シヨ糖脂肪酸エステル処理によるポンカンの 低温障害防除について

邨 田 卓 夫*・山 脇 和 樹*

Alleviation of Chilling Injury of Ponkan Fruits
by Using Sucrose Fatty Acid Esters

Takao MURATA* and Kazuki YAMAWAKI*

*Faculty of Agriculture, Shizuoka University,
Ohya 836, Shizuoka-shi, Shizuoka 442

Alleviation of chilling injury (CI) of Ponkan fruits (*Citrus reticulata* BLANCO) during and after low temperature disinfection (at $1 \pm 0.2^\circ\text{C}$, for 15~16 days) was investigated by treatment with a 0.35% solution of sucrose fatty acid esters (CT-1695, L-1695, M-1695, P-1695, S-1695 and O-1695). The occurrence of CI of the fruits was suppressed by treatment with all types of sucrose fatty acid esters. Among the used esters, M-1695, P-1695 and S-1695 esters were more effective to alleviate CI. The treatment with M-1695, P-1695, S-1695 and O-1695 tended to restore the lowering of the respiratory rate of the fruits during holding at 1°C and subsequent storage at 20°C . Changes in fruit weight, ratio of juice volume to fruit weight and titratable acidity were inhibited by the treatment with the esters. Results judged from an organoleptic test (20 panels) indicated that the fruits treated with M-1695 and P-1695 showed significantly better appearance and the fruits treated with M-1695 showed better taste than the others. Judging from the above results, the treatment with 0.35% sucrose myristate (M-1695), palmitate (P-1695) and stearate (S-1695) esters seems to be useful to alleviate CI of Ponkan fruits during and after low temperature disinfection.

(Received Apr. 28, 1993)

カンキツ果実の多くは低温感受性で、低温に弱い^{1),2)}。果実の殺虫卵に用いられてきたEDB(ethylene dibromide)の使用が世界的に禁止されて以来、これに代わって、輸出前に、低温または高温殺虫卵処理が行われるようになったが、カンキツ果実の場合、高温処理では果実品質を損ない、低温処理 ($1.0 \sim 1.7^\circ\text{C}$, 11~17日間) では低温障害が起こる。

台湾産のポンカンでも、日本で流通中に低温障害によるビッチングが果皮に発生し、商品価値が下がり問題になる。

筆者は先にある種のシヨ糖脂肪酸エステル(糖エステルと省略)処理がカボス、レモン、グレープフルーツの低温障害発生の防除に効果がある事を報告した^{3),4)}。

本研究では、低温殺虫卵のシミュレーション処理による、ポンカンの低温障害発生の軽減に及ぼす糖エステル処理の効果について検討した。

* 静岡大学農学部 (〒422 静岡市大谷836)

実験方法

1. 実験材料

1991年12月に、清水市庵原および島田市初倉から入手した‘太田’ボンカン (*Citrus reticulata* BLANCO cv. Ota) を実験に供した。予備実験では1991年1月に台湾省青果運銷合作社・台中分社から、日本園芸農業協同組合連合会を通じて入手したボンカンを用いた。1区20個体1反復とした。

ショ糖脂肪酸エステルは、三菱化成食品株式会社から提供を受けた Table 1 に示す C₁₀~C₁₈ の6種類の糖エステルを、全容の1/20量のアルコールで溶解し、これを40℃以下の蒸留水で攪拌しながら希釈し、0.35%の水溶液またはエマルジョン (M,P,S-1695) として用いた。

実験材料は20℃で水洗後、糖エステルを塗布 (対照区は糖エステルの代わりに水を塗布) した後風乾し、1℃ (1±0.2℃, 91~94% RH) に所定日数保蔵し、その後20℃ (19.8±0.5℃, 50±5% RH) に移した。

2. 測定項目と方法

(1) **CI-index** 果実表面に生じる低温障害によるピッチングを、0 : sound, 1 : very slight, 2 : slight, 3 : moderate, 4 : severe, 5 : very severe, の chilling injury (CI) index で定期的に評点した。

(2) **呼吸量** 果実を既知容量のプラスチック箱に密封し、一定温度で一定時間の後に増加した CO₂ 濃度を、ガスクロマトグラフ (日立-164TCD 型 GC) で測定して算出した。

(3) **果実重量, 果汁率, Brix, 酸含量** 果実の重量減少率, 果汁率 (果汁量/果実重), Brix, 酸含量 (クエン酸として) の測定は常法によった。

(4) **官能検査** 果実の外観と味について、研究室員20名のパネルメンバーによって、外観評点は、1 :

非常に悪い, 2 : 悪い, 3 : 普通, 4 : 良い, 5 : 非常に良い。味覚評点は、1 : 非常にまずい, 2 : まずい, 3 : ふつう, 4 : うまい, 5 : 非常にうまい, の5段階の尺度で評価し、評点の平均値をダンカンの多重検定によって、有意差検定を行った。

実験結果

1. 果実の低温障害発生率 (CI-index) の変化

Fig. 1 に、1℃で16日間低温処理した後20℃に移した庵原産ボンカンの CI-index の変化に及ぼす糖エステルの影響について示した。1℃処理期間中の CI-index には、処理区、無処理区間に有意差が認められないが、20℃に変温後の無処理区では、ピッチングの数と面積の増大が観察され、CI-index が急増するのに対し、糖エステル処理区では増加がゆるやかで、処理区と無処理区間に5%レベルの有意差を生じた。処理区間では、水溶液の CT-1695, L-1695, O-1695 区と、完全に水溶液化せず、気泡残存率 (はげしく攪拌して気泡化し、5分後に残存した泡層の全容量に対する%) の高かった M-1695, P-1695, S-1695 区の二つのグループに効果が分かれ、後者が CI-index の増加を抑制するのに特に有効であった。

Fig. 2 には1℃で15日間低温処理後20℃に昇温した初倉産ボンカンの CI-index の変化を示した。Fig. 1 の場合と多少傾向が異なっており、無処理区は1℃で低温処理中に果頂部を中心に、水浸状のピッチングを生じ、20℃昇温後には CI-index が増加した。CT-, L-, O-1695 区に比べて、M-, P-, S-1695 区の CI-index が低い傾向は Fig. 1 の場合とほぼ同様であるが、庵原産ボンカンに比べて多少果実の個体差が大きいため、処理期間を通じて L-1695, CT-1695 区と、対照区との有意差は生じなかった。これに対し M-1695, S-1695 区では有意に CI-index の増加を抑制する効果が見られた。

Table 1 Properties of sucrose fatty acid esters*used in this experiment

Commerical name**	Fatty acid	HLB value	Mono-ester (%)	Di-ester (%)	Free sucrose (%)	Form	Solution or Emulsion
CT-1695	capric	16	84.2	15.1	0.12	pellet	0.35% sol.
L-1695	lauric	16	83.9	14.0	1.45	flake	0.35% sol.
M-1695	myristic	16	77.0	20.7	3.55	pellet	0.35% S&E
P-1695	palmitic	16	79.1	17.8	0.66	powder	0.35% Em.
S-1695	stearic	16	75.7	20.8	0.94	powder	0.35% Em.
O-1695	oleic	16	79.5	18.1	0.22	paste	0.35% Sol.

*Approval : In Japan 1959, by FAO/WHO temporarily 1969, permanently 1980, in EC 1974, in the USA 1983,

**Mitsubishi Kasei Industries Ltd.,

Fig. 1 Changes in CI index of Ponkan fruits treated with sucrose fatty acid esters during cold treatment at 1°C and subsequent storage at 20°C (Fruits produced in Ihara)

Means separation within a CI index on the same day at $P=0.05$

○—○ Control ▲—▲ CT-1695 △—△ L-1695
●—● O-1695 ◇—◇ P-1695 ○—○ S-1695
■—■ M-1695

Fig. 2 Changes in CI index of Ponkan fruits treated with sucrose fatty acid esters during cold treatment at 1°C and subsequent storage at 20°C (Fruits produced in Hatsukura)

Means separation within a CI index at $P=0.05$

○—○ Control ▲—▲ CT-1695 △—△ L-1695
●—● O-1695 ◇—◇ P-1695 ○—○ S-1695
■—■ M-1695

抑制効果が両産地の果実に共通して見られた M-1695 処理は、台中産のポンカンでも有効で、1°Cでの低温障害の発生を軽減する現象が認められた。

2. 果実の呼吸量の変化

Table 2 に 1°C で 16 日間低温処理後 20°C に昇温したポンカン（庵原産）の呼吸量の変化を示した。果実の呼吸量は当初 43.1 mg/kg/h で、1°C で低温処理中、呼吸

は低下し、対照区では 4.65～6.44 mg になったが、低温障害発生の抑制効果が弱かった C-1695, L-1695 区を除いて、この低温下での呼吸の降下現象が抑えられ、低温処理中、全体として糖エステル処理区はやや高い呼吸量を維持し、20°C 変温後もこの傾向が続いた。このような糖エステル処理による、低温下での呼吸の落ち込みの軽減効果はナス（切片、カルス）でも認められ

Table 2 Respiratory rate of Ponkan fruits during cold treatment at 1°C and after transfer to 20°C
(CO₂ mg/kg/h)

Treatment	Temperature and Humidity						
	20°C・55%		1°C・92%*			20°C・50%**	
	0	4	7	14	15	22	27(days)
Control(H ₂ O)	43.1	4.64	5.20	5.92	6.44	32.1	29.7
CT-1695		4.88	5.00	5.93	6.88	32.5	29.8
L-1695		4.98	5.37	5.90	6.74	35.7	28.5
M-1695		5.91	4.88	6.66	7.03	38.2	30.2
P-1695		6.71	4.62	8.07	8.43	43.5	35.0
S-1695		5.26	4.59	6.10	6.78	41.5	29.2
O-1695		5.13	5.44	7.02	7.19	46.3	28.1

*1±0.2°C, 92±2%RH, **19.8±0.5°C, 50±5%RH, Means of 3 fruits x 2

Table 3 Fruit quality of Ponkan fruits* after transfer to 20°C from cold treatment at 1°C
(Means and SD)

Treatment	Weight loss (%)	Ratio of juice vol. to fruit wt.(%)	Brix (%)	Acid** (g/1100g)
Control(H ₂ O)	12.6±2.30	52.6±5.2	12.3±0.6	0.48±0.11
CT-1695	11.5±1.77	60.0±1.4	12.2±0.4	0.60±0.09
L-1695	11.8±1.95	54.6±4.4	12.5±0.6	0.54±0.06
M-1695	11.7±2.08	54.7±2.6	12.5±0.6	0.53±0.13
P-1695	11.9±1.89	55.3±1.4	12.4±0.7	0.55±0.18
S-1695	11.9±1.94	52.4±3.9	12.4±0.4	0.55±0.10
O-1695	11.6±2.10	53.4±4.0	12.5±0.5	0.64±0.08

*22 days after transfer to 20°C from cold treatment at 1°C for 16 days,

**as citric acid,

Table 4 Sensory evaluation of Ponkan fruits after transfer to 20°C from cold treatment at 1°C

	Control	CT-1695	L-1695	M-1695	P-1695	S-1695	O-1695
Appearance	2.84b	2.95b	2.85b	4.00a	4.02a	2.91b	2.85b
Taste	3.16b	2.87b	3.16b	3.28a	3.19b	3.00b	2.89b

Scores for evaluation : 1=very bad, 2=bad, 3=fair, 4=good, 5=excellent

Means separation within columns according to Duncan's, multiple range test, P<0.05, n=20

ることを先に報告した^{5),6)}。

3. 果実品質の変化

1°Cで16日間低温処理後20°Cで22日間保蔵したボンカン（庵原産）の重量減少率，果汁率，Brix，酸含量をTable 3に示した。

糖エステル処理によって，果実の重量減少が抑制される傾向が認められ，このことと関連して果汁率がやや高く，果実の触感も無処理区に比べて，充実した手ざわりであった。Brix 値には処理区，無処理区に有意の差が認められなかったが，処理区の酸含量は無処理区に比べて高い傾向を示した。

Table 3に見られるこの傾向は，初倉産ボンカンでもほぼ同様で，表は省略したが，糖エステル処理区は，

いずれも果実の目減りが明らかに抑えられ，酸含量が高い傾向が認められた。糖エステルによる減酸抑制効果の理由は明らかでないが，処理区では低温障害の発生が抑制されたこと，‘す上がり果’と‘水浸症状果’の発生がほとんど見られなかったことが理由としてあげられる。

4. 果実の官能検査の結果

1°Cで16日間低温処理後，20°Cで22日間保蔵した庵原産のボンカンの，20名のパネルによる，果実外観と味についての官能検査の結果をTable 4に示した。

果実の外観については，M-1695およびP-1695区が高い評価を得て，他の区の評点との間に5%レベルの有意差が認められ，水処理対照区が最も低い評点を示

した。

味覚に関してはM-1695区が最も高い評点を得、次いでp-1695区、L-1695区の順で、M-1695区と他の区の評点の間に5%レベルの有意差が認められた、予備実験の台中産のボンカンでも、対照区の果実とM-1695処理区の果実の外観、味覚についての官能検査の結果、M-1695区が優れ、両区間に1%レベルの有意差が認められた。

考 察

カンキツ果実の低温障害防除に、糖エステル処理が有効であることはカボス³⁾、レモン、グレープフルーツ⁴⁾について既に報告したが、その機作については明らかでない。

CHU (1986)⁷⁾は糖エステルを含んだフルーツワックスで処理すると、リンゴの地色の変化が少なく、軟化も抑制されることを報告している。BARDWAJら(1984)⁸⁾は、糖エステルで果実を処理した場合、ほとんど果皮に残り果肉には浸透しないとしている。

糖エステルのうち、M-1695、P-1695、S-1695はボンカンの低温障害に伴うピッチングの発生を明確に抑制し、また目減りの抑制に有効であることが明らかになった。M-1695、P-1695、S-1695は、用いた糖エステルの中では、気泡形成後の泡の残存時間が長く、果皮に比較的添着しやすいので、このことが効果を一層明確にしたものと推察した。

低温下での呼吸の落ち込みに対する糖エステルの抑制効果が、単なるコーティング効果であるのか、生理的效果であるのか、本研究の範囲内では明らかでない。前述のように、ナスなどの果菜でも、インタクト果実、組織切片、カルスで、ほぼ同様な現象が認められる^{5), 6)}。コーティング効果であるとすれば、目減りの場合にもみられるように、糖エステルによって生じる膜がガス拡散を抑制し、呼吸量減少を招くはずであるが、結果は逆で、糖エステル処理による、このような低温下での呼吸の落ち込みの抑制現象は、むしろ、生理作用による効果と考えられる。

糖エステル処理が、果実品質に好影響を与え、低温障害防除にも効果的であることが明らかになったので、この処理法が国際貿易のカンキツ果実の、低温殺虫卵処理の改善に利用できる可能性が示唆されたが、実用化のためには、実バエなど害虫の成虫、蛹、卵の低温処理による生存率に対する糖エステルの影響を明らかにする必要がある、問題として残された。

要 約

ボンカン (*Citrus reticulata* BLANCO) の低温殺虫卵のシミュレーション処理 (1℃, 15~16日間) 中、および20℃昇温後の低温障害発生の軽減に及ぼす6種類のショ糖脂肪酸エステル (CT-1695, L-1695, M-1695, P-1695, S-1695, O-1695) 処理の影響について調べた。

(1) 0.35%のショ糖脂肪酸エステル水溶液塗布処理は、1℃および20℃昇温後全区ともボンカンの低温障害の発生を抑制した。なかでも、M-1695 (myristate), P-1695 (palmitate), S-1695 (stearate) 処理の効果が明らかであった。

(2) 用いたショ糖脂肪酸エステルのうち、M-1695, P-1695, S-1695 および O-1695 処理は、1℃下での果実の呼吸の減衰を抑制した。

(3) ショ糖脂肪酸エステル処理は、果実の目減りを抑制し、比較的高い果汁率、酸含量を保持する効果を示した。

(4) 官能検査の結果、外観評点ではM-1695とP-1695処理区が高い評価を、味覚評点ではM-1695が高い評価を得て、他の区の評点との間に5%レベルの有意差を生じた。

以上の結果から、低温貯蔵や、低温殺虫卵に伴うボンカンの低温障害発生を、ショ糖脂肪酸エステル (myristate, palmitate, stearate) 処理によって軽減出来る可能性があると判断した。

本研究に援助を得た三菱化成食品株式会社に謝意を表す。本研究費の一部は平成4年度文部省科学研究補助金 (一般研究 C-0366019) によった。なお、本研究の一部はアメリカ園芸学会89回大会 (ホノルル) で発表した。

文 献

- 1) GRIERSON, W.: *Proc. Int. Soc. Citriculture* (Tokyo), 764 (1981)
- 2) MURATA, T.: *Postharvest Handling of Tropical And Subtropical Fruit Crops*, p.69, Ed. by PATERSEN, J.B., FFT Center (1988)
- 3) 邨田卓夫: 日食工誌, **35**, 188 (1988)
- 4) MURATA, T.: *Acta Horticulturae*, **269**, 205 (1990)
- 5) 山脇和樹・渡辺 良・邨田卓夫: 園学雑, **60** (別冊1), 602 (1991)
- 6) 山脇和樹・山本政次・邨田卓夫: 園学雑, **60** (別

冊 2), 658 (1991)

Sci. Food Agric., **35**, 322 (1984)

7) CHU, C.L. : *HortScience*, **12**, 267 (1986)

8) BHARDWAJ, C.L., JONES, H.F. and SMITH, J.H. : *J.*

(平成 5 年 4 月 28 日受理)