

# 野菜の加熱調理に関する研究(第3報)

## 野菜の硬化に及ぼす予備加熱温度と時間の影響について

渕 上 倫 子  
小 西 英 子

Studies on Cooking of Vegetables (Part 3)  
Effect of Temperature and Time of Preheating on firming  
of Vegetables

Michiko Fuchigami, Eiko Konishi

Effect of temperature and time of preheating on firming of vegetable tissues was investigated. In the case of preheating at 20°C, firming of vegetable tissues was not observed. In the range of 30°C to 70°C, the preheating promoted firming. At 60°C the highest degree of firming was noted with all of the vegetable tissues. Above 80°C the tissue of vegetables was to some extent macerated during preheating. About half of pectic polysaccharides of Japanese radish was eluted from the tissues by preheating and heating. There were no essential differences in the amounts of the pectic polysaccharides eluted between firmed and unfirmed Japanese radish. Specific viscosity of the solution containing polysaccharides extracted with oxalic acid -Na-oxalate from the residues of vegetables after heating was found to be proportional to the degree of firming.

野菜を加熱調理する際、途中で加熱を中断すると、再び加熱しても柔らかくなくなり、場合が多くみられる。また、戦争中～戦後数年間、さつまいもが主食の一部とされていたころ、さつまいも畑の冠水による塊根の硬化が問題になった<sup>1)</sup>。このように、野菜が長時間水に浸されたり、比較的高い温度(約60°C付近)で予備加熱されたりすると、再加熱しても柔らかくなくなり、<sup>2)3)4)5)6)</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多価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。

本報では、野菜を20～98°Cで長時間予備加熱したのち98°Cで再加熱を行い、各種野菜が、予備加熱温度、時間の違いによりどのような硬化曲線をたどるかを検討した結果について述べる。

### 実験方法

#### 1. 実験材料

市販の新鮮なだいこん、さつまいも、じゃがいもの可食部の維管束の内部を直経10mm、厚さ5mmの内盤として用いた。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。

#### 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を45ml入れ、冷却管をつけて目的温度（20℃、30℃、40℃、50℃、60℃、70℃、80℃、90℃、98℃）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、30分、1時間、2時間、4時間、6時間、24時間（80℃以上は除く）放置後とり出し流水中で急冷し、次の実験に用いた。

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℃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以下の実験に供した。対象として、予備加熱を行わないで98℃30分加熱したものをを用いた。

### 3. マセレーションの程度の測定

生、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2mm、3mm、5.6mm

重錘：400g

破断力： $g/mm^2 = F/S$

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

前報<sup>6)</sup>と同様、Bitter-Muirのカルバゾール法<sup>7)</sup>により定量した。

### 5. 粘度の測定

オストワルド型毛管粘度計を用いて測定した。

### 6. pHの測定

ガラス電極を用いて測定した。

## 結 果

### 1. だいこんを予備加熱したときのpHおよび破断力

Table 1. PH of the extracts from the disks of Japanese radish roots

	Preheating time (hour)	Preheating temperature								
		20℃	30℃	40℃	50℃	60℃	70℃	80℃	90℃	98℃
Preheating	0.5	-	-	-	6.13	6.36	6.71	6.33	6.45	6.42
	1	6.00	6.00	6.14	6.11	6.23	6.22	6.29	6.45	6.35
	2	5.85	5.93	6.29	6.00	5.96	6.25	6.37	6.33	6.10
	4	5.86	6.01	6.20	5.95	5.84	6.13	6.21	6.11	5.80
	6	6.03	6.08	6.14	5.85	5.80	6.01	6.19	5.90	5.31
	24	6.28	5.19	4.84	5.32	5.80	5.86	-	-	-
Heating after preheating *	0.5	-	-	-	6.29	6.18	6.11	6.30	6.08	6.35
	1	6.24	6.31	6.42	6.33	6.18	6.09	6.28	6.14	6.14
	2	6.27	6.30	6.32	6.36	6.31	6.17	6.33	6.23	5.99
	4	6.21	6.28	6.44	6.25	6.23	6.22	6.23	6.12	5.83
	6	6.16	6.34	6.37	6.26	6.14	6.02	6.02	5.93	5.62
	24	6.47	5.74	5.43	5.75	5.79	6.23	-	-	-

\* The disks of Japanese radish roots were preheated and heated at 98℃ for 30min.

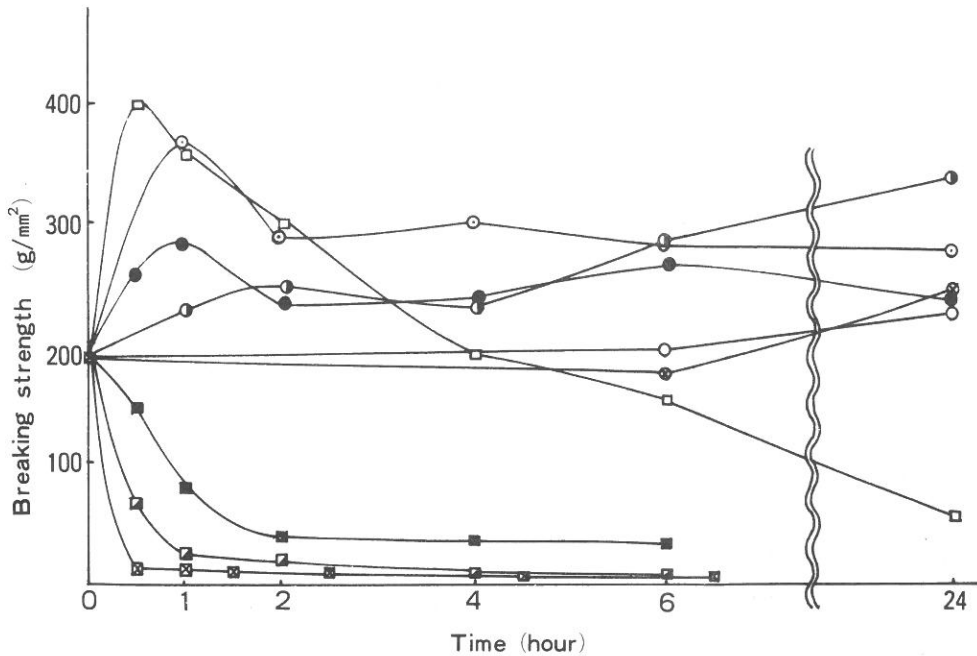


Fig. 1. Firmness of Japanese radish roots after heating at various temperatures. The disks (5g) of Japanese radish roots were cut from the middle of vegetables and heated in 45 ml of water in a 100 ml flask. ⊗ 20°C, ○ 30°C, ● 40°C, ⊙ 50°C, ● 60°C, □ 70°C, ■ 80°C, ▨ 90°C, ⊠ 98°C

だいこんを各温度で予備加熱したときのpHをTable 1に、破断力をFig. 1に示した。

予備加熱したときの煮汁のpHは30°C以上では時間の経過とともに若干減少した。

破断力については、生のだいこんを基準にしてみると、80°C以上の温度で予備加熱すると軟化がすすみ、70°C以下で予備加熱した場合に硬化したのと対称的な結果となった。98°Cで加熱すると30分でほとんど軟化し、それ以上加熱を続けても軟化の反応は進まなかった。90°Cで予備加熱すると、98°Cのときより軟化の速度は遅れたが、長時間加熱すると98°C加熱のものと同程度に軟化した。80°Cで予備加熱すると90°Cのときより軟化の反応は相当ゆっくり進み2時間で平行に達した。一方、70°Cで予備加熱すると30分で最もかたくなり、あとは次第に軟化し、4時間を越えると生のものより柔らかくなり、24時間たつと相当柔らかくなった。60°C以下の温度で予備加熱するといずれも生のときより硬くなった。

## 2. だいこんを予備加熱後再加熱したときのpHおよび破断力

だいこんを各種温度で予備加熱したのち、98°C 30分再加熱したときのpHをTable 1に、破断力をFig. 2に示した。

再加熱の煮汁のpHは5.5~6.4で予備加熱温度によりはっきりした差はみられなかった。

破断力については予備加熱しないで98°C 30分加熱したときの破断力を基準にしてみると、20°Cの水中に24時間浸漬しても硬化はほとんど起きなかった。30°Cでは4時間浸漬でやや硬化しはじめ24時間では相当硬化した。40°Cでも4時間位から硬化しはじめ、30°Cのときより硬化がより強くあらわれた。50°C、60°Cで予備加熱したときは、40°C以下のときと硬化のあらわれ方が異なり、非常に短時間で硬化した。60°Cで予備加熱したときが最も早く硬化が起こり、1~2時間たつとほとんど平行に達した。70°Cと80°Cでは予備加熱時間が1時間までは硬化が増えて、

それ以上予備加熱を続けると次第に柔らかくなった。90℃では30分で少し硬化し、予備加熱時間が1時間以上になると次第に柔らかくなった。

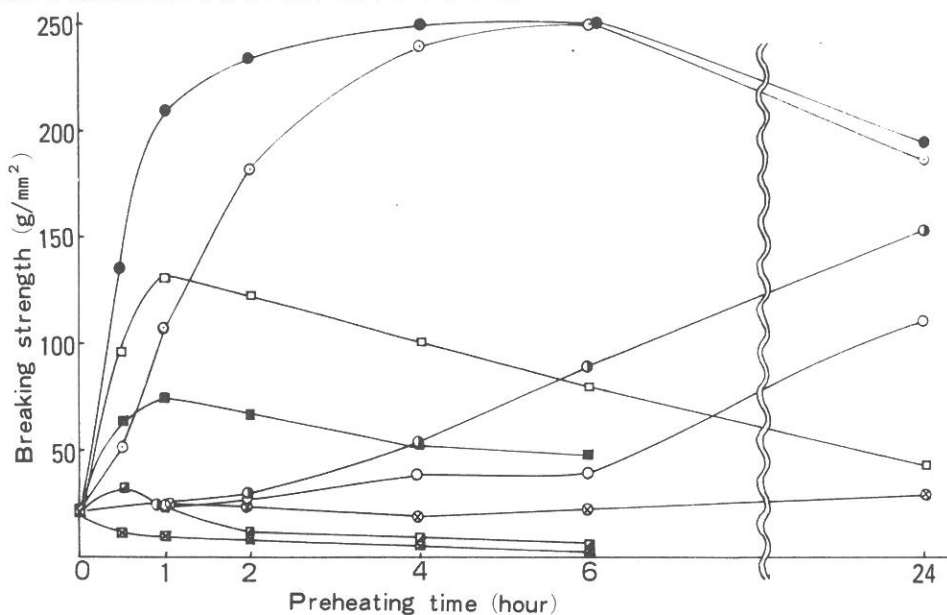


Fig. 2. Firmness of Japanese radish roots after preheating and heating. (98°C, 30min.)  
Preheating temperature ⊗20°C, ○30°C, ●40°C, ⊙50°C, ●60°C, □70°C, ■80°C, ▣90°C, ⊠98°C

### 3. さつまいもを予備加熱後、再加熱したときのpHおよび破断力

さつまいもを各温度で予備加熱後、98°C 30分再加熱したときのpHおよび破断力を Table 2 およびFig. 3に示した。

pHについては予備加熱の煮汁では時間の経過とともに減少したが、再加熱の煮汁でははっきり

Table 2. PH of the extracts from the disks of sweet potato roots

	Preheating time (hour)	Preheating temperature								
		20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C	98°C
Preheating	0.5	-	-	-	6.01	6.17	6.18	6.19	6.15	5.96
	1	-	-	5.98	6.06	6.33	6.07	6.16	6.12	5.94
	2	-	-	5.94	5.99	5.86	6.04	6.20	6.07	-
	4	-	-	5.91	5.93	6.09	5.95	6.09	6.08	-
	6	6.24	6.03	5.81	5.55	5.63	5.88	6.04	5.91	-
	24	5.82	5.70	5.64	5.09	5.21	5.67	-	-	-
	48	5.65	4.76	-	-	-	-	-	-	-
Heating after preheating *	0.5	-	-	-	5.96	6.15	6.10	6.15	6.17	5.94
	1	-	-	5.90	6.08	6.11	6.19	6.31	6.22	5.96
	2	-	-	6.10	6.12	6.19	6.21	6.31	6.30	5.74
	4	-	-	6.27	6.25	6.26	6.33	6.32	6.25	5.53
	6	6.20	6.18	6.31	6.16	5.99	6.40	6.48	6.33	5.44
	24	6.34	6.29	6.02	5.46	5.66	6.17	-	-	-
	48	6.51	5.22	-	-	-	-	-	-	-

\* The disks of sweet potato roots were preheated and heated at 98°C for 30 min..

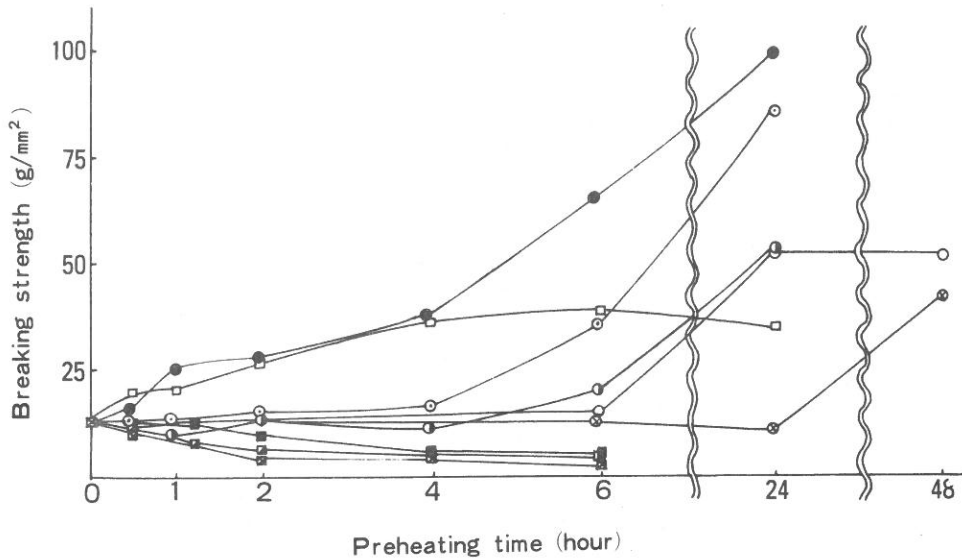


Fig. 3. Firmness of sweet potato roots after preheating and heating (98°C, 30min.)  
Preheating temperature ⊗ 20°C, ○ 30°C, ● 40°C, ⊙ 50°C, ● 60°C, □ 70°C, ■ 80°C, ▣ 90°C, ⊠ 98°C

りした傾向はみられなかった。

破断力については、さつまいもの場合だいこんと比べて硬化の起こり方が非常に緩慢であった。20°Cの水中にトルエンを入れて放置しておくとも24時間までは硬化を起こさないが、48時間放置後再加熱すると硬化を起こした。30°C、40°Cでは6時間から24時間の間に硬化が進んだ。50°Cでは4時間を過ぎると硬化があらわれはじめ、24時間で相当硬化した。60°Cでは1時間位から次第に硬化しはじめ24時間たつと相当硬化した。70°Cでは30分で硬化があらわれはじめ、60°Cのときとよく似た硬化曲線をたどっていたが、4時間をすぎると平行になり、60°Cとの差が開いてきた。80°C以上では硬化は起きなかった。

#### 4. ジャガイモを予備加熱後、再加熱したときのpHおよび破断力

ジャガイモを各温度で予備加熱後、98°C 30分再加熱したときのpHをTable 3に、破断力をFig. 4に示した。

破断力についてはジャガイモの場合、さつまいもとよく似た硬化曲線をたどった。20°Cではほとんど硬化を起こさなかった。30°C、40°Cでは4時間を過ぎて硬化しはじめ24時間で相当硬化した。50°Cでは1時間を過ぎると次第に硬化を増して24時間たつと相当硬化した。60°Cでは1時間を過ぎると硬化しはじめ、4時間で最高に達した。ジャガ芋の場合も60°C予備加熱したものが最もよく硬化を起こした。70°Cでは30分を過ぎると硬化しはじめ、予備加熱の初期においては60°Cのものより硬化のあらわれ方が早かったが、約2時間で平行になった。80°C以上ではほとんど硬化を起こさなかった。

#### 5. だいこんのペクチン質の溶出量について

野菜の硬化とペクチン質の関係をみるために、だいこん5gを60°C温水中で予備加熱したときと、それを98°Cで30分再加熱したときのペクチン質の溶出量をBitterらのカルバゾール法で経時的に定量した。また、だいこん中に残っているペクチン質を0.035Mシュウ酸・シュウ酸ナトリウム混合液(pH4.2)で3時間煮沸抽出を2回くり返し、抽出液のペクチン質を定量し

Table 3. PH of the extracts from the disks of potato tubers

	Preheating time (hour)	Preheating temperature								
		20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C	98°C
Preheating	0.5	-	-	-	6.11	6.11	5.99	5.98	6.08	5.90
	1	-	-	6.11	6.04	6.04	5.99	6.00	5.98	6.03
	2	-	-	6.10	6.00	5.99	5.95	5.95	5.91	-
	4	-	-	6.00	5.98	6.03	5.90	6.01	5.89	-
	6	5.96	6.18	6.20	6.03	5.99	5.94	-	-	-
	24	5.90	4.45	5.40	5.80	5.95	5.91	-	-	-
	48	5.79	7.00	-	-	-	-	-	-	-
Heating after preheating *	0.5	-	-	-	6.00	6.08	6.11	6.09	6.19	6.03
	1	-	-	5.88	6.01	6.18	6.19	6.06	6.20	6.19
	2	-	-	5.99	6.29	6.25	6.31	6.21	6.20	5.87
	4	-	-	6.09	6.39	6.46	6.48	6.30	6.26	5.78
	6	6.20	5.69	6.10	6.30	6.26	6.30	6.25	6.16	-
	24	6.29	5.21	5.89	6.38	6.32	6.36	-	-	-
	48	5.69	7.91	-	-	-	-	-	-	-

\* The disks of potato tubers were preheated and heated at 98°C for 30 min..

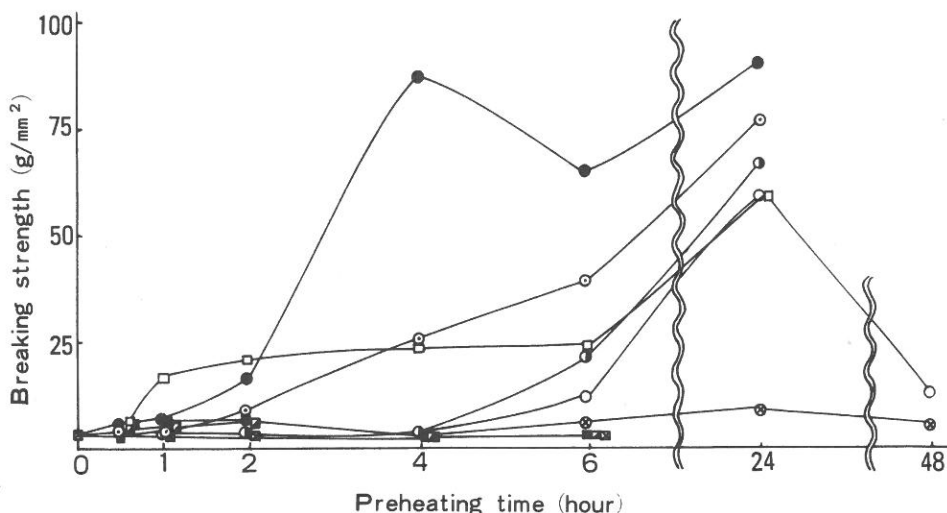


Fig. 4. Firmness of potato tubers after preheating and heating (98°C, 30min.)

Preheating temperature ⊗ 20°C, ○ 30°C, ◐ 40°C, ◑ 50°C, ● 60°C, □ 70°C, ■ 80°C, ▣ 90°C, ⊠ 98°C

た結果をFig. 5に示した。

予備加熱の煮汁中に溶出したペクチン質の量は予備加熱時間が増すにつれて多くなり、2～4時間で平行に達し、6時間を過ぎると減少した。

再加熱したときのペクチン質の溶出量をみると、予備加熱のとき溶出量の少なかった30分、1時間予備加熱のだいこんから多く溶出し、予備加熱および再加熱時の溶出総量は30分～4時間はほとんど同量であった。6時間をすぎると若干減少した。しかし、予備加熱したときの方が、予備加熱しないで98°C30分加熱したときの溶出量より、いずれも多い値であった。

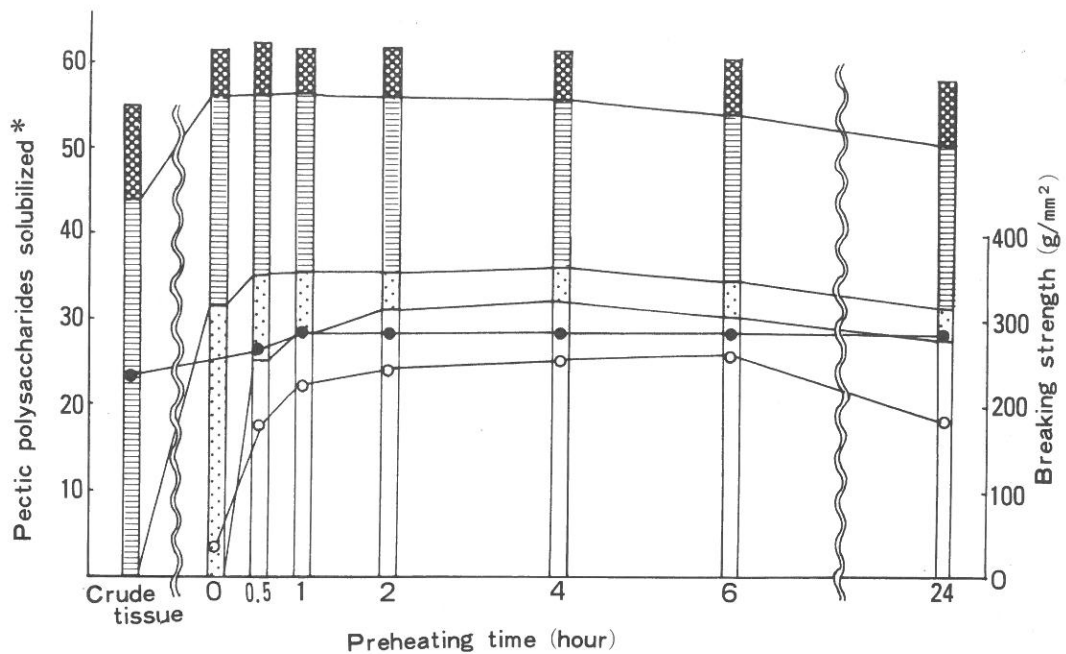


Fig. 5. Firmness of the disks of Japanese radish roots after preheating (60°C) and heating, and amounts of the pectic polysaccharides solubilized after these treatment and heating in oxalic acid-Na-oxalate.

The disks (5g) were heated in 45 ml of water in a 100 ml flask for varying periods at 60°C<sup>a</sup>, and the temperatures were raised to and maintained at ca. 98°C in water bath for 30 min.<sup>b</sup> The residue obtained by filtration through sinstered glass was heated in 0.035M oxalic acid-Na-oxalate (pH4.2) at 98°C for 3 hr. After filtration the residue was again heated under the same conditions.

- a. mg of pectic polysaccharides solubilized after preheating
- b. mg of pectic polysaccharides solubilized after heating at 98°C for 30 min. after preheating
- c. mg of pectic polysaccharides solubilized in 0.035M oxalic acid-Na-oxalate from the disks of Japanese radish roots and the residues
- d. mg of pectic polysaccharides solubilized in 0.035M oxalic acid-Na-oxalate from the residues

\* Expressed as mg of pectic polysaccharides solubilized in water or oxalic acid-Na-oxalate per 5g of disks

- Breaking strength after preheating
- Breaking strength after heating at 98°C for 30 min. after preheating

次に、再加熱後のだいこん残渣中に残っているペクチン質をシュウ酸・シュウ酸ナトリウム混合液で2回抽出した。予備加熱および再加熱時に溶出したペクチン質およびシュウ酸・シュウ酸ナトリウム混合液で抽出したペクチン質の総量は、予備加熱時間が長くなるに従ってわずかに減少した。生の場合は溶出総量が低く、2回の抽出では完全に抽出されていないのではないかと思われる。

#### 6. だいこんの抽出液の比粘度について

だいこんを60°Cで予備加熱した煮汁、それを再加熱した煮汁、および、再加熱後シュウ酸・シュウ酸ナトリウム混合液でペクチン質を抽出した抽出液について比粘度を測定した結果をFig. 6に示した。

60°Cで予備加熱した煮汁の比粘度は最も低く、予備加熱時間による差は見られなかった。98

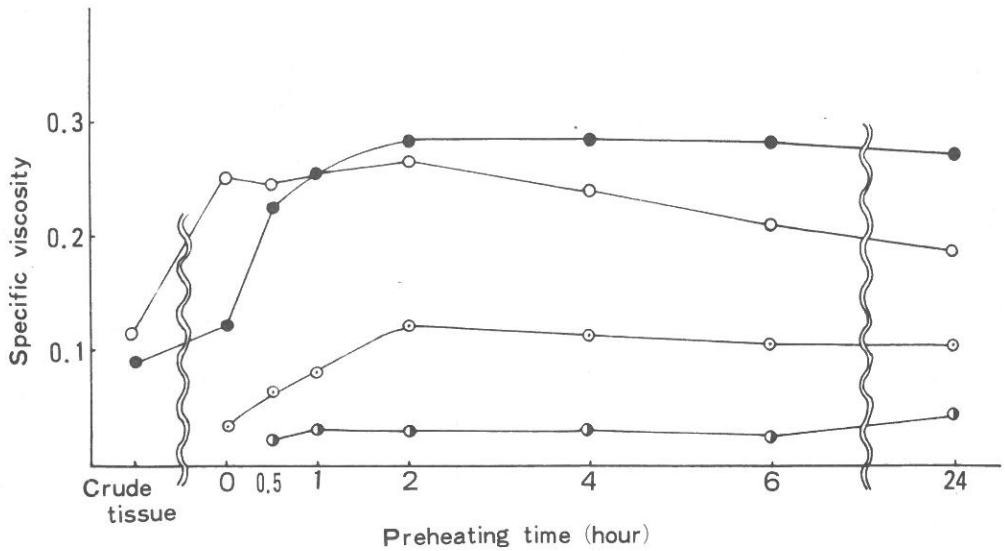


Fig. 6. Specific viscosity of the solution containing polysaccharides extracted with water and oxalic acid-Na-oxalate from the disks of Japanese radish roots and the residues.

The disks (5g) were heated in 45 ml of water in a 100 ml flask for varying periods at 60°C,<sup>a</sup> and the temperatures were raised to and maintained at ca. 98°C in water bath for 30 min.<sup>b</sup> The residue obtained by filtration through sinistered glass was heated in 0.035M oxalic acid-Na-oxalate (pH 4.2) at 98°C for 3 hr.<sup>c</sup> After filtration the residue was again heated under the same conditions.<sup>d</sup>

a, ● b, ○ c, ● d, ○

℃で再加熱したときの煮汁の比粘度は予備加熱の煮汁より高く、予備加熱時間が増すほど高くなり、2時間で平行に達した。だいこん残渣の抽出液中の比粘度は相当高い値であった。1回目の抽出液の比粘度は予備加熱時間が長くなるに従って高くなり、2時間で平行に達した。これはだいこんの硬化曲線と同じ傾向であった。2回目の抽出液は4時間をすぎると比粘度が低下した。

#### 考 察

三種類の野菜について予備加熱温度をかえて経時的に硬化の程度を調べた結果、野菜により硬化を起こす速度と硬化の程度は異なったが、いずれの野菜についても60℃温水中で予備加熱したとき最も強い硬化が認められた。20℃ではさつまいもの48時間浸漬の場合を除いて、ほとんど硬化を起さず、30~50℃では温度が高くなるほど、また、長時間予備加熱するほど硬化が増した。70℃では相当硬化を起したが、80℃以上になると予備加熱だけで、温度が高くなるにつれて軟化の程度が大きくなった。このことから、野菜を加熱調理するとき、軟化と硬化の両作用が起っており、この軟化と硬化の速度は温度上昇とともに高くなり、約70℃を境として、それ以上の温度では軟化が硬化に比べて優勢であるために野菜が軟化し、それ以下の温度では軟化が硬化によって隠されているため、みかけ上の軟化は認められなくなると考えられる。60℃で最も硬化が強くなるのは、組織中のペクチンメチルエステルゼが活性化し、メチル基を放し、フリーになったカルボキシル基がカルシウムイオンやマグネシウムイオン等により架橋をして巨大分子化し硬化が増す為である<sup>4)</sup>とも考えられている。

だいこんを60℃で予備加熱し、98℃で再加熱したときのペクチン質の溶出総量は、硬化が起



きているにもかかわらず、予備加熱しないで98℃30分加熱したとき溶出する量より多かった。また、かなりの量のペクチン質がだいこん中に残っており、この部分のペクチン質を抽出して比粘度を測定したところ、硬化が強くなるほど比粘度が高いという結果であった。このことから、だいこんの硬化はペクチン質の溶出量と関係なく、だいこん中に残っているペクチン質が硬化に大きく関係していると考えられる。この点については今後深く検討して行きたい。

#### 要 約

だいこん、さつまいも、じゃがいもを20℃～98℃で長時間予備加熱したのち、98℃で再加熱を行い、硬化の程度を経時的に調べた結果、野菜の種類によって硬化の速度および程度は異なった。いずれの野菜についても、60℃で予備加熱した場合が最も強く硬化を起こした。20℃ではほとんど硬化を起さず、30～50℃では温度が高くなるほど、また長時間予備加熱するほど硬化が増した。70℃では相当硬化を起こしたが、80℃以上では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。

だいこんを60℃で予備加熱後98℃で加熱したときのペクチン質の溶出総量は、硬化が起きているにもかかわらず、予備加熱しないで98℃30分加熱したとき溶出する量より多かった。また、かなりの量のペクチン質がだいこん中に残っており、この部分のペクチン質の抽出液の比粘度は、硬化が増すにつれて高くなった。このことからこの部分のペクチン質がだいこんの硬化に大きく関係していると考えられる。

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、本学岡本賢一教授、実験に協力いただいた池田一子さん、岡誠子さんに謝意を表します。

#### 文 献

- 1) 住木諭介：農学、**1**、402 (1947)
- 2) 小西英子、淵上倫子、岡本賢一：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, Johan, E.H. : J. Agr. Food Chem., **20**、266 (1972)
- 5) 新田ゆき：家政学雑誌、**26**、173 (1975)
- 6) 淵上倫子、小西英子、岡本賢一、池田一子：岡山県立短期大学研究紀要、**21**、14 (1977)
- 7) Bitter, T., Muir, H.M. : Anal. Biochem., **4**、330 (1962)

昭和53年3月31日受理