

カンキツ腐敗抑制製剤（食品添加物）の開発と普及

三好孝典

（愛媛県農林水産部農業振興局農産園芸課）

1. はじめに

カンキツ類は貯蔵されることが多く、貯蔵中には種々の原因で果実が劣変する。これらの中では糸状菌による腐敗が多く、緑かび病菌や青かび病菌など、ペニシリウム属菌による腐敗がもっとも多い。

カンキツ類の果実腐敗防止対策は、収穫前の農薬散布に依存するところが大きいですが、天候不順で防除が十分に行えない場合などは腐敗率が高くなる。また近年、温暖化の影響等から果実腐敗が多くなっている。さらに、果実腐敗は圃場や貯蔵中に発生するだけでなく、輸送中や店頭において発生することが多く被害が大きい。さらに、農薬の使用は消費者から嫌われ、使用を最小限に抑える努力を行っている。このため、収穫後に処理できる農薬以外の資材開発が望まれている。

保存剤は、カンキツ果実の流通・貯蔵中の腐敗を防ぐために古くから世界各国で使用されており、国によって許可されている種類と使用限度は異なるが、多くの国でジフェニル、オルトフェニルフェノール (OPP) およびそのナトリウム塩 (SOPP)、チアベンダゾール (TBZ)、ペノミル、イマザリルなどの使用が許可され、収穫後選果場で処理されている。我が国において収穫後の果実に直接処理する防かび剤 (食品添加物) は、カンキツ類においてTBZおよびSOPP等の使用が認められているが、近年の消費者の安全・安心志向から、これらの剤の使用は敬遠され、代替となる植物成分由来の資材開発が求められている。

植物成分由来の資材開発を行う目的で、各種の生薬から抽出した成分のこうじかび病菌に対する抗菌活性を調査したところ、カワラヨモギ (*Artemisia capillaris* Thunb.) の花穂からアルコー

ルで抽出した成分が抗菌活性を示し、その抗菌物質の同定を行った結果、カピリンであることが明らかとなった (大嶋ら, 2002; 山田・大嶋, 2006)。

カワラヨモギはキク科の植物で、日本や韓国、中国などの河原や海岸など、砂地に自生している多年草であり、漢方薬「茵陳蒿 (インチンコウ)」として古くから利用されている。その抽出物は、カワラヨモギ抽出物と称され、厚生労働省の既存添加物名簿に保存料としての記載がある食品添加物である。

そこで、流通過程での果実腐敗の問題が大きい温州ミカン用としてSK-202を、中晩柑類用としてSK-253を開発し、その実用化と普及を図った。なお、本報告の一部は既に発表している (三好ら, 2011; 三好, 2013)。

2. カピリンの抗菌活性

カワラヨモギ抽出物の抗菌成分であるカピリンの抗菌活性を糸状菌、酵母、細菌別に検討したところ、糸状菌に対する効果は顕著であったが、酵母、細菌にはあまり効果は示さなかった。また、カンキツ果実腐敗病菌に対して抗菌活性を検討したところ、顕著な抗菌活性が認められた。

3. カワラヨモギ抽出物を主体とした腐敗抑制製剤 (SK-202) の開発

カワラヨモギ抽出物はカンキツ果実腐敗病菌に対して活性が高いことから、実際の果実をカワラヨモギ抽出物に浸漬後、緑かび病菌を接種して腐敗状況を調査したところ、カワラヨモギ抽出物の効果はまったくなかった。このため、効果を発揮させるためには補助剤が必要と考えられたので、植物成分由来の食品添加物を数種抽出してカワラ

ヨモギ抽出物に混合し、接種試験により食品添加物やその混合割合を検討した結果、カワラヨモギ抽出物を主体とした腐敗抑制剤を開発したのでその有効性について検討を行った。

1) SK-202の腐敗抑制効果

‘上野早生’および‘青島温州’を用いて、SK-202の腐敗抑制効果を果実浸漬により検討したところ、SK-202はベンレート水和剤と同等の効果が認められた(表1)。

図1に今まで行った温州ミカンに対する果実浸漬試験の結果をまとめた。この中で、ハウスミカンおよび極早生温州ミカンでの効果は不安定であり、これは無処理での発生が非常に少ないか非常に多い場合に不安定になっている。明らかな原因

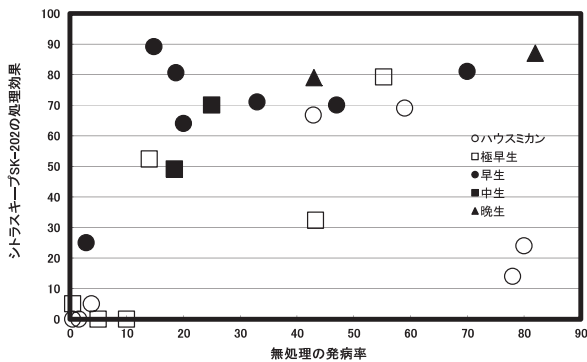


図1 温州ミカンにおける無処理の発病率と比較したシトラスキープSK-202の処理効果
 処理効果 = (無処理の発病率 - 処理区の発病率) × 100 / 無処理の発病率

は不明であるが、今後この原因の解明を行う必要がある。

効果が安定して確認され始めるのは、熟期が早生温州以降の品種であり、実用化を目指しているのは早生温州以降の品種である。

2) SK-202の選果場での処理方法

本腐敗抑制剤の実用化を目指す場合、処理の機械化が必要であるので、塗布装置としてワックス処理装置の利用が考えられた。そこで、SK-202の処理をワックス処理装置で行い、その時の腐敗抑制効果について検討した。選果場において処理した果実および無処理の果実を10箱抽出して大田市場に搬送して、約10日程度保管後に腐敗調査を行った。その結果、SK-202は顕著な腐敗抑制効果が認められるとともに、無処理に比べ光沢が有り新鮮に見えた(表2)。以上の結果から、SK-202は果実腐敗に有効であることが明らかとなった。

3) 温州ミカン果実への処理量と経費

SK-202の原液から3倍液を作成して、果実に浸漬後、緑かび病菌を接種し、腐敗抑制効果から有効処理量を求めた結果、2.5倍液(浸漬処理に対して0.4倍の付着量)までは安定した腐敗抑制効果が認められた。実際に、ワックス処理装置を用いてSK-202を処理した場合、浸漬の50%の処理量

表1 ‘上野早生’および‘青島温州’に対するSK-202の処理効果(2005年)

品種	薬剤名	倍数	調査果数	反復数	発病率(%)	処理効果	薬害
上野早生	SK-202	原液	50	3	10.0a	81.9	—
	ベンレート水和剤	4,000倍	50	3	9.3a	83.2	—
	無処理		50	3	55.3b		
青島温州	SK-202	原液	50	3	5.3a	92.8	—
	ベンレート水和剤	4,000倍	50	3	9.3a	87.3	—
	無処理		50	3	73.3b		

- 1) 表中の英字はtukeyの多重検定結果(5%),同一文字に有意差無し。
- 2) 発病率は全腐敗果の発病率(%)
- 3) 処理効果 = (無処理の発病率 - 処理区の発病率) × 100 / 無処理の発病率

表2 ワックス処理装置を用いたSK-202処理による腐敗抑制効果

薬剤	濃度	調査単位 ^{a)}	反復数	全腐敗率	処理効果 ^{b)}	薬害
SK-202	原液	10kg	10	1.1	75.0	—
無処理		10kg	10	4.4		
t検査 ^{c)}				*		

- a) ‘宮川早生’ M階級の10kg段ボールを用いた。果実数は約100個
- b) 処理効果 = (無処理の発病率 - 処理区の発病率) × 100 / 無処理の発病率
- c) *: 5%で有意

でも安定した効果が認められ、この時の処理経費は、果実1kg当たり約2円である。

今後、処理経費は資材の改良等により、コストダウンを図っていきたい。

4. 中晩柑品種に対して腐敗抑制効果の高い製剤の探索

SK-202を中晩柑類に処理すると、顕著な効果は得られないことや薬害が発生する事例が認められたので、SK-202, SK-252, SK-253の3処方を実果に浸漬処理またはウエス塗布処理(製剤を布に浸して軽く絞り、果実に塗布)し、緑かび病菌を接種して効果を評価した結果、無処理に対して浸漬またはウエス塗布処理したSK-253にのみ有意差が認められ、他の製剤は認められなかった。この結果からSK-253を中晩柑用の製剤として以下の試験に用いた。

5. 中晩柑品種に対するSK-253の処理効果

中晩柑品種として、‘不知火’、‘清見’及び‘河内晩柑’に対するSK-253の処理効果について検討した。

1) ‘不知火’に対する効果

腐敗防止剤無散布の‘不知火’果実を用いて、1月中旬にSK-253をウエス塗布し風乾後、常温貯蔵した。調査は3月まで経時的に行った。温州ミカンではSK-202を処理することにより、着色を向上させることが報告されている(井上ら, 2012)ので、試験果実すべてを対象に色差計を用いてa値の変化を経時的に調査した。その結果、SK-253の腐敗抑制効果は認められ、特に緑かび病、青かび病および水腐症状の腐敗合計に対して

は顕著な抑制効果を示し有意差(5%)が認められた。なお、薬害および果皮障害の発生は認められなかった(表3)。着色においては、明らかに向上したが、その原因については今後の検討が必要である。

次に、SK-253処理により果皮障害の発生が軽減されることが予備的に明らかになったことから、2月下旬に4.5tの‘不知火’果実をSK-253でウエス塗布処理し、5℃の冷蔵庫で保管した。3月上旬に果皮障害の発生を調査した結果、明らかに果皮障害の発生軽減効果が認められた(図2)。果皮障害発生抑制効果の作用機作は、明らかにされていないが、SK-253を処理することにより、SK-202処理でも示されているように(井上ら, 2012)、カワラヨモギ抽出製剤を処理するとエチレン生成抑制、呼吸抑制および蒸散抑制作用があり、これらが関係しているものと考えられる(井上ら, 2013)。

以上のことより、‘不知火’に対してのSK-253は腐敗抑制、着色促進および果皮障害(ヤケ)発生抑制に効果があることが明らかとなった。

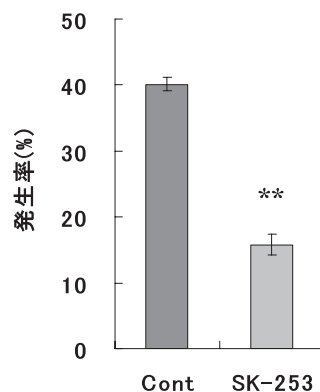


図2 SK-253処理による‘不知火’の果皮障害発生軽減効果

表3 SK-253ウエス塗布処理による‘不知火’における腐敗抑制効果

試験区	調査果数	反復	腐敗率 (%)							合計	緑+青+水 ^{a)}	薬害
			緑かび病	青かび病	水腐病	黒腐病	軸腐病	黒斑病				
SK-253	40	4	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	3.1	1.3	—	
無処理	40	4	3.1	3.8	1.3	0.6	1.3	0.0	10.0	8.1	—	
t検定結果 ^{b)}		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*			

a) 緑かび病、青かび病および水腐症の腐敗率を合計した。

b) * : 5%で有意, ns : 有意差なし

2) ‘清見’に対する効果

3月中旬に収穫した清見を用いて、SK-253をウエス塗布処理して常温貯蔵し、5月中旬に腐敗状況および果皮障害の調査を行った結果、腐敗抑制効果は無処理の腐敗が少なく明らかなにできなかったが、果皮障害については明らかな発生抑制効果が認められた。

さらに、選果場においてSK-253の果皮障害発生抑制効果を検討するため、3月中旬から4月上旬にかけて、9tの果実にSK-253をウエス塗布処理し、5℃の冷蔵庫で保管した。5月上旬から中旬にかけて出荷する際に果皮障害の発生を調査した結果、処理により顕著な発生抑制効果が認められた(表4)。果皮障害発生抑制機構は、前述の‘不知火’と同様と考えられ、‘不知火’で認められた着色促進効果は調査していないが、同様の効果があるものと考えられる。

以上のことより、処理による腐敗抑制効果は明らかにできなかったが、果皮障害発生抑制効果は顕著であった。

表4 SK-253ウエス塗布処理が‘清見’の果皮障害に及ぼす影響

	階級	調査 コンテナ数	果皮障害発生 コンテナ数	発生率 (%)
	L	79	2	2.5
	M	456	16	3.5
	合計	572	19	2.9
無処理	2L	367	22	6.0
	L	2179	124	5.7
	M	2657	186	7.0
	合計	5203	332	6.2

コンテナ内果実の重量は16kg

3) ‘河内晩柑’に対する効果

2月上旬に収穫した‘河内晩柑’にSK-253をウエス塗布処理した。処理後14日間予措した後に、微細孔フィルムで1個ずつ包装して常温で貯蔵した。腐敗調査を6月下旬まで行った結果、腐敗は果梗部から起こり軸腐れ症状を示すものがほとんどであったが、無処理の発病が少なかったため、処理による効果を明らかにすることはできなかった。SK-253のへた落ちに対する処理効果は顕著に認められた(表5)。へた落ち発生抑制効果は、前述したようにSK-253のエチレン生成抑制効果が関連するものと考えられる。

以上の結果より、SK-253処理による腐敗抑制効果は明らかにできなかったが、顕著なへた落ち発生抑制効果が認められた。

6. おわりに

現在、阪本薬品工業株式会社で十分な腐敗抑制効果が認められたカワラヨモギ抽出物の処方を温州ミカン用として「シトラスキープSK-202」、中晩柑用として「シトラスキープSK-253」の商品名で販売している。SK-202は愛媛県内で年間20,000tの温州ミカンに、SK-253は年間1,000tの中晩柑に処理されている。

SK-202の処理において、ワックス処理装置を用いると、選果ラインが長くなるとともに、選果ラインによってはワックス処理装置のないラインがあり、全果実を処理することが不可能になっている。このため、SK-202を処理する他の方法等の開発が必要で、現在検討を行っている。

SK-202は温州ミカンを中心に効果の検討を行ってきたが、中晩柑類である‘不知火’に対して同様の試験を繰り返して実施したところ、効果が不安定になる事例や薬害が発生する事例が認め

表5 SK-253ウエス塗布処理が‘河内晩柑’の果実腐敗およびへた落ち発生に及ぼす影響

試験区	処理果実	反復数	腐敗率(%)				へた落ち 発生率(%)	薬害
			3月17日	4月16日	5月15日	6月25日		
SK-253	30	3	0.0	2.2	2.2	2.2	1.1	—
無処理	30	3	0.0	1.1	1.1	4.4	15.6	
t 検定結果 ^{a)}			ns	ns	ns	ns	*	

a) * : 5%で有意, ns : 有意差なし

られたので、製剤の改良を行い、SK-253を開発した。

SK-253処理は、コスト削減の面からもできるだけ少量施用での試験を実施してきた。多量に施用した場合は薬害等の発生事例もあり、できるだけ少量で均一に施用することが重要と考えている。このため、手で処理する方法としてウエス塗布がもっとも処理量が少なく効果も安定していたので、現在はウエス塗布処理を推奨している。しかし、SK-253の使用拡大を図るためには機械による処理を行う必要があり、現在家庭用選果機を用いた処理法について検討している。

SK-253の処理効果を貯蔵する数品種の中晩柑について検討してきたところ、SK-253は腐敗抑制だけでなく、果皮障害の発生抑制等の顕著な効果が認められた。本試験のほとんどは農協との共同試験であり、SK-253の処理効果を理解していただいた農協では、SK-253を使用している。現在までに使用している品種は‘不知火’と‘清見’と‘河内晩柑’である。

最後に、カワラヨモギ抽出物製剤処理(SK-253)、微細孔フィルム包装(MA包装資材)および貯蔵温度管理を組み合わせ、主要中晩柑の出荷期間を夏季まで延長する試験を、国の競争的資金を用いて実施した結果、7月から8月上旬まで出荷できる技術を確立した。この技術は「農業新技術2013」(農林水産省)に選定されたので、今後、関係機関との緊密な連携を図り、生産現場へ迅速に普及させていきたい。

参考文献

- 井上久雄ら(2012). 園学研11(1): 97-101.
井上久雄ら(2013). 園学研12(3): 303-309.
三好孝典ら(2011). 愛媛農水研果樹セ研報 3: 19-28.
三好孝典(2013). 植物防疫 67(2): 90-93.
大嶋悟士ら(2002). Fragrance J. 1: 67-71.
山田 武・大嶋悟士(2006). Fragrance J. 4: 60-67.

果樹害虫の試験研究生活を振り返って

大政義久

(元 愛媛県農林水産研究所果樹研究センター)

愛媛県立果樹試験場(果樹研究センター)に30年、病虫害防除所南予支所5年、普及(八幡浜)2年の37年間の県庁生活であった。その間、主として果樹害虫の発生生態の解明と防除技術確立試験、新農薬の効果試験等の試験研究業務に携わり、果樹の安定生産と高品質果実生産に少しは貢献できたと思っている。

ミカンハダニの被害解析や感受性検定マニュアル作成等薬剤抵抗性対策、ミカンハダニの天敵活動の解明、チャノキイロアザミウマ・ミカンキイロアザミウマ等の被害解明と防除法確立、柑橘加害の鳥類の防鳥機器の効果試験、無人ヘリによる省力防除法確立、ミカンバエの防除対応、クリタマバチ・クリイガアブラムシの被害解析と防除法確立、果樹カメムシ類対応、ウメ・モモのコスカ

シバ性フェロモンの広域処理の効果実証等々、その時々の問題解決に奔走し、何とか新しい知見を見出して県の防除指針や地域の栽培指針など現場指導に反映させることができた。

中でも、ライフワークとなった「果実吸蛾類のアカエグリバ性フェロモンの開発と発生予察技術の開発」や天敵の効果を実感した「天敵糸状菌を用いたカンキツ害虫ゴマダラカミキリの防除法の開発」、「クリタマバチの天敵チュウゴクオナゴバチの導入と防除効果の実証」試験は印象深く、この3課題を紹介し、今回のテーマに代えたい。

1. 果実吸蛾類アカエグリバの性フェロモンの開発と発生予察技術の開発

果実吸蛾類とは、果実が熟しはじめた頃、夜間

に果樹園に飛来して強靱な口吻で果実を吸汁加害する蛾類の総称であり、西南暖地ではアカエグリバ、ヒメエグリバ、アケビコノハが主要種である。成虫が夜間活動性であることから、その生態や加害行動特性など未解明な部分が多く、難防除害虫として位置づけられており、愛媛県（愛媛県立果樹試験場）は1973年4月から農林水産省の指定試験事業を受けて「暖地果実吸蛾類の防除法確立」試験に取り組み1991年3月に終了した。

その間、主要種の加害実態や加害行動の調査、生活史や発生生態の解明、果袋利用や薬剤利用による防除技術の確立など一連の試験を実施し、成果をあげた。

演者も1976年に果樹試験場に着任すると同時に本事業に参画する中で、主要種であるアカエグリバの性フェロモン利用技術確立の課題に取り組むことができた。本試験では人工飼料による大量飼育法の開発、配偶行動の解明と生物検定法を確立し、性フェロモンとしてエポキシ化合物2成分の化学構造を決定した。当時蛾類の性フェロモンとしてエポキシ化合物は珍しいものであり、1つの成分は初めて構造決定された化合物であったこと、この2成分を誘引源とするトラップは雄成虫を効率よく捕獲でき、これまでの予察灯に代わる有効な発生予察技術となることを明らかにできたことから、この性フェロモンを「昆虫誘引剤」として1995年に特許を取得した。

1991年4月に病虫害防除所南予支所に異動になりフェロモンの研究は一時中断したが、その後再び果樹試験場勤務の機会を得、残されていた課題であった化合物の光学異性体の決定を行うことができたことは幸運であった。

性フェロモンの構造決定は旧農林水産省四国農業試験場、高知大学との共同研究であり、光学異性体の決定は東京農工大学との共同研究であった。また、旧農林水産省農業技術研究所の皆様には本研究着手当初から多大のご助言、ご協力をいただいた。関係者各位に対しここに改めてお礼申し上げます。

2. 天敵糸状菌を用いたカンキツ害虫ゴマダラカミキリの防除法の開発

ゴマダラカミキリは成虫による枝葉の食害のほか、食入幼虫の加害により樹勢衰弱や枯死を招くなどその被害は大きく、防除対策として成幼虫の捕殺や薬剤散布を行っていたが十分な効果が上がりにくい状況があった。そうした中で1995年に天敵糸状菌（ポーベリア・ブロンニアティ）不織布製剤（商品名：バイオリサ・カミキリ）が登録された。環境保全型防除が叫ばれていたこともあり環境にやさしい防除法確立を目的として1996年から2年間、前任者の課題を引き継ぎ、松山市と八幡浜市において本製剤の広域処理の効果実証試験を行った。

ゴマダラカミキリ成虫の脱出及び不織布製剤の有効期間が約1ヵ月であることから処理時期を成虫発生初期の6月上～中旬とし、製剤を株元主幹部に巻付け固定する処理法を確立、さらに、周辺部からの飛び込みを想定してヘクタール以上の大面積処理により被害（食入幼虫数）を無処理区の1/2～1/8に抑えることを明らかにした。この方法は、従来の防除法（成虫の捕殺と、2～3回の薬剤防除）より1～2回の防除回数の低減につながり、県や地域の防除指針に組み込まれ、環境に優しい防除技術として有力な手段となっている。

3. クリタマバチの天敵チュウゴクオナガコバチの導入と防除効果の実証

クリタマバチは中国からの侵入害虫である。1941年前後に岡山県で確認され、愛媛県では1950年に確認されている。1980年頃から全県的に被害の拡大がみられ、その対策としてクリの芽長が6mm～11mmに伸長する4月上～中旬に薬剤を散布する発芽前防除技術を確立し、指導していた。一方、クリタマバチの天敵であるチュウゴクオナガコバチが1979年、1981年に中国より導入され、九州大学（熊本県果試と共同）と農林水産省果樹試験場（茨城県）の2カ所で本格的な放飼実験が開始された。その結果、茨城県では天敵が順調に増殖、分布を拡大し放飼9年後の1991年には茨城県はもとより周辺部の県まで分布を拡大するなど顕著な防除効果が実証されていた。熊本県では定着はし

たものの増殖が緩慢で効果発現に長年月を要した。

これらの結果を踏まえ、愛媛県では1990年に農林水産省果樹試験場からチュウゴクオナガコバチを導入し、県下のクリ主産地2カ所で交尾雌400頭及び180頭の放飼試験を開始した。その後、1996年にかけて計5市町10カ所に放飼が行われた。当初数年間は、放飼園の天敵の増殖は緩やかであったが、徐々に周辺部にも分散して行き、初回の放飼から12年目には県下平均で17.6頭/100ゴールに達した。被害芽率は放飼時の約60%から、11年

目には約20%に、15年目には5.4%まで減少し、その後も被害許容水準（30%）以下の10%程度の横ばい状態が続き、顕著な防除効果が示された。現在、天敵は県下全域に分布を拡大し、クリタマバチの防除は必要ない状況になっており、天敵利用技術の成功例となっている。

以上、研究生活の一部を紹介したが、いずれも先輩や後輩並びに関係諸氏の多大なご指導と協力はなすには遂行できなかった。心より感謝申し上げます。