ナスの低温障害に関する研究

蔡 龍 銘*

Studies on the Chilling Injury of Eggplant

Lung-Ming Tsay**

Summary

In this study, the fruits of a long-shaped variety of eggplant 'Pingtung Chang-chei' grown in Taiwan was stored at 1°C, 10°C and 16°C for researching the quality changes during storage and to find out the conditions which the symptoms of chilling injury would occur. In storage, the fruits were packaged in three ways: perforated polyethylene bags (P-PE), non-perforated polyethylene bags (N-PE) and non-perforated polyethylene bags with ethylene absorbants (KMnO₄) inside (N-PE+A).

The quality and the symptoms of chilling injury, namely, water contents, anthocyan contents, total soluble solid contents, the hardness of flesh, surface pitting and seed browning were measured weekly.

As to the results, the fruits stored at 1°C showed complete softening and browning after storage for more than one week. The fruits stored in 10°C in a N-PE package showed the symptoms of chilling injury firstly, the N-PE+A packaged the second, and the P-PE packaged the last.

The respiration rate of the fruits was as low as 10-15 mg/kg/Hr during the first 10 days stored at 20°C, but when the fruits getting mold, it rose to about 40 mg/kg/Hr.

(Received July 1, 1986)

緒 言

青果物の品質を良く保たせるために、低温貯蔵が良く使われる、普通、凍結に至らない 0～10°C で貯蔵するが、この温度域でいくつかの青果物が低温障害 (chilling injury) を受け、品質を損なう場合がある。特に熱帯や亜熱帯原産の青果物は 10～12°C にさらされても、生理的な異常が起こり得る¹⁾。その症状としては変色、軟化、陥没 (pitting)、追熟不能、腐敗などのような外部からでもみられるものもあり、外観には特別に異常が認められなくても、内部的に変色、変質 (成分変化) などの変

化が認められるものもある。一般的に低温域から室温に移すと急速に症状が発現するものが多い¹⁾。

ナス (*Solanum melongena* L.) 果実は低温障害が起こりやすいものである。阿部らはナスを 1～6°C で貯蔵すると低温障害が起こることを観察し、その発生する条件や症状についての研究をしている^{2)～5)}。その他、収穫日の晴雨やシーズン⁶⁾、包装状態⁷⁾、コンディショニングの有無、栽培期の圃場の外気温⁸⁾、収穫熟度⁹⁾などの因子がナスの低温障害の発生に影響する報告などもされている。

変温処理¹⁾、コンディショニング⁹⁾ などによりナスの低温障害が軽減されるという指摘もある。低温障害の生理的な変化についての報告も多いが、小机ら^{8), 9)}はその症状およびフェノールなどの内容成分の変化について研究し、また山脇ら¹⁰⁾は低温障害に伴うミトコンドリアの

* 中華民國台湾省・國立屏東農業專科學校園藝學科
(〒90003 中華民國台湾省屏東市民生東路51号)

** Dept. of Horticulture, National Pingtung Institute
of Agriculture, Taiwan, R.O.C.

機能変化、後藤ら¹¹⁾は膜透過性および膜脂質 脂 肪 酸 構 成、李ら^{12), 13)}は組織形態的な変化について研究してきた。

台湾の屏東県で栽培される‘屏東長茄’ナス果実は、型は長く、肉質は柔軟で、島内で良く利用される品種である。しかし、貯蔵に関する研究はほとんどされていない。本研究では、これを材料とし、品質保持の立場から、温度条件や包装方法を探るとともに、低温障害に関する症状などについても研究を行った。2, 3の結果を得たので報告する。

材料および方法

実験材料

材料は台湾屏東県で栽培される品種‘屏東長茄’で、開花後30日のものを用いた。収穫当時のサイズは、がく側径 2.52 ± 0.21 cm, 果頂部側径 3.23 ± 0.43 cm, 長さ 28.04 ± 1.20 cm, 平均果重 123.1 ± 11.2 gのものであった。

方 法

1. 貯 蔵 実 験

果実6個体を1組とし、厚さ0.03mmの低密度ポリエチレン袋に入れ、有孔区では袋に直径4mmの孔を2個開

け、密封区では袋を密封し、エチレン除去区では、密封した袋にエチレン除去剤(2.8%過マンガン酸カリウムをパーミキュライトに吸収させて乾燥したもの)10gを入れたものとした。貯蔵は1℃, 10℃および16℃の貯蔵庫で行った。貯蔵期間中14日目および21日目に在庫し、重量減、果肉硬度、外観状態、種子褐変状態、水分含量、可溶性固形物含量などを調査した。

2. 低温障害の症状について

ナス果実を1℃および10℃で貯蔵し、低温障害が起こる果実について、外果皮の陥没(pitting)、果皮中のアントシアン含量、種子および維管束の褐変状況、および陥没組織の構造変化について調べた。アントシアンは片岡ら¹⁴⁾の方法に従った。すなわち、厚さ2.3mm、直径4mmの果皮ディスク12個を採取し、酸性アルコール溶媒(1% HCl/95% ethanol)で抽出し、日立150-20型分光光度計により波長190~700nmの範囲でスキャンニングを行った。陥没組織の構造変化を観察することについては、陥没している組織を切り取り、F.A.A.で固定後、パラフィン法により、組織を15μmの厚さで連続切片を作製した。その後またサフラニンOとライトグリーンで2重染色し、バルサムで封入し、オリンピック B071

Table 1. Effects of temperature and packaging method on the quality of eggplant.

Temp. Packaging method	Period (week)	Weight loss (%)	Peel appearance	Seed browning	Water content (%)	TSS (%)	Hardness (kg/3mm f)
1℃ N-PE	0	0	normal	0	92.3	4.2	0.686
	1	0.74	pitting	++	92.6	4.9	0.488
	2	0.76	soft, brown	+++	92.6	4.8	0.403
	3	0.91	soft, brown	+++	93.2	4.6	0.469
10℃ P-PE	2	2.35	normal	0	93.6	4.7	0.648
	3	3.70	wilt	++	93.1	4.0	0.563
10℃ N-PE	2	2.45	pitting	+	93.3	4.2	0.619
	3	1.39	decay	+++	94.1	4.2	0.423
10℃ N-PE+A	2	3.35	pitting	+	93.5	4.5	0.613
	3	1.61	pitting	+	93.4	3.6	0.536
16℃ P-PE	2	6.60	normal	0	92.7	4.6	0.662
	3	8.86	normal	0	93.3	4.0	0.618
16℃ N-PE	2	2.25	normal	0	93.6	4.0	0.582
	3	1.49	mold	0	94.2	4.2	0.490
16℃ N-PE+A	2	2.85	normal	0	93.6	4.0	0.611
	3	3.05	wilt	0	92.5	4.2	0.514

TSS (total soluble solid), P-PE (perforated polyethylene), N-PE (non-perforated polyethylene), N-PE+A (N-PE with ethylene absorbant).

型顕微鏡で写真撮影した¹³⁾。

3. 呼吸量の測定

一定容積 (18 l) のデシケーターの底に 置いた蒸発皿に 2 N KOH 25ml を入れ、試料 (ナス 8 個体) を入れて密封し、排出ガスを KOH に吸収させ、6 時間後に取り出し、0.5 N HCl で滴定し、対照区 (ナス果実を入れていないもの) との差により、排出炭酸ガス量を計算した。

結 果

1. 貯蔵実験について

ナス果実を有孔区、密封区およびエチレン除去区に分け、それぞれ 10℃ および 16℃ で貯蔵し、ほかに 1℃ では密封区だけを設けて貯蔵した。貯蔵中の品質変化は Table 1 に示すように、1℃ 貯蔵では 1 週間で果皮のピットING が発生し、種子の褐変も認められた。2 週間以内で果実は完全に軟化・褐変し、種子も著しく褐変した。10℃ で貯蔵した場合、密封区の果実はピットING が早く発生し、3 週間になると軟化し腐敗し始めた。有孔区およびエチレン除去区の症状発生はやや遅いが、3 週間以上になればピットING、種子褐変などの症状が認められた。その程度は密封区より軽いものであった。

16℃ で貯蔵すると低温障害の症状が見られなく、各区とも 2 週間以内では正常な品質が保持できた。しかし、2 週間以上貯蔵すると、カビや萎凋などの現象が起こり、商品価値を失った。

水分含量の変化については、全区とも貯蔵中やや増加する傾向が見られたが顕著な変化ではなかった。可溶性固形物含量もわずかな増加しか認められなかった。果肉硬度については全区とも貯蔵につれ減少した。

2. 低温障害の症状について

ナス果実の低温障害の症状を観測するために、果皮のピットING、アントシアン含量、種子と果実内部維管束の褐変、およびピットING 組織の変化を調査した。

Fig. 1 に示したように 10℃ で 4 週間貯蔵した場合、有孔区ではピットING が軽微で、種子部の褐変もわずかであった。密封区ではピットING があり、ひどくなったところでは褐変し、紫色を失った。種子部および維管束の褐変も顕著であった。エチレン除去区はピットING も種子部および維管束の褐変も中間程度であった。

果皮のアントシアンを抽出し、測定した結果は Fig. 2 のようであった。分光光度計でスキャンニングを行った

Fig. 1 The symptoms of chilling injury in eggplant—surface pitting (upper) and seed browning (lower).

結果、可視部波長 550nm にピークが見られた。

1℃ で貯蔵した場合、可視部に吸光を示さず、アントシアンが完全に破壊されたことを表わしている。

低温障害を受けた組織および健全な組織の切片を作製し、光学顕微鏡で観察した。結果は Fig. 3 のようであった。A—F は 10℃ で 3 週間貯蔵した果実に発生したピットING 程度の異なったものを示し、程度により表皮下 1 層あるいは数層から下の細胞が扁平化していることが認められ、原形質を流失したように思われた。G, H は 1℃ で 3 週間貯蔵したもので、すべての細胞が破壊され、原形質が分離している。I, J は 16℃ で 3 週間貯蔵した正常な組織で、細胞の扁平化や原形質分離が見られなかった。

3. 呼吸量の測定

20℃ で通気式貯蔵を行い、ナス果実の呼吸量の変化を測定した。結果は Fig. 4 に示すように最初の 10 日間では呼吸量が漸減し、12 日目にカビが出た時呼吸量も急増した。

考 察

低温障害が起こり得る温度は貯蔵の温度条件の限界に

Fig. 2 Changes in anthocyan contents of eggplant during storage at 1°C and 10°C.

Fig. 3 Microphotographs of the normal and chilling injured tissues.

A-F, tissues which stored at 10°C, G-H, tissues which stored at 1°C, I-J, tissues which stored at 16°C for 3 weeks respectively. A, 10×10; B, 10×20; C, 10×10, D, 10×20; E, 10×10; F, 10×20; G, 10×10; H, 10×20; I, 10×10; J, 10×20.

Fig. 4 The respiration of eggplant during storage at 20°C.

なる。李ら¹³⁾は 4℃、小机ら⁸⁾は 1℃、河崎ら⁹⁾は 6.5℃、阿部ら²⁾は 6℃でナスを貯蔵すると低温障害が起こることを認めた。本実験では 1℃で貯蔵したものはもちろん、10℃で貯蔵したものの表皮にピットングが認められた。しかし、阿部ら²⁾の実験で‘千両’種では 10℃で貯蔵した場合、ピットングがまったく発生しないと報告した。これは品種の違いにより、低温耐性も異なることを意味すると思われる。

ミトコンドリアの機能的な変動および膜透過性の変化が低温障害の症状（ピットング）の発現する前に現われること¹⁰⁾、膜透過性の増大や膜崩壊により液胞中の酵素が基質と接触し、褐変などの症状を引き起こすことが指摘されている¹³⁾。小机ら⁸⁾は 1℃で貯蔵したナス果実の PAL (phenylalanine ammonia-lyase) の活性増大により、クロロゲン酸 (chlorogenic acid) が蓄積し、組織の褐変をもたらすものと推測した。本研究でみられた低温における種子部および維管束の褐変は、このような機構によって発生するものと考えられる。

有孔ポリエチレン袋で包装したナス果実にはピットングや種子褐変などの症状が比較的ゆるやかであったが、それは密封区に比べ換気性がよく、雰囲気中の CO₂ 濃度の増大が低いことが関係するように思われる。この結果は伊東ら⁷⁾の結果と一致している。しかし、有孔区の果実に低温障害が軽くても、がく部にカビ、腐敗が早く現われ、商品価値を失っていた。

要 約

本研究では台湾産の‘屏東長茄’種ナス果実を材料とし、1℃、10℃および 16℃にて、貯蔵中の品質変化を調べ、また、低温障害の発生状態を観測した。

ナス果実を厚さ 0.03mm のポリエチレン袋で包装し、各温度処理に有孔区、密封区およびエチレン除去区を設けた。

貯蔵期間中、週ごとに品質の変化および低温障害の症状、すなわち、水分含量、アントシアン含量、可溶性固形物含量、果肉硬度、表皮のピットング、種子部の褐変などを調査した。

1℃で 1 週間以上も貯蔵した果実は完全に軟化し褐変した。10℃で貯蔵した場合、密封区に最初にピットングが発生し、次にエチレン除去区に、最後に有孔区にも発生した。

20℃通気貯蔵でナス果実の呼吸量を測定した。始めは 10～15 mg/kg/Hr の低レベルであったが、10日以降になるとカビが発生し、呼吸量も 40 mg/kg/Hr まで上昇した。

低温障害が進むにつれ、果肉中の柔軟細胞の扁平化は多くなったが、表皮層の細胞は変化していなかった。

引用文献

- 1) LYONS, J.M.: *Ann. Rev. Plant Physiol.*, **24**, 445～446 (1973)
- 2) 阿部一博・岩田 隆・緒方邦安: 園学雑誌, **42**, 402～407 (1974)
- 3) 阿部一博・茶珍和雄・緒方邦安: 園学雑誌, **45**, 307～312 (1976)
- 4) 阿部一博・緒方邦安: 園学雑誌, **46**, 541～547 (1978)
- 5) 阿部一博・茶珍和雄: 園学雑誌, **54**, 247～256 (1985)
- 6) 河崎雄司・中村怜之輔: 園学要旨, 昭 51 春, 404～405 (1976)
- 7) 伊東卓爾・中村怜之輔・松本幸夫: 園学要旨, 昭 55 春, 490～491 (1980)
- 8) 小机信行・小机えつ子: 家政学雑誌, **26**, 479～483 (1975)
- 9) Kozukue, N., Komukue, E. and Kishiguchi, M.: *Sci. Hort.*, **11**, 51～59 (1979)
- 10) 山脇和樹・富山光子・茶珍和雄・岩田 隆: 園学雑誌, **52**, 332～338 (1983)
- 11) 後藤昌弘・南出隆久・藤井雅弘・岩田 隆: 園学雑誌, **52**, 210～218 (1984)
- 12) 李 正吉・岩田正利: 園学雑誌, **51**, 231～236 (1982)
- 13) 李 正吉・岩田正利: 園学雑誌, **51**, 237～243 (1982)
- 14) KATAOKA, I., KUBO, Y., SUGIURA, A. and TOMANA, T.: *J. Japan Soc. Hort. Sci.*, **52**, 273～279 (1983).

(昭和 61 年 7 月 1 日受理)