Keith R. Porter: Introduction to the Fine Structure of Plant Cells, Springer Verlag, 1970, pp. 1~62

Summary

In the present experiment the effects of boiling and water absorption on soy beans, broad beans and mottled kidney beans were tested. In some cases histological observations were performed. Samples were stained with safranin and light green.

The results were as follows:

1) The swelling coefficients were largest in soy beans; they were 2.3 times as regards weight and volume comparing with 1.9~2.0 times in the other beans.

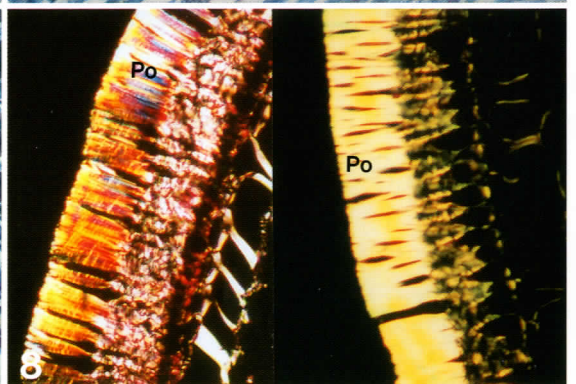
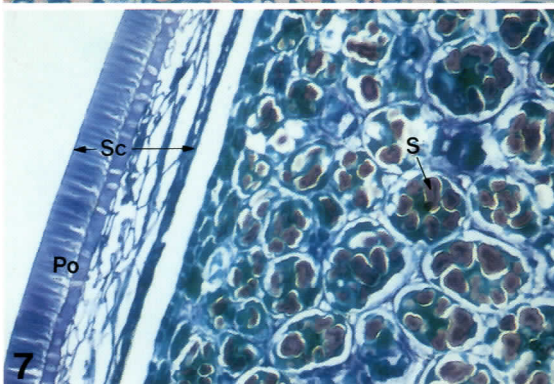
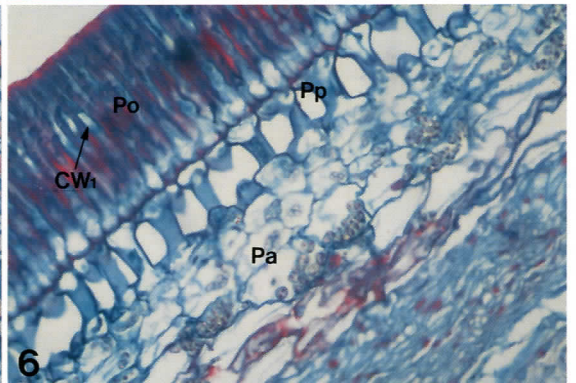
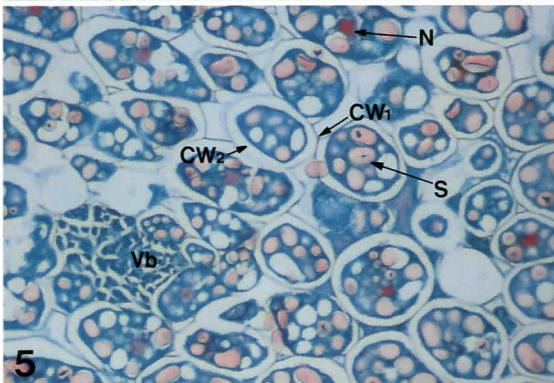
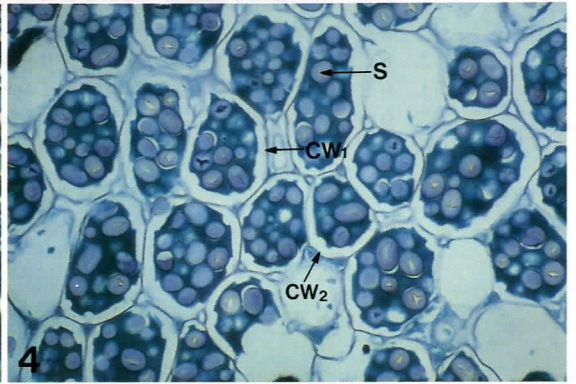
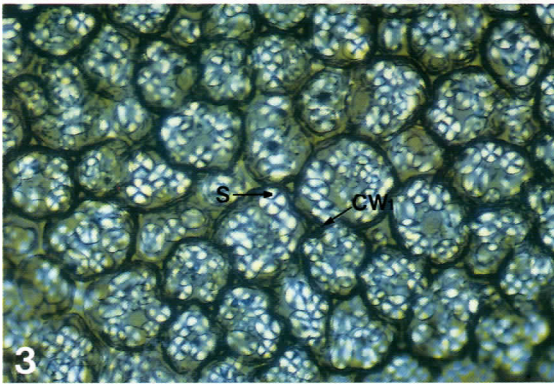
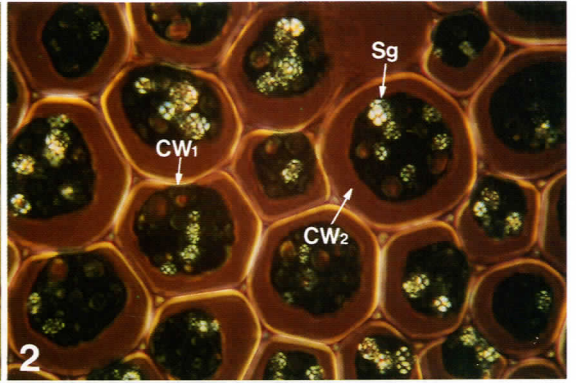
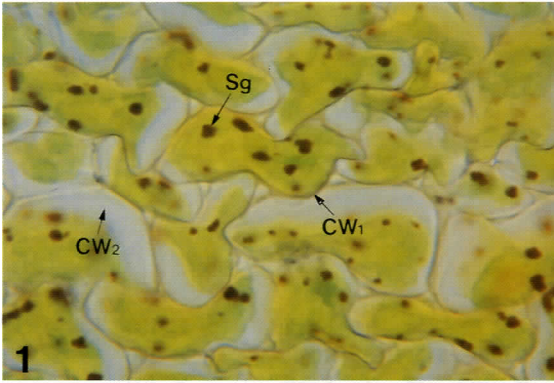
2) At 5°C, at which beans do not germinate, soy beans were saturated with water after 14 hours of dipping in water, and mottled kidney beans and broad beans were saturated with water after 20 and 54 hours respectively. The absorption speed of water was larger in inverse proportion to thickness of cell wall.

3) Mottled kidney beans which had enlarged 1.5 times in water became soft by boiling for 75 minutes, and the beans were crushed at 3.3×10^4 dyns/cm².

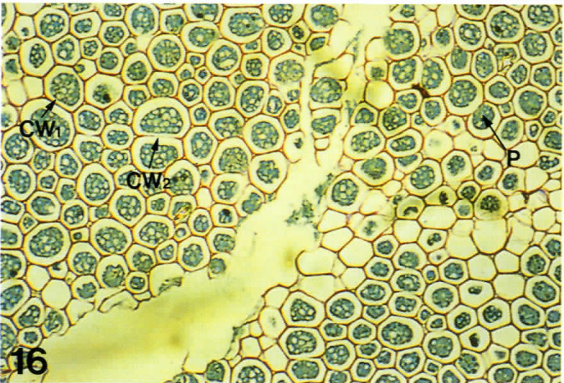
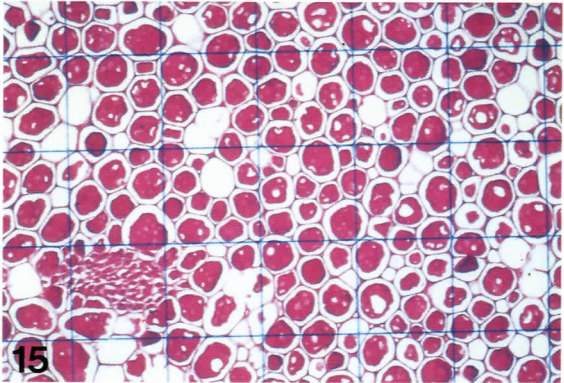
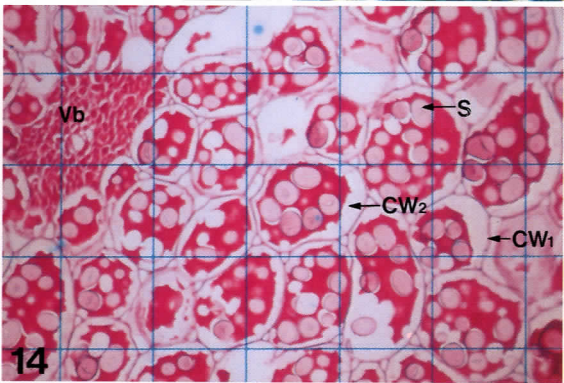
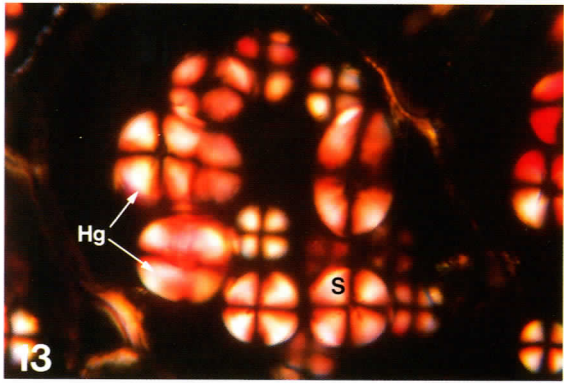
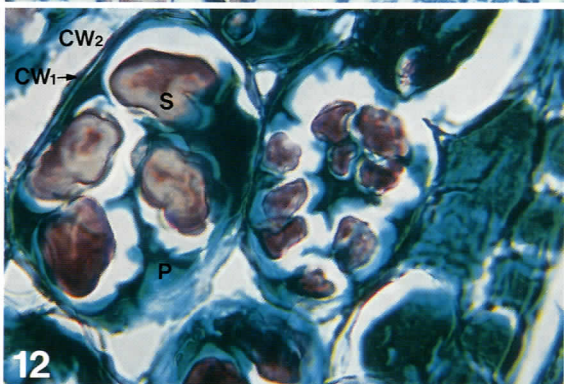
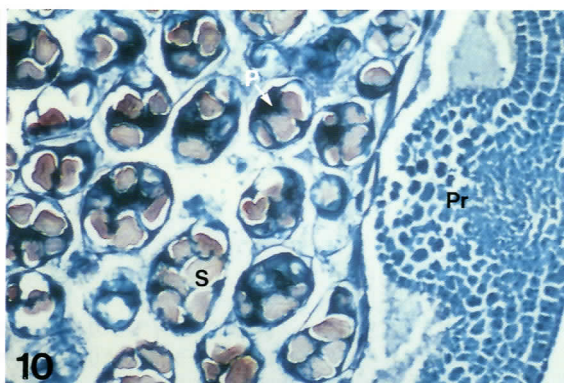
1. 乾燥ダイズ縦組織	ライトグリーン, ゲンチャン紫, ヨード染色	× 400
2. もどしダイズ縦断面	ライトグリーン染色, 偏光 (半暗視野)	× 400
3. 乾燥ウズラマメ縦断面	無処理, 偏光	× 100
4. もどしウズラマメ縦断面	ライトグリーン, ゲンチャン紫, ヨード染色	× 100
5. もどしウズラマメ縦断面	ライトグリーン, サフラニン染色	× 100
6. ソラマメ種皮	ライトグリーン, サフラニン染色	× 100
7. 煮熟ウズラマメ種皮および子葉	ライトグリーン, ゲンチャン紫, ヨード染色	× 100
8. 左 もどしソラマメ種皮横断面	偏光	× 100
右 煮熟ソラマメ種皮横断面	偏光	× 100

記 号

CW1	始原細胞壁
CW2	細胞壁2
P	細胞質
S	デンプン粒
Sg	デンプングループ
N	核
Po	柱状の組織
Pp	柵状の組織
Pa	柔組織
Sc	種皮
Pr	幼根および幼葉



-
- | | | |
|-----------------|----------------------------|-------|
| 9. もどしウズラマメ横断面 | ライトグリーン, ゲンチャン紫, ヨード染色 | × 100 |
| 10. 煮熟ウズラマメ縦断面 | ライトグリーン, ゲンチャン紫, ヨード染色 | × 100 |
| 11. もどしウズラマメ横断面 | ライトグリーン, ゲンチャン紫, ヨード染色 | × 400 |
| 12. 煮熟ウズラマメ縦断面 | ライトグリーン, ゲンチャン紫, ヨード染色 | × 400 |
| 13. もどしウズラマメ横断面 | ライトグリーン, ゲンチャン紫, ヨード染色, 偏光 | × 400 |
| 14. もどしウズラマメ横断面 | アクロレイン・シッフ染色 | × 100 |
| 15. もどしダイズ縦断面 | アクロレイン・シッフ染色 | × 100 |
| 16. もどしダイズ縦断面 | ライトグリーン, サフラニン染色 | × 100 |



- | | | |
|----------------|-----------------------------|-------|
| 17. もどしダイズ縦断面 | ライトグリーン, サフラニン染色 | × 400 |
| 18. もどしダイズ縦断面 | ライトグリーン, サフラニン染色, 偏光 (半暗視野) | × 400 |
| 19. 煮熟ダイズ横断面 | ライトグリーン, サフラニン染色 | × 100 |
| 20. 煮熟ダイズ縦断面 | ライトグリーン, サフラニン染色 | × 400 |
| 21. もどしソラマメ横断面 | ライトグリーン, サフラニン染色 | × 400 |
| 22. もどしソラマメ横断面 | 偏光 | × 400 |
| 23. 煮熟ソラマメ横断面 | ライトグリーン, サフラニン染色 | × 100 |
| 24. 煮熟ソラマメ横断面 | ライトグリーン, ゲンチャン紫, ヨード染色 | × 100 |

