【57】

氏　名(本　籍)	ジャムノン　ウタイブット（タ　　イ）
学位の種類	農　学　博　士
学位記番号	博　甲　第　847　号
学位授与年月日	平成３年３月25日
学位授与の要件	学位規則第５条第１項該当
審査研究科	農　学　研　究　科
学位論文題目	Physiological and Biochemical Characteristics of Peel of Apple and Citrus Fruits during Pre-and Post-Havest Periods in Relation to Maturation and Senescence

主　査	筑波大学教授	農学博士	菊　池　文　雄
副　査	筑波大学教授	農学博士	鈴　木　芳　夫
副　査	筑波大学助教授	農学博士	弦　間　　洋
副　査	筑波大学助教授	農学博士	前　川　孝　昭

論　文　の　要　旨

果実の収穫や，保蔵・利用に関する適切かつ効率的な方法を開発・改善するための基礎資料を得る目的で，果実の成熟・老化過程における生理生化学的特性について，詳細に研究した。果実貯蔵中にはカンキツでは“こ斑症”，リンゴでは“果面の脂質化（粘着性ワックスの増加）”など果皮障害がしばしば認められる。これらの障害は，果実の商品価値を著しく低下させる。本研究は，このように果実を保護するばかりでなく，果実の成熟・老化に重要な影響を及ぼすと考えられる果皮組織に注目し，果実発育中及び収穫後におけるその生理生化学的及び組織学的変化を明らかにした。特に収穫後の変化については，成熟期における呼吸型の異なる２つのタイプ，すなわちクライマクテリック型果実のリンゴと，非クライマクテリック型果実のハッサクを用い，果実の貯蔵性の差異や成熟・老化の機構の違いを明らかにした。

(1)　果実発育期間及び収穫後における果実生理については，リンゴ‘ジョナゴールド’を材料に実験を行った。まず，果皮の微細構造を走査型電子顕微鏡で経時的に観察した結果，満開後60～130日まで顕著な変化は認められなかった。しかし，満開後140～160日に果皮に亀裂が生じることを明らかにした。これらの果皮の微細構造の変化は，果実の生理生化学的変化に大きな影響を及ぼした。すなわち，果実硬度は果実発育期間中，その肥大期から成熟期にかけて緩やかに低下したが，収穫後には急速に低下した。この結果は，収穫前における果実内カルシウム含量の減少と密接に関係していた。また，生体膜の透過性の変化を電解質およびイオン漏出量で示したが，この値は成熟期にかけて増加し，果皮においては果肉に比べて少なかった。これは果皮におけるワックスの堆積や，高カルシウム

含量に示されるように，果皮と果肉ではその構造と組成に差があるために果皮と果肉の膜透過性に差異が生じたことによる。

発育期間中の果実のエチレン生成量と呼吸量の変化を調査した結果，エチレン生成量は幼果期ではきわめて少なく，最初に検出されたのは満開後105日であった。その後は果実成熟にともない増加した。ＥＦＥ（エチレン生成酵素）活性も同様に幼果期では低かったが，その後増加し，果皮での活性が果肉のそれに勝った。また，エチレンの前駆物質である ACC（1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid）含量も，エチレン生成及びEFE活性と平行して増加した。これらの変化は呼吸量の変化と併せて，クライマクテリック型果実の発育段階と収穫適期の目安となる。

果実は成熟にともない着色が認められるが，果皮組織内のアントシアニン含量の変化をみると満開後105～160日に増加することが明らかとなった。この変化は果実のエチレン生成量の増加傾向と一致するばかりでなく，果皮組織内 ABA（アブシジン酸）含量の変化とも一致する。このことは，ABA が収穫前の‘ジョナゴールド’果実内でエチレンを介し，アントシアニンの生合成を促したことを示唆するものである。ABAについては，従来から果実成熟に関連した研究事例が少なく，リンゴ果皮からの ABA の抽出精製法の確立，及び GCMS（ガスクロマトグラフ質量分析計）による同定がなされたことは，果実成熟機構を解明する上で有意義である。

(2)　果実貯蔵中における果皮組織の微細構造の変化は，ハッサクとリンゴで大きく異なった。ハッサクでは貯蔵温度が10℃以上になると，油胞の崩壊が生じ，そこから浸出したワックスは周辺細胞を死に至らしめた。このような障害は10℃及び20℃に置かれた果実の果皮ではみられたが，0℃では認められなかった。

一方，リンゴの‘ジョナゴールド’では20℃に40日以上貯蔵したとき，果皮のワックス量が顕著に増加し，果皮と果肉の間に剥離層が形成されるのが認められた。これに対し，‘ふじ’の果皮のワックスは貯蔵50日間にわずかに変化しただけであった。また，‘ふじ’では貯蔵期間中，剥離層は観察されなかった。

(3)　収穫適のハッサク果実及びリンゴ果実の軟化と膜透過性の変化について詳細に調査した。果実硬度はリンゴの軟化状態をよく表すが，ハッサク果実ではこの関係は明瞭ではなかった。ハッサク果実における果重の減少は大部分が水分損失であるが，20℃で貯蔵した果実では，10℃及び0℃で貯蔵した果実よりも果重の減少が大きかった。また，10℃及び20℃で貯蔵した果実の電解質漏出量は，0℃で貯蔵した果実より多かった。膜透過性の増加は，油胞および周辺組織の変質による‘こ斑症’の発生と密接に関連していた。

リンゴ果実では収穫後，硬度の減少とともに果重が減少した。‘ふじ’の果重減少と果実硬度の変化の傾向は，‘ジョナゴールド’と同様であったが，その程度は‘ジョナゴールド’ほど顕著ではなかった。これら2品種における果肉の電解質及びイオン漏出量は，果皮よりも多く，貯蔵期間を通じて増加する傾向を示した。

(4)　貯蔵期間中，リンゴ果実ではその他のクライマクテリシク型果実と同様に，エチレン生成量，呼吸量ともに急激に増加した後減少した。一方，ハッサク果実ではエチレン生成量及び呼吸量ともに

変化が小さかった。EFE活性及びACC含量が低かったことがエチレン生成の制限要因になったものと考えられた。ABA含量は，貯蔵にともなう水分損失に平行して増加した。これらのことを併せ考えると，ハッサク果実では，ABAが直接エチレン生合成系へ影響することはないと考えられた。

20℃に貯蔵したリンゴ‘ジョナゴールド’及び‘ふじ’果実のエチレン生成量及び呼吸量は，貯蔵開始後それぞれ20日及び30日目にピークを示した。その後，2品種ともエチレン生成量及び呼吸量は減少した。EFE活性とACC含量はエチレン生成量の増加につれて急激に増加したが，老化にともない減少した。果実内ABA含量は，貯蔵期間中増加を続けた。ABAはエチレン生成を誘導するばかりでなく，組織の変質を引き起こす要因の一つであると推察された。貯蔵期間におけるリンゴ果実の果皮と果肉で，EFE活性，ACC及びABA含量に差が認められた。

(5)　以上のように，本研究ではハッサク果実及びリンゴ‘ジョナゴールド’と‘ふじ’の果実について，成熟及び老化に関連する果皮組織の微細構造と，生理生化学的特性を明らかにした。

これらの結果は，果実の収穫適期の判定，収穫後の品質変化の予測など果実の成熟・老化にともなう諸現象の制御の有効な指針になると考えられる。さらに，成熟・老化過程において明らかにしたエチレンとABAの作用から，例えばリンゴにおけるアントシアニン生成促進作用を利用した，収穫前における果皮着色促進処理などの栽培技術への応用も期待され，実際栽培で寄与するものと考える。

審　査　の　要　旨

本研究は果実の成熟及び老化機構を明らかにして，収穫，保蔵，利用等における技術開発の基礎資料を得る目的で，成熟期において呼吸型が異なる，クライマクテリック型果実のリンゴと非クライマクテリック型果実のカンキツ類であるハッサクを用い，果実の発育期間及び収穫後の生理生化学的特性の変化について研究をした。特に果実貯蔵中に認められる果皮障害などと絡めて，果皮組織に注目して研究を行った。果実発育に平行して硬度が減少し，果皮の着色程度が増加するが，これらの変化は組織内カルシウム含量の低下，エチレン生成量の増加とよく一致することを明らかにした。さらに果実のエチレン生合成系について，前駆物質としてのACC含量並びにエチレン生成酵素活性の変化を詳細に調査し，呼吸量の変化と併せて果実発育段階を明確に表す指標となることを示した。これは収穫適期の判定や収穫後における品質保持のための有効な資料の提供であり，今後の技術開発に貢献するものである。また，ABAを果皮組織から抽出，同定して，アントシアニン合成との関連を示唆した。

貯蔵性の異なるハッサク，及びリンゴ2品種の走査型電子顕微鏡による果皮表面の微細構造観察から，果皮組織の崩壊やワックスの浸出現象が貯蔵中に認められる果皮障害，例えばハッサクにおける“ご斑症”，リンゴにおける“果面の脂質化”の原因となることを認め，貯蔵温度や品種によって障害の発生程度に違いのあることを確かめた。また，細胞からの電解質漏出量計測が，膜透過性の変化を明示できることを示し，本法は貯蔵期間における果実の生理変化を簡便に表す方法として利用が期待される。これらと相俟って，エチレン生合成系およびABA含量の変化から，クライマクテリック型

果実と非クライマクテリック型果実の成熟・老化機構の違いを生化学的に明らかにした。これらの結果は，果実の流通，貯蔵研究の基礎資料として，その発展に大いに寄与するものと思われる。特にABAの抽出，同定操作と，その果実成熟における機能の解明は独創性に富み，先駆的研究であると認められる。

以上のように，本研究は果実の収穫，貯蔵に関して，果実の成熟及び老化機構を解明したばかりでなく，分析技術の改善，より客観的な成熟指標の提示などがなされ高く評価される。さらに，着色不良果実の着色促進など栽培技術への利用も期待される。

よって，著者は農学博士の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。