

カキ果実中の主要成分の季節的变化

稲葉昭次・傍島善次・石田雅士

AKITSUGU INABA, YOSHITSUGU SOBAJIMA and MASASHI ISHIDA :
Seasonal changes in the major components of kaki fruits.

要旨：カキ果実の生長にともなう糖，デンプン，有機酸，アスコルビン酸，可溶性タンニン，蛋白質および可溶性チッ素含量ならびに呼吸量の季節的变化を富有と平核無を用いて調べた。

グルコースとフラクトース含量は果実の生長とともにしだいに増加したが，シュクロースはほとんど変化せず含量も低かった。デンプン含量は平核無では開花後急速に消失したが，富有では開花3週間後と生長後期に一時的に増加した。リンゴ酸含量は開花3，4週目に一時増加した後減少したが，富有では成熟期にふたたび増加した。クエン酸含量は開花後漸次減少し，生長後期より成熟期にかけてふたたび増加した。還元型アスコルビン酸含量は生長とともに減少したが，生長の後期に一時的に増加した。酸化型アスコルビン酸は含量も低く全期間を通じてほとんど変化しなかった。可溶性タンニン含量は開花後3～4週目が最も高く，その後はしだいに減少したが，平核無では後期にやや増加する傾向を示した。蛋白質および可溶性チッ素は開花後3，4週目にピークを示し，その後は生長とともに減少した。

I 緒 言

果実の生長にともなう成分の季節的变化についてはすでに多数報告されているが，わが国特有のカキについてはほとんど知られていない。平田らは脱渋との関係において，また岩田ら（1969）は成熟現象と呼吸型との関連性について報告しているが，果実の生長の全期間にわたる主要な成分の変化についてはまったく報告されていない。カキ果実の生長におけるガクの役割は初期の間は無視できないと思われるが，ここではカキ果実の発育生理の基礎的資料を得るために果実のみにつき主要な成分の変化について調べた。

II 材料と方法

カキにおける甘渋の代表的品種である富有（20年生）と平核無（20年生）を用い，主要な成分として糖，有機酸，デンプン，アスコルビン酸，可溶性タンニン，蛋白質および可溶性チッ素含量について1969年の開花期（平核無：5月19日，富有：5月29日）から成熟期（平核無：10月30日，富有：11月7日）まで調べた。また，果実の生長曲線ならびに呼吸量もあわせて測定した。

糖はイオス交換樹脂を用いて常法により分画した中

性区分を，Sweeley ら（1963）の方法で TMS 化し，ガスクロマトグラフィーで定性を行ない，各糖をペーパークロマトグラフィーで分離後，蒸留水で再抽出したものを Helbert ら（1955）の方法で定量した。

有機酸は上述のアニオン区分を Bulen ら（1952）の方法によりシリカゲルクロマトグラフィーを用いて定量した。

デンプン含量の測定は 80% エタノール抽出残さを Carter ら（1954）の方法を用いて定量した。

アスコルビン酸含量は Roe ら（1948）の方法で定量したが，ジケトー-L-グルコン酸はほとんど存在しなかったので考慮に入れなかった。

タンニン含量は熱水可溶性のものを可溶性タンニン物質とし，木村ら（1963）の方法を用いタンニン酸当量として測定した。

蛋白質含量は STS 法による核酸分画抽出残さを N-NH₄OH で抽出したものについて，Lowry（1951）の方法により測定し，卵白アルブミン当量として表わした。可溶性チッ素は 80% エタノール抽出物を Lang（1958）の方法によりチッ素含量として表わした。

呼吸量はステンレスコルクボーラーで直径 4mm，厚さ 1mm の果肉切片を作り，ワールブルグ検圧計を用いて酸素吸収量を測定した。

III 結 果

果実の生長曲線は富有，平核無ともにダブルシグモイド曲線を示した（第1図）。すなわち，生理的落果の終る6月下旬ごろまで生長はきわめてゆるやかであったが，その後は8月上旬まで急速に生長した（第1期）。引続いて9月初めごろまで生長は緩慢であるが（第2期），それ以後はふたたび成熟期まで急速な生長がみられた（第3期）。

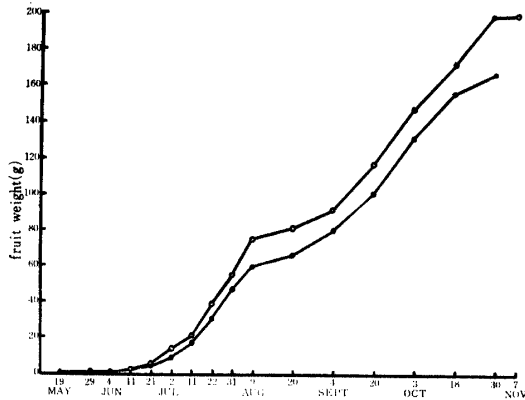


Fig. 1. Growth curves of Fuyu (○) and Hiratanenashi (●) fruits.

果実中の糖をガスクロマトグラフィーで定性した結果，フラクトース，グルコース，イノシトールおよびシュクロースが検出され，この傾向は両品種ともに，また生長の全期間を通じてみられた（第2図）。

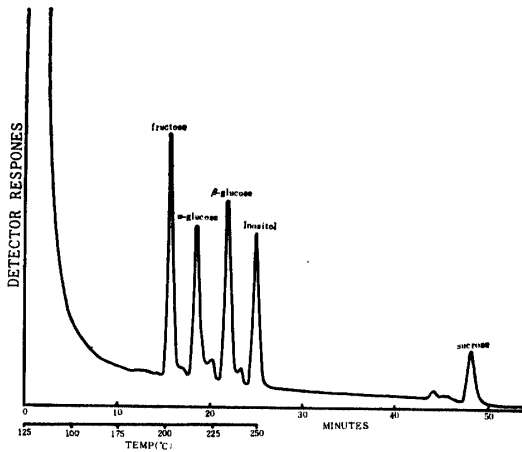


Fig. 2. Gas chromatography of sugars in Fuyu fruits at the mid-stage of growth, using the stainless steel column, 2m x 3mm internal diam., packed with 3% SE-52.

各糖成分の季節的変化をみると，一般的傾向はほぼ同じであり，開花後一時的にわずかに減少し，その後グルコースとフラクトース含量は成熟期まで漸次増加したが，シュクロース含量は全期間を通じてほとんど

変化せず，その含量も低かった。しかしながら，富有においてはシュクロース含量は時期により，多少増減する傾向が認められた（第3，4図）。

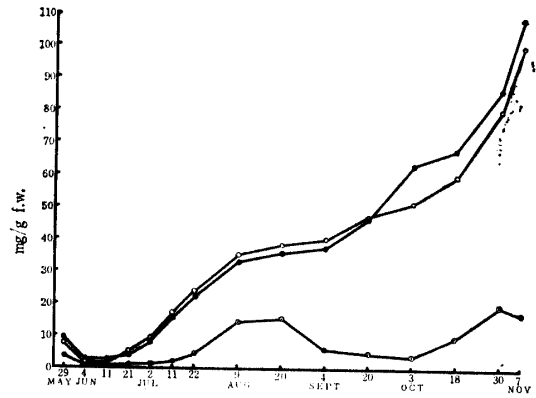


Fig. 3. Changes in glucose (●), fructose (○) and sucrose (◎) in Fuyu fruits.

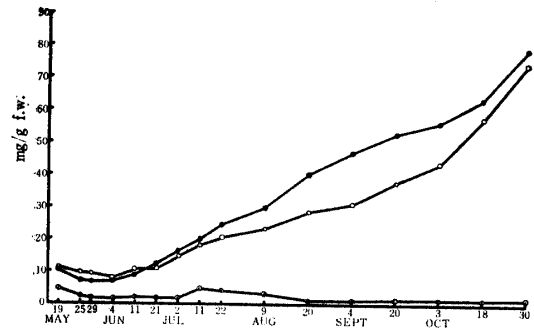


Fig. 4. Changes in glucose (●), fructose (○) and sucrose (◎) in Hiratanenashi fruits.

デンプン含量は両品種とも開花期に最も高く，その後平核無では急激に減少して成熟期までにほとんど消失したが，富有では開花2，3週後と9月から10月にかけて一時的な含量の増加がみられた（第5図）。

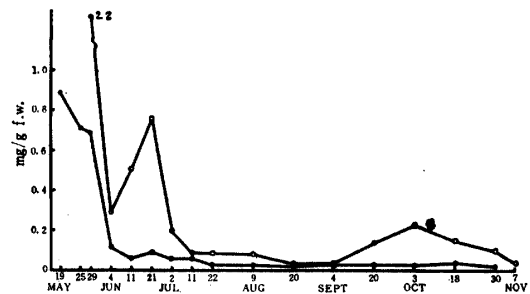


Fig. 5. Changes in starch content in Fuyu (○) and Hiratanenashi (●) fruits.

有機酸は両品種ともにクエン酸とリンゴ酸が認められた（第6図）。しかし，生長の初期において未知の一種の存在が認められたが，その同定はできなかった。両品種のリンゴ酸およびクエン酸含量は開花期に高く，その後減少して一定値を保つかまたは一時的に

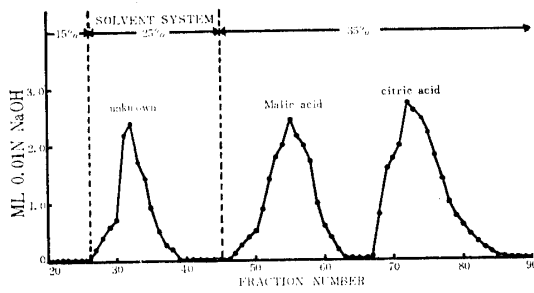


Fig. 6. Silicagel chromatogram of organic acids from Fuyu fruits at the mid-stage of growth.

増加する傾向が認められたが、成熟期になると富有ではリンゴ酸が、平核無ではクエン酸が著しく増加する傾向が認められた(第7, 8図)。未知の有機酸含量は開花期に最も多く生長とともに急激に減少した。

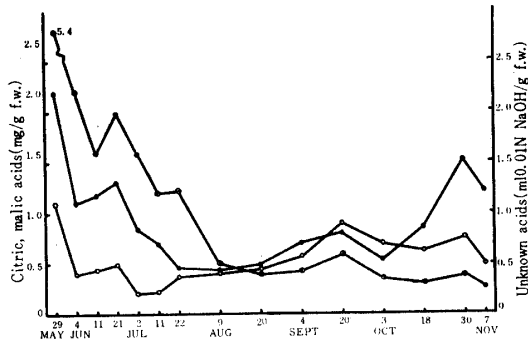


Fig. 7. Changes in citric (○), malic (●) and unknown(◎) acid in Fuyu fruits.

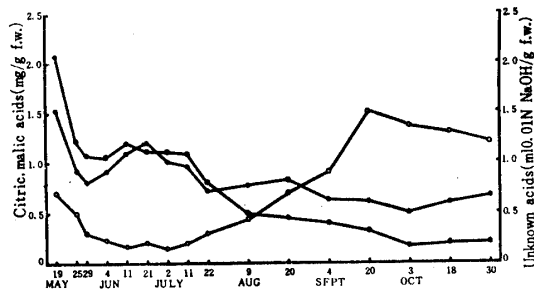


Fig. 8. Changes in citric (○), malic (●) and unknown (◎) acid in Hiratanenashi fruits.

蛋白質含量と可溶性チッ素含量の変化は両品種ともにきわめてよく一致した傾向を示したが、富有では開花期後3週間ごろまでは増加し、その後減少したのに対して、平核無では生長とともに減少する傾向が認められた(第9図)。また、8月下旬ごろに両品種ともに含量が一時増加した。

アスコルビン酸含量の変化については、両品種の間にほとんど差異はなく、還元型アスコルビン酸含量は

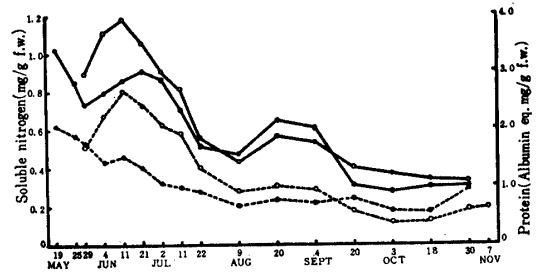


Fig. 9. Changes in protein (—) and soluble nitrogen (···) in Fuyu (○) and Hiratanenashi (●) fruits.

開花期に最も高く、發育とともに減少したが、9月下旬ごろに一時的に高くなることを認められた(第10図)。一方、酸化型アスコルビン酸は全期間を通じてほとんど変化がみられず、富有では還元型よりもその含量はたえず低かったが、平核無では7月上旬ごろよりほぼ同含量となり成熟期では酸化型のほうが高くなった(第10図)。

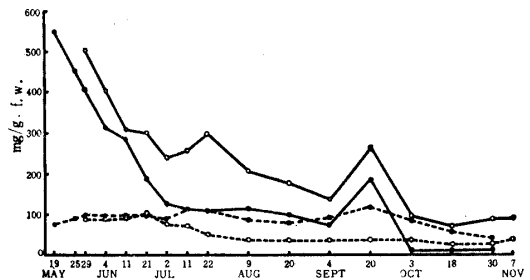


Fig. 10. Changes in ascorbic (—) and dehydro-ascorbic (···) acid in Fuyu (○) and Hiratanenashi (●) fruits.

可溶性タンニン含量は開花期後2, 3週間ごろに両品種ともに最高になり、その後減少して富有では8月中旬以後はきわめて低くなるのに比べて、平核無では9月初めごろになるとふたたび含量が高くなり、成熟期までかなり存在することが認められた(第11図)。

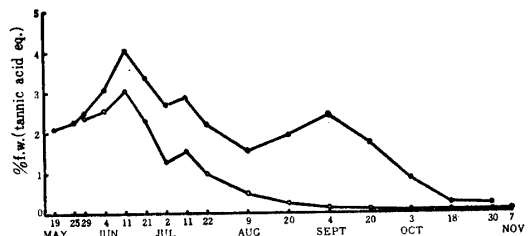


Fig. 11. Changes in soluble tannin content in Fuyu (○) and Hiratanenashi (●) fruits.

両品種における呼吸量の変化は開花期に最も高く、その後發育するにつれて減少し、9月上旬ごろにわず

かに高くなる傾向がみられた。しかしながら、富有では7月上旬ごろまでは呼吸量の急速な低下はみられなかった(第12図)。

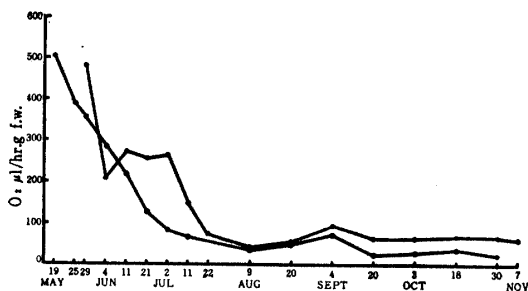


Fig. 12. Oxygen uptake by Fuyu (○) and Hiranenashi (●) fruits during growth.

IV 考 察

一般に果実中に含まれる遊離の糖としてはグルコース、フラクトースおよびシュクロースが主要なものであり、生長の後期になってグルコースとフラクトースが蓄積するものと、シュクロースが蓄積するものがあるが、カキ果実は前者のほうであった。また、その蓄積の推移はブドウ (Kliwer: 1965) のように生長第Ⅲ期になって急激に蓄積するものと、リンゴ (Hulme: 1954) のように生長とともに漸次増加するものがあるが、カキは後者のほうであった。ガスクロマトグラムの結果ではグルコース、フラクトースおよびシュクロース以外にもう一つのピークがみられるが、保持時間はイノシトールのそれと完全に一致する。最近、種々の植物器官よりイノシトールおよびその誘導体が検出されている (Angyal ら: 1969, Ballou ら: 1964) ので、カキ果実中にも存在する可能性が考えられる。

果実中の有機酸としては、一般にリンゴ酸とクエン酸が存在することはよく知られているが、カキ果実でも主要なものはリンゴ酸とクエン酸であった。岩田ら (1969) はカキ・花御所ではフマル酸含量が成熟期に特徴的な変化を示すことを認めているが、富有と平核無においては検出されるだけのフマル酸は認められなかった。しかし、シリカゲルクロマトの結果では未知の一種の有機酸が存在し、しかも生長初期にはかなりの含量が含まれているようである。この未同定の有機酸はブドウにおける酒石酸 (Kliwer: 1965) やリンゴ果実中のキナ酸 (Hulme: 1951) のように特殊なものであるかも知れない。カキ果実の有機酸含量は生長第Ⅱ期ごろまではリンゴ (Hulme ら: 1957) やカンキツ類 (Clements: 1964) のように減少するが、第Ⅲ期になって富有ではリンゴ酸が平核無ではクエン

酸が増加した。このように生長後期になって果実重あたりでの有機酸含量の増加はバナナ (Barnell: 1940) において認められているが、カキ果実の一つの特徴のようにも思われた。

果実中のデンプン含量は生長の初期に増加し、その後減少するリンゴ (Hulme: 1950) タイプのものと、成熟するにつれて増加するバナナ (Biale: 1964) タイプのものがあるが、富有においてみられるようにその含量は他の果実に比べると少ないが、生長の初期と後期の2度にわたってピークをもつものは知られていない。

果実中のアスコルビン酸については成熟期にはよく知られているが、生長にともなう季節的变化はあまり知られていない。カキ果実中の総アスコルビン酸含量の変化はリンゴとナシ (Koch ら 1956) におけるそれとよく一致しているが、リンゴやナシではそのほとんどが酸化型であるのに対し、カキではほとんどが還元型であった。Koch ら (1956) によるとリンゴではアスコルビン酸含量の変化とポリフェノールオキシダーゼ活性の変化とがよく一致するというが、カキ果実中のタンニン含量の変化がリンゴ果実中のそれ (Joslyn ら: 1964) とよく一致していることより考えると必ずしもアスコルビン酸とタンニン物質の変化は関連ないようにも思われる。

このように、カキ果実では開花直後の生長が活発な時期と生長第Ⅲ期の初期の果実内の諸成分の変化の様相が糖を除いて一般的によく類似しているようにみえるのはきわめて興味あることのように思われた。

引用文献

- 1) Angyal, S. J. and A. F. Russell (1969): Aust. J. Chem., 22 : 383.
- 2) Ballou, C. E. and Y. C. Lee (1964): Biochem., 3 : 682.
- 3) Barnell, H. R. (1940): Ann. Bot., 4 : 39.
- 4) Biale, J. B. (1964): Science, N. Y., 146 : 880.
- 5) Bulen, W. A., Varner, J. E. and R. C. Burrell (1952): Anal. Chem., 24 : 187.
- 6) Clements, R. L. (1964): J. Food Sci., 29 : 281.
- 7) Carter, G. H. and A. M. Neubert (1954): J. Agr. Food Chem., 2 : 1070.
- 8) Hebert, J. R. and K. D. Brown (1955): Anal. Chem., 27 : 1791.
- 9) Hulme, A.C. (1950): J. Hort. Sci., 25 : 277.
- 10) ————— (1951): J. Expt. Bot., 2 : 298.
- 11) ————— (1954): J. Expt. Bot., 5 : 159.
- 12) ————— and L.S.C. Wooltorton (1957): J.

- Sci. Food Agr., **8** : 117.
- 13) 岩田隆・中川勝也・緒方邦安(1969) : 園学雜, **38** : 194.
- 14) Joslyn, M.A. and J.L. Goldstein (1964) : Adv. Fd. Res., **13** : 179.
- 15) 木村也(1953) : 薬誌, **73** : 1200.
- 16) Koch, J. and G. Bretthauer (1956) : Landwirtschaft Forsch, **9** : 51.
- 17) Kliever, W.M. (1965) : Amer. J. Enol. Vitic., **16** : 92.
- 18) ————— (1965) : Amer. J. Enol. Vitic., **16** : 101.
- 19) Lang, C.A. (1958) : Anal. Chem., **30** : 1962.
- 20) Lowry, O.H., J. N. Rosedrough, A. L. Farr and R.J. Randall (1951) : J. Biol. Chem., **193** : 265.
- 21) Roe, J. H, B. M. Mills, M. J. Oesterling and C.M. Damron (1948) : J. Biol Chem., **174** : 201.
- 22) Sweeley, C. C., R., Bentry M Makita and W.W. Wells (1963) : J. Am. Chem. Soc., **85** : 2497.

Summary

The concentrations of sugars, starch, organic acids, ascorbic acids, soluble tannin, protein and soluble nitrogen were determined in Fuyu and Hiratanenashi kaki fruits during the period from flowering to ripening.

The concentrations of glucose and fructose in both fruits were observed to increase gradually until ripening, while that of sucrose remained at low constant level. At 3 weeks after flowering in Hiratanenashi fruits, starch content was fell to negligible proportions, although Fuyu fruits showed a contemporary increase at both 3 weeks and the late of developent. The concentration of malic acid in both varieties increased at 3 weeks after flowering and thereafter continued to decrease, but as for Fuyu it tended to increase again during the ripening period.

Citric acid content in both fruits exhibited a steady decrease until the mid-stage of growth and then increased toward the ripening period. The steady decrease was showed in ascorbic acid content during the development of both varieties except the sharp increase in fall season, while dehydroascorbic acid remained at a low constant level. Soluble tannin content in both fruits reached its maximum at about 3 or 4 weeks after flowering and then decreased, however that of Hiratanenashi slightly increased at the begining of fall season. Protein and soluble nitregen contents reached their maxima at about 3 or 4 weeks in both fruits and continued to decrease after that time toward the ripenig period.