

学位論文全文に代わる要約 Extended Summary in Lieu of Dissertation

氏名： 井上久雄
Name

学位論文題目： カンキツの果実品質，機能性成分を高める栽培およびカワラヨモギ抽出物
Title of Dissertation を利用した鮮度保持

学位論文要約：
Dissertation Summary

ウンシュウミカンは、秋季の多雨・日照不足などの影響により糖度の低下や浮き皮の発生、着花の不安定や隔年結果が問題となっている。糖度を高めるために乾燥ストレスの付与による透湿性シートを利用したマルチ栽培が一定程度普及しているが、資材が高価であり被覆作業は重労働である。そこで、ウンシュウミカンの品質向上を目的とし、着果負担を利用した栽培法が品質、収量、翌年の着花などに及ぼす影響を調査した。また、ウンシュウミカンなどに含まれるβ-クリプトキサンチンは骨粗鬆症の改善効果などが報告されており、キメラカンキツ‘エクリーク 65’にはβ-クリプトキサンチンとアントシアニンの両方が含まれており、アントシアニンには高い抗酸化能が認められている。さらに‘河内晩柑’にはオーラプテンやヘプタメトキシフラボンが多く含まれており、動物実験において抗炎症抑制作用や脳機能改善効果が報告されている。しかし、果実発育期間中の成分の変動や栽培管理法が機能性成分に及ぼす影響については明らかでない。そこで、‘エクリーク 65’および‘河内晩柑’について、果実品質、健康機能性成分を高める栽培法を検討した。また、カンキツは収穫後の腐敗、果皮障害の発生がネックとなり長期の貯蔵は行われていない。国産カンキツの端境となる6～8月の出荷を目指し、カワラヨモギ抽出物製剤の鮮度保持効果、その作用機作およびMA包装を組合せた長期貯蔵について検討を行った。

1. 果実品質，機能性成分を高めるための栽培法の検討

‘宮川早生’を供試し、摘果を遅らせて強い着果負担を付与する後期重点摘果法により、摘果後の葉果比が品質、収量、炭水化物含量に及ぼす影響を調査した。強い着果負担 (heavy fruit load, HFL) 区で著しく糖度の高い果実が生産されること、収量と品質、連年安定生産の視点から葉果比 20～25 が適切であることを示した。また、HFL 区で果皮色が濃く、砂じょうの糖含量、β-クリプトキサンチン含量が有意に高くなった。HFL 区では、着果負担が解除された後の 10 月も光合成速度が高く維持され、砂じょうのスクロース合成酵素活性およびアブシジン酸含量が高かった。HFL 区では根などの炭水化物が慣行摘果区とほぼ同じくらい蓄積されていた。

次に、ブラッドオレンジ‘モロ’と‘太田ポンカン’の合成周縁キメラ‘エクリーク 65’を供試し、強い着果負担が葉の水ポテンシャル (ψ_{max})、品質、β-クリプトキサンチン、アントシアニン含量などに及ぼす影響について調査した。 ψ_{max} は、11 月中旬までは明らかな差が見られなかったが、HFL 区で 11 月下旬～12 月に有意に低下した。果実肥大は、HFL 区で 11 月以降やや抑制される傾向にあった。糖度は 10 月までは処理間に差が見られなかったが、12 月にかけて HFL 区で顕著に増加した。β-クリプトキサンチンは処理間に明らかな差が認められなかったものの、アントシアニン含量は 11～12 月にかけて HFL 区で増加した。果皮のポリメトキシフラボン含量に明らかな差は認められなかった。また、透湿性シートによる乾燥ストレスが、‘エクリーク 65’の品質、β-クリプトキサンチ

ン、アントシアニン含量に及ぼす影響を調査した。その結果、 ψ_{max} が $-0.4\sim 0.6$ MPa の緩やかな乾燥ストレスの付与により果実肥大を抑制することなく、12月下旬収穫で糖度 1° 以上、 β -クリプトキサンチンおよびアントシアニン含量の高い果実が生産できることを示した。また、1~2カ月の貯蔵によりアントシアニン含量が顕著に増加した。ノビレチンなど果皮のポリメトキシフラボン含量は処理間に明らかな差が認められなかった。

‘河内晩柑’の若木を供試し、透湿性シートを9~1月まで被覆して土壌乾燥処理を行い、果実品質、オーラプテン、ポリメトキシフラボン含量に及ぼす影響を調査した。その結果、果皮のオーラプテンは、処理区では10月までは無処理と差はなかったが、12月にかけて顕著に増加し、3月まで無処理区とほぼ同じレベルで推移した。その後、4月に有意に増加して最大値を示した後、6月にかけて低下した。1果当たりのオーラプテン含量は4月に最も高くなり、処理区で高かった。果汁のオーラプテンは、処理区では4月に有意に増加した。果皮のポリメトキシフラボンについては、処理間に明らかな差は認められなかった。このように‘河内晩柑’果皮1果当たりのオーラプテン含量は、4~5月に最も高くなることが明らかとなった。また、マルチ栽培により、果皮および果汁のオーラプテン含量が増加する効果が認められ、これらの変化には乾燥ストレスや冬季の低温の影響が示唆された。

2. カワラヨモギ抽出物の生理作用

ウンシュウミカンの貯蔵病害に対して腐敗抑制効果を有するカワラヨモギ抽出物製剤SK-202が、果実の萎れ、着色などに及ぼす影響を明らかにするため収穫後の‘興津早生’に塗布処理を行い、エチレン生成、呼吸量、果実品質を調査した。SK-202を処理した果実では、処理直後には無処理に比べてエチレン生成に差は認められなかったが、処理後3~16日目までエチレン生成が約50%に抑制された。呼吸量については、SK-202処理後直ちに低下し、4日目までは有意に抑制され、その後も処理区で低く推移した。果皮の Δa 値およびC値がSK-202処理区で高くなり、フラベドのカロテノイド含量の増加が認められた。調査期間中の果実の減量は、SK-202処理区で少ない傾向にあり、果皮の萎れが抑制された。

次に、貯蔵中にこはん症やへた枯れ、萎れなどの障害が問題となる中晩生カンキツ品種におけるカワラヨモギ抽出物製剤SK253-100処理の有効性を明らかにするため、製剤に含まれるカピリンの濃度と‘清見’果実のエチレン生成、呼吸および果皮障害発生との関係を調査するとともに、‘不知火’および‘河内晩柑’への製剤処理が果実のエチレン生成、呼吸および貯蔵後の障害発生に及ぼす影響を検討した。果実のエチレン生成は、無処理区が処理4日後から増加したのに対し、カピリン100ppm区では処理4日後から13日後まで一貫して有意に低く推移した。呼吸速度は、処理1日後から100ppm区、50ppm区および150ppm区で低かったが、13日後では100ppm区のみで有意に低かった。果皮障害については、こはん症および果皮の萎れがカピリン100ppm区で顕著に抑制された。精製したカピリンから調製したSK253-100Cの塗布処理は、カワラヨモギ抽出物中のカピリン以外の成分を含む製剤SK253-100とほぼ同等のエチレン生成抑制および呼吸抑制効果が認められた。これらの結果から、エチレン生成抑制、呼吸の抑制および果皮障害の軽減に、製剤に含まれる抗菌成分カピリンが影響を与えている可能性が示唆された。また、‘不知火’では、SK253-100処理により、果実のエチレン生成および呼吸を抑制し、こはん症を顕著に抑制した。‘河内晩柑’では、処理後4ヵ月以上貯蔵した果実でエチレン生成抑制効果が認められ、へた枯れ発生が減少し、果皮色a値が向上した。以上のことから、100ppmカピリンを含むカワラヨモギ抽出物処理は中晩生カンキツ果実の鮮度保持および貯蔵障害の抑制に有効であることが明らかとなった。

このように、カピリンがエチレン生成と呼吸を抑制している可能性が示唆されたため、カワラヨモギ抽出物に含まれるいくつかの成分を溶媒で分画し、モモ幼果の種皮を用いた生物検定によりエチレン生成抑制効果を検討した。その結果、水、エタノール、n-ブタノール、酢酸エチル分画ではエチレン生成を抑制しなかったが、クロロホルム抽出分画でエチレン生成の抑制効果が認められた。さらに

分画を進めた結果、カピリンに強いエチレン生成抑制作用が認められた。カワラヨモギに含まれるカピラリシンおよびスコパロンのエチレン生成抑制効果は、カピリンに比べると低かった。

カワラヨモギ抽出物製剤を処理した‘河内晩柑’では顕著なへた枯れ抑制が認められることから、SK-253 を処理による果実のエチレン生成、呼吸およびフラベドの糖、アミノ酸、フラボノイドなどの成分の変化を調査した。その結果、果実のエチレン生成および呼吸速度は、SK-253 処理区で2日目以降抑制された。フラボノイドは、SK-253 処理区で処理9日~15日後にかけてナリンギンおよびヘプタメトキシフラボン含量が増加し、ノビレチン、タンゲレチンも増加する傾向が見られた。SK-253 処理区では、処理3~15日までフラボノイドの増加に連動し、L-フェニルアラニンアンモニアリアーゼ活性の顕著な上昇が認められた。また、処理区でフェニルアラニンが増加する傾向が見られた。フラベドのアミノ酸組成では、処理区でアスパラギン、グリシンおよびメチオニンが減少し、グルタミン、プロリンおよびアラニンの増加する傾向が認められた。総アスコルビン酸は、処理後やや増加したが、処理間に明らかな差は見られなかった。以上のことから、SK-253 処理は、‘河内晩柑’のエチレン生成および呼吸を抑制し、フラベドのL-フェニルアラニンアンモニアリアーゼ活性を上昇させ、フラボノイド代謝などに影響を与えていることが示された。

3. カワラヨモギ抽出物製剤の実用的処理法と‘清見’の果皮障害抑制、MA包装を組み合わせた長期鮮度保持

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、実用的なカワラヨモギ抽出物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。その結果、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。カワラヨモギ抽出物製剤処理は、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。

果皮のL-アスコルビン酸含量は、処理1日後のSK-253 区で顕著に少なく、総アスコルビン酸に占めるL-アスコルビン酸の割合も低かったが、処理9日後には有意に増加し、無処理区と同等となった。果皮のフラボノイドは、ヘスペリジン、ノビレチンおよび総含量が、処理1日後および9日後ともにSK-253 区で有意に多かった。果皮の1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) ラジカル消去活性は、処理9日後では無処理区が処理1日後と同等であったのに対し、SK-253 区では処理1日後の約1.5倍増加し、無処理区に比べて有意に高くなった。ペルオキシダーゼ活性は、処理9日後ではSK-253 区で顕著に上昇した。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。処理されたカワラヨモギ抽出物含有製剤が果皮のフラボノイド含量、DPPH ラジカル消去活性およびペルオキシダーゼ活性を増加させ、抗酸化能が高まることにより果皮障害を抑制している可能性が示唆された。

‘清見’を7~8月まで鮮度よく貯蔵できる技術の開発を目的とし、カワラヨモギ抽出物製剤の塗布処理と‘清見’に適した微細孔フィルムを組み合わせ、8月まで保存した場合の腐敗、果皮障害、果実品質を調査した。その結果、フィルム内のエチレン濃度は、7月14日までは低く処理間に明らかな差は見られなかったが、8月17日ではSK-253+No.81 区で0.1 ppm と有意に低かった。腐敗果率は、7月6日ではいずれの処理区も0%であったが、8月18日ではSK-253 処理+No.81 区で5.1%であった。次に、大型

(様式 5) (Style5)

選果機により選果して貯蔵した結果、5月20日の腐敗果率は、無処理区の5.2%に比べSK-253処理区は2.2%に抑制され、へた枯れが軽減される傾向が認められた。その後、フィルムの種類を変えて8月上旬まで貯蔵した結果、腐敗果率は、SK-253処理区で低く5%以下であった。SK-253処理区の糖度は7月8日では12.6°、滴定酸含量は $0.97 \text{ g} \cdot 100\text{mL}^{-1}$ 、8月9日では12.2°、滴定酸含量は $0.88 \text{ g} \cdot 100\text{mL}^{-1}$ であった。7月時点で無処理区では貯蔵臭が感じられたのに対しSK-253処理区では不快臭はなく香りが高く、酸の保持がよく食味が優れた。7月5日の官能評価では、無処理区に比べSK-253処理区で外観、新鮮さ、食味および香りの項目で高いスコアを示した一方、不快臭のスコアはSK-253処理区で低かった。SK-253処理区は、8月9日においても貯蔵臭はまったく認められなかった。SK-253処理+微細孔フィルム No.81に個包装し8月9日まで5°Cで保存した果実の果汁中香り成分は、無処理区に比べ処理区でリナロールが多く含まれていた。また、シトロネロール、ネロールおよびゲラニオールがSK-253処理区で検出されたが、無処理区では検出されなかった。

(注) 要約の文量は、学位論文の文量の約10分の1として下さい。図表や写真を含めても構いません。

(Note) The Summary should be about 10% of the entire dissertation and may include illustrations