

野菜の加熱調理に関する研究（第8報）

だいこんのペクチン質を組織ごとけん化させたときのペクチン質の変化

測 上 倫 子

実 験 方 法

野菜を加熱調理する際、同じ種類の野菜でも軟化しやすいものと、しにくいものがある。¹⁾このような軟化の難易の原因の1つとしてペクチン質の量および質の違いが考えられる。中性溶液中でペクチン質を加熱すると加水分解でなく、トランスエリミネーションによりグリコシドが開裂する。^{2) 3)}メチルエステル化されていないガラクトuron酸残基では、中性での加熱でトランスエリミネーションが起きにくいので、³⁾エステル化度の低いペクチン質を多く含んだ野菜は、加熱調理の際軟化しにくい。^{1) 4) 5)}

だいこんを加熱調理する際、生を沸騰水中で煮る場合は比較的軟化しやすいが、60℃2時間予加熱したり⁶⁾切り干しだいこんにすると98℃で加熱しても軟化しにくくなる。⁷⁾予加熱や、室温で風乾している間にペクチンメチルエステラーゼ(PME)が作用し、ペクチンが低エステル化度となり、中性溶液中で加熱してもトランスエリミネーションによる分解を起しにくくなり軟化しにくくなるものと考えられる。⁷⁾このように、野菜中のペクチン質が何らかの原因により低エステル化度になると軟化しにくくなる。

そこで、今回は、だいこんのペクチン質を組織ごとアルカリけん化させ、エステル化度を低下させたとき、また、それを加熱したとき、だいこんのペクチン質の性質がどのように変化するかを検討し、けん化処理をしない生のだいこんのペクチン質との比較を行った。

ペクチン質の性質の比較は著者らが考案したエステル化度の異なるペクチンを分別抽出できる希塩酸、続いて酢酸塩緩衝液によるペクチンの分別抽出方法¹⁾を用いて抽出したペクチンについて行った。すなわち、分別抽出パターンの違いおよび各々の区分のペクチンのエステル化度、比粘度、塩化カルシウムによる沈殿性、チオバルビツール酸反応等の差異について比較検討した。

1. 実験材料

市販のだいこん(宮重だいこん)の中部(上部および下部の5cmを除いた)を直径10mm、厚さ5mmの円盤として用いた。

1) だいこんのペクチン質を組織ごとけん化する方法

だいこんの円盤10gを0.1M酢酸カルシウム溶液(水酸化ナトリウムでpH10とする)40ml中に入れ、0℃に1夜放置後、浸漬液を除き、円盤を0.01N塩酸溶液(pH2)中に2日間浸漬しカルシウムを除いた。(途中、浸漬液を3回かえた)その後、水洗をくり返し塩酸を除いた。

2) だいこんの予加熱方法

円盤10gを60℃の脱イオン水20mlに入れ、60℃で2時間予加熱した。

3) だいこんの乾燥方法

だいこんの円盤10gをシャーレにとり、室温で10日間風乾した。実験に用いるときは、終末重量が10gとなるよう脱イオン水を加え2時間室温で吸水させた。⁷⁾

2. だいこんの加熱方法⁷⁾

生だいこんの円盤10g、および前記方法によってけん化、予加熱または乾燥後水もどしたものを、沸騰した脱イオン水20mlを入れた試験管に加え、沸騰湯せん中で7.5分、15分、30分、60分加熱した。

3. だいこんのペクチン質の分別抽出方法

前報^{1) 4)}と同様の方法で行った。

4. 分析方法

1) ペクチン質の定量方法

J. T. Galambosの方法⁸⁾を用いた。

2) ペクチン質のエステル化度の測定方法

L. G. Bartolome⁹⁾のガスクロマトグラフ法を用いた。

3) 比粘度の測定方法

前報^{1) 4)}と同様、オストワルド粘度計を用いて測定

した。

- 4) 塩化カルシウムによる沈殿性の検討
前報¹⁾⁴⁾と同様の方法で行った。
- 5) チオバルビツール酸反応の測定法
岡本ら¹⁰⁾の方法で行った。

5. 破断力の測定方法

飯尾電機製のカードメーターを使用した。

結 果

1. だいこんのペクチンを組織ごとけん化させたときの破断力の変化

だいこんのペクチンを組織ごとけん化させたときの円盤の破断力をTable1に示した。

Table 1. Breaking strength of Japanese radish roots ($\times 10^5$ dyne/cm²)

	raw disks	pretreated disks	cooked disks					
			duration of heating at 98°C (min.)					
			7.5	15	30	60		
raw disks	273.8		55.1	38.4	11.7	2.4		
alkaline saponified disks	273.8	* 198.1	** 43.3	*** 34.9	14.5	12.3	6.5	
preheated disks at 60°C for 2h	273.8		382.2		367.4	355.6	297.2	92.7

* Breaking strength of alkaline saponified disks at 0°C with Ca²⁺

** Breaking strength of disks which were removed Ca²⁺ by addition of acids after alkaline saponification of pectin.

*** Breaking strength of disks after washing with water.

生のだいこんは 273.8×10^5 dyne/cm² の破断力であったが、これをアルカリけん化させると 198.1×10^5 dyne/cm² と若干低下した。アルカリによる軟化を防ぐために酢酸カルシウムを加えたので、このカルシウムを除くために 0.01N の塩酸溶液 (pH 2) に浸漬した。破断力は 43.3×10^5 dyne/cm² と相当低下した。これは、酢酸カルシウム以外に生のだいこん組織中にはじめから存在してだいこんの硬さを維持していたカルシウムも除かれたものと思われる。塩酸を除くために水洗を繰り返すと、破断力が少し減少した。

沸騰湯せんで煮ると 30 分位までは軟化が進行したが、それ以上加熱しても軟化は促進されなかった。けん化しない生だいこんを加熱すると急速に軟化し、60 分加熱では、けん化したものより柔らかくなっていた。

60°C 予加熱したものは後から 98°C で加熱しても軟化しにくく、98°C 1 時間加熱後でも 92.7×10^5 dyne/cm² の破断力を維持していた。風乾したものについてはカードメーターで測定不能のため、レオロメーターにより硬さを測定した。その結果、加熱調理により生のものより軟化しにくいという結果が得られた。⁷⁾

2. ペクチン質の分別抽出パターンに及ぼすけん化の影響について

だいこんのペクチン質を組織ごとアルカリけん化し

たとき、60°C 2 時間予加熱したときあるいは室温にて風乾したときにペクチン質の分別抽出パターンが生と比べてどう変化したか、また、このような前処理をしただいこんを 98°C で 7.5 分～60 分加熱したとき、ペクチン質の分別抽出パターンにどのような違いが生じるかを調べた結果を Fig. 1, Table 2 に示した。

1) けん化、予加熱、乾燥によるペクチン質の分別抽出パターンの変化

だいこんのペクチン質をアルカリけん化した際の pH 10 の浸漬液中にはペクチン質はほとんど溶出しなかった。0°C でカルシウムを加えてけん化したためと思われる。次に、塩酸で pH 2 としてカルシウムを除去すると 1.4 mg/10 g のペクチン質が溶出し、その後の水洗により 0.87 mg/10 g のペクチン質が溶出した。

アルカリけん化した円盤を pH 2 で摩砕して 35°C で希塩酸 (pH 2) 続いて酢酸塩緩衝液 (pH 4) によりペクチン質を分別抽出した。けん化したものは生のものに比べ、希塩酸溶液で抽出される区分 (A 区分) が 15.16 mg/10 g から 8.29 mg/10 g に減少し、酢酸塩緩衝液抽出区分 (B 区分) が 15.44 mg/10 g から 18.79 mg/10 g に増加した。

60°C 2 時間予加熱すると A 区分は 3.91 mg/10 g と激減し、B 区分が 25.85 mg/10 g と非常に多くなった。だいこんを風乾し切り干しだいこんにすると、生に比

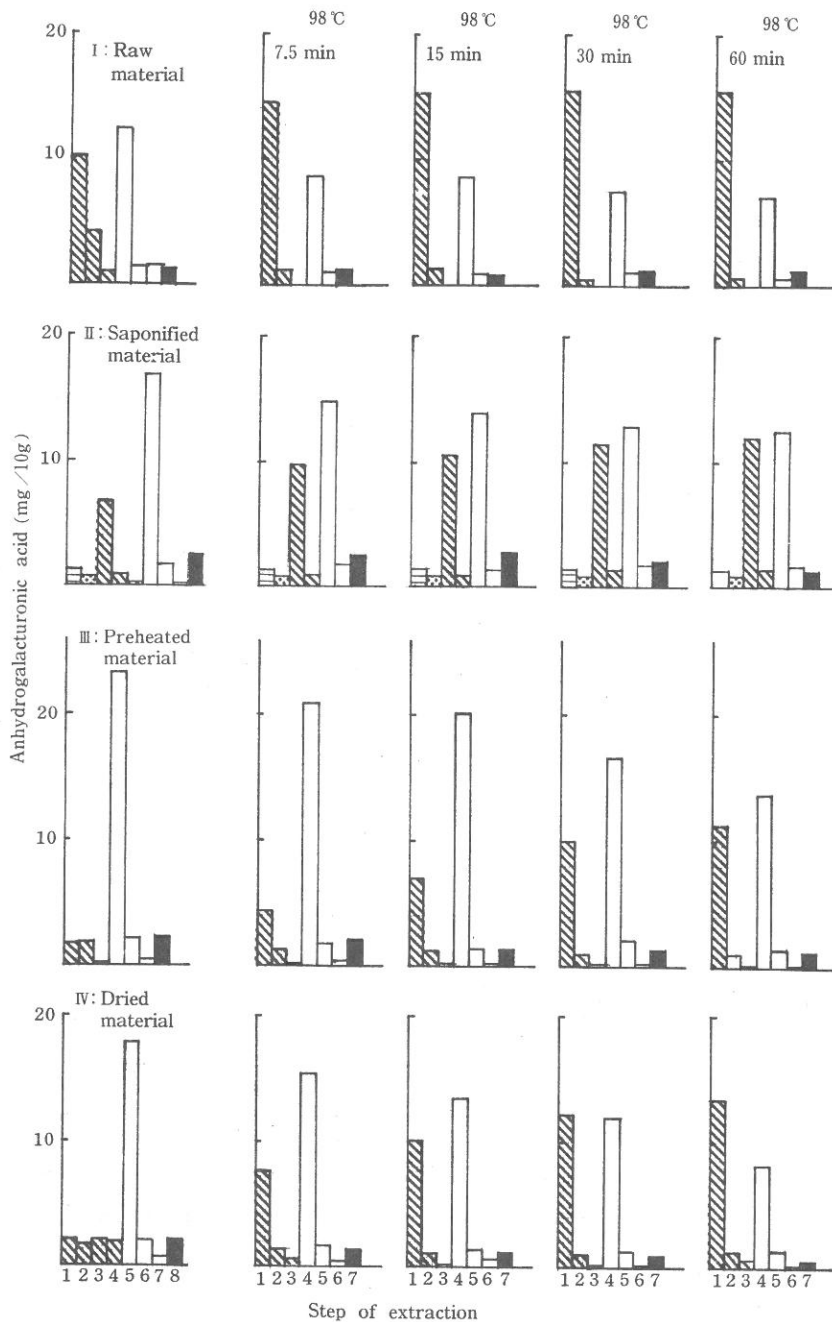


Fig. 1. Stepwise extraction of pectic substances from Japanese radish(I : raw, II : saponified, III : preheated, IV : dried).

1: Pectic substance extracted by addition of acids after alkaline saponification of pectin at 0°C with Ca^{2+} .






2: Pectic substance extracted by washing with water.


3: A: Extraction with 0.01N HCl solution (pH 2.0) at 35°C.

4: B: Extraction with 0.1M acetate buffer solution (pH 4.0) at 35°C.

5: C: Extraction with 2% sodium hexametaphosphate solution at 90°C.

Table 2. Successive extraction of pectin with HCl, sodium acetate buffer, and sodium hexametaphosphate solution from Japanese radish.


	Duration of heating at 98°C (min)	Anhydrogalacturonic acid (mg/10g)					Total	Cooking solution
				 A	 B	 C		
I : Raw material	0			15.16	15.44	1.33	31.93	
	7.5			15.60	9.68	1.36	26.64	5.29
	15			16.33	9.37	0.81	26.51	5.42
	30			16.14	8.43	1.23	25.80	6.13
	60			16.01	6.99	0.75	23.75	8.13
II : Saponified material	0	1.40	0.87	8.29	18.79	2.57	31.92	0.01
	7.5	1.40	0.87	10.79	16.59	2.52	31.94	
	15	1.40	0.87	11.44	15.55	2.80	30.02	1.91
	30	1.40	0.87	13.04	14.55	2.11	29.93	2.00
	60	1.40	0.87	13.68	14.34	1.57	29.83	2.10

 Pectic substance extracted by addition of acids after alkaline saponification of pectin at 0°C with Ca²⁺.

 Pectic substance extracted by washing with water.

 A : Extraction with 0.01N HCl solution (pH 2.0) at 35°C.

 B : Extraction with 0.1M acetate buffer solution (pH 4.0) at 35°C.

 C : Extraction with 2% sodium hexametaphosphate solution at 90°C.

べてA区分が8.15 mg/10gに減少しB区分のペクチンが20.97 mg/10 gに増加した。

いずれの前処理を行っても、ほとんどのペクチン質がAおよびB区分に抽出され、2%のヘキサメタリン酸ナトリウム溶液(pH 4)中で90°C 3.5時間加熱してはじめて抽出される区分(C区分)のペクチン質は少量で、生の場合は1.33 mg/10g、前処理を行うと2.15~2.57 mg/10gとC区分の量はわずかに増加した。

2) 生、けん化、予加熱、乾燥しただいこんを加熱したときのペクチン質の分別抽出パターンの変化

生および、けん化、予加熱、風乾などの前処理をしただいこんの円盤を98°Cで加熱すると、いずれの場合も加熱時間が長くなるに従ってA区分が増加し、B区分が減少した。これは、ペクチン質の低分子化によるものと思われる。

生の円盤を加熱したときの煮汁中へのペクチンの溶出量は他の前処理したもの比べて最も多かった。

また、生を加熱後、円盤中に残ったペクチン質は他の前処理したものに比べてA区分のペクチン質量が最も多く、B区分は最も少なかった。しかし、1時間加熱した後でも、B区分のペクチン質がある程度残っていた。

60分加熱後のA区分のペクチン質は生について切り干しだいこんが多かった。

アルカリけん化および60°C 2時間予加熱したものは60分加熱した後でもAよりB区分のペクチン質量の方が多かった。

加熱後の円盤より分別抽出したC区分はいずれの場合も少量であった。

3. ペクチン質の比粘度に及ぼすけん化の影響について

A, B区分のペクチン質の比粘度をFig.2に示した。

A区分のペクチン質の比粘度は組織ごとアルカリけん化させると生のものに比べて若干低下した。しかし、それらを加熱した円盤より抽出したペクチン質の比粘度は、生の組織を加熱したものの方が低く、ペクチン質がより低分子になっていると思われる。

B区分のペクチン質はA区分のペクチン質よりいずれの場合も比粘度は高く、B区分の方が高分子量であることが考えられる。B区分のペクチン質については、未加熱の場合は生もけん化したものも比粘度は同じであるが、加熱したものより抽出したペクチン質の比粘度は明らかに差があった。すなわち、生を加熱したものは98°C 7.5分加熱により著しい比粘度の低下がみられ、加熱時間が長くなるに従って徐々に低下したが、

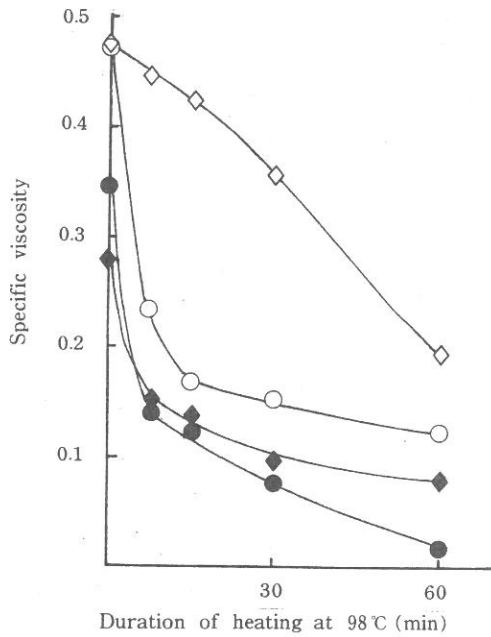


Fig. 2. Specific viscosity of solutions of Japanese radish pectin extracted successively with 0.01N HCl(A) and 0.1M sodium acetate buffer solution(B).

- A from raw material
- ◆ A from saponified material
- B from raw material
- ◇ B from saponified material

けん化した円盤を加熱した後抽出したB区分のペクチン質の比粘度の低下は緩慢であった。けん化すると加熱してもペクチン質が低分子になりにくいことがわかった。

60℃2時間予加熱または室温で風乾したときのペクチン質の性質の変化についての詳細な結果は前報⁷⁾にて報告したがそれによれば、これらの前処理により、A、B区分とも比粘度は低下した。だいこん中に PME およびポリガラクトクロナーゼ (PG) が存在する⁷⁾ので、予加熱または風乾している間に PME が作用し、低エステル化度となったため、PG が作用し、低分子量になったことが考えられる。しかし予加熱および風乾しただいこんを加熱した円盤より抽出したペクチンの比粘度は生のものに比べて低下しにくかった。すなわち、加熱により低分子になりにくかった。

4. ペクチン質のエステル化度に及ぼすけん化の影響について

A、B区分のペクチン質のエステル化度を Fig. 3 に示した。

A区分のペクチン質のエステル化度はB区分のそれ

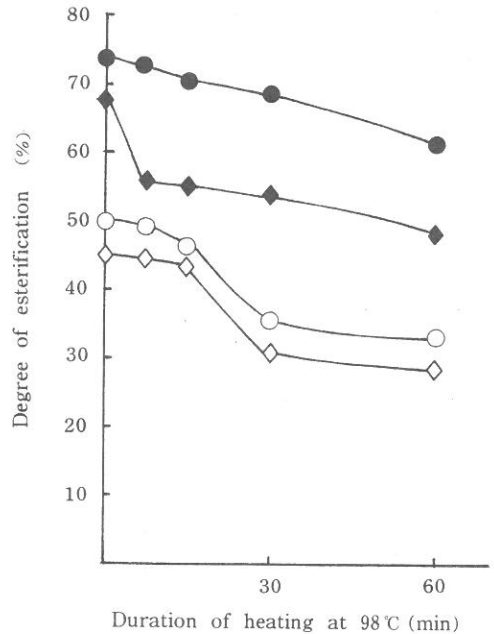


Fig. 3. Degree of esterification of Japanese radish pectic substances extracted successively with 0.01N HCl(A) and 0.1M sodium acetate buffer solution(B).

- A from raw material
- ◆ A from saponified material
- B from raw material
- ◇ B from saponified material

より高かった。また、組織ごとアルカリけん化しただいこんの未加熱のペクチンは、A、B区分とも生のものよりペクチンのエステル化度が低下していた。

これらを加熱したのもより抽出したペクチン質のエステル化度はいずれの場合も、未加熱のものより低下し、けん化したものの方が生を加熱したものよりエステル化度は低値を示した。

前報⁷⁾によれば60℃予加熱、室温で風乾するとA、B区分ともペクチン質のエステル化度は減少していた。

5. 塩化カルシウム添加による沈殿性に及ぼすけん化の影響

A、B区分のペクチン質に終末濃度2.5Mとなるように塩化カルシウムを添加すると、A区分はいずれの場合も沈殿を起こさなかったが、B区分は沈殿を起こした。

生だいこんのB区分のペクチン質は0.5Mで、生を7.5分、15分加熱したものは2.5Mで、30分以上加熱すると0.25Mの塩化カルシウムにより沈殿を起こした。

けん化したもののB区分のペクチン質はいずれも

0.25 Mの塩化カルシウムにより沈殿を起こした。

前報⁷⁾によると60℃予加熱または風乾しただいこん、およびそれらを加熱しただいこんより抽出したB区分のペクチン質はすべて0.25 Mの塩化カルシウムにより沈殿を起こした。

6. ペクチン質のチオバルビツール酸反応に及ぼすけん化の影響

生およびアルカリけん化した円盤より分別抽出したA, B区分のペクチン質を透析した後、ペクチン質の終末濃度を0.1%溶液(溶媒はpH 6.4の0.1 M酢酸塩緩衝液)とし、それを加熱したときのチオバルビツール酸反応の値をFig.4に示した。

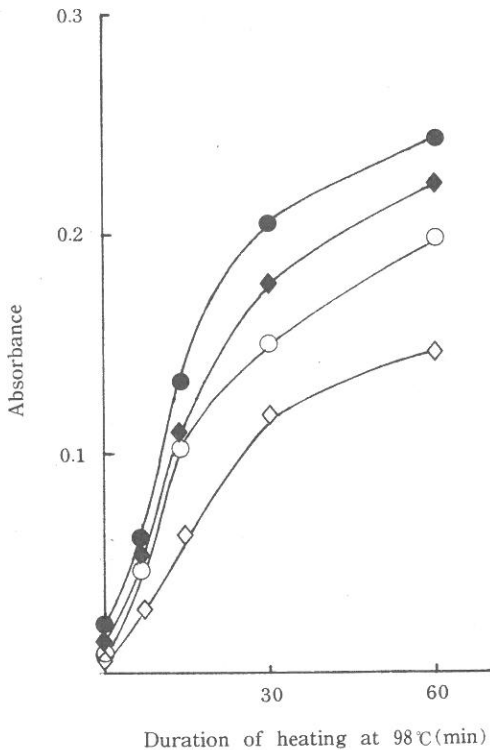


Fig.4. Thiobarbituric acid tests of pectins extracted from Japanese radish.

- A from raw material
- ◆ A from saponified material
- B from raw material
- ◇ B from saponified material

A区分のペクチン質はB区分のペクチン質よりチオバルビツール酸反応をよく起こした。また、生のだいこんより抽出したペクチンの方が、けん化した円盤より抽出したペクチン質に比べてA, B区分ともチオバルビツール酸反応の値が大きかった。

前報⁷⁾の結果によれば60℃予加熱および風乾しただいこんより抽出したA, B区分のペクチン質を加熱した場合のチオバルビツール酸反応の値は、けん化したときの値とほぼ同じで、いずれも生の組織より抽出したものを加熱したものより低い値であった。いずれにしても、生を加熱したものが最もトランスエリミネーションによる分解を起こしやすかった。

考 察

野菜の細胞壁、特にその外層のmiddle lamellaは主としてペクチン質より成り、細胞間の接着の役割を果している。細胞一次壁にもペクチン質は存在するが、どのような種類のペクチン質がどのような形で存在しているか詳細はわかっていない。野菜の組織中にはエステル化度の高いものから低いものまで多種類のペクチン質が含まれ、それらがカルシウムやマグネシウム等により不溶性になっていると考えられている。

野菜を中性溶液中で加熱調理すると、ペクチン質のメチルエステル化されている部分がトランスエリミネーションにより分解し、低分子となり一部が煮汁中に溶解する。そのため野菜が柔らかくなる。加熱時間が増すに従って煮汁中へのペクチンの溶出は多くなり軟化が進むが、1時間加熱後でさえかなりの量のペクチン質がだいこんの中に残っていた。トランスエリミネーションにより低分子化はしているが、組織中のカルシウム等の影響により溶出しないで残っているものと思われる。

これをpH 2の希塩酸溶液へ浸すことによりカルシウム等の多価金属イオンが除かれるので¹⁾ペクチン質が溶解する。pH 2ではエステル化度の低いものは不溶性であるので、希塩酸溶液抽出区分(A区分)には比較的エステル化度の高いあるいはメチルエステルがガラクトuron鎖上に一様に分布しているペクチン、また、分子量の低いペクチンが溶出する。だいこんを加熱すると加熱時間が増すに従ってA区分の割合が増加したのは、ペクチン質がトランスエリミネーションにより分解し低分子化したためと思われる。

続いて酢酸塩緩衝液(pH 4)に浸漬すると残りのペクチン質が溶出し、だいこんの組織は完全にマセレート(離解)する。このB区分に溶出するペクチン質は比較的低エステル化度、または、エステル化しないガラクトuron酸残基が偏在しているペクチン質である。

生のだいこんを沸騰水中で加熱すると、けん化、予加熱または乾燥などの前処理を行ったものに比べて軟化しやすく、煮汁中へのペクチン質の溶出量も多い。

ペクチン質の低分子化によりA区分のペクチン質が増加し、B区分のペクチン質が減少した。しかし、60分加熱後でさえ、ある程度のB区分のペクチン質が残存していた。このB区分のペクチン質は、加熱調理の際のだいこんの煮くずれ防止に役立っているものと考えられる。一方、A区分のペクチン質は比較的エステル化度が高いため、中性溶液中での加熱によりトランスエリミネーションによる分解を起こし易いので、A区分を多く含む野菜は加熱調理の際軟化しやすいことが考えられる。

だいこんのペクチン質を組織ごとアルカリけん化させたり、60℃2時間予加熱したり、風乾すると、だいこん中のペクチン質が、アルカリけん化により、またはペクチンメチルエステラーゼにより低エステル化度となるので、A区分のペクチン質が減少し、B区分のペクチン質が増加した。そして酵素によりけん化した場合の方が、アルカリけん化した場合よりB区分の増加率が大きかった。アルカリけん化は *at random* に、酵素によるけん化は直線的に分子鎖に添って行われるため、酵素による場合はカルボキシル基を持つガラクトキロン酸残基が連なって存在し、アルカリけん化の場合より凝固しやすくなるために¹²⁾ A区分が減少し、B区分の増加率が大きくなったと思われる。

そして、これらの前処理しただいこんの円盤を加熱すると、煮汁中へのペクチン質の溶出量は生のものに比べて少なく、円盤中に残存するペクチン質は加熱時間が長くなるに従ってB区分からA区分へ移行するが、60分加熱後でさえ生のものに比べてA区分のペクチン質量は少なかった。すなわち、B区分のペクチン質が相当残っていた。

A、B区分のペクチン質のエステル化度は生に比べ、いずれの場合も減少しており、B区分のペクチン質へカルシウムを添加すると、生のものより前処理したもののほうがゲル化しやすかった。また、トランスエリミネーションによる分解によって生ずる4, 5-不飽和ガラクトキロンシル基をチオバルビツール酸反応で測定したところ生の方が前処理したものより高い値を示した。

加熱調理した後円盤中に残存しているペクチン質の比粘度は、A、B区分とも生を加熱したものより抽出したペクチン質の値が最も低く、生を加熱した場合が最も低分子になっていることがわかった。

ペクチン質のエステル化度の高低がペクチン質のトランスエリミネーションによる分解速度に影響を及ぼすことは、溶液状態での実験からわかっていた¹¹⁾が、

今回の実験により、野菜の組織中のペクチン質のエステル化度の高低およびメトキシル基のガラクトキロン酸鎖上への分布の仕方が溶液状態のときと同様に、トランスエリミネーションによる分解の程度に影響を及ぼし、それが加熱調理の際の軟化の難易を引き起こす原因の一つであることが判明した。

要 約

だいこんのペクチン質を組織ごとアルカリけん化させた場合、およびそれを加熱したとき、ペクチン質の性質がどのように変化するかを検討し、けん化処理をしない生のペクチン質との比較を行った結果、次のような知見を得た。

1. 希塩酸続いて酢酸塩緩衝液によるペクチン質の分別抽出方法を用いて、生およびけん化処理しただいこんのペクチン質を分別抽出した結果、けん化処理することにより希塩酸溶液抽出区分(A区分)のペクチン質が減少し、酢酸塩緩衝液抽出区分(B区分)が増加した。

2. 98℃で加熱したときの煮汁中へのペクチン質の溶出量は生を加熱した場合の方が多かった。しかし、60分加熱後でさえ、相当多量のペクチン質が円盤中に残存していた。

円盤中に残存したペクチン質は加熱時間が長くなるに従ってA区分が増加し、B区分が減少した。ペクチン質の低分子化によるものと思われる。60分加熱後に円盤中に残存するペクチン質量は、生の場合はBよりA区分の方が多く、けん化したものはB区分の方が多かった。

3. 加熱によるペクチン質の比粘度の低下は、けん化処理したものより生を加熱したものの方が著しく、98℃7.5分で急激に比粘度の低下が起った。けん化処理した円盤より抽出したB区分のペクチン質の比粘度の低下は緩慢であった。

4. けん化処理することによりペクチン質のエステル化度は、A、B区分とも減少した。加熱後の円盤より抽出したペクチン質のエステル化度も生に比べ、けん化したものの方が低値であった。

5. けん化処理することにより、B区分のペクチン質の塩化カルシウムによるゲル化が促進した。

6. A、B区分のペクチン質を加熱したときのチオバルビツール酸反応の値は、生の方がけん化処理したものより高かった。また、B区分よりA区分のペクチン質の値の方が高く、トランスエリミネーションによる分解をよく起こしていた。

以上のことから、だいこんを加熱調理する際、生を加熱したときが最も軟化しやすく、だいこんを組織ごとアルカリけん化させたり、60℃2時間予加熱または風乾してペクチンメチルエステラーゼによりペクチン

質を低エステル化度にすると、中性溶液中で加熱したとき軟化しにくくなるのは、ペクチン質がトランスエリミネーションによる分解を起こしにくくなるためであることがわかった。

文 献

- 1) 洲上倫子, 岡本賢一: 希塩酸および酢酸塩緩衝液による二, 三の野菜のペクチン質の分別抽出方法について, 栄食誌, **37**, 57-61 (1984)
- 2) H. Neukom und H. Deuel: Über den Abbau von Pektinstoffen bei alkalischer Reaktion, *Beih. Z. Schweiz. Forstw.*, **30**, 223-235 (1960)
- 3) P. Albersheim, H. Neukom, and H. Deuel: Splitting of Pectin Chain Molecules in Neutral Solutions, *Arch. Biochem. Biophys.*, **90**, 46-51 (1960)
- 4) 洲上倫子: 野菜の加熱調理に関する研究(第6報)野菜のペクチン質の分別抽出方法について, 岡山県立短大研究紀要, **27**, 36-41 (1983)
- 5) 洲上倫子: 野菜を加熱調理した際の軟化の難易とペクチン質との関係, 家政誌, 投稿中
- 6) 小西英子, 洲上倫子, 岡本賢一: 調理の際の野菜の硬化, 栄養と食糧, **28**, 44-46 (1975)
- 7) 洲上倫子: 調理の際のだいこんの軟化とペクチン質の変化との関係, 家政誌, 投稿中
- 8) J. T. Galambos: The Reaction of Carbazole with Carbohydrates, I. Effect of Borate and Sulfamate on the Carbazole Color of Sugars, *Anal Biochem.*, **19**, 119-132 (1967)
- 9) L. G. Bartolome and J. E. Hoff: Gas Chromatographic Methods for the Assay of Pectin Methylsterase, Free Methanol, and Methoxy Groups in Plant Tissues, *J. Agr. Food Chem.*, **20**, 262-266 (1972)
- 10) 岡本賢一, 畑中千歳, 小沢潤二郎: 4, 5-不飽和デガラクチュロン酸のチオバルビツール酸反応, 農学研究, **50**, 61-65 (1964)
- 11) 小西英子, 洲上倫子, 河上敦子: 野菜の加熱調理に関する研究(第1報)ペクチン質のエステル化度とトランスエリミネーションの関係について, 岡山県立短大研究紀要, **18**, 1-4 (1974)
- 12) J.-J. Doesburg: Pectic Substances in Fresh and Preserved Fruits and Vegetables, I.B.V.T., Wageningen (1965)

昭和61年3月27日受理