

# 野菜の加熱調理に関する研究 (第2報)

## 調理時における野菜の硬化現象について

瀧上 倫子 小西 英子  
岡本 賢一 池田 一子

### Studies on Cooking of Vegetables (Part 1) Firming of Vegetables during Cooking

Michiko Fuchigami, Eiko Konishi, Ken'ichi Okamoto,  
Kazuko Ikeda

Firming (the process by which the tissues of vegetables become unable to be macerated by heating) of disks of various vegetables was brought about by heating for 2 hours at 60°C. In contrast to the firming of most vegetables, that of Japanese radishes and beets was found to be retarded by calcium ion. When disks of Japanese radishes were heated above ca. 70°C, maceration of the disks occurred; it predominated over firming. Below ca. 70°C, maceration did not occur; it was masked behind firming. It is considered that firming prevents the excessive disintegration of vegetables during cooking. Only a small part of pectic polysaccharide in the cell walls was found to take part in the firming of Japanese radishes. The maceration of vegetables such as East Indian lotus was incomplete even after heating in 0.035 M sodium oxalate, indicating that the firmness of vegetables is given by not only pectic polysaccharide but also other factors.

野菜を炒めるとき、あるいは酢れんこんのようなものを作るときなど、ある程度そのかたさを残さなければならないが、普通には煮くずれしない程度に軟化することが必要である。この場合の野菜類の軟化は、主として細胞壁を構成している物質、特に水に不溶性のペクチン質が可溶性化し、その膠着性を失なうものと考えられている。

さつまいもなどの野菜は冠水その他の悪条件によって硬化の反応が進み、加熱調理に際しても軟化しにくくなる。<sup>1)</sup> このように野菜の細胞死により煮ても柔らかくなくなる現象を硬化と呼ぶことにする。<sup>2)</sup> このような硬化は細胞死により原形質膜の透過性に変化を来し、細胞中のカルシウムやその他の2価あるいは3価の金属イオンが細胞壁に移行し、そのため、ペクチン質がたがいに、またはセルロース、リグニンなどと結合して不溶性となることによって起きるものと考えられている。<sup>1)</sup>

野菜を加熱調理するときは必ず細胞死をとまなう。従ってこの場合軟化と硬化の両作用が必ず起っているものと考えられる。この軟化と硬化の反応速度は温度上昇とともに高くなる。一般には約 70°C を境としてそれ以上の温度では軟化が明瞭に認められるようになり、それ以下の温度では硬化の反応が軟化反応に先行し、見かけ上の軟化は認められないようであ

る。<sup>3)4)5)</sup>

この点を明確にする目的で、本報では野菜を50~98°C で予備加熱したのち、98°C で煮て、硬化の程度とペクチン質の溶出量との関係等を検討したので報告する。

## 実 験 方 法

### 1. 実験材料

市販の新鮮なだいこん、ビート、にんじん、さつまいも、じゃがいも、かぼちゃ、かき、なす、さといも、れんこん、やまいも、くわい、ごぼうの可食部の維管束の内部を直径10mm、厚さ5mmの円盤として用いた。比較のためなるべく組織の似た部分を似た方向に切断した。実験は数カ月にわたって行ったので、実験に用いた材料の収穫の時期、貯蔵の期間などは一定にすることができなかった。

### 2. 予備加熱および再加熱の方法

予備加熱の方法：100ml三角フラスコに蒸留水（または、0.1M酢酸カルシウム溶液、または0.035Mシュウ酸ナトリウム溶液）を45ml加え、冷却管をつけて目的温度（60°Cまたは50°C、70°C、75°C、80°C、90°C、98°C）の湯煎中につけて内液が目的の温度に達してから、前記材料を5.0gずつ加え、一定時間放置後とり出し流水中で急冷した。

再加熱の方法：100ml三角フラスコに蒸留水45mlを入れ、冷却管をつけて沸騰湯煎中につけて、内液が98°Cに達してから予備加熱した試料を加え、30分間加熱したのち急冷した。

対照として予備加熱を行わないで98°C30分間加熱したものを用いた。

### 3. マセレイションの程度の測定

予備加熱後、および再加熱後の試料の破断力の測定にはカードメーター（飯尾電機製、M-301A）を用い、次の条件で測定した。

上昇速度：1インチ/7秒

感 圧 軸：直径1mmまたは3mm、5.6mm

重 錘：400gまたは100g、50g

破断力  $\text{g/mm}^2 = F/S$

F：破断時における記録紙の読み

S：感圧軸円板の面積

### 4. ペクチン質の定量

上記の煮汁および抽出液1mlを0.01N水酸化ナトリウム溶液(0°C)で中和したのち、0.1N水酸化ナトリウム溶液(0°C)を終末濃度0.05Nとなるように加え、0°C30分間けん化させ、0.1N酢酸溶液を0.1N水酸化ナトリウム溶液の倍量添加し、水を加えて適当に希釈し、Bitter-Muir<sup>6)</sup>のカルバゾール法により定量した。すなわち、共栓試験管に0.025M 硼酸ナトリウム硫酸（精密分析用）溶液5mlを加え、氷冷しながら上記試料1mlを添加し、よく混合させてから沸騰湯浴中で10分間加熱後流水中で冷却した。ついで、カルバゾール試薬（昇華法により再結したカルバゾール150mgをエチルアルコール100mlに溶解させる）を0.2ml加え、沸騰湯浴中で15分間加熱後流水中で冷却し、530nmの吸光度を測定した。アンヒドロガラクトuron酸モノヒドラートをを用いて検量線をえがき、これから無水uron酸量を算出し、新鮮物1g中のuron酸(mg)であらわした。

Table 1. Firmness of vegetables after heating with or without preliminary heating.

Vegetable	Heating for 2 hr. at 60°C				Preliminary heating for 2 hr. at 60°C and heating for 30 min. at ca. 98°C*				Heating for 30min. at ca. 98°C						
	in water pH g/mm <sup>2**</sup>	0.01M Ca-acetate pH g/mm <sup>2**</sup>	in Na-oxalate g/mm <sup>2**</sup>	0.035M pH	in water g/mm <sup>3**</sup>	0.01M Ca-acetate pH g/mm <sup>3*</sup>	in Na-oxalate g/mm <sup>2*</sup>	0.035M pH	pH	in water g/mm <sup>2*</sup>					
だいこん Japanese radish (root)	6.42	365.4	6.49	>510	248.9	6.34	248.9	6.40	250.1	6.15	93.8	6.25	+	6.45	4.4
ビート Beet (root)	6.21	>510	6.26	>510	>510	6.31	>510	6.15	201.7	6.20	138.0	6.19	116.9	6.11	139.5
にんじん Carrot (root)	6.19	>510	6.10	>510	302.6	6.10	302.6	6.59	74.3	6.10	187.5	6.10	0.9	6.40	15.9
さつまいも Sweet potato (root)	6.15	>510	6.15	>510	196.9	6.30	196.9	6.19	12.3	5.99	38.5	6.20	1.2	6.21	2.4
じゃがいも Potate (tuber)	6.10	258.3	5.92	365.6	350.7	6.21	350.7	6.10	14.3	6.01	87.6	6.11	5.5	6.05	5.5
かぼちゃ Bobura Cucurbiata moschata (fruit)	6.50	129.5	6.40	156.7	20.5	6.30	20.5	6.65	1.3	6.11	3.6	6.30	1.5	6.61	1.1
かき Kaki (fruit)	5.75	28.3	5.90	108.1	2.9	5.51	2.9	5.59	7.1	5.75	79.7	5.40	1.6	5.30	13.6
なす Eggplant (fruit)	5.69	+	5.98	+	+	5.89	+	5.59	+	5.95	+	5.80	+	6.10	+
さといも Satoimo (corn)	6.40	385.9	6.30	384.1	362.3	6.40	362.3	6.49	34.2	6.31	163.9	6.54	7.2	6.90	6.7
れんこん East Indian lotus (rhizome)	6.21	>510	6.26	411.4	>510	6.26	>510	6.31	341.5	5.95	359.3	6.39	84.2	6.20	260.6
やまいも Yam (tuber)	6.20	111.5	6.25	154.1	130.7	6.43	130.7	6.20	81.8	6.21	79.8	6.49	5.1	6.05	12.3
くわい Arrowhead (tuber)	6.30	158.1	5.90	186.4	38.3	6.40	38.3	6.49	91.7	5.81	221.5	6.50	27.0	6.79	30.6

The disks were made from the parts of a vegetable resembling one another. They(5g) were heated in 45 ml of water or 0.01M Ca-acetate or 0.035M Na-oxalate(pH 6.2) in a 100ml flask.

\* The disks were heated for 2 hr. at 60°C, and then the temperature was raised to and maintained at ca. 98°C for 30 min.

\*\* Pressure to break the surface of the disks.

\*\*\*Disintegration of the tissue.

## 結 果

### 1. 60°Cで2時間予備加熱したときの野菜の硬化

Table 1は60°Cの温水中で2時間予備加熱したときの野菜の硬化の程度、カルシウムの存在と硬化の関係、また、ペクチン質をほとんど除去したときかたさが保たれるかどうかについて実験した結果を示したものである。

60°Cの温水中で2時間予備加熱した野菜はあとから98°Cで煮ても、予備加熱しないですぐ煮たものと比べて柔らかくなりにくかった。言いかえると硬化が起っていたことになる。その硬化の程度は野菜の種類によって異った。

60°C 2時間予備加熱するとき、0.01Mの酢酸カルシウムを加えると、大部分の野菜の硬化が促進された。しかし、だいこん、ビート等は逆の結果になった。

0.035Mシュウ酸ナトリウム溶液 (pH6.2) 中で加熱すると、ほとんどの野菜が煮くずれするか煮くずれに近い状態になったが、ビート、れんこん等はある程度のかたさを保っていた。

### 2. シュウ酸ナトリウム溶液 (pH6.2) で煮たときの野菜の軟化

だいこん、にんじん、れんこん、ごぼうの円盤5.0gを0.035Mシュウ酸ナトリウム溶液45ml中で98°C加熱し、1時間ごとと溶液をとりかえながら9回抽出したときの各々のペクチン質の量とそのときの破断力をFig. 1, Fig. 2に示した。

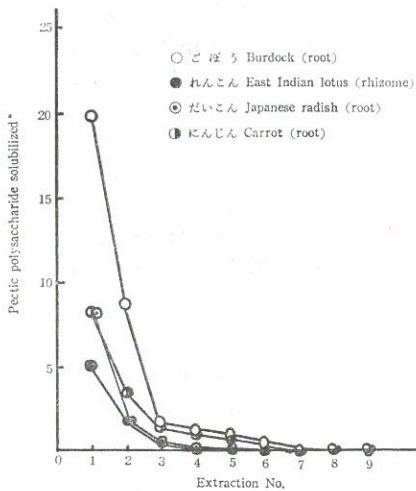


Fig. 1. Dissolution of pectic polysaccharide of vegetable disks on heating in 0.035M Na-oxalate. The disks (5g) were extracted nine times with 45ml of 0.035M Na-oxalate in a 100ml flask for 1 hr. at ca. 98°C. \*Expressed as mg of pectic polysaccharide (anhydro-galacturonic acid) solubilized in 0.035M Na-oxalate per g of disks.

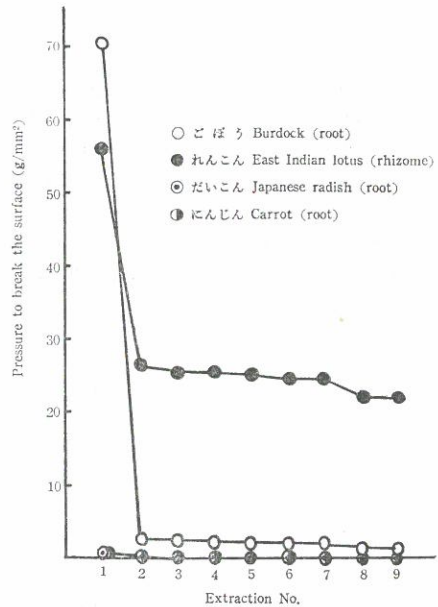


Fig. 2. Maceration of vegetable disks on heating in 0.035M Na-oxalate.

野菜を0.035Mのシュウ酸ナトリウム溶液で加熱するといずれの野菜についても、大部分のペクチン質が溶出した。だいこん、にんじんは煮くずれして破断力が測定不能となったが、れんこんやごぼうはある程度のかたさを保っていた。

### 3. 野菜の硬化とペクチン質の溶出量

だいこんの円盤を用いて、50°C、60°C、70°C、80°C、90°C、98°Cでそれぞれ30分間予備加熱したときのペクチン質の溶出量と破断力、およびそれぞれの温度で30分間予備加熱したちの

98°Cで30分間再加熱したときのペクチン質の溶出量と破断力を測定した結果をTable 2に示した。

60°C と70°C で予備加熱したものは顕著に硬化が認められたが、75°C以上では軟化作用が硬化作用に比べて明らかに優勢であった。

Table 2. Solubilization of pectic polysaccharide and maceration of Japanese radish disks at varying temperatures.

Temperature of the first heating	mg of pectic polysaccharide solubilized in water or 0.035M Na-oxalate per g of disks*				Pressure to break the surface (g/mm <sup>2</sup> )	
	The first heating for 30 min.	The first heating for 30 min. at ca. 98°C**	The heating in 0.035M Na-oxalate for 2 hr. at ca. 98°C***	Total	The first heating for 30 min.	The first heating for 30 min. and the second heating for 30 min. at ca. 98°C
50°C	—	—	—	—	>510	75.2
60°C	2.74	3.38	2.66	8.78	>510	134.8
70°C	3.29	3.57	2.92	9.78	>510	104.6
75°C	—	—	—	—	341.5	50.2
80°C	3.37	3.99	2.63	9.99	291.4	26.0
90°C	3.64	4.16	2.52	10.32	94.3	16.2
98°C	3.99	4.42	2.34	10.75	17.6	12.6

The middle part of a Japanese radish root were cut off widthwise. Cylinders of the xylem 10 mm in diameter were cut lengthwise with a cork borer and then sliced into disks 5 mm thick. The disks (5g) were heated in 45 ml of water in a 100 ml flask.

\* Expressed as mg of anhydrogalacturonic acid.

\*\* The disks were heated for 30 min. at varying temperatures, and the temperatures were raised to and maintained at ca. 98°C in a water bath for 30 min.

\*\*\* The disks were heated for 30 min. at varying temperatures and for 30 min. at ca. 98°C, filtered through sintered glass. The residue was heated in 0.035M Na-oxalate for 2 hr. at ca. 98°C.

Table 3. Solubilization of pectic polysaccharide and maceration of Japanese radish disks on heating for varying periods at varying temperatures.

Temperature and time of preliminary heating	mg of pectic polysaccharide solubilized in water per g of disks			pressure to break the surface (g/mm <sup>2</sup> )		
	Preliminary heating	Preliminary heating and heating at ca. 98°C for 30 min.	Preliminary heating and heating at ca. 98°C for 1 hr.	Preliminary heating	Preliminary heating and heating at ca. 98°C for 30 min.	Preliminary heating and heating at ca. 98°C for 1 hr.
60°C 30 min.	5.35	5.94	6.53	299.9	59.1	21.5
80°C 30 min.	5.49	5.94	6.53	162.0	27.0	11.4
98°C 30 min.	6.19	6.33	6.94	14.6	8.7	7.4
60°C 1 hr.	6.03	6.28	7.28	274.1	108.0	65.7
80°C 1 hr.	6.28	6.53	7.27	91.7	19.1	11.6
98°C 1 hr.	6.33	6.74	7.26	8.7	7.4	6.3

ペクチン質の溶出量に関しては、硬化が起きたときと、起きないときの溶出量の差は少なかった。また、30分間予備加熱したのち、98°Cで30分再加熱しただいこん中のペクチン質を0.035 Mのシュウ酸、シュウ酸ナトリウム溶液で2時間抽出した。その結果かなりの量のペクチン質がだいこん中に残っていた。

だいこんを60°Cの温水中で30分間予備加熱するとあとから98°C 30分煮てもやわらかくなりにくくなり、予備加熱時間を長くするにつれて、硬化が大きくなる<sup>2)</sup>ので、予備加熱時間を2倍にしたときと、98°Cでの加熱時間を2倍にしたときのペクチン質の溶出量と破断力を測定した。結果はTable 3の通りである。破断力は60°Cで予備加熱した場合、予備加熱時間が長くなると増大するが、80°C以上での予備加熱では破断力の増大は認められなかった。ペクチン質の溶出量は予備加熱時間を長くするとわずかに多くなった。

野菜の切り方によってペクチン質の溶出量が異なるかどうかをみるために、だいこんの円盤と、円盤を十文字にだいたい同じ大きさに切ったものからのペクチン質の溶出量を比較した結果をTable 4に示した。後者からの溶出量がわずかに多いが、その差はあまり大きくなかった。

Table 4. Effect of size of Japanese radish tissue on the solubilization of pectic polysaccharide.

		Preliminary heating for 30 min. at 60°C	Heating for 30 min. at ca. 98°C		Heating for 2 hr. at ca. 98°C	
			with preliminary heating	without preliminary heating	with preliminary heating	without preliminary heating
Whole disks	pH	6.51	6.65	6.69	6.15	6.20
	pectic polysaccharide solubilized*	4.92	6.71	7.44	7.48	9.12
	pressure to break the surface**	>510	88.5	4.8	8.5	1.8
Quartered disks***	pH	6.49	6.37	6.69	6.00	6.15
	Pectic polysaccharide solubilized	5.79	6.21	8.44	7.80	9.12

\* Expressed as mg of pectic polysaccharide solubilized in water per g of disks.

\*\* g/mm<sup>2</sup>

\*\*\* The disks were cut crosswise into four equal pieces.

## 考 察

この実験に用いたほとんどの野菜が、60°Cの温水中で予備加熱をすることにより硬化を起こした。だいこんの硬化を起こしやすい温度は60~70°Cで、75°C以上では軟化反応の方が硬化反応より強く、予備加熱温度が高くなるにつれて軟化の程度が大きくなった。50°Cについても硬化を起こしたが、60~70°Cと比べて硬化の程度は低かった。これは予備加熱時間を延長することによってより硬化反応が増大すると考えられる。この結果から、野菜を煮る場合急速に温度をあげることが、ビタミンCなどの必要成分の損失を防ぐのみならず、硬化を抑制し、野菜の軟化を容易にする効果があると思われる。硬化はこのように軟化に対しては障害になるが、

野菜の煮くずれを防ぐ必要のある調理については好ましい結果をもたらしている。野菜を水から徐々に温度をあげて煮ることは、煮くずれ防止の手段としては有効な方法であると思われる。

60°C温水中に酢酸カルシウムを加えて30分間予備加熱した場合、大部分の野菜は硬化が促進されたが、だいこん、ビートについては反対の結果が得られた。このような結果は従来考えられていたカルシウムイオンやマグネシウムイオンなどの作用のみでなく、他のこれらのイオンと全然関連のない要素も硬化に関係していることを示しているものと考えられる。

野菜のシュウ酸ナトリウム溶液で煮た場合、大部分のペクチン質が溶出するにもかかわらずれんこん、ごぼう等かたさが失われないのは細胞の接着にペクチン質以外の細胞壁成分や、繊維のからみあいのような機械的な組織の構造などが関係しているものと思われる。

野菜を煮たときのペクチン質の溶出量については、硬化が起きないときと起きたとき差は少ない。この結果から、硬化に関係するペクチン質の量はわずかであると推定される。しかし、これがどのような種類のペクチン質であるかについての研究は行わなかった。野菜は生の場合主としてペクチン質が不溶性の形になって細胞を接合し組織のかたさが保たれると考えられるが、この生の場合の不溶性化機構は硬化の際のそれと類似のものであるかもしれない。

硬化は野菜の細胞死によって起きる。豆を貯蔵して古くなると煮えにくくなるが、この現象は *hard-seedness*<sup>7)</sup> と呼ばれ、野菜の硬化と同じく細胞死によるものと思われる。細胞死によるこのような細胞壁の変化は、植物生理学の立場からも調理学の立場からも興味がある問題なので、今後より深く検討して行きたい。

## 要 約

野菜を60°Cの温水中で2時間予備加熱すると、その後98°Cで煮ても柔らかくなりにくくなる。このように煮て軟化しにくくなる現象を本報では硬化と呼んだ。

シュウ酸ナトリウム溶液で煮てもれんこん等かたいのは、ペクチン質とともに、それ以外の細胞壁成分、あるいは組織の機械的構造により野菜のかたさが保たれているためでないかと推定された。

だいこんの硬化が最も起り易い温度は60~70°Cであった。75°C以上では軟化反応の方が硬化反応より大きくて野菜は軟化するが、60~70°Cでは軟化反応より硬化反応が大きいので野菜は軟化しにくかった。

軟化したときと硬化したときのペクチン質の溶出量の差はわずかであったので、硬化に関係するペクチン質は細胞壁ペクチン質の小部分であると推定された。

終りに、本実験にご助言をいただいた岡山大学農業生物研究所小沢潤二郎教授に厚くお礼申し上げます。

## 文 献

- 1) 住木諭介：農学，1，402 (1947)
- 2) 小西英子，洲上倫子，岡山賢一：栄養と食糧，28，44 (1975)
- 3) 小沢潤二郎：日本食工誌，10，338 (1963)
- 4) Linda, G. B., Tohan, E. H.: J. Agr. Food Chem., 20, 266 (1972)
- 5) 新田ゆき：家政学雑誌，26，173 (1973)
- 6) Bitter, T., Muir, H.M.: Anal. Biochem. 4, 330 (1962)
- 7) Kertess, Z. I.: The Pectic Substans, P.315, Interscience Publishers, Inc., New York (1951)

昭和52年3月31日受理