

## 容器詰果実・野菜類の軟化防止 - 1 ニンジン缶詰の軟化防止

森 大蔵, 稲田有美子, 高橋 英史

### Prevention of Softening of Fruits and Vegetables Packed in Container - 1 Prevention of Softening of Canned Carrots

Daizo Mori, Yumiko Inada and Hidehito Takahashi

The method for producing canned carrots that they were not excessively softening was investigated.

The carrots subjected to pre-heating treatment prior to boiling process in water were harder than the corresponding untreated carrots.

The pre-heating treatment temperature of the carrots were suitable at 60 to 65°C. Under 50°C and over 70°C at the pre-heating treatment temperature of the carrots, the softening could not be prevented.

When pre-heating treatment of the carrots in calcium solution, their firmness increased at short time.

The surface parts of the carrots were harder than the inner parts of them.

The pH of the pre-heating treatment solution at 3.5 to 6.7 did not influence on firmness of the carrots.

*B. stearothermophilus* did not proliferate in carrot juice of under pH 5.5.

$\beta$ -Carotene in the carrots decreased by the pre-heating treatment at 60°C for 30 min.

**Key words** : carrot, canned food, softening, prevention, *B. stearothermophilus*, pre-heating treatment, pectin methylesterase.

容器詰野菜類は、pHが中性付近であるので、耐熱性孢子を殺滅するため100°C以上の温度で加熱殺菌しなければならない。しかし、野菜類は高温で殺菌すると肉質が軟化し、商品価値が低下する。

果実・野菜類の硬さは、デンプンやたんぱく質はあまり関与せず、ペクチンが大きく影響する<sup>1)</sup>。それは加熱により低分子化や脱メチル反応が起きて組織強度に関与するためであると言われている。

低分子化は80°C以上で顕著に起きるペクチンの非酵素的な $\beta$ -脱離（トランスエリミネーション）で、軟化の主な原因とされている<sup>2)</sup>。また、脱メチル反応は50°C以上で起こるペクチンメチルエステラーゼ（PE）による酵素的反応であり、後続する2価の金属イオンとカルボキシル基との架橋結合の生成が硬化の主な原因である<sup>3)</sup>。

このPEを利用して果実・野菜類の加熱による軟化を防止する方法は種々検討されている<sup>4-8)</sup>。本報では、加熱殺菌後も過度に軟らかくならず歯ごたえのある容器詰野菜類を造る目的で、

PEによる脱メチル反応が、比較的低温で加熱処理（予備加熱処理）することによっておきることを利用したニンジンの硬さを維持する方法について検討した。

ニンジンは、予備加熱処理によって水煮後の硬度が増大することは認められている<sup>4,5)</sup>が、実際に缶詰製造工程を考えると、予備加熱処理時間をできるだけ短くする方法及び60℃付近で連続処理する場合、好熱性細菌が繁殖する危険もあるので、その防止法についても検討した。

## 実験方法

### 1. 試料

市販のニンジン（黒田5寸）を剥皮後、ダイサーで9.5mm角に切断した。

### 2. 測定方法

#### 1) 硬度

今田製作所製プッシュプルスケールPSS-1K型で、プランジャーは径2mmの針状プランジャーを用いて測定した。

#### 2) カルシウム量の測定

試料を乾式灰化後、原子吸光法によって測定した。

#### 3) $\beta$ -カロチン量の測定

試料からクロロホルムで抽出後、HPLCで測定した。

HPLCの分析条件

機種：Shimadzu LC-6A

カラム：Simpak HRC-ODS

移動相：アセトニトリル：エタノール = 3 : 2

流速：1 ml/min

カラム温度：40℃

検出器：紫外-可視分光光度計検出器 SPD-6AV

波長：450nm

注入量：10 $\mu$ l

### 3. 予備加熱処理と缶詰の製造法

#### 1) 各種野菜類の軟化防止に及ぼす予備加熱処理の影響

剥皮した野菜類を2cm角程度にランダムにカットし、乳酸カルシウムをカルシウム濃度（以下Ca）として0.1%にした溶液を65℃に加温し、各野菜を入れ、20分予備加熱処理した。それを100℃で5分ブランチングした。対照は予備加熱せず、100℃で5分ブランチングした。それを6号缶に詰め、121℃、30分殺菌して缶詰をつくった。

#### 2) ニンジンの軟化防止に及ぼす処理液のカルシウム濃度の影響

ニンジン剥皮後、ダイサーで9.5mm角に切断し、乳酸カルシウムをCa濃度として0, 0.025, 0.05, 0.075, 0.1, 0.125及び0.15%にした溶液で、65℃、30分処理後、直ちに、100℃で5分ブランチングした。対照は予備加熱処理せず、100℃で5分ブランチングした。それを平3号缶に50g肉詰し、純水を45g注入後、121℃、11分（F<sub>0</sub>8.8）殺菌して缶詰をつくった。

#### 3) ニンジンの軟化に及ぼす処理温度と時間の影響

ニンジン剥皮後、ダイサーで9.5mm角に切断し、0.1%Ca溶液中で処理温度を40, 50, 60, 65, 70及び80℃で、時間を0, 5, 10, 15, 20, 25及び30分予備加熱処理後、100℃で5分ブランチング、

平3号缶に50g肉詰し、純水を45g注入後、121℃、11分(F<sub>0</sub>8.8)殺菌して缶詰をつくった。

#### 4) 予備加熱処理がニンジン部位の硬度並びにCa含量に及ぼす影響

ニンジンを輪切りにし、Ca濃度0と0.05%及び0, 0.05, 0.1%の溶液中で60℃、30分予備加熱処理後、100℃、5分ボイルした。それを5号缶に詰め、121℃、25分(F<sub>0</sub>10.4)殺菌してつくった缶詰のニンジン表面を外側、1cm厚に切断した部分を内側として硬度及びCa含量を測定した。

#### 5) ニンジンの軟化防止に及ぼす予備加熱処理液のpHの影響

pHを3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0及び6.5に調整した酢酸緩衝液を60℃に加温し、それにダイスカットしたニンジンを入れ、60℃で30分予備加熱処理後、100℃、5分ボイルした。それを平3号缶に詰め、2%食塩水を注入、巻締後、121℃、11分殺菌して缶詰をつくった。

#### 6) 予備加熱処理液中の好熱性細菌の挙動-1

pHを塩酸で4.0, 4.5, 5.0, 5.5及び6.0に調整した50%ニンジン汁並びに対照としてpH無調整のもの200mlを250ml容の培養瓶に入れ、品温を60℃にし、それに $2.4 \times 10^4/ml$ の*B. stearothermophilus*の孢子懸濁液を1ml加え、60℃で0, 1, 2, 3及び4日培養して菌の増殖を調べた。後培養はSMC培地で、55℃で行った。

#### 7) 予備加熱処理液中の好熱性細菌の挙動-2

塩酸でpH6.0に調整したものとpH無調整(pH6.7)の50%ニンジン汁200mlを250ml容の培養瓶に入れ、品温を60℃にし、それに $2.4 \times 10^4/ml$ の*B. stearothermophilus*の孢子懸濁液を1ml加え、60℃で0, 1, 3, 8, 16, 24及び30時間培養して菌の増殖を調べた。後培養はSMC培地で55℃で行った。対照として菌無接種のものも行った。

#### 8) 予備加熱処理によるニンジン中のβ-カロチン量

ダイスカットしたニンジンを60℃、30分予備加熱後、100℃、5分ブランピングしたものと予備加熱処理しないで100℃、5分ブランピングしたもののβ-カロチン含量を測定した。

## 結果と考察

### 1. 各種野菜類の軟化防止におよぼす予備加熱処理の影響

予備試験としてダイコン、ニンジン、ゴボウ、ジャガイモ、レンコンについて予備加熱処理がこれらを缶詰にした場合、硬さを保っているか否か調べた。

予備加熱処理及び無処理の各野菜類缶詰の硬度をFig. 1に示した。

ダイコン、ニンジン、ゴボウは明らかに予備加熱処理したほうが、硬度が保たれ、予備加熱処理の効果が認められた。

ジャガイモはわずかに効果が認められたが、レンコンは対照のほうが硬く、予備加熱処理の効果はなかった。

文献によると予備加熱処理後、100℃で煮熟した結果、ダイコン<sup>4,6)</sup>、ニンジン<sup>4,5)</sup>、ビート<sup>4)</sup>、インゲンマメ<sup>7)</sup>は硬化するがレンコン<sup>4)</sup>、カボチャ<sup>4)</sup>は硬化しないという報告とほぼ一致した。

生の野菜類の硬さはペクチン含量の多いほど硬い傾向があるが、調理(98℃、15分)後の硬さにはペクチン質のエステル化度が影響し、エステル化度が高い程野菜は軟化する<sup>2)</sup>。しかし、予備加熱による硬さには、ペクチン含量やそのエステル化度よりPEの活性の有無が関与すると考えられる。

### 2. ニンジンの軟化防止におよぼす予備加熱処理液のCa濃度の影響

予備試験で効果があったニンジンについて、処理液のCa濃度の影響について調べた。注液に純水を用いた理由は、食塩は軟化を促進するとの報告<sup>8)</sup>があり、その影響を除くためである。

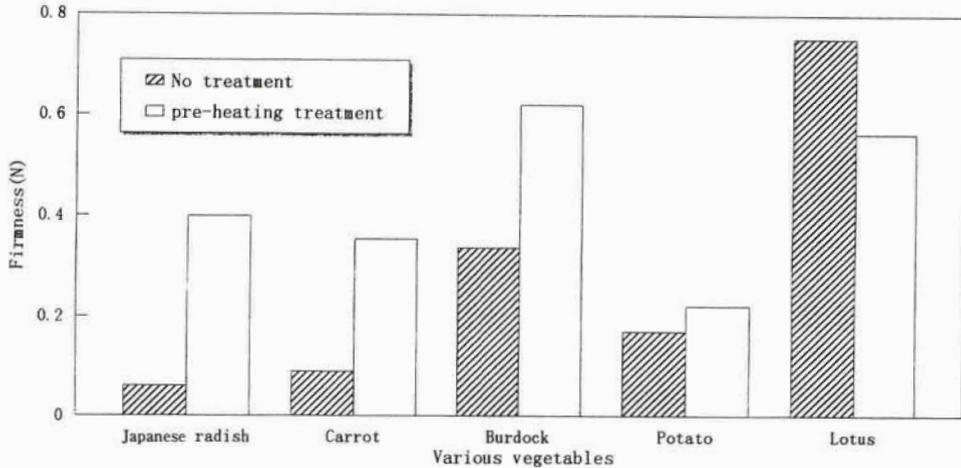


Fig. 1 Effect of the pre-heating treatment on firmness of various vegetables.

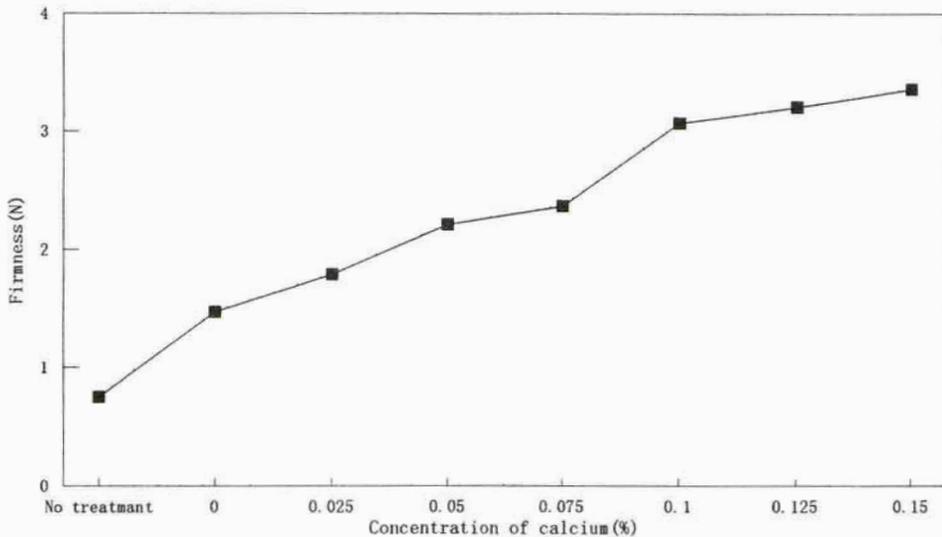


Fig. 2 Effect of concentration of calcium in the pre-heating treatment solution on firmness of canned carrots.

それらの硬度を測定した結果を Fig. 2 に示した。

処理液にCaを加えないものでもある程度硬くなっていた。これは予備加熱処理によりPEが働き脱メチル反応が起きて、組織中のCaが結合したためと思われる。

Ca溶液中での予備加熱処理では、Ca濃度が高くなるほど硬度が高くなったが0.1~0.15%であり差がなく、以後の実験ではCa濃度は0.1%で行った。

なお、いずれの濃度でもニンジンの味には影響がなかった。

### 3. ニンジンの軟化防止におよぼす予備加熱処理温度と時間の影響

予備加熱処理温度と時間を変えて処理したニンジンの硬度を Fig. 3 に示した。

予備加熱処理温度が40℃では、30分後までニンジンの硬度に変化はなかった。50℃では、15分まで硬度の変化はなかったが20分以後やや増加した。60℃では、10分後まで70℃や65℃より硬度が低かったが、15分後になると65℃と同じ程度になった。65℃での予備加熱処理が最も硬くなった。70℃では、最初の5分間で硬度は急激に高くなったが、その後は僅かしか増加しなかった。このことは、70℃では、ニンジンの温度が上がっていく5分間はPEが働くが、品温が70℃になるとPEの活性が低下し、10分以降は殆ど活性が無くなったためと考えられる。80℃では、最初の5分間で硬度はやや高くなったがその後は変化しなかった、この原因はニンジンの温度が上がるまでPEが働き、やや硬度が増したが品温が80℃になるとPEが失活したものと考えられる。

以上のことから、ニンジンのPE活性は60～65℃が至適温度であることが分かった。文献によると処理時間が長くなるに従って硬度が増すと報告<sup>6)</sup>があるが、実際の缶詰工場では処理するときは15～20分が限度と考える。

#### 4. 各温度と時間、Ca溶液中で予備加熱処理したニンジン中のCa含量

Ca溶液中で予備加熱処理したニンジン缶詰中のCa含量を測定した結果を Fig. 4 に示した。

処理温度が50℃以下の予備加熱処理ではほとんどCa含量は変化せずPEが働いていないと考えられた。60℃では、処理時間が長くなるに従ってCa含量は増加し、30分後に最も多くなった。70℃では、最初の10分でCa含量は急増したがその後はほとんど変化しなかった。80℃では、20分後まで増加したがそれ以降はあまり変化しなかった。PEが不活性化する70℃、80℃においてもニンジンに吸着するCa量が多くなる理由は不明である。

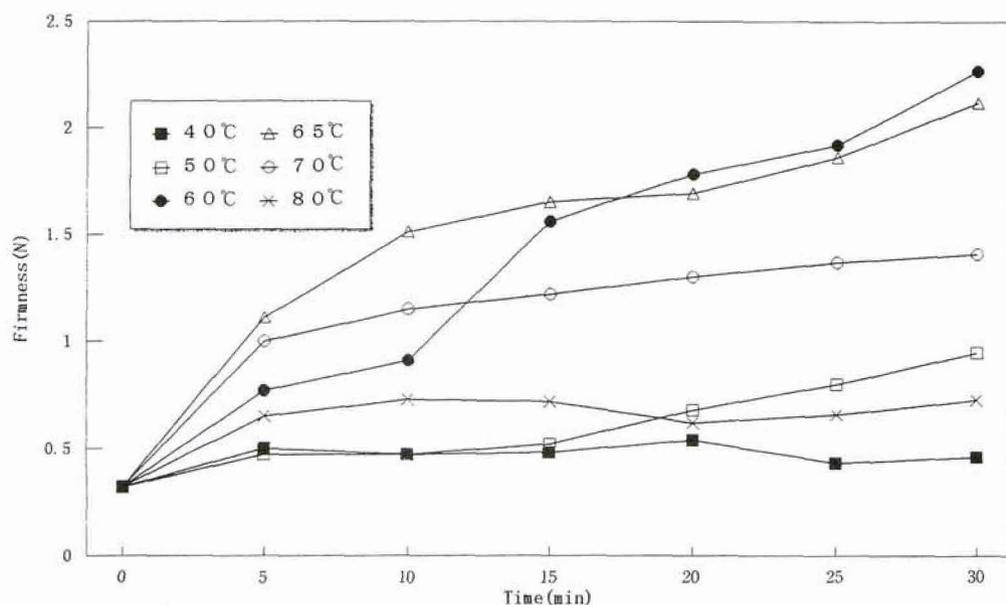


Fig. 3 Effect of temperature and time of the pre-heating treatment on firmness of canned carrots.

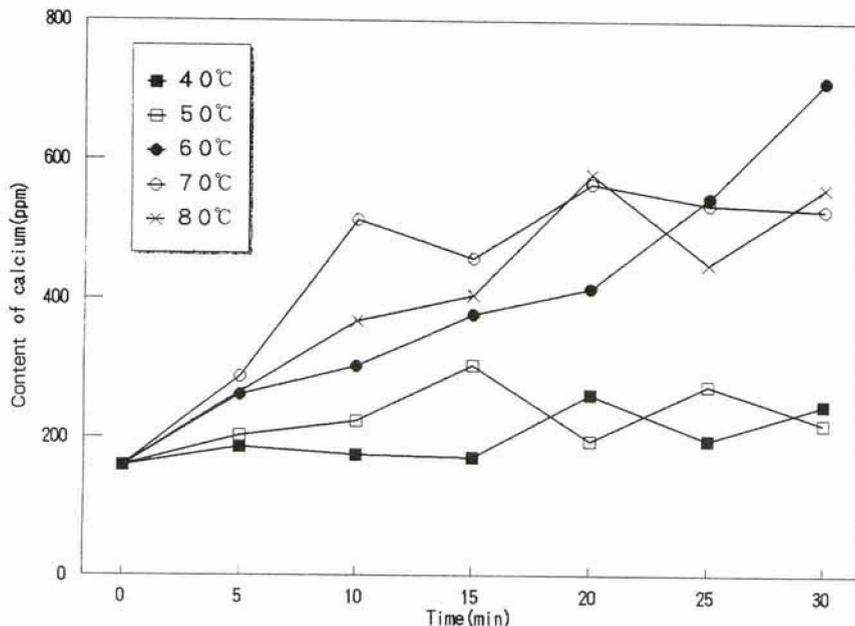


Fig. 4 Effect of temperature and time of the pre-heating treatment on contents of calcium of canned carrots.

### 5. 予備加熱処理したニンジンの部位による硬度

Ca 溶液中で予備加熱処理した場合、ニンジンの外側が内部に比べて硬くなることが考えられるため、ニンジンを輪切りにし、予備加熱処理後、缶詰にしたニンジンの表面を外側、1 cm厚に切断した部分を内側として硬度を測定した。その測定結果を Table 1 に示した。

処理液にCaを加えないで予備加熱処理した対照は外側と内側の硬度差はほとんどなかったが、0.05%のCa溶液で予備加熱処理したものは外側の方が硬くなっていることが認められた。

しかし、食べたときの内側と外側の硬さの差は感じなかった。

Table 1 Effect of the pre-heating treatment on firmness of surface and inner parts of carrots.

	Firmness (N)	
	Surface	Inner
Control	0.48	0.46
Calcium solution	0.89	0.72

### 6. 予備加熱処理したニンジンの部位によるCa含量

部位による硬度を測定した結果、Ca溶液で予備加熱処理したときは表面の方が硬くなっていたので部位別のCa含量を測定した。

その結果を Fig. 5 に示した。Ca 0 の対照では部位によるCa量の差はほとんどなかったが、Ca濃度0.05及び0.1%溶液で予備加熱処理したものは外側の方がCa含量が多くなっていた。このことは、Ca溶液中で予備加熱すると外側により多くのCaが取り込まれ、硬度も高くなるが、内側にも外側に比べて少ないがCaが取り込まれ、Table 1 に示したように対照より硬度が高くなった。

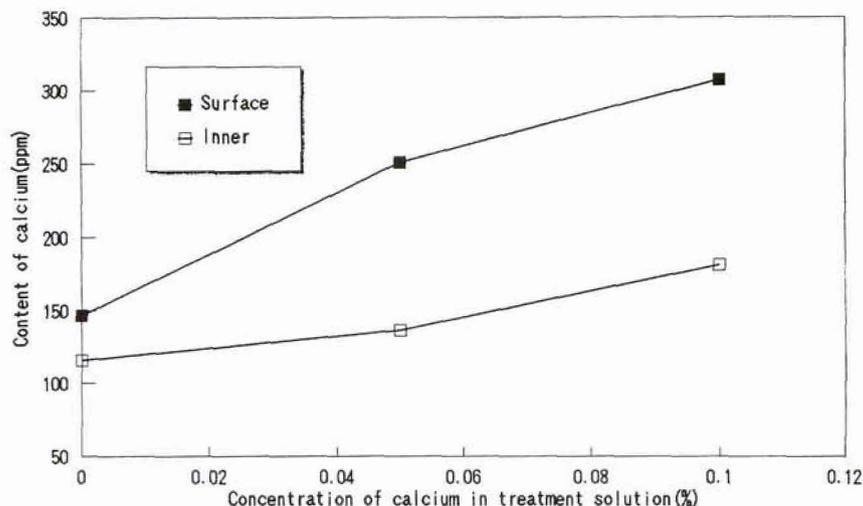


Fig. 5 Effect of the pre-heating treatment on contents of calcium of surface and inner parts of carrots.

#### 7. 予備加熱処理液の pH がニンジンの軟化防止に及ぼす影響

予備加熱処理の温度は60～65℃が至適温度であったため、処理中に好熱性細菌が増殖する危険がある。そのため、処理液の pH を調整してその増殖を抑制する必要がある、そのとき PE の働きがどのようになるか調べた。

各 pH で処理後、缶詰にしたニンジンの硬度を測定した結果を Fig. 6 に示した。

処理液の pH が3.5ではやや軟らかかったが pH 4 以上では何れの pH でも硬度の差はほとんどなく、pH による PE の働きの差は pH 3.5～6.5の範囲ではほとんどなかった。

#### 8. 予備加熱処理中の好熱性細菌の挙動-1

60℃で予備加熱処理すると処理中に好熱性細菌が増殖する危険がある。そのため、pH を調整した50%ニンジン汁に *B. stearothermophilus* 孢子懸濁液を接種し、60℃で予備加熱処理中の菌数を測定した結果を Fig. 7 に示した。

pH 5.5以下に調整した50%ニンジン汁中では4日後でも菌の増殖は認められずむしろ減少して

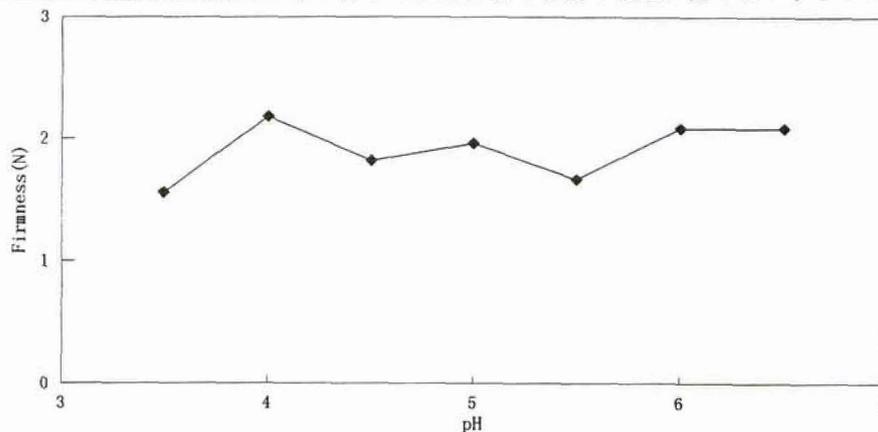


Fig. 6 Effect of pH of the pre-heating treatment on firmness of canned carrots.

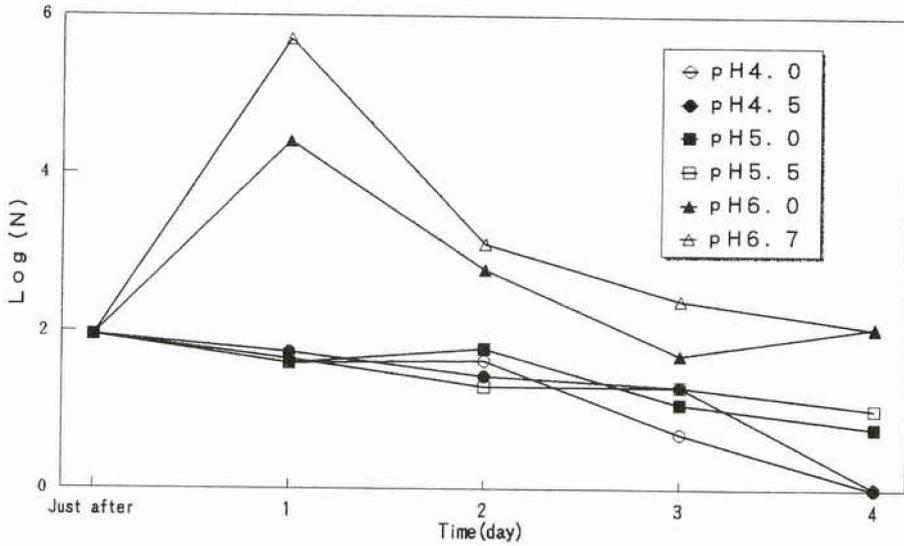


Fig. 7 Changes in microbial number during the pre-heating treatment in carrot juice of various pH.

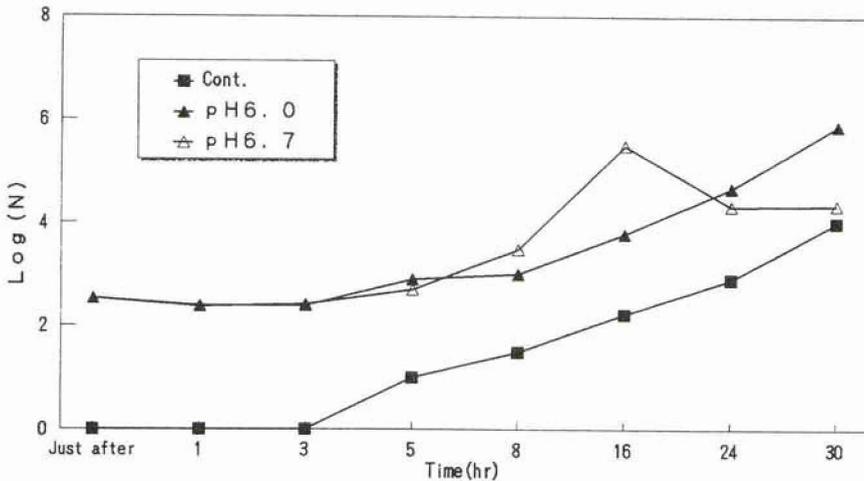


Fig. 8 Changes in microbial number during the pre-heating treatment in carrot juice of various pH.

いた。

しかし、pH6とpH無調整 (pH6.7) の50%ニンジン汁では1日後に急激に菌数は増加したがその後急減した。

#### 9. 予備加熱処理中の好熱性細菌の挙動-2

Fig. 7で菌を接種したpH6.0とpH無調整 (pH6.7) の50%ニンジン汁を60℃で予備加熱処理した結果、処理時間が1日後で菌数はピークになった。そこで、同じ菌を接種したpH6.0, pH無調整 (pH6.7) 及び菌を接種しない50%ニンジン汁について30時間後まで時間毎に菌の増殖を調

べた結果を Fig. 8 に示した。

pH を 6 に調整した 50%ニンジン汁では 8 時間後まで菌の増加はなかった。しかし、16 時間以後 30 時間まで次第に増加した。pH 無調整で菌を接種したものは 8 時間後より菌が増加し、16 時間後にピークになりその後減少した。菌無接種のものは 3 時間後まで菌数は一桁であったがその後漸増した。しかし、16 時間後でも  $10^2$  程度であった。

Fig. 7 で pH 6 以上のニンジン汁で菌が増殖後、急激に減少したのは pH の低下やニンジン中には硝酸態窒素が多く、*B. stearothermophilus* は硝酸を還元して亜硝酸にする<sup>9)</sup> のでこの亜硝酸によって菌が死滅し、減少したとも考えられた。

以上の結果、微生物の増殖を考えると予備加熱処理液は毎日交換するか、液の pH を 5.5 以下、出来れば 5 程度まで下げて行う必要がある。

#### 10. 予備加熱処理によるニンジン中の $\beta$ -カロチン含量

ニンジンに予備加熱処理すると色調が薄くなる傾向がある。そこでニンジンの色調に關与する  $\beta$ -カロチンの予備加熱処理中の変化を測定した。その結果を Table 2 に示した。

ニンジンに予備加熱処理することによって  $\beta$ -カロチンは減少した。このことから予備加熱処理によって色調が薄くなるのは  $\beta$ -カロチンが予備加熱処理中に液に溶出するためと考えられた。そのため、予備加熱処理液に Ca を加え、出来るだけ時間を短くする必要があった。

Table 2 Effect of the pre-heating treatment on contents of  $\beta$ -carotene in carrots.

	Contents of $\beta$ -carotene (mg/100g)
No treatment	5.19
Pre-heating treatment	3.38

### 要 約

予備加熱処理したニンジンに詰め、レトルトで殺菌しても硬さを保っていた。予備加熱処理の温度は 60~65℃ が最も適していた。50℃ 以下では PE の働きが弱く、70℃ 以上では失活したため軟化防止効果はなかった。ニンジンにカルシウム溶液中で予備加熱処理することにより短時間でニンジンの硬度が増加し、硬くなった。その硬さはカルシウム濃度が高くなるに従って増加した。また、ニンジンの表面の方が内部より硬くなったが、食べるときの影響はなかった。予備加熱処理の液の pH は 3.5 以上でニンジンの硬さに影響しなかった。

予備加熱処理中の *B. stearothermophilus* 胞子は pH 5.5 以下では増殖しないが、6.0 以上では増殖し、菌数が多いと 16 時間後にピークになった。そのため、処理中の細菌による汚染を考えると、予備加熱処理液の pH を 5.5 以下にする必要がある。

60℃、30 分の予備加熱処理によりニンジン中の  $\beta$ -カロチン量が減少し、色調が薄くなった。

### 文 献

- 1) 香西みどり：日本調理科学会誌，30 (1) 62-70 (1997)。
- 2) 淵上倫子：家政誌，38，465-473 (1987)。
- 3) L. G. Bartolome and J. E. Hoff：J. Agri. Food Chem.，20，266-270 (1972)。
- 4) 小西英子，淵上倫子，岡本賢一：栄養と食糧，28 (1) 44-46 (1975)。
- 5) C. Y. Lee, M. C. Bouring and P. Van Buren：J. Food Sci.，44，615-616 (1979)。
- 6) 真部孝明：日食工誌，27，234-239 (1980)。

- 7) W. A. Sistrunk and R. F. Cain : *Food Technol.*, **14**, 357-362 (1960).
- 8) 牧野秀子, 畑江敬子, 島田淳子 : 家政誌, **38**, 719-723 (1987).
- 9) 三浦勝利, 川村邦夫, 石関忠一 : GMP 微生物試験法, p.261, 講談社サイエンティフィク, 1993, 東京.