タンゴール“清見”果実のこはん症発生と生理・ 化学的变化に及ぼすポリエチレン包装の効果

阿部一博*・鄧 紅*・矢野昌充**・
長谷川美典**・岩 田 隆*

Effects of Polyethylene Packaging on the Occurrence of Rind-oil Spot and the
Physiological and Chemical Changes in Tangor 'Kiyomi' Fruits

Kazuhiro ABE*, Hong BENG*, Masamichi YANO**, Yoshinori HASEGAWA* and Takashi IWATA*

*College of Agriculture, University of Osaka Prefecture, Gakuen-cho, Sakai, Osaka 593 Japan

**Okitsu Branch, Fruit Tree Research Station, Okitsu-nakamachi, Shimizu, Shizuoka 424-02 Japan

Tangor 'Kiyomi' (*Citrus sinensis* × *C. tangerina*) fruits were stored at 5°C for 2 or 3 months and transferred to 8°C or 20°C. Effect of polyethylene (PE) packaging after transferring on the occurrence of rind-oil spot injury and the physiological and chemical changes were determined.

The fruits transferred to 20°C showed more severe injury than those to 8°C after transferring, and sealing in PE bag reduced the injury in both fruits held at 8°C and 20°C. The difference in thickness (20 μm or 50 μm) of PE film showed little effect. In organoleptic evaluation, the appearance of sound fruit was superior to injured fruit, but the taste of both fruits did not differ.

The concentrations of carbon dioxide and ethylene in central cavities of injured fruit were higher than those of sound fruits, and that of oxygen in injured fruit was lower. The respiration rate of injured fruit was higher than sound fruit.

The free amino acid content in peel of fruit increased as the injury developed after transferring, and phenols accumulated in injured fruit peel. Contents of alcohol insoluble substances in injured fruit was higher than that of sound one.

(Received May 29, 1992)

緒 言

タンゴール“清見” (*C. sinensis* × *C. tangerina*) は耐寒性と耐病性を有し、その果実は食味が良く特有の芳香があるため生食のみならず加工用の面でも優れた品種とされ¹⁾、近年生産量が伸びている。しかし、“清見”果実は低温貯蔵中および出庫後に果皮にこはん症(虎斑症：以下こはん症)が発生しやすく、そのため商

品価値が著しく低下するので、流通時の重要な問題となっている。“清見”のこはん症発生は従来こはん症の問題とされてきたハッサクなどの品種より出やすいといわれている^{2)~4)}。

カンキツ類のこはん症の発生原因として、古くから栽培上の虫害⁵⁾や傷害^{4), 6)}、収穫後貯蔵中の低温^{7)~9)}や低湿^{6), 10), 11)}、物理的損傷に伴い滲出した揮発性物質の付着^{12), 13)}などが考えられているが、まだ原因のみなら

* 大阪府立大学農学部 (〒593 堺市学園町 1-1)

** 農林水産省果樹試験場興津支場 (〒424-02 静岡県清水市興津中町)

ず、発生条件さえ十分には明らかにされていない。とくに障害発生の原因を生理・化学的な面から調べた報告は少ない。

本研究は、低温貯蔵した“清見”果実の出庫後のこはん症発生に及ぼすポリエチレンフィルム包装の抑制効果、包装内の環境および果実内ガス、果実の化学成分変化などを調べ、こはん症発生要因の一端を明らかにしようとしたものである。

材料および方法

供試“清見”果実は農林水産省果樹試験場興津支場で、1989年3月および1990年3月に収穫し、5℃で2か月あるいは3か月間貯蔵したものを、適宜、無包装のまま、もしくは低密度ポリエチレン袋(180mm×130mm、厚さ20μmあるいは50μm)で個装し、以後8℃あるいは20℃で30日間保持した。ポリエチレン包装は密封包装か有孔包装(直径5mmの孔24個)とした。

各保持区あたり12個の果実でこはん症の発生率ならびに症状程度を5段階(無、軽:黄色 pitting が1~2個, 中: pitting が3~4個, 甚: pitting が5個以上, 褐変: 果実全体に pitting と褐変)で観察し、重量の減少も経時的に調査した。各保持区とも観察用とは異なる6~8個の果実を調査日ごとに化学成分などの分析に供した。果実の呼吸量と果実空隙中ならびに袋内のガスはガスクロマトグラフィーで測定した。果実空隙中のガスは袋外より果実の果心部に注射針を挿入して、1mlを採取し分析した。果皮の総遊離アミノ酸含量は80%熱アルコール抽出液を用いて、ニンヒドリン法で比色定量し、カンキツ果汁タンパク質の主要アミノ酸のひとつであるグルタミン酸に換算した。果皮のフェノール物質含量も80%熱エタノール抽出液について Arnov の方法によって測定し、クロロゲン酸に換算した。アルコール不溶性物質(AIS)含量は真空乾燥したアルコール不溶性固形物の重量を測定し、新鮮物に対する割合を%で表した¹⁴⁾。

実験結果

1. “清見”果実のこはん症発生状況

果実出庫後のこはん症発生率および症状の程度はFig.1(1989年)に示した。各区はそれぞれ保持5, 10, 15, 20, 25, 30日にこはん症の発生程度を5段階に分けて調査を行った。

実験I(5℃貯蔵2か月後出庫)のこはん症の発生は20℃保持区では早く、高率であり、8℃保持区では

Fig. 1 Incidence of rind-oil spot on 'Kiyomi' fruits stored at 5℃ for 2(I) or 3(II) months then transferred to 20℃ or 8℃

z; Degree of injury—□: slight, ▨: moderate, ▩: severe, ■: most severe

y; A: 20℃, no packaging, B: 20℃, perforated PE bag, C: 20℃, sealed PE bag (20μm), D: 20℃, sealed PE bag (50μm), E: 8℃, perforated PE bag, F: 8℃, sealed PE bag (20μm)

x; Days after transferring

遅く、低率であった。また20℃保持区においては、無包装区が最も顕著で、有孔区では明らかに軽減され、密封区では一層顕著に発生が抑制された。フィルムの厚さによる発生程度の違いには一定の傾向がみられなかった。8℃においても密封区では有孔区より障害の発生が軽減された。

実験II(5℃貯蔵3か月後出庫)のこはん症の発生は実験Iより多かったが、ポリエチレン包装による障害発生軽減効果や、20℃での発生が8℃の場合より多いことは実験Iと同様であった。

1990年収穫果実のこはん症発生は1989年の果実より少なかったが、出庫後のポリエチレン包装による障害発生の軽減効果は前年同様明らかであった(図表の表示は省略)。

2. 包装内および果実内のガス組成と呼吸量の変化

1) 包装内ガス組成の変化 冷蔵出庫後の包装内の

Fig. 2 Changes of CO_2 concentrations in polyethylene bag (PE) containing 'Kiyomi' fruits transferred to 20°C or 8°C from 5°C storage for 2(I) or 3(II) months

■ : 20°C , sealed in PE bag ($50\mu\text{m}$)
○ : 20°C , sealed in PE bag ($20\mu\text{m}$)
● : 8°C , sealed in PE bag ($20\mu\text{m}$)

Fig. 3 Changes of O_2 concentrations in polyethylene bag containing 'Kiyomi' fruits transferred to 20°C or 8°C from 5°C storage for 2(I) or 3(II) months

■, ○, and ● : same as in Fig. 2

CO_2 濃度の変化を Fig. 2 に示した。実験 I (5°C 貯蔵 2 か月後出庫) では 20°C に保持したフィルム厚 $50\mu\text{m}$ の密封区では出庫直後 6 %程度であったが、その後 4 %前後に減少した。フィルム厚 $20\mu\text{m}$ の 20°C 密封区および 8°C 密封区も出庫当初はそれぞれ 4 %および 2 %であったがいずれも保持中に約 1 %に減少した。実験 II (5°C 貯蔵 3 か月後出庫) でも 20°C 保持の $50\mu\text{m}$ 密封区は約 4 %, 20°C および 8°C $20\mu\text{m}$ 密封区は約 2 %に落ち着いた。

包装内の O_2 濃度 (Fig. 3) の変化は実験 I においては、 20°C 保持の $50\mu\text{m}$ 密封区では保持当初から20日までは約13%の濃度を保ち、その後減少し30日には約6 %になった。 20°C の $20\mu\text{m}$ 密封区と 8°C 密封区も保持20日まではそれぞれ16%と17%程度でほぼ一定であったが、以後両区とも減少し30日には約11%となった。一方実験 II では 20°C 保持の $20\mu\text{m}$ 密封区は実験 I とほぼ同様に变化したが、 $50\mu\text{m}$ 密封区は保持当初の17%から保持30日の 6 %までほぼ直線的な減少を示した。 8°C 密封区は保持30日まで約18%でほぼ一定であった。

実験 I の袋内エチレン濃度の変化は (Fig. 4), 20°C 保持の $50\mu\text{m}$ 密封区は5日に約 1 ppm まで急増し、一時 0.6ppm に減少したものの25日に再び 1 ppm 近くに増加した後に急激した。 20°C 保持の $20\mu\text{m}$ 密封区と

Fig. 4 Changes of C_2H_4 concentrations in polyethylene bag containing 'Kiyomi' fruits transferred to 20°C or 8°C from 5°C storage for 2(I) or 3(II) months

■, ○, and ● : same as in Fig. 2

8℃密封区も同様のパターンを示したが、前者で0.4 ppm、後者で0.3 ppm 前後が主であった。実験Ⅱでは20℃保持の50 μ m 密封区は5日に増加した後15日まで約0.4 ppmを保ち、20日以降は0.6~0.8 ppmとなった。20℃の20 μ m 密封区は約0.4 ppm、8℃密封区は0.15 ppm 程度が主であった。

一般にカンキツ類はエチレン生成が非常に少ない(0.1 μ l/kg $\cdot$ hr 以下)が、上記のように冷蔵された“清見”果実を出庫すると、20℃保持ではポリエチレン包装内の濃度は常に0.2 ppm 以上を示し、8℃保持においても0.1 ppm 以上の濃度を示した。

2) 果実内ガス濃度の変化 保持期間中の果実をこはん症発生果実(障害果)と外観的に障害のみられない果実(健全果)に分けて、果実空隙中のガスの変化を調べたところ(Fig. 5), 出庫時に約10%であった果実内O₂濃度は出庫後減少し、減少は包装の有無にかかわらず、健全果より障害果で顕著であった。

Fig. 5 Changes of O₂, CO₂, and C₂H₄ concentrations in central cavities of injured or sound 'Kiyomi' fruits stored at 5℃ for 2 months then transferred to 20℃.

□ : sound fruits, no packaging
 □ (dotted) : injured fruits, no packaging
 ▨ : sound fruits, sealed in PE bag (50 μ m)
 ■ : injured fruits, sealed in PE bag (50 μ m)

果実空隙中のC O₂濃度は出庫時は約4%であった。出庫後15日ならびに30日ともに濃度は包装の有無にかかわらず障害果の方が健全果より高く、保持15日では無包装の障害果は約14%に達した。

C₂H₄濃度は出庫後増加する傾向がみられ、C O₂濃度同様に障害果の方が健全果より高く、保持30日の障害果では約1.5 ppm (包装) ~ 2 ppm (無包装)を示した。

3) 出庫後の果実呼吸量の変化 出庫後20℃保持期間中における健全果と障害果の呼吸量の変化をFig. 6に示した。保持15日には障害が発生しやすい無包装区ではC O₂排出量が密封区より高く、また障害果は健全果の約2.0倍であった。密封区においても障害果のC O₂排出量は健全果の1.4倍であった。保持30日においては密封区では15日と同様であったが、無包装区では障害果のC O₂排出量が低下し、健全果と障害果の呼吸量の差はみられなかった。

Fig. 6 Changes of carbon dioxide productions of injured and sound 'Kiyomi' fruits stored at 5℃ for 2 months then transferred to 20℃

□, □ (dotted), ▨, ■ : same as in Fig. 5

Fig. 7 Changes of alcohol insoluble substances (AIS) content in peels of injured and sound 'Kiyomi' fruits. Fruits were stored at 5℃ for 2 months then transferred to 20℃.

□ : sound fruits, sealed in PE bag (50 μ m)
 ▨ : injured fruits, sealed in PE bag (50 μ m)

Fig. 8 Changes of phenols contents in peels of injured and sound 'Kiyomi' fruits

Fruits were stored at 5°C for 2 months then transferred to 20°C.

□, ▨: same as in Fig. 7

3. “清見”果実のこはん症発生に伴う果皮成分の変化

1) 果皮のアルコール不溶性物質の変化 健全果の果皮のアルコール不溶性物質は保持期間中あまり変化しなかったが、障害果では増加した (Fig. 7)。

2) 果皮褐変に伴うフェノール物質含量の変化 果皮のオルトジフェノール含量が総フェノール物質の中に占める割合は出庫時で約70%であった。保持15日と30日では障害果の総フェノール物質ならびにオルトジフェノール含量は明らかに増大したが健全果ではあまり変わらなかった (Fig. 8)。

3) 果皮の遊離アミノ酸の変化 実験Ⅰならびに実験Ⅱとも果皮中の遊離アミノ酸含量は保持期間中増加する傾向がみられたが、増加の程度は各保持区のこはん症の発生程度と平行する関係がみられ、こはん症の発生が多い20°C無包区では遊離アミノ酸含量の増加が最も多く、障害発生がある程度抑えられた密封区では低く、障害の少ない8°Cの有孔区および密封区では増加が最も少なかった (Fig. 9)。

4. “清見”果実出庫後の果汁成分と食味の変化

果実出庫後において果汁の糖度、滴定酸含量、果汁pHとも顕著な変化はみられなかった (図表の表示は省略)。

出庫後15, 25, 30日に果実の品質を外観, 香り, 甘

味, 酸味, 苦味, 総合評価の項目について5段階評価法で官能検査を行ったところ, 香り, 甘味, 酸味, 苦味の調査項目においては各保持区の間には顕著な差はみられなかった。しかし, こはん症の発生がみられた区では外観の評点が低く, 特に無包装区は果皮の萎凋およびこはん症の発生のため外観が悪く, 総合評価は低かった (図表の表示は省略)。

考 察

“清見”果実も他のカンキツ類と同様に, こはん症の発生は低温貯蔵期間が長いほど多く発生し, また出庫後の保持温度が高い(20°C)方が低い場合(8°C)よりこはん症の発生が多かった。しかし, 1989年と1990年の両年の供試材料は, 同一圃場で慣行法で栽培され, 同時期に収穫後, 同一条件下で冷蔵や20°Cへの出庫が行われたにもかかわらず発生程度に明らかな差異がみられた。これは栽培中の要因も“清見”のこはん症の発生に影響を及ぼすと考えられる。泉¹⁵⁾も同じ産地のハッサクを用い, 収穫年度によってこはん症の発生率が相違していることを観察している。栽培期間中の要因は個々が複雑に関連しているので, その関連を明らかにするのは容易でないと思われる。

カンキツ類を低温貯蔵後に昇温すると呼吸量が急激

Fig. 9 Changes of free amino acid contents in peel of 'Kiyomi' fruits transferred to 20°C or 8°C from 5°C storage for 2(I) or 3(II) months

A—□, B—△, C—○, D—■, E—▲, F—●: same as in Fig. 1

に増加する現象と低温障害の関連性について報告^{7),16),17)}されているが,“清見”においても出庫後果実の呼吸量が増加しその増加は障害果の方が健全果より顕著で,障害果空隙中のエチレン含量も健全果より高いことから,果実の生理代謝に異常が生じていることが明らかである。

また,ポリエチレン包装は腐敗果が多くなるものの出庫後のこはん症発生を軽減する効果が明らかであった。これには岩田らがウメ果実の低温障害がポリエチレンフィルムによる包装で軽減すると報告¹⁸⁾しているのと同様に,包装内の酸素濃度の低下と二酸化炭素濃度の増加が関連すると思われる。一方,昇温後の温度にかかわらず,こはん症は無包装区>有孔区>密封区の順で発生が多くなったことより,ポリエチレン包装によるこはん症抑制効果は果実周辺の湿度を高くすることもある程度は寄与すると思われた。ただし,密封包装の場合は包装内の湿度は100%近くに達しているにもかかわらず,こはん症の発生がみられたことから,低湿度条件が決定的なものではない。A I Sは健全果より障害果が多かったが,これも障害が発生することによって水分損失が生じた結果と思われる。なお,障害発生が多い無包装区や有孔区の水分損失は5~8%であり,障害の少ない密封包装区は1%以下であった。

青果物の酵素的褐変には,フェノール物質の酸化が関与することは知られており,筆者らはフェノール物質の蓄積はナス果実の低温障害発生の一因と報告している^{19)~22)}。“清見”果実もこはん症が進むと褐変し,障害果は健全果よりフェノール物質の含量が多かったことから,“清見”果実のこはん症にもフェノール物質の蓄積が何らかの役割を果たしていると思われた。

総遊離アミノ酸が緑黄野菜の黄化に伴い増加し,それはプロテアーゼによるタンパク質の分解によるもので,総遊離アミノ酸含量の変化が緑黄野菜の品質指標とされることが多い^{23)~25)}。貯蔵果実の品質低下に伴う総遊離アミノ酸含量の報告はほとんどみられないが本研究では“清見”果皮において,こはん症の発生しやすい保持区は発生しにくい保持区より総遊離アミノ酸の増加が明らかであったことから,“清見”果皮における総遊離アミノ酸含量の変化は品質低下の指標となるものと考えられる。

摘 要

5℃で2か月もしくは3か月間貯蔵した“清見”果実を個別にポリエチレン袋で密封あるいは有孔包装し

20℃および8℃に保持してこはん症の発生と生理・化学的变化を調べた。対照は無包装とした。

20℃保持では8℃に比べこはん症の発生が顕著であった。ポリエチレン袋個装によって無包装に比べこはん症の発生が明らかに軽減された。密封区は有孔区に比べ効果が大きかった。フィルムの厚さ(20μm, 50μm)による違いには一定の傾向がみられなかった。

こはん症の発生率が高い20℃無包装区は包装区より果実空隙中のCO₂ならびにエチレン濃度は高い傾向がみられ,酸素濃度も保持30日の無包装区の障害発生果以外では無包装区が包装区より高かった。障害果では健全果より,果実空隙中のCO₂,エチレン濃度が高く,O₂濃度が低い傾向がみられた。障害果のCO₂排出量は健全果より高かった。

果皮中の遊離アミノ酸含量は,障害発生に伴い増加する傾向があり,増加の程度はこはん症発生程度の高い果実で大きかった。こはん症の発生した果実の果皮にはフェノール類物質の蓄積が観察された。

官能検査では,こはん症が発生した果実の外観の評点は明らかに低かったが,果肉品質の評点は大きく変化しなかった。

参 考 文 献

- 1) 西蒲昌男・七條寅之助・上野 勇・岩政正男・木原武士・山田彬雄・吉田俊雄・岩崎藤助:果樹試報B, **10**, 1 (1983)
- 2) 佐藤瑞穂・佐藤 隆・三股 正・秋田忠夫:九州農研報, **45**, 251 (1983)
- 3) 田中秀幸:農耕と園芸, **208** (1990)
- 4) 長谷川美典・矢野昌充:園学雑, **59** (別1), 620 (1990)
- 5) 牛山隆司・内田正人:神奈川園試研報, **15**, 19 (1967)
- 6) 小川勝利・坂井 堅・黒川泰幸:広島果試研報, **5**, 17 (1979)
- 7) 岩田 隆・中川勝也・緒方邦安:園学雑, **37**, 383 (1968)
- 8) 山下重良:園学雑誌, **36**, 110 (1967)
- 9) EAKS, I. L.: *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **66**, 141 (1960)
- 10) 近泉惣次郎・天野勝司・秋好広明・渡部潤一郎・松本和夫:園芸学会要旨集, 昭60秋, 428 (1985)
- 11) 船上和書・西山富久・石田善一:園芸学会要旨集, 昭61秋, 440 (1986)
- 12) 真子正史:園芸学会要旨集, 昭59春, 393 (1984)
- 13) 真鍋 紮・安岡 研:園芸学会要旨集, 昭57秋, 92 (1982)
- 14) 大阪府立大学農学部園芸学教室編:園芸学実験・実習(養賢堂, 東京), (1983)
- 15) 泉 秀実・伊東卓爾・吉田保治:園学雑 **59**(別2), 698(1990)
- 16) EAKS, I. L.: *Plant Physiol.*, **35**, 632 (1955)
- 17) 吉松敬祐・内山善雄:園芸学会要旨集, 昭55秋, 388 (1980)
- 18) 岩田 隆・木下光子:園学雑, **47**, 97 (1978)
- 19) 阿部一博・緒方邦安:園学雑, **47**, 111 (1978)
- 20) 阿部一博・茶珍和雄・緒方邦安:園学雑, **49**, 269 (1980)
- 21) 阿部一博・茶珍和雄:日食低温誌, **15**, 119 (1989)

-
- 22) ABE, K.: Chilling Injury of Horticultural Crops, Ed. Wang, C. Y., C. R. C Press. (1990)
- 23) 農林水産省中国農業試験場編：品質評化法に関する統一調査法 (1985)
- 24) 阿部一博：園芸利用に関する研究成績報告書 (大農技資 426), 1, (1985)
- 25) 阿部一博：園芸利用に関する研究成績報告書 (大農技資 439), 2, (1986)
- (平成 4 年 5 月 29 日受理)
-