大型選果機を用いたカワラヨモギ抽出物含有製剤処理が‘清見’の 果皮障害および腐敗に及ぼす影響

井上久雄^{1*}・大嶋悟士²・熱田博之²・三好孝典^{3a}・菊地毅洋¹・越智洋之¹・羽山裕子⁴

¹ 愛媛県農林水産研究所果樹研究センターみかん研究所 799-3742 愛媛県宇和島市吉田町

² 阪本薬品工業株式会社 595-0075 大阪府泉大津市臨海町

³ 愛媛県農林水産研究所果樹研究センター 791-0112 愛媛県松山市下伊台町

⁴ 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 果樹研究所 305-8605 茨城県つくば市藤本

Effect of Preservatives from *Artemisia capillaris* Extract Applied on Packing-house Line on Rind Disorder and Fruit Rot in Medium-late-Maturing Citrus ‘Kiyomi’

Hisao Inoue^{1*}, Satoshi Oshima², Hiroyuki Atsuta², Takanori Miyoshi^{3a},
Takehiro Kikuchi¹, Hiroyuki Ochi¹ and Hiroko Hayama⁴

¹Institute for Citrus Fruits, Fruit Tree Research Center, Ehime Research Institute of Agriculture, Forestry and Fisheries, Uwajima, Ehime 799-3742

²R&D Laboratory, Sakamoto Yakuhin Kogyo Co. Ltd., Izumiotsu, Osaka 595-0075

³Fruit Tree Research Center, Ehime Research Institute of Agriculture, Forestry and Fisheries, Matsuyama, Ehime 791-0112

⁴NARO Institute of Fruit Tree Science, Fujimoto, Tsukuba, Ibaraki 305-8605

Abstract

Effects of preservatives containing *Artemisia capillaris* Thunb. Extract (ACE), SK-253 and SK-202, applied on a packing-house line on reducing rind injury, fruit rot, and fruit quality were investigated in medium-late-maturing citrus ‘Kiyomi’ (*Citrus unshiu* Marc. × *C. sinensis* Osb.) fruit stored in a corrugated cardboard box for practical use. The ‘Kiyomi’ fruit gently wiped with a cloth impregnated with SK-253 showed significantly reduced weight loss than the control, but fruit treated with SK-202 did not. The spotted area per fruit tended to be smaller in order of SK-253, SK-202, and control. The incidence of rind injury with SK-202 treatment on the packing-house line was 2.3% in corrugated cardboard boxes randomly collected from different lots, whereas that of untreated fruit was 11.8%. Fruit rot with SK-202 treatment was also lower than in untreated fruit. The rate of good-quality fruit with SK-202 treatment on the packing-house line was approximately 10% higher than in untreated fruit. Furthermore, SK-253 treatment on the packing-house line led to reductions in ethylene evolution and the respiratory rate of fruit along with a lower incidence of rind injury compared with untreated fruit manually sorted by hand. It is suggested that ACE treatment on the packing-house line is effective to reduce damage caused by mechanical shock on passing along the line.

Key Words : citrus, corrugated cardboard box, ethylene evolution, respiratory rate, weight loss

キーワード : エチレン生成量, 減量, カンキツ, 呼吸速度, 出荷段ボール箱

緒 言

‘清見’は、全国生産量が17,692 t（農林水産省生産局, 2010）で、伊予柑、‘不知火’、甘夏、ハッサク、ポンカンに次ぐ主要品種となっている。本品種は、寒害を避けるため年末～1月に収穫した後、貯蔵して出荷するものと、3月に収穫し、3～5月に出荷するタイプがある。後者の生

産出荷体系に準じて栽培された果実は、完熟のため香りが良く、果汁の多い高品質な中晩生カンキツとして市場で有利に取引されている。一方、‘清見’は、収穫後に果皮に斑点状の褐変を生じる貯蔵障害（こはん症、ヤケ、ビッティング）が発生しやすい（Chikaizumi, 2003; 長谷川・矢野, 1990; 牧田, 1986; 牧田・岡田, 1992, 1993; 田中・佐藤, 1995）ため、特に気温が上昇する3月下旬頃から果皮障害の発生が大きな問題となる。果皮障害は、高湿度・低温条件下で大幅に軽減されることから（阿部ら, 1992; Fujisawaら, 2001）、産地ではポリエチレンの包装による短期間の貯蔵が行われているが、貯蔵後は裸果で流通するため、市場や店頭での果皮障害の発生が問題となっている。また、ワックスの塗布処理は、‘清見’の果皮障害を軽減するこ

2014年2月3日 受付. 2014年9月15日 受理.

本報告の概要は園芸学会平成22年度中四国支部大会で発表した。本研究の一部は農林水産省「新たな農林水産政策を実現する実用技術開発事業」により実施した。

* Corresponding author. E-mail: inoue-hisao@pref.ehime.jp

^a 現在: 愛媛県農林水産部

とが報告されているが(牧田・岡田, 1993), 処理によるす上がり(田中・佐藤, 1995)や選果機処理による傷みの発生が懸念され, さらに外観の不自然な光沢などから我が国では消費者に敬遠される傾向にありほとんど使用されていない。

近年, カワラヨモギ (*Artemisia capillaris* Thunb.) の抽出物 (ACE) に含まれるカピリンが, ウンシュウミカンおよび中晩生カンキツの主要な貯蔵病害である緑かび病や青かび病に対し顕著な腐敗抑制効果を示すことが明らかにされ, ACE を主成分としたカンキツ用腐敗抑制資材 (シトラスキープ SK-202・SK-253, 阪本薬品工業 (株)) が開発されている (三好, 2013; 三好ら, 2006, 2011; 大嶋ら, 2006). 筆者らはこれまでに, 本剤を収穫後の果実に直接塗布処理することにより, 長期間に渡って腐敗が抑制されることに加え, こはん症などの果皮障害, へた枯れ, 果実減量や果皮の萎れを抑制するなど, 果実の生理的な老化を抑制する効果があることを明らかにした (井上ら, 2012, 2013). しかし, これらの試験は, 健全な果実を用いて実験室レベルで小規模に実施したものであり, 農家や選果場など大量な果実を扱う実用場面での有効性については明らかにされていない. そこで, 本研究では, 出庫後の果皮障害の発生が問題となる「清見」を用い, ACE 含有製剤の塗布処理が果皮障害の発生に及ぼす影響について, 現場での

実用的な処理を想定し, より安価な SK-202 処理の効果や, 大型選果機のワックス処理装置を用いた処理, また出荷用段ボール箱で保管した場合の果皮障害や腐敗の発生に及ぼす影響を調査した.

材料および方法

1. ACE 含有製剤の塗布処理が「清見」の減量, 果皮障害および腐敗に及ぼす影響 (実験 1)

1) 冷蔵後変温で保管した場合

(1) 材料

2009 年 3 月 9 日に愛媛県伊方町の JA カンキツ共同選果場において, 大型選果機 ((株) マキ製作所) で選果された「清見」優品 L 級を供試した. 処理開始まで出荷用段ボール箱に入れたまま 5°C で保管した.

(2) 処理方法

製剤として次の 2 剤を供試した. ①ウンシュウミカン用に開発された ACE 含有製剤 SK-202 (阪本薬品工業 (株), 0.5% (w/w) ACE (カピリン 50 ppm), 0.5% (w/w) ショ糖脂肪酸エステル, 0.5% (w/w) 植物油, 0.3% (w/w) 植物タンニン, 37.5% (w/w) エタノールおよび水を含有). ②中晩生カンキツ用に開発された ACE 含有製剤 SK-253 (0.5% (w/w) ACE (カピリン 100 ppm), 0.5% (w/w) ショ糖脂肪酸エステル, 0.5% (w/w) 食用油, 37.5% (w/w)

Fig. 1. Treatment with preservatives containing extract from *Artemisia capillaris* Thunb. (SK-253 and SK-202) using a cloth (A) and on a packing-house line (B, C, D) of 'Kiyomi' fruit.

A: gently wiped with a cloth impregnated with SK-253 and SK-202.

B: sprayed and coated with SK-253 and SK-202 using a wax machine.

C: drying process just after treatment.

D: grading and packaging of treated fruit.

エタノールおよび水を含有)。両剤の違いは、カピリンの濃度と植物タンニンの有無であった。

3月24日に、SK-202およびSK-253を少量染み込ませた布（メリヤス）で果実表面を1個ずつ軽く塗布した（第1図A）。室温で1時間風乾後、段ボール箱に戻して封をした。対照区は無処理とし、処理区と同様に段ボール箱に入れて封をした。供試果数は各区26果とした。段ボール箱の保管は、インキュベータ（KCLP-1400 I CT, (株) 日本医科器械製作所）を用い処理後4週間は5°Cで、それ以降、日中（8:00-17:00）は25°C、夜間（17:00-8:00）は10°Cに設定して行った。

(3) 果皮障害の評価方法

処理28日後、49日後および71日後に、果皮障害および腐敗の発生状況を調査した。果皮障害は、各斑点の長径と短径を測定して楕円の面積を求め、1果当たりの総面積として表した。また、処理28日後および49日後に果実の重量を測定し減量率を算出した。1回目の調査後、腐敗した果実を除いて箱に戻し、再度封をして保管した。

2) 室温で保管した場合

(1) 材料

2010年4月20日に、愛媛県八幡浜市内のJAカンキツ共同選果場の大型選果機（(株) 石井工業）において選果された‘清見’優品L級を供試した。

(2) 処理方法

実験1-1)と同様に、SK-202区、SK-253区および無処理区を設けた。SK-202およびSK-253の処理は、実験1-1)と同様に行い、室温で1時間風乾後、段ボール箱に入れ、選果場内の室温で保管した。

(3) 果皮障害の評価方法

処理4日後、7日後および17日後に、こはん症などの果皮障害および腐敗発生を調査した。果皮障害の発生は、選果場において迅速に調査を行う必要があったことから、実験1-1)の方法と異なる評価法を用いた。すなわち、外観からの判断により「無」(0), 「軽」(1), 「中」(2) および「甚」(3) に分けて調査し、発生率および発生指数として表した。発生指数は、 $[(0 \times \text{無の果数}) + (1 \times \text{軽の果数}) + (2 \times \text{中の果数}) + (3 \times \text{甚の果数}) \times 100] / (3 \times \text{総調査果数})$ により算出した。1回目の調査後は、腐敗果実のみを除いて箱に入れ直し、封をして保管した。

2. ACE含有製剤SK-202の大型選果機処理が‘清見’の果皮障害および腐敗に及ぼす影響（実験2）

実験には、愛媛県八幡浜市内のJAカンキツ共同選果場に搬入された‘清見’果実を用いた。大型選果機（(株) 石井工業）による処理は、2011年4月6日に、約40tの果実について、選果機のワックスの処理装置を用い、ACE含有製剤SK-202の付着量が、果実重量の0.05%（w/w）になるように吐出量を調整して実施した（第1図B, C, D）。無処理区および布によるSK-202およびSK-253処理区の果実は、前日（4月5日）に同じ選果機でワックス処理装

置を使用せずに選果した。

1) 同じ荷口での処理効果

同じ荷口の果実について、大型選果機でSK-202を処理した果実優品L級5箱と無処理の果実優品L級9箱を供試した。無処理の9箱のうち4箱について、2箱ずつSK-202およびSK-253を布で処理した。布での処理方法は実験1と同様に行った。室温で1時間風乾後段ボール箱に戻し、室温で保管した。大型選果機による処理7日後（4月13日）に、実験1-2)と同様に果皮障害および腐敗の発生状況を調査した。

2) 異なる荷口での処理効果

大型選果機のワックス処理装置を用いてSK-202塗布処理された果実および無処理の果実について、それぞれ異なる荷口から無作為に優品L級果5箱を供試した。段ボール箱は室温で保管し、処理7日後（4月13日）に実験1-2)と同様に果皮障害および腐敗の発生状況を調査した。

3. ACE含有製剤SK-253の塗布処理が‘清見’の果皮障害、エチレン生成および呼吸速度に及ぼす影響（実験3）

2013年4月16日に、実験1-1)の選果場に搬入された‘清見’果実を用いた。処理は、実験2と同様に選果機のワックス処理装置を用い、SK-253の付着量が、果実重量の0.05%（w/w）になるように吐出量を調整し、約20tの果実に処理した。処理した果実から10kg段ボール入り良品L級10箱を採取し、このうち80果を3つの5kg段ボール箱に入れ替え、室温（保存期間中の最低温度15°C、最高温度20°C）で保管した。対照として、同じ荷口の果実を選果機ライン（距離約70m、段差10か所）に入る直前で約120kg採取し、そのなかからL級80果を選び、3つの5kg段ボール箱に入れ替え無処理区とし、処理区と同じように室温で保管した。処理1日後（4月17日）および9日後（4月25日）に果実品質、障害発生を調査するとともに、果皮色、果汁の糖度およびクエン酸含量、エチレン生成および呼吸速度を調査した。果皮色は、果実赤道部の2か所を色彩色差計（CR-300, コニカミノルタ（株））により測定した。果汁の糖度は、デジタル屈折計（IPR-101α, アズワン（株））で測定し、クエン酸は含量0.1N NaOH中和滴定により算出した。なお、分析用の果実は1区5果4反復を供試した。

エチレン生成および呼吸速度の測定

各区7果について、処理1, 3, 6, 9および15日後のエチレン生成、呼吸速度および減量率を調査した。エチレンの測定は、既報（井上ら, 2012）とほぼ同様に行った。すなわち、果実（平均果実重188g）を550mLのガラス容器に入れて密封し20°Cで13時間インキュベートした後、容器内の空気を採取し、活性アルミナカラムおよび水素炎イオン化検出器を装着したガスクロマトグラフ（GC-2014, (株) 島津製作所）に注入し、既知濃度の標準ガスとの比較により定量した。呼吸速度は、エチレンの測定と同様な方法でインキュベートした後、容器内の空気を分流カラム（WG-100, ジーエルサイエンス（株））および熱伝導度検

出器を装着したガスクロマトグラフ (GC-8A, (株) 島津製作所) に注入し, 既知濃度の二酸化炭素標準ガスとの比較により定量後, 二酸化炭素排出量 $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ として表した。

結 果

1. ACE 含有製剤の塗布処理が‘清見’の減量, 果皮障害および腐敗に及ぼす影響 (実験 1)

1) 冷蔵後変温で保管した場合

果実の減量率は, 無処理区では処理 28 日後および 49 日後においてそれぞれ 2.9% および 7.8% であったのに対し, 布による SK-253 処理区では 2.6% および 6.7% と有意に低かった (第 2 図 A)。SK-202 処理区は無処理区および SK-253 処理区と有意な差はなかった。果皮障害は, 5°C 保管 (処理 28 日後) ではいずれの区も発生が認められなかったが, 日中温度 25°C および夜間温度 10°C に移行した処理 49 日後では無処理区で著しく増加した (第 2 図 B)。これに対し, SK-253 区および SK-202 区では発生が全く認められなかった。処理 71 日後では, SK-253 区で 12.0%, SK-202 区で 23.1% の発生が見られたが, 無処理区の 42.3% に比べ顕著に少なかった。1 果当たりの発生面積は, 発生率と同様に, SK-253 区で最も小さく, 次いで SK-202 区, 無処理区であった (第 2 図 C)。

2) 室温で保管した場合

果皮障害の発生率は, 処理 4 日後で無処理区の 43.5% にに対し, SK-253 区では 24.9% と有意に低く, 処理 17 日後ま

Fig. 3. Effect of preservatives containing extract from *Artemisia capillaris* Thunb. on the incidence of rind injury (A) and index of incidence (B) of 'Kiyomi' fruit (Exp. 1, 2010). Fruit were placed at room temperature after treatment. The rate of damaged fruit was calculated by $[(0 \times \text{number of undamaged fruit}) + (1 \times \text{number of slightly damaged fruit}) + (2 \times \text{number of moderately damaged fruit}) + (3 \times \text{number of markedly damaged fruit})] \times 100 / (3 \times \text{total fruit})$. Data are means $\pm$ SE (n = 4). Different letters indicate significant differences among means according to Tukey's multiple range test ($p < 0.05$).

Fig. 2. Effect of preservatives containing extract from *Artemisia capillaris* Thunb. on weight loss (A), the incidence of rind injury (B), and spotted area (C) of 'Kiyomi' fruit (Exp. 1, 2009).

Fruit were stored at 5°C before treatments. Treated fruit were placed at 5°C for 4 weeks, and at 25°C (8:00–17:00) and 10°C (17:00–8:00) thereafter.

The spotted area per fruit was calculated by $(\text{transverse diameter}/2) \times (\text{longitudinal length}/2) \times \pi$.

Data are means $\pm$ SE (n = 4).

Different letters indicate significant differences among means according to Tukey's multiple range test ($p < 0.05$).

で一貫して低かった（第3図A）。SK-202区については、処理4日後では無処理区との間に有意差は認められなかったが、7日および17日後の発生率は有意に低くなり、SK-253処理と同等であった。果皮障害の発生指数についても、発生率と同じようにSK-253区およびSK-202区で顕著に低かった（第3図B）。なお、処理17日後の腐敗果率は、SK-202区では0%で、SK-253区および無処理区では0.9%であった（データ略）。

2. ACE含有製剤SK-202の大型選果機処理が‘清見’の果皮障害および腐敗に及ぼす影響（実験2）

1) 同じ荷口での処理効果

同じ荷口の果実について、大型選果機のワックス処理装置を用いてSK-202を処理した区、布によるSK-202処理区および布によるSK-253処理区、および無処理区の各段ボール箱内の果皮障害の発生率を第1表に示した。果皮障害の発生率は、総量で見ると、布によるSK-253処理区が2.1%で最も低く、次いで布によるSK-202処理区が5.2%であった。SK-202選果機処理区は7.3%であり、無処理区の12.1%に比べ低かったが、布による処理に比べて高かった。選果機処理区では16.9%と高い発生率の箱も見られた。健全果率は、布によるSK-253処理区が97.9%で最も高く、次いで布によるSK-202処理区が93.7%で、SK-202選果

機処理は92.4%と無処理区の87.5%に比べ高い傾向にあった。

2) 異なる荷口での処理効果

大型選果機でSK-202を処理し、異なる荷口から抽出した段ボール箱内の果皮障害発生率は、無処理区では2.0～25.6%と箱によりばらつきが大きかったが、総量では11.8%であったのに対し、SK-202処理区では、いずれの箱も3.6%以下と箱によるばらつきも小さく、総量で2.3%と低い傾向にあった（第2表）。腐敗については、本実験の調査期間が短いこともあり発生は少なかったが、SK-202処理区では全く発生しなかったのに対し、無処理区では5箱のうち2箱で発生が認められた。健全果率は、無処理区の87.0%に対し、SK-202処理区では97.7%と高い傾向を示した。なお、腐敗は主に緑かび病によるものであった。

3. ACE含有製剤SK-253の大型選果機処理が‘清見’の果皮障害、エチレン生成および呼吸速度に及ぼす影響（実験3）

処理9日後のこはん症発生率は、SK-253処理区で有意に低くなり、甚、中および軽の発生程度別割合が無処理区に比べ少ない傾向が認められた（第3表）。腐敗果率は、無処理区の2.8%に対しSK-253区では皆無であった。へた枯れ発生率は無処理区の9.7%に対しSK-253区では1.4%

Table 1. Incidence of rind injury and fruit rot in ‘Kiyomi’ fruit stored in corrugated cardboard boxes and treated with preservatives containing an extract from *Artemisia capillaris* Thunb. on a packing-house line (Exp. 2-1).

Treatment	Corrugated cardboard box no.	Provided fruit	Rind injury ^z (%)	Decayed fruit (%)	Sound fruit (%)
Untreated	1	46	15.2	0.0	84.8
	2	50	14.0	0.0	86.0
	3	47	6.5	2.1	91.4
	4	55	18.2	0.0	81.8
	5	47	6.4	0.0	93.6
	Average	49.0	12.1	0.4	87.5
SK-202	1	52	7.7	0.0	92.3
	2	58	1.7	0.0	98.3
	3	53	1.9	0.0	98.1
	4	59	16.9	1.7	81.4
	5	49	8.2	0.0	91.8
	Average	54.2	7.3	0.3	92.4
SK-202	1	49	4.1	0.0	95.9
	2	47	6.4	2.1	91.5
	Average	48.0	5.2	1.1	93.7
SK-253	1	59	1.7	0.0	98.3
	2	39	2.6	0.0	97.4
	Average	49.0	2.1	0.0	97.9

Corrugated cardboard boxes were collected from the same lot.

^z Damaged fruit were removed before packaging in corrugated cardboard boxes.

^y Sorted on April 5, 2011.

^x Treated on April 6, 2011.

Investigated on April 13, 2011.

Table 2. Rind injury and fruit rot of 'Kiyomi' fruit in corrugated cardboard boxes treated with preservatives containing extract from *Artemisia capillaris* Thunb. on a packing-house line (Exp. 2-2).

Treatment	Corrugated cardboard box no.	Provided fruit	Rind injury ^z (%)	Decayed fruit (%)	Sound fruit (%)
Untreated ^y	1	55	23.6	1.8	74.5
	2	43	25.6	0.0	74.4
	3	49	2.0	0.0	98.0
	4	49	2.0	4.1	93.9
	5	52	5.8	0.0	94.2
	Average	49.6	11.8	1.2	87.0
SK-202 ^x	1	44	2.3	0.0	97.7
	2	56	3.6	0.0	96.4
	3	50	0.0	0.0	100.0
	4	55	3.6	0.0	96.4
	5	50	2.0	0.0	98.0
	Average	51.0	2.3	0.0	97.7

Corrugated cardboard boxes were randomly collected from different lots.

^z Damaged fruit were removed before packaging in corrugated cardboard boxes.

^y Sorted on April 5, 2011.

^x Treated on April 6, 2011.

Investigated on April 13, 2011.

と少ない傾向にあった。

エチレン生成量は、SK-253を選果機で塗布処理した果実では、選果ラインを通過していない無処理果実に比べ、処理3日後からエチレン生成および呼吸速度が抑制される傾向にあり、処理9日後以降有意に抑制された(第4図A)。呼吸速度は、処理6日後以降、SK-253処理で有意に低かった(第4図B)。果実の減量率は、有意差が認められなかったが、調査期間を通してSK-253区で低い傾向にあった(第4図C)。果実品質については、糖度に明らかな差は見られなかった。クエン酸含量についても処理区間に差はなかった(第4表)。果皮色は、外観からの判断ではSK-253区

で橙色が濃くなる傾向が見られたが、a*値に有意な差は認められなかった。

考 察

収穫後に発生する‘清見’の果皮障害は、高温・乾燥条件下など果実の呼吸量が多く、蒸散が活発となるような条件においた場合に発生が多くなることから、収穫後貯蔵出庫流通過程を含めて果皮からの蒸散を抑え呼吸量を低く保つのが障害抑制のポイントとされている(Fujisawaら, 2001; 田中・佐藤, 1995)。ポリ個装は、果皮からの蒸散を抑え呼吸量を低く保ち果皮障害の発生を軽減する(阿部ら, 1992; 田中・佐藤, 1995)が、出庫後は裸果で流通するため果皮障害が発生する。一方、ワックスの塗布処理は、果実の蒸散や呼吸を抑制し(岩元ら, 1976)、果皮障害を抑制するが(牧田・岡田, 1993)、処理によるす上がり(田中・佐藤, 1995)や選果機処理による傷みの発生が懸念され、さらに外観の不自然な光沢などから緒言で述べたとおり我が国では消費者に敬遠される傾向にありほとんど使用されていない。

既報(井上ら, 2013)において、丁寧に扱った‘清見’ではACE含有製剤SK-253を塗布処理すると、果皮障害の抑制効果が認められた。しかし、選果された果実についての効果は明らかでないことから、実験1では大型選果機で選果された果実を供試して処理を行った。その結果、大型選果機で選果された‘清見’についても、ACE含有製剤SK-253およびSK-202を塗布処理することにより、果実の減量が抑制され、さらに果皮障害の発生が抑制された(第2図)。果実の減量の抑制効果は、SK-253とSK-202との間に有意差はなかったが、SK-253がSK-202に比べやや高い傾向であった。また、実験2においてもSK-202とSK-253の布での塗布処理を比較すると、SK-253の方が健全果率が高かった(第1表)。SK-253は、SK-202に比べて抗菌成分カピリンの濃度が2倍と高く、植物タンニン(0.3%)を含有していないことから、これらの成分の違いによると考えられる。

Table 3. Rind injury, fruit rot, and black button of 'Kiyomi' fruit in the corrugated cardboard boxes treated with preservatives containing extract from *Artemisia capillaris* Thunb. on a packing-house line (Exp. 3).

Treatment	Rind injury ^z						Decayed fruit ^z (%)	Black button ^z (%)
	Frequency (%)				Incidence (%)	Degree of injury ^y		
	Sound	Light	Medium	Severe				
Untreated	47.2 ± 5.6 ^x	37.5 ± 6.4	9.7 ± 3.7	5.6 ± 3.7	52.8 ± 5.6	14.2 ± 1.9	2.8 ± 1.4	9.7 ± 3.7
SK-253	65.7 ± 1.7	30.2 ± 1.6	4.1 ± 0.1	0.0 ± 0.0	34.3 ± 1.7	9.3 ± 0.3	0.0 ± 0.0	1.4 ± 1.4
t-test ^w	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS

^z Investigated on April 25, 2013 (9 days after treatment).

^y [(0 × number of undamaged fruit) + (1 × number of slightly damaged fruit) + (2 × number of moderately damaged fruit) + (3 × number of markedly damaged fruit)] × 100/(3 × total number of fruit).

^x Mean ± SE (n = 3).

^w *: indicate a significant difference at $P < 0.05$.

Fig. 4. Changes in ethylene evolution (A), respiratory rate (B), and weight loss (C) of 'Kiyomi' fruit treated with preservatives containing extract from *Artemisia capillaris* Thunb. on a packing-house line (Exp. 3, 2013).

Fruit were placed at 20°C.

Data are means $\pm$ SE (n = 7).

* and ** indicate a significant difference at $p < 0.05$ and $p < 0.01$ by t-test, respectively.

Table 4. Fruit quality of 'Kiyomi' in the corrugated cardboard boxes treated with preservatives containing extract from *Artemisia capillaris* Thunb. on a packing-house line (Exp. 3).

Days after treatment	Treatment	Fruit weight (g)	Pulp (%)	Soluble solids (°Brix)	Titrateable acidity (g $\cdot$ 100 mL ⁻¹ as citric acid)	Rind color (a*)
1	Untreated	189.3 $\pm$ 5.3 ^z	77.2 $\pm$ 0.7	12.5 $\pm$ 0.5	0.93 $\pm$ 0.04 b ^y	25.0 $\pm$ 0.3
	SK-253	192.6 $\pm$ 5.8	77.0 $\pm$ 0.2	12.3 $\pm$ 0.1	0.86 $\pm$ 0.06 ab	25.1 $\pm$ 0.3
9	Untreated	192.4 $\pm$ 1.2	79.0 $\pm$ 0.5	12.6 $\pm$ 0.2	0.86 $\pm$ 0.02 ab	25.1 $\pm$ 0.3
	SK-253	186.9 $\pm$ 2.5	78.3 $\pm$ 0.5	12.3 $\pm$ 0.1	0.73 $\pm$ 0.04 a	25.5 $\pm$ 0.3

^z Mean $\pm$ SE (n = 4).

^y Values within a column followed by the same letter are not significantly different ($P < 0.05$) by Tukey's multiple range test.

実験2において、同じ荷口の果実および異なる荷口の果実について、大型選果機のワックス処理装置を用いSK-202を塗布処理した。選果場に集荷された「清見」は、農家や荷口によって着色、傷など果実形質のばらつきが大きいことから、同じ荷口の果実と異なる荷口の果実を供試することで荷口の違いによる処理の影響を明らかにした。その結果、出荷段ボール箱内のこはん症発生率は、選果機を利用した大量処理でも布による丁寧な処理に比べてやや高かったものの、無処理に比べて低い傾向にあった（第1表）。さらに、大型選果機でSK-202を塗布した場合も、こはん症発生率やへた枯れは同じ荷口の無処理に比べ少ない傾向を示した（第2表）。加えて、箱によるばらつきは見られるものの、健全果率が5～10%向上した。大型選果機を用いれば、選果時に処理するなど、短時間で大量に処理することが可能となり、省力・低コスト化がはかれることから、より実用的な処理方法といえる。なお、実験2の選果機処理の比較において、調査日は無処理区が選果後8日で

あったのに対し、大型選果機処理区では7日と同じではなかった。本実験において、段ボール箱内の果皮障害は1日で著しく進行することはなかったことから、この違いによる影響はほとんどないものと考えられる。

カンキツ果実は、選果機を通過する際の落下衝撃、ブラッシングや転がりによる微細な傷が加わり腐敗が助長される（長谷川ら、1989; 池田ら、2010; 岩元ら、1977; 山下ら、1979）。収穫後の取り扱いや選果工程などにおいて衝撃を受けた果実では、呼吸量が増大し、果肉の二酸化炭素濃度が上昇する（Eaks, 1960; 長谷川ら、1989; Hyodoら、1979）。また、入庫前に落下衝撃を加えた「清見」では、貯蔵中に呼吸量が2倍近く上昇し、呼吸量が多い果実ほど果皮障害の発生が多くなる傾向が認められている（田中・佐藤、1995）。さらに、田中・佐藤（1995）は、通気性の異なる数種の段ボール箱内で保存した場合、果皮からの蒸散を抑制しても果皮障害が発生することから、障害の発生に段ボール箱内の低酸素、高二酸化炭素および高いエチレ

ン濃度などが関連している可能性があることを指摘している。実験3において、SK-253処理区は選果ラインで処理したにもかかわらず、呼吸速度およびエチレン生成量は、選果ラインを通過していない無処理果実に比べて有意に低く、かつ果皮障害の発生も少なかった（第4図A, B; 第3表）。このことから、SK-253処理による呼吸量やエチレン生成量の抑制作用は、選果ラインを通過したことによる衝撃の影響をマスクしていると考えられる。また、収穫後の取り扱いや選果の衝撃などによる果皮の小さな傷から溢出した精油の酸化が、‘清見’の果皮障害の発生を助長することが示唆されている（牧田, 1986）。実験3において、SK-253を処理した果実の減量率が無処理に比べ一貫して低い傾向を示したことから（第4図C）、ACE製剤処理の皮膜効果により精油の酸化を抑制し、障害の発生を抑制している可能性も考えられる。なお、実験3（第3表）の健全果率がいずれの区も実験2（第1, 2表）に比べ低かったのは、年次や産地、選果機などの違いに加え、供試した果実が後者は優品であったのに対し、前者は優品よりも等級が低く傷などの多い良品であったことが原因と考えられる。

果実品質については、処理9日後では、果汁の糖度は処理間に明らかな差は認められなかった（第4表）。一方、クエン酸含量は、SK-253処理に比べ無処理区で高い傾向が見られた。また、果皮色は、既報（井上ら, 2012, 2013）とは異なり処理間に有意な差は認められなかった。この原因として、処理区と無処理区で選果機による衝撃の有無などの影響が考えられる。品質に及ぼす影響については、今後選果ラインを通過した果実を比較対照とし、調査を行う必要がある。

ACE含有製剤SK-202およびSK-253は、収穫後の果実に使用できる食品添加物製剤であり、本研究において示されたように、‘清見’では、腐敗抑制による商品ロスの低下だけでなく、こはん症や萎れを抑制する傾向が認められたことから、今後選果場などで普及が進めば高品質な果実の出荷・販売が可能となろう。加えて、今後新たな鮮度保持剤として他の品種などへの利用が期待できる。

摘 要

出荷後、市場や店頭において、腐敗やこはん症などの障害が問題となる‘清見’について、実用的なACE含有製剤処理の果皮障害抑制効果を明らかにするため、製剤の処理方法が出荷段ボール箱内の障害発生および腐敗に及ぼす影響を検討した。果実の減量は、無処理区に比べ布（メリヤス）によるSK-253処理区で有意に抑制されたが、SK-253に比べてカピリン濃度が低くより安価なSK-202処理区では無処理区と有意差がなかった。1果当たりの果皮障害発生面積は、SK-253区、SK-202区、無処理区の順で小さい傾向であった。大型選果機のワックス処理装置を用いて処理した果実では、異なる荷口から抽出した段ボール箱内の果皮障害は、無処理区の11.8%に対し、SK-202区で2.3%

と少ない傾向が見られた。腐敗は、無処理区に対しSK-202区で少ない傾向であった。健全果率は、無処理区の87.0%に対し、SK-202区では97.7%と約10%向上した。SK-253を選果機で塗布処理した果実では、選果ラインを通過していない無処理果実に比べ、処理3日後からエチレン生成および呼吸速度が抑制される傾向にあり、処理9日後以降有意に抑制された。ACE製剤処理は、選果ラインを通過したことによる衝撃の影響をマスクしていると考えられる。

このように、大型選果機のワックス処理装置を用いてSK-202またはSK-253を‘清見’に塗布することにより、出荷段ボール箱内の果皮障害を抑制し、健全果率の向上に寄与することが示唆された。

引用文献

- 阿部一博・鄧 紅・矢野昌充・長谷川美典・岩田 隆.
1992. 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. 日食低温誌. 18: 148-154.
- Chikaizumi, S. 2003. Causal factors of “Kohansho” disorder in ‘Kiyomi’ tangor fruit. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 72: 306-311.
- Eaks, I. L. 1960. Techniques to evaluate injury to citrus fruit from handling practices. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 78: 190-196.
- Fujisawa, H., T. Takahara and T. Ogata. 2001. Influence of prestorage conditioning treatment and optimal temperature and humidity for prolonged storage of ‘Kiyomi’ tangor. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 70: 719-721.
- 長谷川美典・矢野昌充. 1990. タンゴール‘清見’のこはん症発生実態と防止法の検討. 園学雑. 59(別1): 620-621.
- 長谷川美典・矢野昌充・伊庭慶昭・牧田好高・小中原 実.
1989. ウンシュウミカンの選果工程における果実品質劣化要因とその改善. 果樹試報 B. 16: 29-40.
- Hyodo, H., Y. Hasegawa, Y. Iba and M. Manago. 1979. Enhancement of CO₂ evolution by Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) fruit by dropping. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 48: 353-358.
- 池田裕朗・石川 豊・北澤裕朗・路 飛・赤阪信二・塩田 俊. 2010. 収穫から選果までの間にレモン果実が受ける衝撃解析. 園学研. 9: 107-112.
- 井上久雄・三好孝典・大嶋悟士. 2012. カワラヨモギ抽出物含有製剤処理がウンシュウミカン果実のエチレン生成、呼吸および品質に及ぼす影響. 園学研. 11: 97-101.
- 井上久雄・大嶋悟士・三好孝典・熱田博之・羽山裕子.
2013. カワラヨモギ抽出物含有製剤処理が中晩生カンキツ‘清見’、‘不知火’および‘河内晩柑’のエチレン生成、呼吸および果皮障害に及ぼす影響. 園学研. 12: 303-309.

- 岩元陸夫・早川 昭・河野澄夫・真子正史. 1977. 選果工程に受ける落下衝撃の温州ミカン品質に及ぼす影響. 農機誌. 38: 539–544.
- 岩元陸夫・志賀 徹・中馬 豊. 1976. 選果工程における落下衝撃とワックス処理の温州ミカン品質に及ぼす影響. 園学雑. 45: 203–209.
- 牧田好高. 1986. 精油によるカンキツ果皮の障害. 静岡柑試研報. 22: 13–19.
- 牧田好高・岡田長久. 1992. 抗酸化剤処理によるタンゴール‘清見’の果皮障害発生の軽減. 園学雑. 61(別2): 626–627.
- 牧田好高・岡田長久. 1993. 果面被膜剤処理によるタンゴール‘清見’の果皮障害発生の軽減. 園学雑. 62(別2): 598–599.
- 三好孝典. 2013. カンキツ貯蔵病害に対するカワラヨモギ抽出物含有製剤の利用. 植物防疫. 67: 90–93.
- 三好孝典・大嶋悟士・藤井優子・清水伸一. 2006. カワラヨモギ抽出物（カビリン）を用いたカンキツ市場病害の防除. 日植病報講要. 72: 247.
- 三好孝典・大嶋悟士・清水伸一. 2011. カワラヨモギ抽出物の収穫後処理による温州ミカン果実の腐敗抑制. 愛媛農水研果樹セ研報. 3: 19–28.
- 農林水産省生産局. 2010. 平成 22 年特産果樹生産動態等調査.
- 大嶋悟士・三好孝典・藤井優子・清水伸一. 2006. 柑橘類果実. 特許公開 2006-230283.
- 田中秀幸・佐藤 隆. 1995. 清見の収穫後の果皮障害防止を中心とした品質保持. 大分柑試研報. 6: 10–23.
- 山下重良・北野欣信・八田茂嘉・和田年裕・宇田 拓. 1979. 温州ミカンの選果荷造過程における損傷要因と損傷防止に関する研究. 第 1 報. 外力による果実組織の破壊様相と選果荷造工程における果皮の損傷. 園学雑. 48: 231–241.