ウメ果実の樹上及び収穫後の成熟

稲葉 昭次・中村 怜之輔

(岡山大学農学部)

Ripening Characteristics of Japanese Apricot (Mume, *Prunus mume*
Sieb. et Zucc.) Fruits on and off the Tree

Akitsugu INABA and Reinosuke NAKAMURA

College of Agriculture, Okayama University, Okayama 700

Summary

Ripening characteristics of mume (Japanese apricot, cv. Nanko) fruits on and off the tree were investigated from the pit-hardening stage to the fully-ripe stage. To study ripening off the tree, fruits were picked at four stages of development and stored at 20°C.

Climacteric patterns were observed in the carbon dioxide production rate of fruits both on and off the tree. In fruits ripened off the tree, earlier onsets and a higher maximum values of the climacteric were observed as harvesting time was delayed.

The rate of ethylene production in attached fruits remained below $0.1 \mu\text{l/kg}\cdot\text{h}$ until the first yellow coloring appeared on the skin surface, and then increased rapidly to reach a maximum value above $500 \mu\text{l/kg}\cdot\text{h}$ at the fully-ripe stage. A similar rise in ethylene production occurred during ripening in detached fruits, in which case production began earlier and reached a higher peak value as harvesting time was delayed.

The free abscisic acid content of attached fruits increased rapidly after the skin color yellowed. In detached fruits, abscisic acid also increased once, after harvest, and then decreased, but levels were considerably lower than those in fruits ripened fully on the tree.

Sucrose content showed a steady increase until fully-ripe stage in fruits on the tree, and a similar rise in detached fruits, to a lesser extent. The concentrations of fructose, glucose, and sorbitol in attached fruits also increased as the fruit ripened, but in detached fruits concentrations slowly declined after harvest.

A linear increase in citric acid and, contrarily, a linear decrease in malic acid was found in attached fruits from the pit-hardening stage to the fully-ripe stage, which caused a slight change in total acidity. Similar trends were observed in detached fruits, where citric acid increased until some time after picking, while malic acid was steadily declined during ripening.

It seems that the internal preparations for ripening of mume fruits are complete at the pit-hardening stage, after which detached fruits show a ripening pattern similar to that which occurs on the tree, and that ripening is more rapid as harvesting time is delayed.

緒 言

ウメ果実は、ほとんどが梅酒と梅干に利用されるため、果実本来の完熟期よりはかなり未熟な段階で収穫される。それにもかかわらず、収穫後の黄化・軟化の進行が急速で、このことが取り扱いの上での一つの問題点と

なっている。ウメ果実の鮮度保持に関しては、低温やガス貯蔵の面からの研究(5, 6, 7, 9)は最近多くみられるようになってきたが、果実本来の成熟特性についてはほとんど知られていない。近年、青ウメの需要の増加に伴って、輸送距離が延長されつつあるが、現行の出荷熟度が果実本来の発育過程のどのような段階に当たっているの

1980年7月16日 受理

かは、あまり明確でないように思われる。

本研究は、ウメ果実の成熟特性を解析するための基礎資料として、種々の段階で収穫した果実のその後の成熟を樹上での成熟と比較したものである。

材料及び方法

岡山県立農業試験場植栽の‘南高’と‘白加賀’を用い、果実はすべて同一樹から採取した。実験は 1978 年に、成熟特性を調べるという立場から、内果皮の硬化始め（5 月 23 日）から開始した。

樹上での果実肥大の様子を知るために、1 週間間隔で同一果実の横径を約 30 果について測定した。同時に、約 100 果の重量をも測定した。

樹上での成熟の調査のために、20 果を採取し、そのうち 10 果は 20℃ で一夜放置後、炭酸ガス排出量とエチレン発生量の測定に用いた。残りの 10 果は、採取後直ちに一定量の果肉を切り取り、アブジン酸 (ABA)、糖及び有機酸の分析用に -35℃ で凍結保存した。

収穫後の成熟調査用としては、約 100 果を採取し有孔ポリエチレン（厚さ 0.03 mm, 有孔率 0.2%）袋詰めとし、20℃ 下において 2 日ごとに 20 果ずつ取り出して実験に用いた。

可溶性固形物及び滴定酸含量の測定は、果肉を二重ガーゼで搾汁したものについて行い、炭酸ガス排出量とエチレン発生量はヘッドスペース法により常法どおりガスクロマトグラフィー (GC) で測定した。遊離 ABA と糖組成は、以前にイチゴ(3) に用いた方法に順じて GC で分析した。有機酸組成の測定には高速液体クロマトグラフィー（柳本製作所製、L-2000）を用いた。ウメ果実中の有機酸組成を予備的に検討したところ、リンゴ酸とクエン酸が大部分を占めており、その他のものは量的に極めて少なかったため、今回はこの両有機酸についてのみ測定した。分析条件は第 1 図に示したとおりであり、リンゴ酸とクエン酸の分離及び定量性はほぼ完全であった。

結 果

‘南高’と‘白加賀’の結果はほとんど同じであったので、以下の項目では特に明記しない限り‘南高’について述べたものである。

果実の発育・成熟状況 本実験の開始時期である 5 月 23 日は、内果皮の硬化始めに当たり、5 月 30 日にはすべての果実が硬化を完了していた。果実横径は調査期間中はほぼ直線的に増加したが、測定用の果実は 7 月 3 日以後はすべて落果してしまった。果実重は 6 月 21 日まで漸増し、その後は急増するようであった（第 2 図）。樹上での黄化始めは 6 月 28 日であり、その後は着色・軟

Fig.1. High performance liquid chromatogram of malic and citric acid in a mume fruit extracts. Operating conditions: column, 4×250 mm Yanaco SAX-801; mobile phase, 0.2 M NH_4Cl (pH 2.0); flow rate, 1.0 ml/min (pressure, 70 kg/cm²); detector, UV photometer (210 nm).

化が急速に進行し、7 月 8 日にはすべての果実が落果した。収穫後の成熟は 5 月 23 日ではまだ起こらず、この時期での収穫果実は萎凋・褐変し、その後腐敗するだけであった。5 月 30 日以降の収穫果実は、外観的には樹上で成熟する場合とほぼ同様に着色が進行した。しかし、収穫から黄化始めまでの日数は、収穫時期が遅くなるほど短縮される傾向がみられた。

炭酸ガス排出量の変化 樹上及び収穫後の成熟に伴う果実の炭酸ガス排出量の変化は第 3 図のとおりである。樹上での果実の発育に伴って炭酸ガス排出量は緩やかに減少して行き、黄化が始まると急増して完熟期にはやや減少する、いわゆるクライマクテリック型を示した。収穫後の成熟においても、樹上の場合と類似した変化の様相を示したが、収穫時期の早い果実はどクライマクテリックの開始までに日数がかかり、最高値も低くな

Fig. 2. Increasing pattern of diameter (○) and weight (●) of 'Nanko' fruits from the pit-hardening stage to the fully-ripe stage.

Fig. 4. Changes in ethylene production rate of 'Nanko' fruits ripened on (○) and off (●) the tree. The latter fruits were picked at four different times. Arrows indicate the first appearance of yellow color on the skin surface.

Fig. 3. Changes in carbon dioxide production rate of 'Nanko' fruits ripened on (○) and off (●) the tree. The latter fruits were picked at four different times. Arrows indicate the first appearance of yellow color on the skin surface.

Fig. 5. Changes in free abscisic acid content of 'Nanko' fruits ripened on (○) and off (●) the tree. The latter fruits were picked at four different times. Arrows indicate the first appearance of yellow color on the skin surface.

る傾向がみられた。

エチレン発生量の変化 第4図にエチレン発生量の変化を示した。果実が樹体に着生している場合は、黄化始めまではエチレン発生はほとんどみられない ($0.1 \mu\text{l/kg}\cdot\text{h}$ 以下) が、その後は完熟期まで急増した。収穫果実では、収穫時期が早い場合は、1週間ほどはエチレン発生量は極めて少なかった。しかし、収穫時期が遅くなるほどエチレン発生量が増加し始めるまでの日数が短くなり、6月21日収穫果では収穫直後から急増し、その量も $1000 \mu\text{l/kg}\cdot\text{h}$ 以上と著しく高くなった。

ABA含量の変化 果実の肥大・成熟に伴う遊離ABA含量の変化を第5図に示した。本実験の範囲内で

は5月30日が最低で、その後徐々に増加して6月28日を過ぎると急増した。収穫後もある程度までは増加する傾向がいずれの果実でも認められたが、量的には樹上の場合よりはかなり少なかった。また、収穫時期の遅い果実ほど最高値に達するまでの日数が短くなるようであった。'白加賀'の場合も、基本的には同じであったが、樹上成熟果実で'南高'のように黄化以前からABA含量が増加し始めるようなことはなかった。

可溶性固形物含量の変化 可溶性固形物含量を屈折計示度でみると、第6図に示したような変化であった。6月21日まで漸増し、その後一時減少したが、黄化が始まると再び増加した。収穫後はいずれの果実でも急速に減少した。

滴定酸含量の変化 滴定酸含量は第7図からも分かるように、可溶性固形物含量とよく似た変化を示した。樹体に着生している場合は、全般的に漸増傾向であり、収穫後は急減傾向を示した。

糖組成の変化 ウメ果実中の糖としては、ガスクロ

マトグラフの結果から考えて、フラクトース、グルコース、シュクロース及びソルビトールが主なもので、他に微量のイノシトールが存在すると判断された。これらの糖組成の変化の様子を第8図に示した。樹上成熟果実では、フラクトース、グルコース及びソルビトール含量は、黄化始めまではあまり変化せず、その後は増加する傾向がみられた。シュクロース含量は硬核期から完熟期まで増加し続けた。一方、収穫果実ではシュクロース以外はいずれも急速に減少したが、シュクロース含量は樹上成熟の場合と類似した増加傾向をある程度示

Fig.6. Changes in soluble solid content of 'Nanko' fruits ripened on (○) and off (●) the tree. The latter fruits were picked at four different times.

Fig.7. Changes in titratable acidity (as citric acid) of 'Nanko' fruits ripened on (○) and off (●) the tree. The latter fruits were picked at four different times.

Fig.8. Changes in sugar contents of 'Nanko' fruits ripened on (○) and off (●) the tree. The latter fruits were picked at four different times.

Fig.9. Changes in malic acid content of 'Nanko' fruits ripened on (○) and off (●) the tree. The latter fruits were picked at four different times.

Fig.10. Changes in citric acid content of 'Nanko' fruits ripened on (○) and off (●) the tree. The latter fruits were picked at four different times.

し、その後減少する点が他の糖とは異なっていた。‘白加賀’の各糖の動きも‘南高’とほとんど変らなかつたが、樹上成熟に伴うシュクロース含量は黄化前は微量であり変化せず、その後急増する点が異なっていた。しかし、収穫後の動きは‘南高’と同様であった。

有機酸組成の変化 ウメ果実の主要な有機酸であるリンゴ酸とクエン酸の変化の様相は第9図と第10図を比較すると明らかなように、全く対称的な動きを示した。樹上成熟とともにリンゴ酸含量は完熟期までほぼ直線的に減少し、逆にクエン酸含量は増加し続けた。このような樹上成熟に伴う両有機酸の増減傾向は、収穫後の成熟においてもある程度現れ、リンゴ酸含量は収穫後は低下するだけであり、クエン酸含量は収穫後も成熟とともにある程度まで増加し、その後は減少する傾向が認められた。

考 察

果実の成熟にとって重要な指標となる呼吸とエチレン発生の変化の様相をみると、本実験に用いたウメ果実は、樹体に着生している場合は着色が始まるまではエチレン発生はほとんどなく、炭酸ガス排出量もほぼ一定で変化しないようであった。しかし、黄化が始まり成熟現象が進行するとエチレン発生が急増し、それに伴って炭酸ガス排出量も急速に高くなった。このような現象はクライマクテリック型果実の特徴であり、ウメ果実もこの型の果実の一つであると考えられる。岩田ら(5)も、ウメ果実はクライマクテリック型に分類するのが妥当であると述べている。これらのことから考えると、‘南高’果実の樹上での成熟開始期は、本実験に関する限り6月28日ごろとすることができると思われる。一方、果実を樹体から切り離すと、かなり未熟な段階でもエチレン発生が増加してクライマクテリック現象が現れた。また、5月30日以後の収穫果実では黄化・軟化の進行もみられたことから、ウメ果実は硬核期以後であれば、収穫後も樹上と同じように成熟すると思われる。

ウメは他の果実に比べてエチレン発生量がかなり高いようであり(1)、このことが収穫後の成熟・老化の急速なことの一要因になっているようにも思われる。しかし、樹上ではエチレン発生量が極めて低い時点ですでに黄化が始まっており、収穫果実ではエチレン発生量がかかなり高くなってから黄化した。したがって、黄化とエチレン発生量との間には直接的な関連性はないようにも思われる。

収穫時期別のエチレン発生及びクライマクテリックライズの開始は、収穫熟度が進むほど促進され、それぞれのピークの値も高くなる傾向がみられた。また、黄化始めまでの日数もそれだけ早くなるようであった。

果実の成熟に対してエチレンとともに重要な役割を果たしていると考えられている ABA(2, 8, 11) についてみると、樹上では5月30日から漸増し始め、着色の開始とともに急増する傾向がみられた。成熟に伴って ABA 含量が増加することは、多くの果実で認められている(2, 3, 4, 11)現象であり、ウメ果実も樹上成熟に関する限り例外ではないようである。しかし、収穫果実では成熟とともに増加する傾向はみられたが、量的には樹上のものよりかなり少なかった。このことは一見すると、ウメ果実の成熟に対してはエチレンのほうが主役となっているように考えられる。このことは大いに興味ある点であるが、現在のところエチレンと ABA の成熟に対する相互関係が明確にはされておらず(8)、今後の問題であろう。

ウメは糖含量に比べて有機酸含量はるかに高い果実である。そのため、今回の実験でも屈折計示度は糖含量とは一致せず、むしろ有機酸含量の指標となっているようであった。しかし量的には少ないが、各糖は樹上での成熟とともに増加し、成熟に対する基本的な性質は他の果実と変わらないと考えられる。しかし、収穫後は葉などからの転流がなく、またデンプンなどの貯蔵物質の蓄積もないためか、各糖ともに減少傾向を示した。ただ、シュクロース含量はやや特異な変化の様相を示し、収穫後も樹上での成熟と同様、ある程度まで増加しようとする性質がみられた。しかも、収穫熟度が進むほど最高値に達するまでの日数が短縮される傾向がみられた。収穫果実におけるこのようなシュクロースの動きは、先の呼吸や ABA の増減パターンと一致しており、その意味においてウメ果実では、収穫後も樹上の場合と同じ方向での成熟が進むように思われる。

ウメ果実中の主要な有機酸の変化についてみると、樹上での成熟に伴って、リンゴ酸含量はほぼ直線的に減少し、クエン酸含量は逆に増加し続けた。したがって、主としてこの両有機酸の総和と考えられる滴定酸は、全期間を通じてあまり変化しない結果となったものと思われる。一般に、果実中の有機酸含量は成熟とともに減少するとされている(13)が、パイナップル(12)やバナナ(15)などでは一時的に増加することが知られている。しかし、これらの果実でも完熟期に向っては各有機酸とも減少するとされており、ウメのようにクエン酸含量が最後まで増加し続ける果実はあまりないように思われる。小川ら(10)も数品種のウメについて、本実験結果と同様の現象を認めており、ウメ果実の成熟期における有機酸代謝は、一般の果実とやや異なっているのかも知れない。一方、収穫後もクエン酸含量はある程度まで増加し、リンゴ酸含量は減少し続ける性質がみられた。このことは、有機酸代謝の面においても、収穫後も樹上と同質の成熟現象が進行しているように思われる。

以上のことを総合して考えると、ウメ果実の成熟に対する内的条件は、内果皮の硬化完了時ですでに形成されており、収穫後も樹上とほぼ同質の成熟現象が誘起されるように思われる。その意味において、ウメはほぼ完全な追熟果実に属するものと考えられる。この追熟現象は樹上での熟度が進んでいるほど急激に進行するため、実際の流通に当たっては、ウメ果実の成熟特性を十分考慮した上で、予想流通期間や利用形態に応じた収穫適期を決定する必要があるだろう。

摘 要

ウメ果実の樹上成熟と収穫後の成熟特性を、内果皮の

硬化期から完熟期まで調査した。収穫果実は 20℃ の恒温温室で成熟させた。

炭酸ガス排出量は、樹上成熟及び収穫後の成熟いずれの場合も、クライマクテリック型の変化を示した。収穫果実では、収穫時期が遅くなるほどクライマクテリックライズの開始時期が早くなり、炭酸ガス排出量も高くなる傾向がみられた。

エチレン発生量は、樹上では黄化始めまでは $0.1\mu\text{l/kg}\cdot\text{h}$ 以下であったが、その後は急増して完熟期には $500\mu\text{l/kg}\cdot\text{h}$ 以上になった。収穫果実でも、エチレン発生量は成熟中に増加したが、収穫時期が遅い果実ほど発生開始時期と量が促進される傾向がみられた。

アブジン酸含量は、樹上では黄化が始まると急速に増加した。収穫後も成熟とともにある程度まで増加して、その後は減少する傾向がすべての果実で認められた。しかし、収穫後の増加は樹上での成熟に比べると量的にかなり少なかった。

樹上成熟に伴って果実中のシュクロース、フラクトース、グルコース及びソルビトール含量は増加した。シュクロース含量は収穫後も成熟とともにある程度増加する傾向がみられたが、その他の糖はすべて減少した。

滴定酸含量は、樹上での全期間を通じて大きく変化しなかったが、組成別にはクエン酸含量は完熟期まで増加を続け、逆にリンゴ酸含量は減少し続けた。クエン酸含量は収穫後もある程度まで増加し、リンゴ酸含量は減少し続ける傾向がみられた。

以上のことから、ウメ果実の成熟に対する内的条件は、内果皮の硬化完了時点ですでに完成されていると思われる。したがって、この時点以降は収穫果実でも樹上の場合とほぼ同質の成熟現象が誘起されるが、樹上での熟度が進んだものほど追熟の進行は急速であるように思われた。

引用文献

1. BURG, S. P. and E. A. BURG. 1962. Role of ethylene in fruit ripening. *Plant Physiol.* 37: 179—189.
2. COOMBE, B. G. 1976. The development of fleshy fruits. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 27: 507—528.
3. 稲葉昭次・中村怜之輔. 1978. 作型別ならびに追熟中のイチゴ果実の成熟様相. *岡山大農学报.* 52: 25—36.
4. 稲葉昭次・山本 努・伊東卓爾・中村怜之輔. 1980. トマトの樹上成熟果実および追熟果実の成熟様相と食味の比較. *園学雑.* 49: 132—138.
5. 岩田 隆・緒方邦安. 1976. ウメ果実の貯蔵と低

- 温障害に関する研究（第1報）. 園学雑. 44 : 422—428.
6. 岩田 隆・木下光子. 1978. ウメ果実の貯蔵と低温障害に関する研究（第2報）. 園学雑. 47 : 97—104.
7. 岩田 隆・吉田匡央. 1979. ウメ果実の貯蔵と低温障害に関する研究（第3報）. 園芸学研究集録. 9 : 135—140.
8. LIEBERMAN, M. 1979. Biosynthesis and action of ethylene. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 30 : 533—591.
9. 緒方邦安・阪本隆志. 1979. 青ウメ, トマト果実の品質保持に対する予冷時の低温ショック的效果について. 園芸学研究集録. 9 : 146—150.
10. 小川正毅・北野欣信・山内 勲・角田秀孝・石崎正彦. 1979. ウメ果実の形質および有機酸組成等の推移. 園芸学会昭和 54 年秋季大会発表要旨. 90—91.
11. SACHER, J. A. 1973. Senescence and postharvest physiology. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 24 : 197—224.
12. SINGLETON, V. L. and W. A. GORTNER. 1965. Chemical and physical development of the pine apple fruit. II. *J. Food Sci.* 30 : 19—23.
13. ULRICH, R. 1970. Organic acid. *The biochemistry of fruits and their products.* Hulme, A. C. ed. 1 : 89—118.
14. WYMAN, H. and J. K. PALMER. 1964. Organic acids in the ripening banana fruit. *Plant Physiol.* 39 : 630—633.