

小トウガンの貯蔵における低温限界温度

曾我綾香・吉田 誠・渡邊清二・真子正史¹⁾

Low Temperature Limit on Storage of Wax Gourd

Ayaka SOGA, Makoto YOSHIDA, Seiji WATANABE and Masafumi MANAGO¹⁾

摘 要

ウリ科植物の1つであるトウガンは、神奈川県においては主に横須賀・三浦地域で栽培されている。夏期収穫後、冬期まで出荷されるが、気温の低下に伴って貯蔵性が落ちるとの問題が挙げられていた。そこで、小トウガンを用いて貯蔵温度の違いが品質に及ぼす影響について検討するとともに、貯蔵下限温度の解明を試みた。5か月間、貯蔵試験を行った結果、12℃未満の一定温度下で貯蔵するとピットイング等の低温障害の症状が外観に現れた。また、低温障害の症状が現れた果実では、遊離糖、ビタミンCの含有量が著しく低下していた。以上のことから、外観、内容成分ともに品質低下を招く低温障害を避けるために、小トウガンの貯蔵は12℃以上で行うことが望ましいと考えられた。

謝 辞

本報告を作成するにあたり、(独)食品総合研究所食品工学部椎名武夫博士にはご校閲の労をとっていただいた。ここに記して感謝の意を表する。

キーワード：トウガン、品質、低温障害、貯蔵

Summary

For the storage of small wax gourd (*Benincasa hisoida*), changes in the quality under various temperature conditions and low temperature limit in storage were investigated. In 5 months storage, under constant temperature below 12°C, the fruits showed chilling injury symptoms of surface pitting, and the ascorbic acid and sugar content decreased remarkably. To prevent chilling injury, small wax gourd should be stored under the temperature on or higher than 12°C.

Key word : wax gourd, quality, chilling injury, storage

緒 言

ウリ科植物は、世界に600種類以上があり、野菜や果物として食用とされるものが多く含まれる。その1つであるトウガン(*Benincasa hisoida*)は、熱帯アジア原産の1年生つる性草本で、日本では古くから栽培されてきた。品種は日本在来種、琉球種、台湾種などがあり、果実は偏円体から円筒形、果皮の色は緑から濃緑色で、果重は2 kg程度の小型のものから10kgを超える大型のものまで様々である。神奈川県におけるトウガンの主な産地は横須賀・三浦地域で、夏期に収穫された後、冬期まで貯蔵、出荷されている。しかし、温度制御のできない倉庫等で保管をする場合、秋期以降の気温の低下に伴い貯蔵性が落ちるといった問題があり、出荷期間延長のための保存方法について検討が要望されていた。一般に、ウリ科植物の原産地は熱帯、亜熱帯地域であるため、果実は低温感受性が高く、低温下で貯蔵を続けると、いわゆる低温障害が発生することが知られている(辰巳・邨田1981)。低温障害は、氷結点以上の低温によって、植物体に物質代謝の異常や生体膜の機能変化が引き起こされ、生体反応のバランスが崩れることが原因で生じる障害であり、青果物においては、外観をはじめとする品質の低下が問題となる(茶珍1996)。本研究では、通称小トウガンと呼ばれる小型トウガンを用いて様々な温度下で貯蔵し、貯蔵期間中に果実の外観及び内部品質評価を行い、貯蔵下限温度と品質保持方法を明らかにしようとした。

材料及び方法

1. 供試材料

当所三浦試験場で栽培した、小トウガン(台湾種:三浦市農協採種, 果重:1.5~3 kg)を用いた。

2. 貯蔵試験条件

(1)倉庫貯蔵区

温度制御がなく、外気温の影響を受ける倉庫内で貯蔵した。

(2)一定温度貯蔵区

5.0, 9.5, 10, 11.5, 12, 13.5, 14, 15, 20, 25℃の一定温度下で貯蔵試験を行った。

5.0, 10℃区は冷蔵庫, 20℃は室温一定の実験室, 他は恒温器(温度勾配恒温器:東京理化MTI202, 全温度培養器:タバイエスペックLNL-121)で貯蔵し、湿度は制御しなかった。貯蔵の期間は、8月の収穫直後から翌年の1月までの6か月とした。

3. 調査項目

外観観察は各貯蔵区とも定期的に、重量測定及び果肉の成分分析は、倉庫貯蔵区, 20℃一定区では毎月行い、他の試験区では、試験終了時と、果実外観に異常が現れた場合に行った。分析項目は、水分、ビタミンC、遊離糖、遊離有機酸、粗繊維とした。

4. 分析方法

(1)水分:105℃乾燥法で測定した。

(2)ビタミンC:試料を5%メタリン酸液で破砕抽出し、0.45 μm フィルターでろ過した後、高速液体クロマトグラフ(以下HPLC)ポストカラム誘導体化法により分析した。HPLC分析は、shim-pacSCR-101N(島津製作所)カラムを40℃に設定し、移動相には1 mM エチレンジアミン四酢酸2ナトリウムを含む10mM シュウ酸ナトリウム緩衝液(pH3.8)を、反応液には50mM 水素化ホウ素ナトリウムを含む100mM 水酸化ナトリウム溶液を用いていずれも液流速1.0mL・min⁻¹で溶出し、300nmの吸収で検出し、還元型アスコルビン酸量を測定し、ビタミンC量とした。

(3)遊離糖:試料を水で破砕抽出し、0.45 μm フィルターでろ過して、shim-pac101C(島津製作所)カラムを用いたHPLCにより分析した。HPLC分析における移動相には水を用い、移動相流速は1.0mL・min⁻¹、カラム温度は80℃に設定して示差屈折計(RID-10A, 島津)により検出した。

(4)遊離有機酸:遊離糖と同じ試料溶液を、HPLC ポストカラム pH 緩衝化法により shim-pac102H(島津製作所)カラムを用いて分析した。移動相には5 mM ρ-トルエンスルホン酸溶液を、緩衝液には20mM Bis-Tris, 100 μM エチレンジアミン四酢酸を含む5 mM ρ-トルエンスルホン酸を用いて、カラム温度40℃, 液流速0.8mL・min⁻¹で溶出し、電気伝導度計(CDD-6A, 島津)により検出した。

(5)粗繊維:NDF 定量法(印南・桐山ら1982)により行い、植物細胞壁の構成成分であるセルロース、ヘミセルロース、リグニン、不溶性ペクチンの合計量を粗繊維含有量とした。

結果及び考察

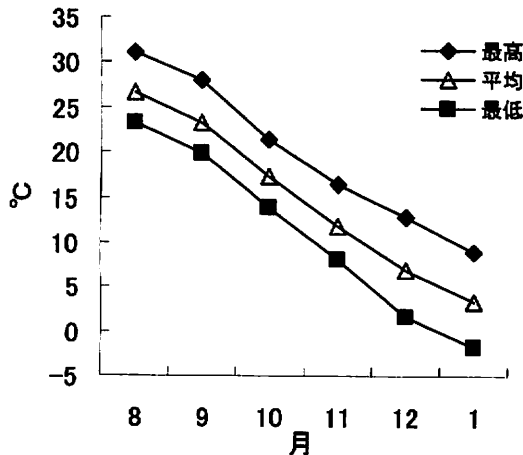
1. 外観の変化

(1)外気温の影響下での貯蔵

倉庫は、日中はシャッターを開けて外気を入れ、外の気温と差がない状態にして貯蔵試験を行った。12月中旬頃から、果皮に褐色の斑点が現れ、その部分が軟化した。斑点は徐々に拡大した。一方、1月末の試験終了時まで、

このような症状の現れないトウガンも多かった。低温障害の症状として、果皮に褐色の斑点や窪み（ピットイング）が見られ、そこから腐敗菌等の2次寄生によって腐敗が起こり、次第に果皮だけでなく果実内部にも腐敗が広がるとい現象が挙げられている（辰巳ら1981）。このことから小トウガンに見られた症状は低温による障害であると考えられた。

試験地の最高、最低及び平均気温の月間平均を第1図

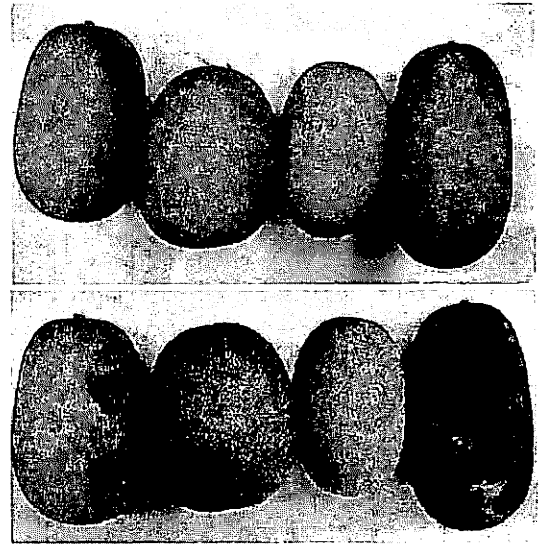


第1図 試験地の気温の変化 (月間平均)

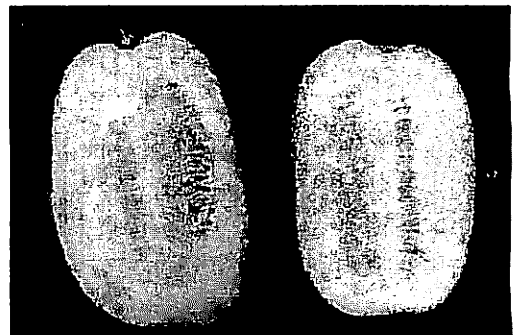
に示した。11月中旬から最低気温が10℃以下の日が多く、11月下旬には平均気温も10℃前後で推移した。一方、最高気温は15℃を超える日が多かった。12月に入ると、ほとんどの日が平均気温5～10℃、最低気温0～5℃で推移した。最高気温は、10～15℃の日が多かったが、12月下旬以降は10℃を下回る日が増えた。低温障害の現れ始めた時期の気温から、低温障害を起こす可能性のある貯蔵温度は10℃前後であると推察された。

(2)一定温度下での貯蔵

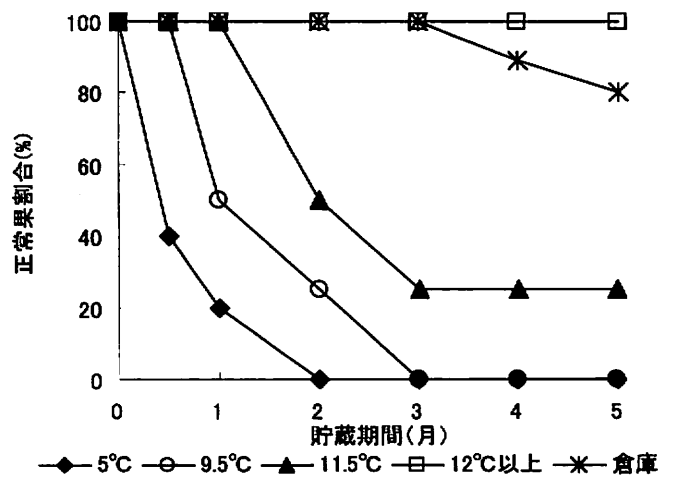
一定温度下での貯蔵試験と観察を行ったところ、低温障害は5℃、9.5℃、10℃、11.5℃区で見られた。障害の状況を第2図、第3図に示した。5℃区では試験開始から2週間で低温障害の症状が見られ始め、2か月ではすべてのトウガンで障害が発生した。9.5℃区では試験開始2週間から2.5か月、10℃区では1.5か月から3か月、11.5℃区で1.5か月から3.5か月の間に低温障害が発生した(第4図)。低温障害の症状は、倉庫貯蔵区と同様であったが、果実状態の悪化は貯蔵温度が低いほど倉庫貯蔵区よりも早く、果皮から果実内部まで褐変して、腐敗が進んだものもあった。一方、12℃以上の貯蔵区では、試験期間中に低温障害による症状は見られなかった。



第2図 小トウガンの貯蔵中における外観の変化 (11.5℃貯蔵区。上段：1か月、下段：2か月貯蔵) 両端の果実に低温障害の症状が見られる



第3図 小トウガン2か月貯蔵果の果実内部の変化 左：低温障害果(11.5℃)，右：正常果(室温)



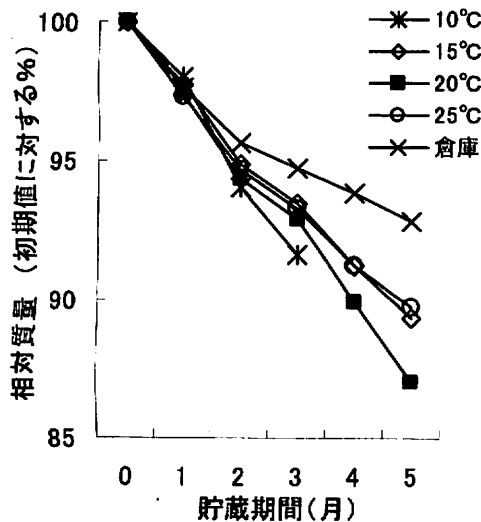
第4図 小トウガンの正常果割合の変化に及ぼす貯蔵温度の影響

以上のことから、小トウガンの5か月間の一定温度下での貯蔵においては、12℃未満で低温障害が発生すると考えられた。一方、外気温の平均気温が12℃未満になっても、低温障害はほとんど起こらなかった。低温におかれた植物体を、初期段階のうちに低温障害を受けない温度帯に移すと、低温による異常状態から回復するという報告がある(茶珍1996)。外気温の場合も、1日のうちに気温が12℃以上になることがあれば、低温による生化学的な変化が抑えられている可能性がある。

青果物において、低温障害の発生する温度は、0～15℃で、低温障害が発生するまでの期間も、日・週・月単位で異なる。このような違いをもたらす低温感受性は、種や品種の特性、収穫熟度が大きく影響している。トウガンと同じウリ科のキュウリでは、品種や熟度によって低温耐性が異なることが報告されている(辰巳ら1981)。また、本試験においては、既報のトウガンの低温耐性試験のデータ(辰巳・邨田1981)よりも、低温限界温度が高かった。今回試験に用いたトウガンは、果重が1.5～3kgという小型のものであり、他のトウガンの低温限界温度との違いは、品種の差異によるものと考えられた。

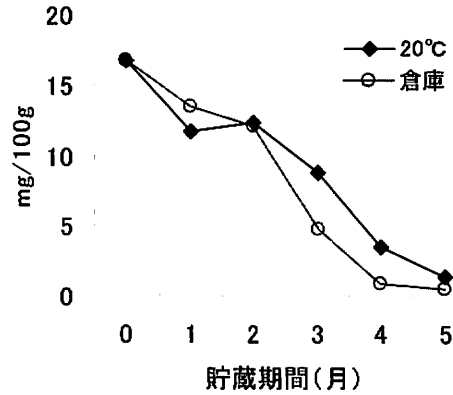
2. 果実の内容成分等の変化

果実質量の変化を第5図に示した。質量は、いずれの貯蔵区でも減少傾向にあり、終了時までには10%前後減少したが、倉庫での貯蔵が最も減少率は低かった。



第5図 貯蔵温度ごとの果実質量変化

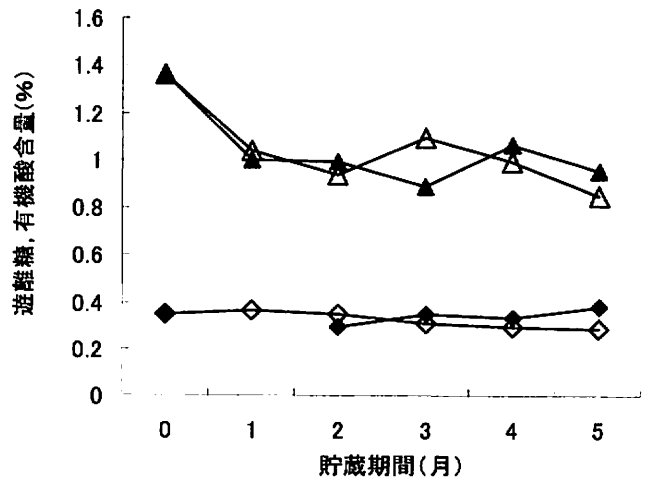
果肉部の水分含量は約97%、粗繊維の含有量は、乾物当たり25%前後で推移し、ほとんど変化がなかった。ビタミンC含有量は、試験開始前には17mg/100gであったが、倉庫、20℃貯蔵区ともに経時的に減少し、両区での差は見られなかった(第6図)。遊離糖は果糖、ブドウ糖が主であり、他にはショ糖がわずかに含まれていた。



第6図 小トウガン貯蔵中のビタミンC含有量の変化

含有量は、試験開始前には1.4%であったが、貯蔵開始から1か月で倉庫、20℃貯蔵区いずれも1%程度に低下し、特にブドウ糖の減少が著しかった。その後は倉庫区で3か月目、20℃区で4か月目に増加が見られたが、翌月には再び減少し、1か月目以降試験終了時までほとんど変化がなかった。遊離有機酸は、リンゴ酸がほとんどを占め、他にはシュウ酸やクエン酸が含まれていた。含有量は試験開始時に0.35%であったが、倉庫貯蔵区ではやや減少傾向、20℃貯蔵区ではほぼ横ばいで推移した(第7図)。また、貯蔵温度の違いによる果実中の各成分の含有量は、試験終了時には大きな差はなかった。

一方、低温障害を起こした果実の内容成分は、貯蔵期間の長さに関係なく、ビタミンC、遊離糖含有量が著しく減少した(第1表)。



第7図 小トウガン貯蔵中の遊離糖, 遊離有機酸含有量の変化

第1表 小トウガン貯蔵中の正常果と低温障害果の内容成分の比較

成分	障害の有無	試験開始時	2ヵ月後	5ヵ月後
有機酸(%)	正常果	0.26	0.26	0.23
	低温障害果		0.17	0.28
糖(%)	正常果	1.7	1.2	1.1
	低温障害果		0.39	0.29
ビタミンC (mg/100g)	正常果	16.7	12.3	1.4
	低温障害果		N.D.	N.D.

一般に、青果物は、低温障害に伴いフェノール類の生成が進む一方で、ビタミンCが減少することが知られている。リンゴでは低温貯蔵によってビタミンCが減少し、特に果実が褐変した障害部位ではその減少が著しい（久保・田村1980）。また、キュウリでも還元型アスコルビン酸量及び全アスコルビン酸量が貯蔵障害の指標になっている（久保ら1975）。トウガンにおいても、低温障害の発生とビタミンC量の減少には関連があると推察された。また、遊離糖量の減少は、低温障害による呼吸や代謝の異常による消費の増大が原因と考えられた。このように、低温障害の発生によって、果実の外観品質の低下とともに、果実の内容成分も様々な影響を受けた。

以上のことから、小トウガンの貯蔵は、一定温度下では12℃以上で行うことが望ましいと考えられた。低温保管中の一時的な昇温によって、低温障害を防ぐことが可能であるかどうかについては今後の検討課題である。また、外気温の影響を受け、かつ、温度制御を行わない状態での貯蔵においても、数ヵ月程度の貯蔵が可能であり、平均気温が10℃を下回り始めてもすぐに低温障害の症状は現れないことが明らかになった。しかしながら、一定温度下での試験結果を踏まえ、貯蔵場所の温度が12℃を下回るような場合には低温からの保護が必要であると思われる。

引用文献

- 茶珍和雄. 1996. 技術用語解説・低温障害. 日食工誌. 43(3): 336-337.
- 印南敏・桐山修八編. 1982. 食物繊維. p.41-44. 日本栄養士会編. 第一出版.
- 久保直哉・真ゆみ子・萩沼之孝. 1975. キュウリの貯蔵条件と品質および成分の変化. 日食工誌. 21(7): 351-357.
- 久保直哉・田村太郎. 1980. 低温貯蔵中のリンゴにおける貯蔵障害の発生及びアスコルビン酸の変化. 食総研報. 35: 237-241.
- 辰巳保夫・邨田卓夫. 1981. ウリ科果実の低温耐性と組織の膜透過性との関係について. 園学雑. 50(1): 108-113.
- 辰巳保夫・岩本光弘・邨田卓夫. 1981. ウリ科果実の低温障害と果実組織切片からのイオン漏出について. 園学雑. 50(1): 114-119.