

コールド・チェーンにおける青果物の品質保持と温度許容度に関する研究(第1報)

誌名	園藝學會雜誌
ISSN	00137626
著者名	岩田,隆 緒方,邦安
発行元	園藝學會
巻/号	40巻4号
掲載ページ	p. 437-443
発行年月	1971年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



コールド・チェーンにおける青果物の品質保持 と温度許容度に関する研究 (第1報)

イチゴ, エンドウ, ソラマメ, アスパラガスおよび
甘果オウトウにおける温度許容度の相違

岩田 隆・緒方邦安
(大阪府立大学農学部)

Time-temperature tolerance for keeping quality of fresh fruits and vegetables

I. Difference of time-temperature tolerance among strawberries, peas, broad beans, asparagus, and cherries

Takashi IWATA and Kuniyasu OGATA
*College of Agriculture, University of Osaka Prefecture
Mozu-umemachi, Sakai, Osaka 591*

Summary

To keep the quality of fresh fruits and vegetables by refrigeration above freezing temperature, it would be ideal that the products are chilled immediately after harvest and held at constant optimum temperature throughout transportation, storage, and distribution. Complete equipment of such system, however, would not be practical economically. Our studies were designed to investigate the time-temperature tolerance of various fruits and vegetables to provide information enabling to settle allowable deviation from "ideal" conditions. This paper reports the results with strawberries, broad beans, peas, asparagus, and sweet cherries. Materials were packaged with polyethylene film bag, not hermetically, and treated at 1°, 6°, and 20°C.

1. To keep freshness of strawberries, strictly low temperature was required from the harvest day through whole distribution processes simulated, and the difference of effect between 1° and 6°C was distinctive. Only one day application of 6°C which simulates precooling or transportation periods resulted in obvious hastening of deterioration in comparison with steady 1°C.

2. With broad beans and peas, strictly low temperature was necessary to keep taste and sugar contents, and the quality loss was considerably

rapid even at 6°C.

3. On the deterioration rate of asparagus spears, a little difference was found between 1° and 6°C of storage temperatures. Delaying of cooling and temporary rising of temperature during storage did not influence so much.

4. The freshness of stems of sweet cherries deteriorated rapidly at 20°C, but a little difference was found between 1° and 6°C, and delayed cooling did not show much influence. With sweet cherry fruits, chilling injury was observed at 1° and 6°C, then the shelf lives became in the order as 6°, 1°, and 20°C, but the difference among them was comparatively small.

5. In order to investigate the effect of fluctuation of storage temperature, 1°C-stored strawberries, peas, and sweet cherries were transferred to 6°C for 2, 4, or 8 hours then returned to 1°C every day. The quality of the commodities subjected to fluctuating temperature was evaluated between steady 1° and steady 6°C, and the longer duration of transferring to 6°C was the faster quality deteriorated. Thus it seems that fluctuation of temperature does not cause any stimulative effect on the quality.

いわゆる青果物のコールド・チェーンでは、生産物を収穫直後より消費に至るまで一貫して適正な低温条件下におくことにより最大限に良品質を保持するのが理想で

1971年6月18日受理

あるといえる。そのためには予冷設備、低温輸送機関、産地・中央・末端における低温貯蔵施設などの整備が必要となる。現状では、このようなコールド・チェーンが完備するまでには相当の日時を要するであろうが、漸次

その方向に向かうものと思われる。その際、チェーンを完備するにしても、全行程を理想的な一定条件に規制することは技術的、経済的に相当困難を伴うことであり、実際にはある程度の温度変化を生ずることは避けがたい。このコールド・チェーンの一部が欠けた場合、あるいは低温であつても変動があつた場合に、どの程度まで青果物の品質に影響するかは、温度変化の幅や期間のほか、青果物の種類によつても非常に異なることが予想される。このような意味での温度許容度ないしは低温要求度を知ることは、青果物の取り扱い、ならびにコールド・チェーンを推進するうえで重要なことであると思われる。冷凍食品については米国で、いわゆる TTT (Time-Temperature-Tolerance) の調査がかなり広範に行なわれているが^{2,5)}、生鮮果実そ菜については、この種の知識が非常に乏しい。本研究はこの点を明らかにする目的で始められたものであるが、まず数種青果物について、どの程度まで温度許容度に差があるかを報告する。

材料および方法

実験 I

イチゴ：大阪府八尾産ダナーを 1968 年 5 月 27 日に通常の収穫熟度で採取した。塩化ビニール箱にバラ詰とし、0.03 mm のポリエチレン袋に入れて、袋の端は折り曲げた。

ソラマメ：大阪府喜志産芭蕉を 1968 年 5 月 22 日に収穫し、さやつきで有孔ポリエチレン袋（直径 6 mm 孔 8 個/10 cm × 10 cm）に詰めた。

むきエンドウ：大阪府富田林産白竜を 1969 年 5 月 22 日、大阪府堺産アルダーマンを 5 月 27 日に収穫し、さやつきで有孔ポリエチレン袋詰めとした。

アスパラガス：兵庫県川西産メリーワシントンのグリーンアスパラガスを 1968 年 6 月 12 日に収穫して、先端より 20 cm の個所で直径 10~12 mm の幼茎を選び、有孔ポリエチレン袋詰めとした。

オウトウ（甘果オウトウ）：山梨県産 6 月 11 日収穫のナポレオンを 0.03 mm ポリエチレン袋に詰めて、袋の端は折り曲げた。一部はゴムバンドで締め密封した。

温度処理：収穫当日より、1°、6°、20°C に貯蔵したものを基本区とした。多くの青果物の貯蔵最適温度は 0°C 近くにあるが、温度分布の不均一あるいは温度変動による凍害のおそれを避けて 1°C をこれに替えた。6°C は実際的に容易に維持しやすい低温であり、20°C は室温対照区である。基本区に対して、予冷設備あるいは収穫時の低温輸送手段を欠いた場合を想定した冷蔵遅延区、コールド・チェーンの末端を欠除した低温解除区、その他の温度処理区を設けた。

品質の判定：鮮度の判定は、第 1 図の尺度により 3 名が評価し、平均値で示した。その他、対比較法による食味試験、ソモギー法による糖含量測定なども適宜用いた。

実験 II

イチゴ：大阪府八尾産ダナーを 1969 年 5 月 26 日に通常の収穫熟度で採取し、実験 I と同様に包装した。

むきエンドウおよびオウトウ：実験 I と同じ材料を用いた。

変温処理：収穫当日より 1°C および 6°C の定温とした区に対し、3 種の変温区を設けた。すなわち、1°C 貯蔵を基本とし、1 日に 2 時間、4 時間、あるいは 8 時間だけ 6°C に移した後、また 1°C に戻す操作を毎日繰返した。

実験結果および考察

品質保持と温度許容度

イチゴ：イチゴの品質変化の第一の要因は鮮度(外観)

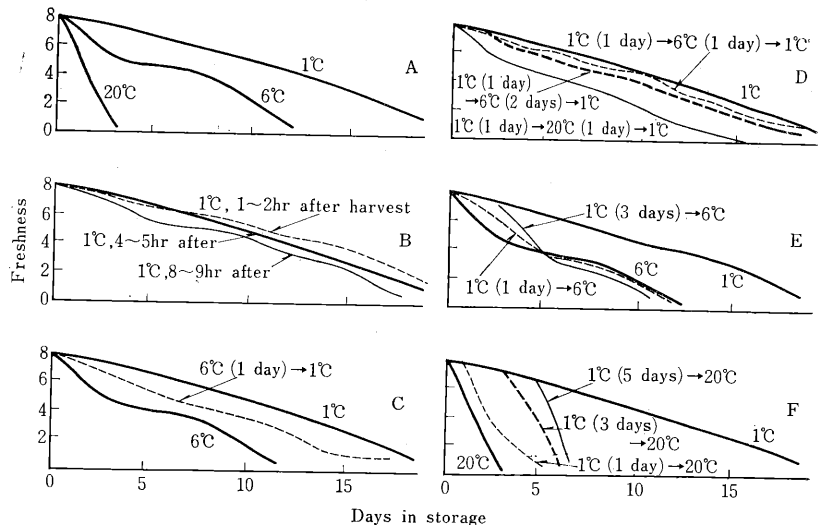


Fig. 1. Time-temperature tolerance of fresh strawberries.

B: Effect of hours needed from harvest to cooling. C: Effect of mild pre-cooling, simulated. D: Effect of mild transportation temperature, simulated.

Freshness score. 8: Fresh. 6: Slightly deteriorated. 4: Deteriorated. 2: Markedly deteriorated but salable. 0: Not salable.

Table 1. Browning of a section of bean which connecting to shell, as a possible index of time-temperature experience of broad beans.

Treatments	Days in storage						
	5	6	9	12	19	24	30
1°C		0	0	0	I	II	II
6°C		0~I	I	III			
20°C	III						
20°C (1 day) → 1°C		0	0	0~I	I	II	II~III
20°C (2 days) → 1°C		I	0~I	I	II~III		II~III
20°C (3 days) → 1°C		I	II	II	III		
1°C (3 days) → 20°C			III				
1°C (7 days) → 20°C			I	II~III	III		
1°C (3 days) → 20°C (3 days) → 1°C		II	III				
1°C (6 days) → 6°C (3 days) → 1°C			0	I	II	II	III

After abscission of small tissue which joins bean with shell, browning develops.

0: Non-abscission. I: Slightly browned. II: Fairly browned. III: Extremely browned.

の劣化であり、まず果実表面の一部が退色し、汁液が浸出し、さらにカビが肉眼でみられるようになる。各種温度処理と鮮度低下の関係は第1図のようであった。1°Cと6°Cの間でも貯蔵性に大差がみられ(A)、商品性を保った日数を比較すると、1°Cで17日、6°Cで10日、20°Cでは2日であった。上記の1°C区は、収穫後4~5時間で1°Cの貯蔵室に移したものであるが、これを標準とし、より早期(収穫後1~2時間)あるいは遅れて(8~9時間)収納するものも設けた(B)。これは、どれほど低温処理が急がれるかをみたもので、後者は朝収穫したものを夕方処理する程度となる。急冷したものは貯蔵中期までは標準と変わらないが、後期において多少効果が現われた。遅延したものは鮮度低下が少し早まったが、その差はわずかである。

最初の1日だけ6°Cとし、その後は1°Cに保つた場合、すなわち予冷温度を緩和したものでは、明らかに全期間1°Cとしたものに劣つた(C)。

収穫時に1°Cまで冷却し、その後6°Cで1~2日または20°Cで1日おいた後、ふたたび1°Cに戻した場合も設定した(D)。すなわち、予冷を十分行なえば、それに続く輸送期間の低温はある程度緩和できるのではないかと想定したが、これも昇温の程度に相応して鮮度低下が明らかであった。

収穫当初を1°Cで1~3日(予冷・輸送)保ち、以後は6°Cとしたものでは、当初の数日を除くと、最初から6°Cのものとはほとんど差がなかつた(E)。

1°Cに1~5日保つた後20°Cにすると、急速に鮮度が低下し、1°Cにある期間が長いほど低温解除後の品質変化が速い(F)。

以上のようにイチゴの鮮度保持にはより低温でしかも安定した温度が要求されるもので、6°Cでは明らかに不十分であり、終始一貫して0°C近くに保つことが必要で

ある。

ソラマメ：さやの外観をみると、20°Cでは収穫後5日頃かつ変が始め12日では非常に汚なくなつたのに対し、1°Cでは30日後もよく緑色が残り、6°Cでもかなりよい状態であった。さや内面の綿状白色部がかつ変すると、かなり商品性を損ねるが、その進行状況は上記さや外観とよく一致していた。

さや外観からは、20°Cに相当期間おいた場合を除くと、各種温度処理の効果が明らかでなかつたが、さやと種子を結ぶ小組織いわゆる‘つめ’の剥離の有無および剥離跡のかつ変度が温度に対して非常に敏感に反応し、この変化はソラマメが収穫後どのような温度履歴を経てきたかを示す指標として用いることができるようである(第1表)。すなわち、1°Cでは30日後も剥離跡のかつ変は中程度であったが、6°Cでは12日、20°Cでは5日ですでに全面黒変していた。その他冷蔵遅延、低温解除などの影響も明らかである。そしてこれらの変化は次に述べる食味の変化とよく相応していた。

ソラマメの風味保存のためにはイチゴと同様、より低温で安定な温度が要求される。20°Cでは急速に食味が低下して1~2日で劣化が明らかであったが、1°Cでは30日後もかなり良好であった。6°Cでも変化はかなり急速であった。

食味低下は糖含量の減少と密接に関連するようであった(第2表)。糖のほとんどは非還元糖であるが、収穫時の全糖含量2.2%のものが20°C3日でも0.8%にまで減少し、20°C1日後1°Cにしたものでも明らかな減少があつた。6°Cでもかなり急速に減少した。これらに対し、1°Cでは貯蔵中ある程度まで増加し、30日後に3.7%を示した。ただし、20°Cに1~3日おかれて糖の減少したのも、その後1°Cにすると糖含量が回復するにもかかわらず、食味はやはり劣つていたので、ソラマメ

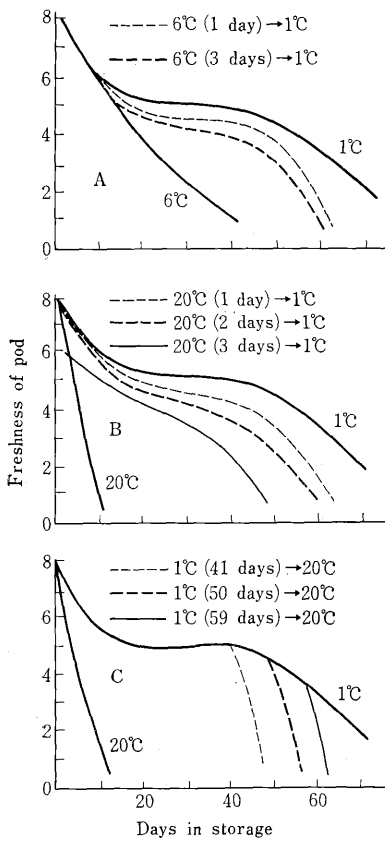


Fig. 2. Time-temperature tolerance of peas stored with shell.

が、その後相当期間にわたって安定な状態を保ち、50日近くなつて劣化が速くなつた。結局1°Cでは2か月以上商品性が保持された。これに対し6°Cでは約1か月が限界であり、1°Cに比べると1/2以下に短縮された。20°Cに1~3日おいた後1°Cにしたものでは、最初から1°Cにあつたものに比べ貯蔵期間が12~28日も短くなつた(同図B)。6°Cに1~3日後1°Cとした場合でも10~15日の損失があり(同図A)非常に温度許容度が小さい。1°Cに40~60日おいた後20°Cとし、出庫後における変質をみたが(同図C)、その速度は収穫当初とあまり変わらなかつた。

まめの食味を保つには、ソラマメと同様に収穫当初より、より低温で、できうる限り早い低温処理が要求されるのであつて、1°Cでは外観上商品価値を失なうまで、相当よい食味が保たれたが、20°C

の食味低下の原因は糖の変化だけではない。これらについては、さらに詳しい検討を行なつているので次報に述べるが、ともかくソラマメも良品質を保つには温度許容度が小さいものであるといえる。

むきエンドウ：20°Cではほぼ1週間でさやが黄化し、腐敗が発生して商品性を失なつた(第2図)。1°Cでは、初期にある程度まで鮮度が低下する

Table 2. Changes of total sugar contents in broad beans and the effect of delayed cooling.

Treatments	Days after harvest							
	0	3	6	7	9	13	20	30
1°C	2.2	3.3	2.8		3.9	3.8	2.7	3.7
6°		2.6			1.4	0.9		
20°		0.8	0.8		2.1*			
20°(1 day) →1°				1.6		2.0		3.8
20°(2 days) →1°			0.4			2.2		3.8
20°(3 days) →1°				0.8		2.4		

* Decayed partially.

では1日、6°Cでも5日で食味の低下が認められた。これについては、さらに次報で述べる。

以上は白竜についての結果であるが、アルダーマンでも、その傾向は全く同様であつた。ただし全般に貯蔵期間が短かく、1°Cで約50日であつた。

アスパラガス：20°Cでは4~5日で先端部が軟化腐敗し、汁液が浸出して全く商品性を失なつた(第3図)。しかし、1°Cと6°Cの間には鮮度保持の効果においてあまり相違がみられず、いずれも2週間でややおれ、また先端部の暗緑化(腐敗の開始)が始まつて商品性を失なつた。また、20°C2日後1°Cとした冷蔵遅延区、あるいは1°C1日→20°C2日→1°Cの予冷後常温輸送を想定した区でも、最終的には、1°Cならびに6°C定温のものともあまり変わらなかつた。このような意味では温度許容度が大きいといえる。

食味および肉質に関する官能検査を行なつたところ、低温区でも漸次評価が低下したが、1~2週後でも1°Cと6°Cの間に有意差はみられなかつた。

糖はほとんど還元糖で貯蔵中に漸減した(第3表)。先端の腐敗が始まつたものでは、その下部の健全部においても糖含量が急減したが、それ以外に1°C区と6°C区の明らかな相違はなかつた。

オウトウ：オウトウの品質は果実だけではなく果梗の

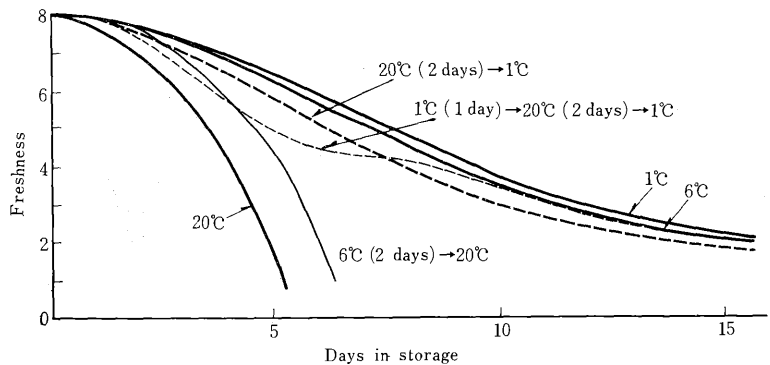


Fig. 3. Time-temperature tolerance of asparagus.

Table 3. Changes of reducing sugar contents in asparagus spears.

Treatments	Days in storage					
	1	3	5	6	7	15
1°C	1.8%	1.9			1.2	0.7*
6°		2.2			1.5	1.4
20°		1.8	0.3*			
20°(2 days)→1°					1.4	0.6
1°(1 day)→20°(2 days)→1°					1.2	0.9
6°(2 days)→20°				1.2*	0.6	

* Tip of spears began decay, sound parts were measured.

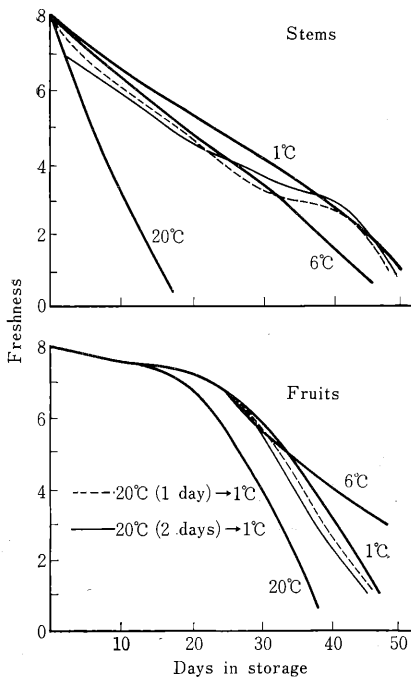


Fig. 4. Time-temperature tolerance of sweet cherries.

状態も問題とされるが、温度処理に対する反応は両者で非常に異なっていた。果梗は、20°C ではかなり急速に緑色を失ない、収穫後 13 日頃には黒変した。低温では相当期間鮮度を保持し、1°C と 6°C の差はあまり大きくない。また 20°C 1~2 日程度の冷蔵遅延の影響も少なかった（第4図）。

果実では 20°C でも劣化の進行は遅く、25 日頃より光沢を失ない、部分的かつ変を生じて 35 日には商品性を失なっていた。これに対し、1°C と 6°C の低温は鮮度保持の効果があまりなかった。ことに低温貯蔵 30 日以上になると、低温より室温に移した場合、急速に果面がかつ変する現象がみられた。これは明らかな低温障害の症

状であり、その程度は 6°C より 1°C 貯蔵のものに著しかった。低温中でもこのかつ変は漸次出現するので、第4図では 1°C よりも 6°C の商品性保持期間が長くなっている。しかし、6°C でも 40 日以上になると、室温に移した場合に数時間であつ変するので、実質上貯蔵限界を過ぎたものと考えられる。

食味、糖、酸含量などは個体差が大きく、貯蔵中に明らかな変化が認められなかった。

これまで一般に、アウトウは収穫後急速に冷却し、-0.5~0°C の低温に貯蔵するものとされてきたが^{1,3,4)}、本実験よりみると低温要求度は低い。この差は包装方法によると思われる。上述の急速冷却は主として果梗のしおれや変色を防止するのが目的であるが、本実験のようにポリエチレン包装を行なうと、それほど冷却を急ぐ必要がない。なお、別にポリエチレン袋に密封したものも試みたが、その鮮度保持効果は、単に袋の端を折曲げた上記結果よりも多少勝っていた。本実験の低温は 1°C と 6°C のみであつたが、ポリエチレン包装によつて果梗の変化を防止できるから、6°C 以上で、果実の低温障害を生じないところに最適貯蔵温度があると思われる。

変温の影響

貯蔵温度は、最適温度で一定していることが望ましいのはいうまでもない。貯蔵中に温度が変動すると何らかの影響が予想されるが、それは変動に伴つて最適域よりはずれるということだけであるのか、あるいは、さらに温度変動による影響が加わるものなのか疑問に思われる。もしその影響があるならば、低温で温度変動があるよりも、より温度が高くても一定している方がよいということもあり得る。この点を明らかにする目的で、1°C 貯蔵を基本とし、1 日のうち 2 時間 (2H)、4 時間 (4H)、あるいは 8 時間 (8H) だけ 6°C に移す処理を毎日行なつて、鮮度低下に及ぼす影響をみたのが第5図である。

イチゴとむきエンドウでは、明らかに変温の影響がみられ、6°C にある時間が長いほど品質の低下が早い。しかし、いずれの場合でも 6°C の定温にしたものより勝れている。したがつて変温によるストレス効果はあまり考える必要がなく、温度と鮮度変化の関係は積算温度的な考え方で処理できるように思われる。ただし、温度変動の幅が大きくて凝結水を生ずるような場合には、また別の考慮が必要であろう。なお、エンドウなどの冷凍品については変温の影響が調査されているが、その場合変温したものの品質変化は、変温の平均に相当する温度で一定して貯蔵されたものとの間に差がないと報告されている⁵⁾。

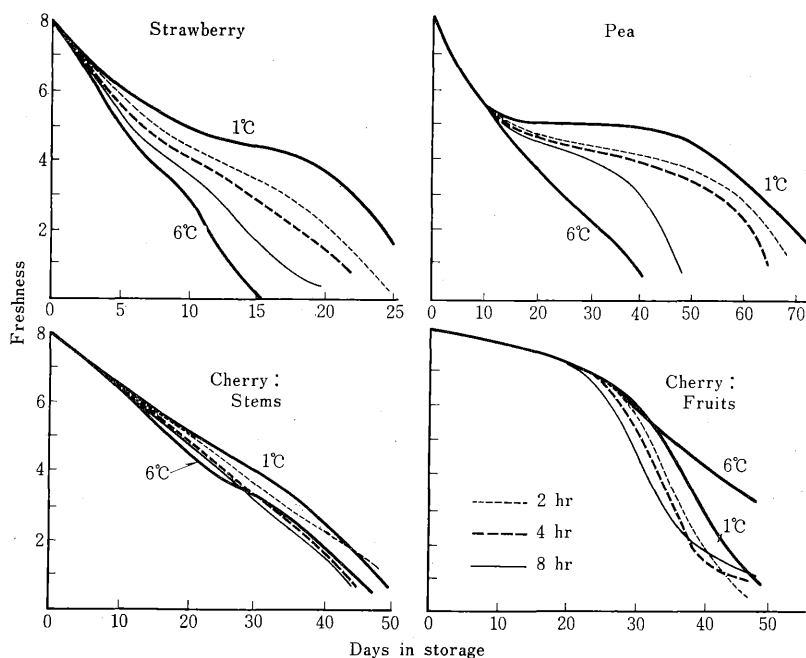


Fig. 5. Effect of fluctuation of storage temperature on the freshness of strawberries, peas, and sweet cherries.

1°C-stored materials were exposed to 6°C for 2, 4, or 8 hours every day throughout experimental period.

Table 4. Effect of fluctuation of storage temperature on the changes of total sugar contents of peas.

Treatments	Days in storage	
	14	30
1°C	3.5%	2.7
6°	2.7	2.6
2 hours rising*	2.9	2.3
4 hours rising*	3.1	2.5
8 hours rising*	2.5	2.7

* Described in Fig. 5.

エンドウの品質変化の一要因である糖含量の変化は第4表のようであり、貯蔵中期までは変温の影響がみられた。

アウトウではやや様相が異なる(第5図)。果梗については、4時間以上6°Cにあると終始6°Cのものと同じになるが、2時間では1°Cと6°Cの中間にくるが、果実においては、変温区はいずれも1°Cおよび6°C区よりも劣っていた。これは果面のかつ変によるものである。低温障害は、低温における代謝の異常に基づくが、その症状は低温貯蔵したものを高温に移した場合急速に顕著に現われるのが普通である。アウトウ変温区の劣化も、このような現象が緩慢に現われたものと考えられる。

摘 要

生鮮果実、そ菜の品質を保つには、収穫直後より消費に至るまで一貫して一定した最適温度におくのが理想であるが、実際には経済的、技術的にかんがりの困難を伴う。本実験では数種果実、そ菜について、そのような場合に、どの程度まで低温が要求されるのか、低温貯蔵中にどれほどの温度変動が許されるのかを検討した。処理温度は1°C、6°Cおよび20°Cを基本とし、有孔または非密封の無孔ポリエチレン袋に詰めて貯蔵した。

1. イチゴの鮮度を保つには収穫当日より一貫してより低い安定した低温が要求され、1°Cと6°Cの差は大きい。予冷あるいは輸送を想定した1日だけ6°Cとし他は1°Cに保つた場合も、全期間1°Cにしたものに比べると明らかに劣つた。

2. ソラマメの食味や糖含量を保持するには収穫当日よりなるべく低温に保つことが必要で、6°Cでは不十分である。

3. むぎエンドウの食味、糖含量、さや外観の保持にもより低い低温が要求され、短期間6°Cにおいても明らかに悪影響がみられた。

4. アスパラガスの鮮度および食味の保持には1°Cと6°Cの間にあまり差はみられず、冷蔵遅延や一時的昇温

の影響も少ない。

5. オウトウの果梗の鮮度保持には1°Cと6°Cの間にあまり差がなく、冷蔵遅延の影響も少ない。果実では1°Cおよび6°Cにおいて低温障害が発生したので商品性保持期間は6°C、1°C、20°Cの順となつたが、その差は比較的小さい。

6. イチゴ、むきエンドウ、オウトウについて、1°C貯蔵を基本とし、1日のうち2～8時間だけ6°Cに移す変温処理を毎日行なつて、その品質に及ぼす影響をみた。イチゴ、むきエンドウでは変温区はいずれも1°C貯蔵よりも品質の低下は早くなつたが、6°C貯蔵のものより勝れていた。しかしオウトウ（果実部）では変温区は1°Cおよび6°C貯蔵よりも劣つた。

謝辞 本実験に協力された松島芳文、南貞雄、柏原和孝、岡良博の各氏ならびに実験材料についてご配慮いただいた東洋食品研究所農場の各位に厚く御礼申し上げます。なお、本実験については文部省科学技術研究費補助金の助成をいただいた。記して謝意を表する。

引用文献

1. Amer. Soc. Heat. Ref. Air-cond. Eng. Inc. 1968. ASHRAE Guide and Data Book. Applications. Commodity storage requirements. pp. 453—462.
2. BOGGS, M. M., W. C. DIETRICH, M. NUTTING, R. L. OLSON, F. E. LINDQUIST, G. S. BOHART, H. J. NEUMANN and H. J. MORRIS. 1960. Time-temperature tolerance of frozen foods. XXI. Food Technol. 14 : 181—185.
3. DEWEY, D. H. 1950. The effect of air blast precooling on the moisture content of the stems of cherries and grapes. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 56 : 111—115.
4. SIEGELMAN, H. W. 1953. Brown discoloration and shrivel of cherry stems. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 61 : 265—269.
5. VAN ARSDEL, W. B. 1957. The time-temperature tolerance of frozen foods. I. Food Technol. 11 : 28—33.