

## イチゴの作型と果実中の糖および有機酸組成

稲葉昭次・伊東卓爾・中村怜之輔  
(園芸利用学研究室)

Received June 30, 1977

### Sugar and Organic Acid Contents in the Strawberry Fruit under Different Cultivating Conditions

Akitsu INABA, Takuji ITO and Reinosuke NAKAMURA  
(Laboratory of Science of Horticultural Products)

The concentration of the sugar and organic acid components was determined by gas liquid chromatography in 'Hokowase' strawberry under different cultivating conditions at each commercial maturity.

1) The gas-chromatographic method for both the sugar and organic acids was found to be satisfactory in quantification.

2) Fructose, glucose and sucrose were the predominant sugars in the strawberry. The major organic acids were malate and citrate, though relatively large amounts of phosphorate and an unidentified compound were observed.

3) The major characteristic in the components under different cultivating conditions was found in the sucrose, of which concentration was higher in the delaying cultivation than the forcing and in the first crop than the second, respectively.

4) The organic acid in the second forcing crop showed the highest concentration, but no consistent trends were found between organic acid contents and cultivating conditions.

5) It seemed that the sucrose was a dominant factor of different eating quality found under different cultivating conditions of 'Hokowase' strawberry.

### 緒 言

青果物の周年栽培技術の普及に伴い、イチゴ果実も現在では、盛夏期を除いて周年栽培が可能となっている。しかし、品質面からみると、栽培技術の確立が優先されたためか、作型により食味に相当差異があるように思われる。イチゴの周年栽培は、数種類の品種の組合せによる方法と、特定の一品種を用いて行われる場合とがある<sup>3)</sup>。前者の場合は品種が異なるため、品質を一概には比較できないが、後者の場合はそれが比較的容易である。

そこで、ここでは'宝交早生'の4作型における品質を比較するために、ガスクロマトグラフィー (GLC) を用いて、果実の食味の主要な構成要因である糖と有機酸について、組成別に定量を行った。

### 材 料 と 方 法

供試材料：岡山県浅口郡鴨方町六条院産の'宝交早生'を用いた。作型は1975年から1976年にかけての長期間の株冷抑制栽培(長冷)の1期作と2期作および促成栽培(促成)の1期作と2期作を用いた。その栽培様式の概要は Fig. 1 に示すとおりである。果実は Table 1 に示した月日に通常の出荷熟度で収穫し、2L~2Sの5等級に分け、それぞれについて10

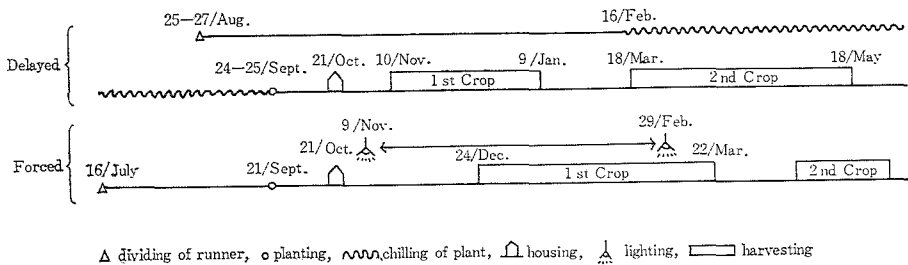


Fig. 1 Diagram of cultivation types in 'Hokowase' strawberries.

果から果汁を二重ガーゼでしぼり、分析時まで $-20^{\circ}\text{C}$ で貯蔵した。

**糖組成の分析：**イオン交換樹脂 CG-120 ( $\text{H}^+$ ) と CG-4 B ( $\text{OH}^-$ ) を連結したカラム上に果汁 2 ml を直接注入し、イオン交換水 100 ml でカラムを洗って、流出液を集めて糖区分とした。この流出液に内部標準物質 (I.S.) として 1% Pentaerythritol を 2 ml 加え、その 0.5 ml を 5 ml 容のサンプル管に移し、デシケーター中で減圧下で乾固した。その後、5 酸化リンを入れたデシケーター中で減圧状態で一昼夜以上放置し、水分をできるだけ除去した。

このようにして得た糖区分は SWEETLEY ら<sup>9)</sup> の方法に準じて TMS 化した。すなわち、Prydine, Hexamethyldisilazane, Trimethylchlorosilane (10:2:1, v/v) 混液を 0.15 ml 加え、ポリエチレンキャップで密栓し、 $60^{\circ}\text{C}$  の湯浴中でときどき強く振りながら 2 時間反応させた。この際、TMS 化剤の蒸発と水の混入を防ぐため、ポリエチレンキャップは手製の装置で強くしめつけた。得られた糖の TMS 誘導体は、塩化アンモニウムの沈でんを吸い込まないように注意して、直接 GLC に注入した。

**有機酸組成の分析：**有機酸区分はさきに述べた CG-4 B カラムより、2 N- $\text{NH}_4\text{OH}$  50 ml で溶出し、約  $50^{\circ}\text{C}$  で減圧乾固した。残留物を 0.04% Glutaric acid (I.S.) 5 ml に溶解し、その 0.5 ml を 5 ml 容のサンプル管に移し、糖区分と同様に乾燥させた。有機酸区分の TMS 化は PHILIP ら<sup>9)</sup> の方法に準じて行った。すなわち、乾燥させた有機酸区分に N, N-Dimethylformamide 0.1 ml と N, O-Bis-(Trimethylsilyl)-Trifluoroacetamide (BSTFA) 0.05 ml を加え、 $60^{\circ}\text{C}$  で 20 分間糖と同様に反応させた。得られた有機酸の TMS 誘導体は直接 GLC に注入した。

## 結果と考察

**果実中の糖および有機酸組成：**成熟イチゴ果実の糖区分の GLC は Fig. 2 に示したようであり、主要な糖はフルクトース、グルコースおよびシュクロースであり、これら以外のものはほとんど検出されなかった。そこで、この 3 種の糖について検量線を求めたところ、Fig. 3 に示すように、測定した範囲内ではきわめて良好な直線性を示し、定量可能であった。ただ、グルコースは  $\alpha$  および  $\beta$  型に基づく 2 つのピークが得られたが、いずれのピークにおいても検量性は良好な直線性を示したので、ここでは  $\beta$  型のほうを用いた。しかし、この 2 つのピーク高の比は、試料の乾燥条件により多少異なるため、その条件を統一しないと定量性が崩れる場合があった。また、SWEETLEY ら<sup>9)</sup> は室温で TMS 化を行っているが、加熱しないとフルクトースが TMS 化しにくいようであった。

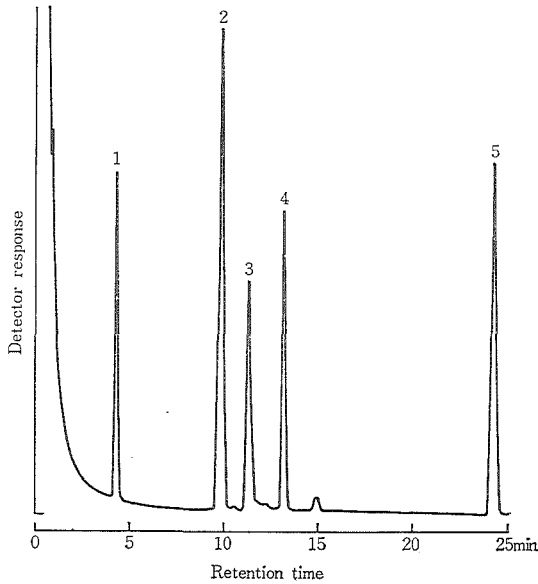


Fig. 2 Gas-liquid chromatograph separation of TMS derivatives of 'Hokowase' strawberry sugars. Column, 2m x 3mm glass; packing, 3% SE-52 coated on 60/80 mesh chromosorb W; temperature, 125°C to 250°C at 5°C/min; carrier gas, N<sub>2</sub> at 45 ml/min; attenuation, 10<sup>2</sup> x 32. Peaks: 1, pentaerythritol (I.S.); 2, fructose; 3, α-glucose; 4, β-glucose; 5, sucrose.

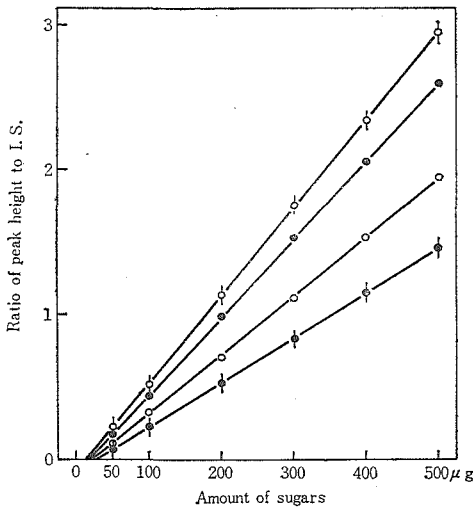


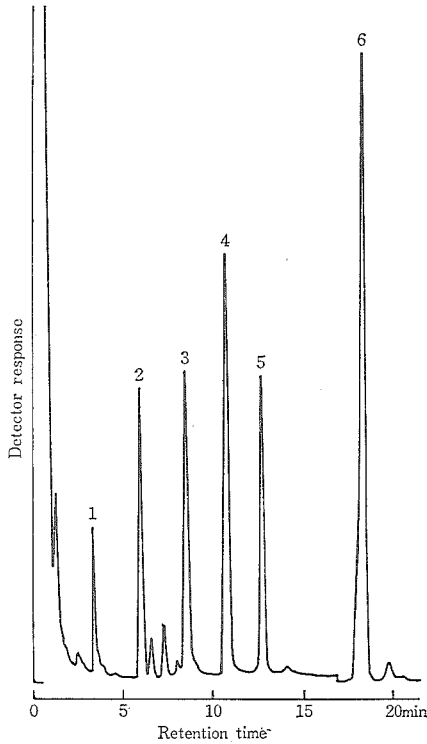
Fig. 3 Calibration curves for fructose, glucose and sucrose.

○ — ○ fructose    ● — ● α-glucose  
 ○ — ○ β-glucose    ● — ● sucrose  
 I.S. : pentaerythritol (100μg)

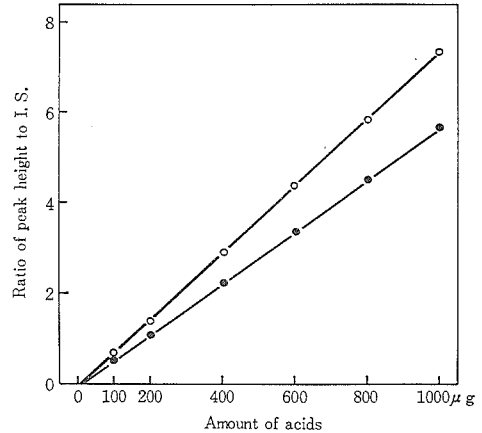
Fig. 4 は成熟イチゴ果実の有機酸区分の GLC を示したものであり、主要な有機酸はクエン酸とリンゴ酸であったが、他に未同定の大きなピークがみられた。このピークについては目下検討中であるが、イチゴ果実の主要な有機酸はクエン酸とリンゴ酸とされており<sup>4)</sup>、したがってこのピークは有機酸以外のものである可能性が強いように思われる。また、これら以外にリン酸の大きなピークがみられたが、これについては定量しなかった。また、リン酸より早い保持時間に現われるピークは TMS 化剤によるゴーストピークであり、定量に際しては障害にならなかった。

Fig. 5 はリンゴ酸およびクエン酸の検量線を示したものであり、測定した範囲内では良好な直線性を示した。しかし、試料の乾燥状態が完全でない場合は、クエン酸の定量性が大きく崩れることが認められた。また、10% SE-30 を使用した場合、長期間の使用によって定量性が悪化するようであり、カラムをときどき更新する必要があった。この原因については現在検討中である。

有機酸の GLC に関しては従来より多くの報告がみられ<sup>1,2,6)</sup>、GLC の条件と揮発化の方法について種々検討が加えられているが、1-ブチルエステル法<sup>10)</sup>を除いて定量化が困難とされていた。今回用いた PHILIP 法<sup>8)</sup>の方法は、カラムを比較的早く更新する必要はあったが、操作が



**Fig. 4** Gas-liquid chromatograph separation of TMS derivatives of 'Hokowase' strawberry acids. Column, 2m×3mm glass; packing, 10% SE-30 on AW-DMCS 60/80 mesh chromosorb W; temperature, 130°C to 250°C at 5°C/min; carrier gas, N<sub>2</sub> at 45ml/min; attenuation, 10<sup>2</sup>×32. Peaks: 1, ghost from reagents; 2, phosphate; 3, glutarate (I.S.); 4, malate; 5, unidentified; 6, citrate (attenuation, 10<sup>2</sup>×64).



**Fig. 5** Calibration curves for malate and citrate.  
○—○ malate  
●—● citrate  
I. S. : glutarate (200μg).

簡便で定量性にもすぐれていた。なお、図には示さなかったが、フマル酸、コハク酸および酒石酸についても、きわめて良好な定量性が認められた。

**作型と糖および有機酸組成：**以上の方法に基づき‘宝交早生’の作型による糖および有機酸組成の定量結果をまとめると、Table 1 に示すとおりである。4つの作型における最も大きな成分の相異点はシュクロース含量にみられた。すなわち、グルコースとフルクトース含量は作型による大きな変化はみられないが、シュクロース含量は長冷のほうが促成よりも、また1期作のほうが2期作より高い傾向を示した。一方、有機酸含量は促成2期でかなり高かったが、糖のような一定の傾向はみられなかった。したがって、イチゴ果実の作型による食味相異の主因はシュクロース含量の差異にあるように思われた。

**Table 1** Sugar and organic acid contents in 'Hokowase' strawberries under different cultivating conditions

Cultivation (Harvest date)	Fruit size	Sugars (mg/ml juice)			Acids (mg/ml juice)	
		Fructose	Glucose	Sucrose	Malate	Citrate
Delayed, 1st (28/Nov/'75)	2S	31.5	30.8	20.0	1.44	4.55
	S	23.0	21.8	20.8	0.94	4.67
	M	24.3	22.8	20.8	1.06	3.85
	L	24.5	23.5	15.3	0.62	3.52
	2L	23.8	22.3	19.0	0.81	3.56
	Mean	25.4	24.2	19.2	0.97	4.03
Forced, 1st (22/Jan/'76)	S	27.0	25.8	13.5	0.66	3.44
	M	25.8	24.8	14.0	0.72	3.81
	L	24.5	22.8	13.5	0.49	4.06
	Mean	25.8	24.2	13.7	0.62	3.77
Delayed, 2nd (8/Apr/'76)	S	27.5	25.3	12.5	0.59	5.84
	M	23.3	21.0	15.8	0.69	2.23
	L	26.3	23.5	18.0	0.51	3.38
	2L	26.2	21.8	17.3	0.38	2.69
	Mean	25.8	22.9	15.9	0.54	3.54
Forced, 2nd (20/May/'76)	S	27.5	25.8	10.8	1.11	7.21
	M	23.8	22.3	8.3	0.74	5.59
	L	25.5	23.5	6.5	0.51	5.73
	2L	24.3	22.8	5.5	0.47	4.74
	Mean	25.3	23.6	7.8	0.71	5.82

このように、同一品種でありながら、作型により成熟果実中のシュクロース含量が大きく異なることは、シュクロースがイチゴの糖含量の制限因子であり、甘酸味の支配的要因であることを示すものであり、大いに興味ある点であった。したがって、今後ますます大衆化されると予想されるイチゴ生産にあたっては、シュクロース含量を増加させる栽培技術の確立が良品質の果実生産のためには必要であると思われる。

一般に、果実は成熟の進行に伴い糖含量が増加し、有機酸含量が減少する。このことはイチゴ果実についても認められている<sup>7)</sup>。このことから考えると、促成2期の果実はシュクロース含量が低く、有機酸含量が高いので、外観的には成熟していても内的には未熟であるようにも思われる。したがって、各作型とも安定した良品質の果実を生産するためには、果実の発育に伴う糖および有機酸組成の消長をはじめ、成熟に関する基礎的知見を深める必要があるように思われる。

一方、栽培的には発育期間中の温度が最も成熟果実の品質に影響を与えるものと推察される。松浦<sup>5)</sup>は'紅鶴'を10, 15および20°C下で育生し、低温下のほうが明らかに糖含量が増加することを認めている。また、この場合温度による直接的な影響か、開花から成熟までの日数の延長によるのかは不明であるが、一般的には果実の発育日数が長くなるほど、糖含量は増加するとされている<sup>7)</sup>。

いずれにしても、作型により、シュクロース含量に差異が生じる原因を栽培技術的側面

と生理学的側面より解析する必要があると思われる。

### 摘 要

イチゴ‘宝交早生’の4作型の出荷熟度の果実について、糖および有機酸含量を組成別にガスクロマトグラフィー (GLC) を用いて測定した。

- 1) 糖および有機酸ともに、GLC は用いた範囲内では十分な定量性が認められた。
- 2) 果実中の糖としては、フルクトース、グルコースおよびシュクロースが主要なものであり、これら以外のものはほとんど検出されなかった。有機酸としては、クエン酸とリンゴ酸が主要なものであり、他にリン酸と未同定の大きなピークがみられた。
- 3) 作型による成分の最も大きな相異点はシュクロースに認められ、長冷栽培は促成栽培より、また両栽培とも1期作は2期作より、その含量は高かった。
- 4) 有機酸含量は促成2期作が最も高かったが、作型による一定の傾向は認められなかった。
- 5) 以上より、イチゴ‘宝交早生’の作型による食味相異の主因はシュクロース含量の差異にあるように思われた。

本実験にあたり岡山県井笠農業改良普及所および六条院町農業協同組合の関係諸氏の御協力を得た。ここに記して感謝の意を表する。

### 文 献

- 1) ALCOCK, N. W. : Method in Enzymeology. (LOWENSTEIN, J. M. ed.) 13, 397—414, Academic Press, N. Y. (1969)
- 2) BRUNELL, R. L., R. L. SCHOENEMAN, and G. E. MARTIN : J. AOAC 50, 329—333 (1967)
- 3) 藤本幸平 : 農及園 44, 1405—1410 (1969)
- 4) GREEN, A. : The Biochemistry of Fruit and Their Products. (HULME, A. C. ed.) 2, 375—410 (1971)
- 5) 松浦秀上 : 神奈川県普及指導室資料 (1965)
- 6) MATTICK, L. R., A. C. RICE and I. C. MOYER : Amer. J. Enol. Vitic. 21, 179—183 (1970)
- 7) 二宮敬二 : 農及園 44, 1103—1109 (1969)
- 8) PHILIP, T. and F. E. NELSON : J. Fd. Sci. 38, 18—20 (1973)
- 9) SWEELEY, C. C., R. BENTLEY, M. MAKITA and W. W. WELLS : J. Amer. Chem. Soc. 85, 2497—2507 (1963)
- 10) 山下市二・田村太郎 : 食品工誌 19, 62—69 (1972)