果実の収穫後における成熟現象と呼吸型の関係 (第1報)

カキ果実における呼吸の climacteric の有無

岩田 隆・中川勝也*・緒方邦安

(大阪府立大学農学部)

Relationship between the ripening of harvested fruits and the respiratory pattern (I)

On the class of respiratory pattern of Japanese persimmons
(*Diospyros Kaki* LINN. f.)

Takashi IWATA, Katsuya NAKAGAWA* and Kuniyasu OGATA

College of Agriculture, University of Osaka Prefecture, Sakai, Osaka

Summary

The study was purported to clarify the meaning of respiratory pattern as an index of physiological state of harvested fruits, and the relation of ripening phenomenon to respiration was investigated with various fruits including several species of which respiratory pattern had not been clear. This paper reports the results obtained with Japanese persimmons.

1) Three cultivars of persimmon fruits, two astringent (Atago, Miyazakimukaku) and a non-astringent (Hanagoshō), were stored at 20°C, and productions of carbon dioxide and ethylene in individual fruits were measured. Carbon dioxide production increased during the ripening in most materials used, but the time of increasing seemed to be different from the fruits of typical climacteric class, it began at late stage in ripening process and reached a maximum rate at over-ripe stage.

2) Increase of ethylene production occurred in the course of ripening. The time of increase, however, considerably preceded the onset of respiratory rise, and nearly corresponded to the beginning of softening.

3) Development of peel color, and rapid increase of carotenoid pigments in the pulp also markedly

preceded the respiratory rise.

4) Effects of application of respiratory inhibitors and pyruvate on the respiration of pulp tissue slices of Hanagoshō fruits changed greatly during the ripening.

5) When glucose- $U-^{14}C$ and citrate- $1,5-^{14}C$ were applied to the pulp slices (Hanagoshō), CO_2 production from the former increased during the ripening, but that from the latter showed remarkable decrease.

6) Fluctuations of organic acids were observed. In Hanagoshō pulp, citric acid disappeared and fumaric acid increased at advanced stage of ripeness. Malic acid content tended to increase to some extent. In Hiratanenashi fruits (astringent cultivar), both malic and citric acids contents showed marked decrease when the fruits softened.

7) Ratio of protein-nitrogen to total nitrogen in the pulp showed a little increase during the ripening.

8) It was discussed that the respiratory rise in Japanese persimmons would associate with the senescence of fruits, and the pattern differs from typical climacteric phenomenon.

収穫後における果実の追熟や貯蔵問題を扱う場合に、果実の生理的变化の推移をとらえたり、各種処理が果実に与える生理的影響を判断する指標として最も普遍的な可能性が期待されるのは呼吸作用に関するものと考えられる。ある種の果実は収穫後に climacteric といわれる呼吸の一時的上昇現象がみられる。この呼吸上昇時期

は成熟の急激な進展期であるとともに、老化への転機となるために、収穫された果実を取扱う際の重要な限界段階となる。冷蔵、CA 貯蔵など各種の貯蔵延長を計る処理は、climacteric の始まる以前と以後において効果が異なるようにみられ、また climacteric pattern の出現をおさえることが貯蔵延長をもたらすことになる^(4,22)。

ところで、典型的な climacteric 現象をもつ果実については、種々の観点より呼吸型と生理的諸変化あるいは

* 現在兵庫県立農業試験場
1968 年 10 月 29 日受理

貯蔵性との関係が追求されてはいるが、それは非常に限られた種類に集中されている。また、これに対応する non-climacteric 型のものとしては、収穫後に単調に呼吸量が減少する形式のカンキツ果実がもつばら取上げられて比較対照の材料とされている。しかし、その他の種類の果実においても、収穫後にそれぞれ特有の呼吸型をもつようにみられ、成熟あるいは老化現象に関連があると思われるが、多くのものについて資料がまったく乏しい。この原因は、多くの果実で、熟度変化を明確に特徴づける基準がないために取扱いが不便なことで、呼吸の量的・型的変異が大きいため解釈が困難な場合が少なくないことによると思われる。しかし、後者の理由については、収穫後における呼吸型を climacteric 型とカンキツ系の non-climacteric 型の2種に分類し、そのいずれかに帰属させようとするに無理があるようにも考えられる。本研究は従来呼吸型の不明確であつた数種果実を含め、収穫後における成熟現象と呼吸型の関係を検討し、果実貯蔵中における生理的变化の指標としての呼吸型の意義を考究しようとしたものである。ここではまずカキ果実について得られた結果を報告する。

I. 実験材料および方法

主として使用した材料は京都大学農場産の1966年11月中旬に収穫されたものであり、「花御所」は緑色の残っている未熟果、「宮崎無核」は収穫適期より少し早いもの、「愛宕」は収穫適期のよく着色しているが十分に堅い果実を用い、20°C に貯蔵した。トレーサー実験に供した「花御所」は、同農場の1967年11月中旬収穫のやや緑色が残存するものであつた。エチレン処理には大阪府大農場産の「次郎」および「平核無」を1963年10月初旬に収穫供試した。

全果のCO₂排出量：通気式比色法⁽¹⁰⁾により個体別に測定した。

組織切片の呼吸：果肉部をコルクボーラーで打抜き、果皮を除いて切片とし、1/15 M 磷酸塩 (pH 5.0) 中 30°C で Warburg 検圧計により測定を行なつた。RQ の測定にはコルクボーラーで打抜いたものを縦に2分し、一半で O₂、他半で CO₂ を測定した。

放射性呼吸基質よりの ¹⁴CO₂ 生成：果肉切片 10 g に Glucose-U-¹⁴C あるいは Citric acid-1,5-¹⁴C の 2 μ Ci を添加し、生成する ¹⁴CO₂ を KOH に吸収させ、液体シンチレーションカウンタにより測定を行なつた⁽¹¹⁾。

エチレン生成量：個体別に通気し、含まれるエチレンを過塩素酸水銀溶液に捕集し、活性アルミナカラムでガスクロマトグラフィーを行なつた⁽¹¹⁾。

有機酸：果肉 50 g より抽出したものを、*浅田らの方

法⁽¹⁾に準じてシリカゲルカラムクロマトグラフィーを用い分画定量した。各フラクションの同定はシリカゲル薄層クロマトグラフィーによつて行なつた⁽¹¹⁾。

カロチノイド：木村の方法⁽¹²⁾に準じて、果肉 5 g より抽出したものをアルミナカラムのクロマトグラフィーにより分析した。

たんぱく態ちつ素：エタノール可溶性区分と不溶性区分に分け、後者を一応たんぱく態ちつ素量とした⁽⁷⁾。N の定量はミクロケルダール法によつた。

果皮色の測定：カラースタジオ（日本電色製）により果実側面4カ所の L・a・b 値を測定し平均値を求めた。

II. 実験結果

(1) 全果のCO₂排出量 甘ガキの花御所、渋ガキの宮崎無核および愛宕の3品種につき、各5個体を個体別に測定した結果が第1図～第3図である。熟度をどのように表現するかは問題のあるところであるが、一応軟化の程度を下記のように分類して熟度指標とした。I…じゅうぶんに堅い、II…全体にかなり軟らかくなるが、しつかりしている、III…指で押すと崩壊しそうになる、または果肉の一部が水浸状になっている、N…非常に軟弱となる、または果皮の一部が破裂している。

CO₂ 排出量の変化を花御所の A 個体の例についてみると、収穫後かなり減少し、1週以降1カ月位まで安定した後急増している。急増時期は明らかな軟化の認められる頃に相当し、最大値は熟度ⅢとⅣの間となり、完全に軟化崩壊するまで高水準を維持してピークは判然としない。Bも同様傾向であるが最大値は低い。Cはとくに速く軟熟したものでⅢとⅣの間にピークが現われた。Dは熟度Ⅰの段階が長い、軟化が始まると急速に進み、Bと同様傾向であつた。Eは最も長く貯蔵されたもので、呼吸量は低く変動も非常に小さい。

愛宕種 (Fig 2) では、F～H個体が長期間硬度を保つた。これらの呼吸は熟度ⅢあるいはⅣにかけて上昇してくるがピークとはならず、最大値も非常に低い。

Iではピークがみられ熟度ⅢとⅣの間にあるがその値は大きくない。JではⅡ～Ⅲにピークらしきものもあるが明らかでない。

宮崎無核 (Fig 3) は総体に軟化が速く起つた。Kは軟熟時にCO₂排出量が急増しているが、熟度Ⅲでいったんピークがあるようにもみられる。LはⅢでピークとなり、いつたん減少した後Ⅳを過ぎて再び増大している。MおよびNはⅢ～Ⅳで明らかなピークとなつている。Oは急激に軟化した異常なものであるが、顕著なCO₂排出量の増大があり、ⅡとⅢの間でピークを形成した。

Fig. 1. Changes of carbon dioxide production, ethylene production, and peel color of Hanagoshio persimmon during ripening after harvest. I~IV indicate stages of fruits.

I: Firm II: Moderately soft (ripe) III: Soft to be easily crushed with fingers, or part of fruit surface becomes water-soaked appearance IV: Very soft, or part of peel ruptures

Fig. 2. Changes of carbon dioxide and ethylene productions in Atago persimmon during ripening after harvest

Fig. 3. Changes of carbon dioxide and ethylene productions in Miyazakimukaku persimmon during ripening after harvest

(2) 果皮色の変化 果皮表面色の変化を $L \cdot a \cdot b$ 値について測定してみると、前2者は大きな変動がなく、また一定傾向を示さないこともあるが、 a 値は漸次増大して外観とよい相関性が認められた。 a 値を果皮色の指標として、その変化を示すと第1図のようである。花御所は幾分未熟のものを収穫し a 値は +10 前後であつたが、貯蔵初期に急速に増大し、その後は漸増した。大体30近くになると本種特有の美しいカキ色となるが、C果実は2週以内、他は3~4週で同値に達し、十分に着色した状態となつた。これは呼吸増大時より、かなり先行している。

(3) エチレン生産量 花御所についてみると(第1図), C果を除けば、エチレン生産がある程度上昇の傾向を示した後に熟度IIに達し、またエチレン生産のピークと同時期またはその少し後で熟度IIIの段階となり、果実の軟化が密接にエチレン生産量と関係しているようである。呼吸量の変化と対応してみると、エチレン生産のピークがあつた後、またはかなりの程度にエチレン量が増大した

時に CO_2 排出量の急増がみられる。エチレンのピークの高さは個体間に大差がなく、 CO_2 排出量のピーク値の大きさとも関連しない。

愛宕(第2図)でも軟化に先立つてエチレン生産の増大が認められる。F~Hではピークがあるが花御所ほど明らかでない。 CO_2 排出量の増大はエチレン生産の増大期が終つた後にきている。I~J果実は速く軟化し、呼吸量は大であつたが、エチレン量はむしろ少なく、ピークも形成しない。

宮崎無核(第3図)の場合をみると、KおよびL果は花御所の一般的傾向と同じである

が、ピーク値は約半分である。M, N果では漸増するがピークがみられない。O果は軟化が急激なために傾向が明らかでないが、 CO_2 排出量の急激な上昇にもかかわらず、エチレン生産はとくに大きくない。

(4) 果肉切片の呼吸作用 第1表は花御所果実の切片について呼吸作用の変化をみたものである。 O_2 吸収は未熟時に高く、貯蔵され軟化したものでは減少していた。硬度8は熟度IIIの前期~中期となるから、全果

Table 1. Changes of respiration in pulp slices prepared from Hanagosho fruits in the course of ripening

Days after harvest	Hardness*	Stages**	Oxygen uptake $\mu\text{l/g/h}$	Inhibiting effect on O_2 uptake***			Increasing effect of pyruvate on CO_2 evolution	RQ
				MIA	NaF	Mal		
4	60	I	49	21	95	87	193	1.5
21	17	II	31	26	82	79	340	1.6
28	8	III	30	24	74	112	437	1.5

* Reading of curdrometer (Iio Electric Co.), 50g. 1mm dia.

** Classified in Fig. 1.

*** Per cent of control (without inhibitor application)

MIA: Monoiodoacetate $5 \times 10^{-3} \text{M}$ NaF: Sodium fluoride $5 \times 10^{-3} \text{M}$ Mal: Malonate $1 \times 10^{-2} \text{M}$

$5 \times 10^{-2} \text{M} \rightarrow 100 \text{ml}$

の CO_2 排出量の増大期に相当するが、切片ではそのような傾向がみられない。次郎および平核無でも同様である(第2表)。全果と切片のこのような関係はアボカド果実の climacteric 時にも報告されている⁽¹⁴⁾。 O_2 吸収に対する呼吸阻害剤の効果をみると、モノヨード酢酸では熟度による相違がないが、フッ化ナトリウムでは熟度が進むと抑制効果が大きくなっている。マロン酸の添加は、未熟果や軟化の始まった果実では抑制を示すが、かなり軟化した場合はかえって増大させる結果となった。

CO_2 排出量に対するピルビン酸塩の添加効果は熟度によつて著しい相違がある。未熟果でも2倍近くに達するが、軟化の始まったものでは4倍前後となった。しかし、この段階でも発酵が始まったわけではなく、RQは変化がない。しかし、次郎および平核無では第2表のように、熟度進展に伴つて RQ の漸増が認められた。

Table 2. Changes of oxygen uptake and carbon dioxide production in pulp slices of persimmon fruits (Jiro and Hiratanenashi cultivars) during ripening after harvest.

Stage	Jiro			Hiratanenashi		
	O_2 $\mu\text{l/g/h}$	CO_2 $\mu\text{l/g/h}$	RQ	O_2 $\mu\text{l/g/h}$	CO_2 $\mu\text{l/g/h}$	RQ
I	66	78	1.2	34	61	1.8
II	53	69	1.3	28	55	2.0
III	62	94	1.5	21	48	2.3

Table 3. Production of $^{14}\text{CO}_2$ from glucose-U- ^{14}C and citrate-1,5- ^{14}C in the pulp slices of Hanagoshu persimmon

Stage	Days after harvest	Substrate applied	
		Glucose-U- ^{14}C	Citrate-1,5- ^{14}C
Late part of I	10		196 cpm
Early part of II	20	49	90
Late part of II	30	123	5

(5) 放射性呼吸基質よりの $^{14}\text{CO}_2$ 生成 グルコース-U- ^{14}C よりの $^{14}\text{CO}_2$ 生成は第3表にみられるように、熟度IIの段階内において顕著な変化をみせ、後期は前期の2.5倍に達する生産があつた。これに対してクエン酸-1,5- ^{14}C ではまったく逆の傾向であり、未熟時に大きく、熟度が進んだものでは非常に低くなつて、IIの後期では停止に近い状態であつた。

(6) 有機酸 花御所果実についてみると(第4図)、最も主要な酸はリンゴ酸であり、クエン酸とフマル酸がこれについている。これらの合計は 100mg/

Fig. 4. Changes of organic acid contents in Hanagoshu persimmon during ripening after harvest

Table 4. Changes of malic and citric acids contents in Hiratanenashi persimmon during ripening after harvest

Ripeness	Stage	Malic mg/100g	Citric mg/100g	Total mg/100g
Unripe	I	33.0	99.8	132.8
Ripe	II	20.0	69.8	89.8
Over-ripe	III	7.0	26.4	33.4

100g 程度であつて成熟中にはほとんど変わらないが、その構成には著しい変化がある。クエン酸は軟化の始まる頃に激減し、完熟～過熟果では消失している。リンゴ酸は熟度が進むと幾分増加し、フマル酸は最終段階で顕著に増大した。

平核無ではクエン酸が最も多く、リンゴ酸もかなり含まれていた(第4表)。なお本種はカラム溶出にギ酸を用いたが、これが完全に除去されず、フマル酸の動向を明確にできなかった。成熟に伴う消長も花御所と異なる点があり、リンゴ酸もクエン酸と同様に軟化の進展につれて顕著に減少した。

(7) たんぱく態ちっ素 リンゴ⁽⁸⁾ その他で測定された例に準じ、ちっ素総量に対するたんぱく態(アルコール不溶性)ちっ素の比率を算出し、熟度との関係を

Table 5. Changes of protein-nitrogen in the pulp of persimmon fruits during ripening after harvest

State	Stage	Cultivar	
		Hirata-nenashi	Hanagosho
Unripe	I	0.71*	6.63*
Partial softening	I	0.78	0.65
Moderate softening of whole fruits	II	0.78	0.67
Very soft	III	0.79	0.74

* Alcohol insoluble nitrogen/Total nitrogen

みると第5表のようであつた。平核無では未熟時に少し低い比率を示したが、その後は非常に安定した値を保つた。花御所では熟度の進展とともにたんぱく態ちっ素の絶対量が漸増し、他方アルコール可溶性ちっ素の減少があるので、前者の割合が増大傾向を示した。ただし、その変化の程度は比較的小さく、ことに熟度Ⅱまでの段階ではほとんど変わらなかつた。

(8) 果肉のカロチノイド 花御所について果肉の色素をアルミナカラムのクロマトグラフィーにより分析したところ、その主なものはカロチンであつた。熟度の進展に伴う変化は第6表のようである。果皮に緑色の残存している未熟果の果肉ではカロチノイド含量も小さいが、ある程度軟化の始まつたものでは（熟度Ⅱ）顕著な増大がみられ、かなり高い値に達した。その後は軟化が進んでも、ほとんど変化がみられなかつた。

Table 6. Changes of carotenoid contents in the pulp of Hanagosho persimmon during ripening after harvest.

State	Stage	Carotenoid mg/100 g	
		Carotene	Total
Unripe	I	0.8	1.9
Partial softening	I	2.0	2.4
Moderate softening of whole fruits	II	6.0	7.1
Very soft	III	5.1	6.4
Over-ripe	III~IV	—	7.2

III. 考 察

カキ果実でも成熟時に CO_2 排出量の増大することは明らかであるが、その上昇時期が典型的な climacteric rise のある果実類とは異なるように思われるので、まずカキの成熟現象について考察する。バナナ・洋ナシ・トマトなどでは成熟現象が明白であり、クロロフィルの消失、カロチノイドの生成、揮発性成分の急増、果肉の軟

化などがほとんど同時におこつて、それぞれの種に固有の特性が最高度に発揮された段階に到達し、これが完熟期といわれる。過熟期になると、かつ変その他の変色が始まり、種特有でない異臭が現われ、極度に軟化して組織が崩壊し、微生物に対する抵抗性が低下する。これらに対してカキ果実では、芳香成分生成の急増する段階もなく、果色の急変する時期と果肉の軟化する時期がかなり相違するから、どの状態をもつて完熟期とするかは前記果実のように容易ではない。本実験では熟度段階を軟化度からⅠ～Ⅳに区分したが、一応そのⅡの段階あたりから完熟期に入るのではないと思われる。すなわち熟度Ⅳは明らかに過熟果であつて、組織の崩壊があり、菌の侵害を受けやすく、部分的変色をおこしやすい状態である。したがつて、そのような状態に移る前段階のⅡをもつて完熟状態とし、Ⅲはその過渡期とする考え方ができる。

これを果色の変化からみると、カキの場合は果肉が十分に堅い状態、すなわち熟度Ⅰの段階で相当の発色をみせるのが普通である。本実験の花御所は緑色の残存している未熟果を収穫したが、貯蔵中緑色の消失したのはすべてⅠの段階であり、橙黄色の十分に発現したのは熟度ⅠまたはⅡであつた。愛宕種は完全に発色した材料を収穫したが、その後相当期間にわたつてⅠの状態を保ち、宮崎無核についても、ほぼ同様であつた。要するに果皮色からいえば、熟度Ⅱをもつて完熟としても決して早すぎることはないといえる。果肉のカロチノイド含量の変化からみても、熟度Ⅱで急増し、以後はほとんど変わらないから、やはりⅡをもつて完熟状態としてよい。

上記のようにカキ果実は熟度Ⅱで完熟期に入り、Ⅲで老化 (senescence) が始まるものと考え、この時期を呼吸量の変動と対比してみると、カキにおける呼吸上昇現象は、組織の老化に伴うものと判断される。すなわち花御所では熟度Ⅱに達してから相当期間を経た後に呼吸の急増がみられ、そのピークは熟度ⅢとⅣの間にくるのが一般である。ピークに達した後の CO_2 排出量は、減少する場合もあり、熟度Ⅳにかけてほぼ同一レベルを維持する場合や、さらに増大する場合もある。これらは老化期に入つた組織の各細胞の活性の低下度と発酵程度の相対的關係によるものと考えられる。その他愛宕、宮崎無核を含めた15例をみても、特殊な1例を除けば、カキ果実の呼吸増大は成熟のかなり後期に始まるものであり、また明らかなピークをもつ場合と、軟熟崩壊するまで増大傾向を維持する場合とがあり、最大値は個体による差が甚だしい。したがつてカキに climacteric があるとするのは問題である。高田⁽¹⁸⁾は富有を材料とした報

告で climacteric があるとし、肥大生育中の若い果実でシャープなピークを認めているが、普通収穫期に近いものではピークが不明確となつている。樽谷⁽¹⁹⁾が富有を 10° および 20°C に貯蔵した例をみると、急速な呼吸増大があるが、ピークは存在しない。最近 EAKS は Hachiya を用い、climacteric rise のあることを述べているが⁽⁶⁾、脱渋現象を中心とした研究であるので熟度との関連を本実験と比較しにくい。脱渋はロイコアントシアニンがアセトアルデヒドと結合することによるといわれるが⁽⁹⁾、アルデヒドは組織の老化の過程で生成されやすい。したがって自然な状態における脱渋現象は過熟に伴うものと考えられる。なお BIALE ら⁽⁸⁾は同じ Hachiya についての実験で climacteric は明確でなかつたと述べている。本実験でもピークのある多くの例を認めているが、その位置が問題である。典型的な climacteric のある果実では、呼吸増大があつて果色の変化・軟化・芳香生成などが始まり、呼吸のピークを過ぎた後、少なくとも同時期に完熟期に達する^(2,17,20,21)。この点において、完熟期を過ぎてからピークに達するカキ果実の呼吸変動を climacteric として同列にあつかうのは妥当でないように思われる。

エチレン生成の動向においても climacteric class の果実と異なる点がある。典型的な climacteric 果では、呼吸量と平行してエチレン生産が急増し、相前後して、ピークを形成する。呼吸上昇に関して、エチレン蓄積が原因とする説および副産物とする説があるが^(3,5)、両者に密接な関連のあることは明らかである。ところがカキ果実では、エチレン生成と呼吸上昇の相関性が低いようにみられる。すなわち一般的にいつてカキにもエチレン生産のピークがあるが、その増大が始まるのはかなり早期であつて、呼吸上昇期よりはるかに先行している。またエチレン生産が最大に達するのは呼吸のそれよりも早いのが普通であり、エチレン生産が落ちてから呼吸のピークの出現している例も少なくない。したがってエチレン増大が呼吸上昇の誘因とするのは困難である。これに対して、エチレンの動きと果肉の軟化の間には、かなり密接な関係が認められる。花御所ではエチレンのピークが明らかであるが、エチレン生成が急増を始めると軟化が急速に進展し、エチレン生成が最大値を示す頃に熟度Ⅲの段階に到達している。他品種においてもエチレン増大が始まると軟化の進展する例が多い。

カキ果実は収穫後でも呼吸作用に大きな質的变化がおこり、成熟現象に関係するようである。花御所組織切片の O₂ 吸収に対する NaF の阻害効果は熟度進展に伴って大きくなり、マロン酸は逆に阻害効果を失なう。また

ピルビン酸添加による CO₂ 排出量増大効果は熟度が進むと著しく大となつた。トレーサーを用いた結果をみると、未熟時はクエン酸の消費が大でグルコースよりの ¹⁴CO₂ 生産は少ない。ある程度熟度が進んだものは、両者がまつたく反対となつた。これらを総合すると、カキ（花御所）果実は未熟な段階では有機酸を基質とした呼吸が主体となり、熟度の進んだ段階では糖を消費する呼吸-pentose cycle など主になるものと考えられる。

呼吸経路の変換に相応して有機酸の組成も顕著な変化を示している。平核無、花御所両品種とも、未熟時にかなり存在するクエン酸が、熟度の進んだ段階では非常に減少していた。これは未熟時にはクエン酸が呼吸基質として盛んに利用されるが、解糖過程よりの補給がないものとみられる。クエン酸の減少した段階においては上記の糖を消費する呼吸経路が主体となるのであろう。後期にフマル酸が蓄積することも、これらを裏付けるものと考えられる。

リンゴ・洋ナシなどでは climacteric rise の段階で、たんばく態ち素の増大が認められ^(8,13)、これは酵素の生成されることを意味するのではないかという推測がある。また、たんばく合成に ATP が消費されて ADP が増加し、呼吸増大をもたらすのではないかともいわれる⁽¹⁵⁾。この点をカキ果実について検討したところ、平核無・花御所とも成熟中に多少の増加がみられたが、その程度は上記 climacteric class の果実に比べるとわずかであつた。なおアボカドでは、たんばく増大と呼吸上昇の間に直接の関係はないという最近の報告もあり⁽¹⁶⁾、両者の関係はさらに検討を要するようである。

IV. 要 約

(1) 果実収穫後における呼吸型の意義を考究する目的で、climacteric の不明確な数種果実を含め、成熟現象と呼吸の変化の関係を検討した。ここではカキ果実について得られた結果を報告する。

(2) 甘ガキの花御所、渋ガキの愛宕・宮崎無核の3品種を 20°C に貯蔵し、CO₂ 排出量ならびにエチレン生産量を個体別に測定した。いずれも成熟時に CO₂ 排出量の上昇があつたが、その時期は完熟期以降過熟期にかかるものであつた。

(3) エチレン生産量は低いが、成熟に伴う消長がみられ、その増大の始まる時期は呼吸の増大期よりかなり先行し、果肉の軟化が始まる時期とはほぼ一致した。

(4) 特有の果皮色の発現、果肉中のカロチノイドの急増なども呼吸上昇期より相当先行するのが一般であつた。

(5) 花御所果肉切片の O₂ 吸収におよぼす呼吸阻害

剤の効果、CO₂ 排出量におよぼすピルビン酸塩の添加効果は熟度が進む間に著しい変化をみせた。

(6) 花御所果実切片にグルコース-U-¹⁴C あるいはクエン酸-1-5-¹⁴C を添加した場合の ¹⁴CO₂ 生産を測定したところ、前者では熟度進展に伴って急増し、後者は反対に顕著な減退を示した。

(7) 花御所果実中の有機酸の変動をみると、熟度が進むとクエン酸が消失してフマル酸が増大し、リンゴ酸は幾分増加の傾向であつた。平核無ではリンゴ酸、クエン酸ともに軟化の進展に伴って著しく減少した。

(8) たんぱく態ちっ素の比率は熟度が進む間に多少の増加を示した。

(9) カキ果実は熟度進展時に呼吸量が增大し、顕著な呼吸の質的変換もあるが、これを climacteric class として扱うのは妥当でないことを考察した。

実験材料については京都大学農学部付属京都農場の各位の御配慮を頂いた。記して謝意を表する。

なお、本論文の要旨は昭和 42 年度園芸学会秋季大会において発表した。

引用文献

1. 浅田浩二・小西茂毅・下川敏之・斎藤和実. 1966. クロマトグラフィーによる分析法. 土肥誌. 37: 85—112.
2. BIALE, J. B. 1941. The climacteric rise in respiration rate of the Fuerte avocado fruit. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 39: 135—142.
3. ———, R. E. YOUNG and A. J. OLMSTEAD. 1954. Fruit respiration and ethylene production. Plant Physiol. 29: 168—174.
4. ———. 1960. The post-harvest biochemistry of tropical and subtropical fruits. Advances in Food Research. 10: 293—354.
5. BURG, S. P. 1962. The Physiology of ethylene formation. Ann. Rev. Plant Physiol. 13: 265—302.
6. EAKS, I. L. 1967. Ripening and astringency removal in persimmon fruits. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 91: 868—875.
7. GRIFFITHS, D. G., N. A. POTTER and A. C. HULME. 1950. Data for the study of the metabolism of apples during growth and storage. J. Hort. Sci. 25: 266—288.
8. HULME, A. C. 1954. Studies in the nitrogen metabolism of apple fruits. J. Exp. Bot. 5: 159—183.
9. 伊藤三郎. 1962. カキタンニンの化学的研究. 園試報. B 1 号.
10. 岩田 隆・中川勝也・緒方邦安. 1968. ナツミカン果実貯蔵中の低温障害に関する生理学的研究 (第1報). 園学雑. 37 (4): 383—390.
11. ———. 1969. ———. (第2報). 園学雑. 38 (1): 93—100.
12. 木村 進. 1956. トマトの色に関する研究 (第4報). 農加技研誌. 3: 200—202.
13. LI, P. H. and E. HANSEN. 1964. Effect of modified atmosphere storage on organic acids and protein metabolism of pears. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 85: 100—111.
14. MILLER, A., J. BONNER and J. B. BIALE. 1953. The climacteric rise in fruit respiration as controlled by phosphorylative coupling. Plant Physiol. 28: 521—531.
15. PEARSON, J. A. and R. N. ROBERTSON. 1954. The physiology of growth in apple fruits. M. Australian J. Biol. Sci. 7: 1—17.
16. RICHMOND, A. and J. B. BIALE. 1966. Protein and nucleic acid metabolism in fruits. I. Plant Physiol. 41: 1247—1253.
17. 杉山直儀・岩田正利・高橋和彦・崎山亮三・高田峰雄. 1965. 洋ナシパートレットの追熟について (第2報). 園学雑. 34: 19—25.
18. 高田峰雄. 1967. カキおよびトマト果実の生育ならびに成熟に伴う呼吸量の変化. 園学雑. 36: 357—362.
19. 樽谷隆之. 1965. カキ果実の貯蔵に関する研究. 香川大学農学部紀要. 19 号.
20. VON LOESECKE, H. W. 1950. Bananas. Interscience Publish. Inc.
21. WORKMAN, M. and H. K. PRATT. 1957. Studies on the physiology of tomato fruits. II. Plant Physiol. 32: 330—334.
22. YOUNG, R. E., R. J. ROMANI and J. B. BIALE. 1962. Carbon dioxide effects on fruit respiration. II. Plant Physiol. 37: 416—422.