

ガスクロマトグラフィーによる 果実類の糖構成に関する研究

川 俣 恵 利

Studies on Sugar Component of Fruits by Gas-Liquid Chromatography
Shigetoshi KAWAMATA

Summary

Sweetness and acidity are both important in determining the taste of fruits. As the sugar content of fruits varied according to species and variety, this study was carried out to determine the sugar component and content of typical temperate and tropical fruits in the world. The fruits collected included 15 species(25 varieties) of temperate fruits and 12 species(13 varieties) of tropical fruits. The sugar content was analyzed by gas-liquid chromatography according to the methods of Sweley et al (28).

- 1) Drupaceous fruits contained fructose, glucose, sorbitol, inositol and sucrose. The amount of glucose was the highest, followed by fructose, sucrose, inositol and sorbitol, in that order. Apricot and peach did not contain sorbitol but nectalin contained it, and peach contained glucose, sucrose and fructose, in that order.
- 2) In berry fruits, only fructose, glucose and sucrose were present in the following order : glucose>fructose>sucrose. The amounts of sugars in fig were in the order : fructose>glucose>sucrose.
- 3) Pomaceous fruits contained fructose, glucose, sorbitol and sucrose. Moreover, pears also contained inositol. The amounts of sugars in pear decreased in the order : fructose>glucose>sucrose>sorbitol>inositol. The order differed from those of other fruits. Apple and loquat contained, in decreasing order : fructose>glucose>sucrose>sorbitol.
- 4) Japanese persimmon contained only fructose, glucose and sucrose, and the amounts present were in the order : glucose>fructose>sucrose in both of sweet and astringent varieties.
- 5) The sugars of citrus fruits were fructose, glucose, inositol and sucrose, and their amounts decreased in the order : glucose>sucrose>fructose>inositol.
- 6) Tropical fruits contained fructose, glucose and sucrose. Kiwi fruits(Chinese gooseberry) and mango also contained inositol. The sugars present in tropical fruits consisted mainly of glucose followed by fructose and sucrose in that order. Mango and pineapple contained large quantities of sucrose, followed by glucose and fructose.
- 7) High correlation coefficients were found between fructose and α -glucose, and β -glucose, between β -glucose and sorbitol respectively. Correlation coefficients between total sugar and α -glucose, and β -glucose, and fructose, and sucrose indicated significance at 0.1% level. But, from the results of principal component analysis, the amounts of total sugar as expressed

sweetness were closely related with glucose and fructose, followed by sucrose.

8) According to the results of classification of species and variety to a basis on sugar component, it was shown that A group of pears consisted of fructose mainly, Apples and citrus contained fructose and sucrose were divided into B group, and C group belonged to grapes, Japanese persimmons and some tropical fruits consisted of glucose mainly. D group was included astringent persimmons, banana and papaya, and E group was drupaceous fruits, F group was loquat, apricot and blue-berry. Their amounts of total sugar were lower relatively. Moreover, The group of Kiwi fruit, pineapple and mango were contained large amounts of sucrose.

I 緒 言

現在、わが国で栽培されている果樹の多くは落葉果樹であるが、一部には柑橘類、ビワなど常緑果樹もある。それ等の果実は異なる風味を持っており、多くの人に親しまれている。

一般に、果実の味覚は甘味、酸味、苦味、香氣、肉質、脂質などから判断されており、それ等の構成割合によって異なっている。なかでも果実の甘味は酸味とともにその役割が大きく、濃厚のものから淡白なものまで存在しており、我々が感受でき得る状態も複雑多岐にわたっている。

果実中の糖分は大部分が果糖、ブドウ糖、ショ糖であり、種類によってはソルビトールやイノシトールなどが存在するといわれている(7)。それ等の糖が適度に配合しあって種類、品種ごとの甘味差となって表われているものと思われる。とりわけ、最近輸入量が増加したバインやマンゴーなどは極めて濃厚な甘味と独特な風味を持ったものが多い。

これまでの糖の分析は、比色法や滴定法によって行なわれてきたが(1, 4, 8)、それ等は分析条件によって極めて分析誤差が多いという欠点があった。しかし、最近、Sweeleyら(28)によって確立されたガスクロマトグラフィーによる糖の分析は比較的安定性があり、この方法による分析は今後広く普及するものと思われる。現在まで数種の果実類について実施されているが(10, 15, 22, 27, 31, 32)、熱帶果実を含めて多くの果実について行なった報告は少ない。そこで、可能な限り入手し得た果実についてガスクロマトグラフィーにより糖の分析を行ない、その構成割合について検討するとともに、種類、品種別の分類を多変量解析によって行なった。

II 材料および方法

1. 試料

分析に供した試料は第1, 2表に示したように、温帶

果樹および熱帶果樹25種38品種について行なった。落葉果樹の大部分は当場産のものを用い、栽培していないものについてはそれぞれ主要産地で生産されたものについて行なった。熱帶果実は公的関係機関から譲り受け、その他は東京都内の高級果物店から購入したもの用いた。果実中の糖含量は品種、果形、熟度、貯蔵条件によって多少の変化が認められるものの、熟期から食用可能な時期までの間の変化は構成割合が逆転するほど著しくはないのでその間に分析した。大部分の果実は収穫適期に、熱帶果実は収穫5日後～2週間以内の可食適期に、洋ナシは追熟後に、波ガキはアルコール脱渋後にそれぞれ行なった。

なお、各種類、品種ごとの学名および産地についてもあわせて第1, 2表に記した。

2. 分析方法

果肉から糖の分離、抽出方法については第1図に示した。すなわち、果肉2gをとり、90%エタノールで3回抽出し、ろ液を除蛋白後、250mlに定容した。この液をろ過後一定量とり、N/10水酸化バリウム溶液でpH7.5～8.0に調整し、100mlに定容した。さらに、この液をろ過し、Dowex(H⁺)カラムを通して中性糖液を作成し、一定量をとて蒸発乾固した。これをSweeleyら(28)の方法でTMS化(Trimethylsilyl)し、ガスクロマトグラフィーで測定した。なお、各糖を同定するため、特級標準品を用いて、保持時間を測定したのが第3表である。

ガスクロマトグラフィーの運転条件は次のとおりである。

機種：島津ガスクロマトグラフィー GC-4BMPFE.

カラム：SE-30(5%) 1.5mガラスカラム.

温度：カラム 160°→260°C(毎分 2°C昇温). Detector

300°C(FID), Inject 300°C.

キャリーガス：N60ml/min, H₂0.7kg/cm², Air 1kg/cm², Sensitivity 10², Range 1/32.

3. 多変量解析

Table 1. Species and varieties of temperature fruits used for analysis and its producing districts.

Japanese name	Scientific name	Producing district
オウトウ ナボレオン	<i>Prunus avium</i> var. <i>duracina</i> Bailey. cv. Napoleon	Yamagata pref.
アンズ 新潟大実	<i>Prunus armeniaca</i> Linn. cv. Niigataoomi	Tokyo*
スマモ ソルダム	<i>Prunus domestica</i> Linn. cv. Soldum	"
ネクタリン 興津	<i>Prunus persica</i> var. <i>nucipersica</i> Schneider cv. Okitsu	Yamanashi pref.
モモ 大久保	<i>Prunus persica</i> Sieb. et Zucc. var. <i>vulgaris</i> Maxim. cv. Ohkubo	Tokyo*
ブルベリー ウッダード	<i>Vaccinium ashei</i> Reade. cv. Woodard	Tokyo*
イチジク { ブラウン ターキー	<i>Ficus carina</i> Linn. var. <i>hortensis</i> Shinn. cv. Brown Turkey	"
ブドウ { デラウェア 巨峰	<i>Vitis labruscana</i> Bailey. cv. Delaware <i>V. labruscana</i> L. × <i>V. vinifera</i> L. cv. Kyohō	"
{ 高尾	<i>V. labruscana</i> L. × <i>V. vinifera</i> L. cv. Takao (Seedless)	"
ナシ { 二十世紀 長十郎	<i>Pyrus serotina</i> var. <i>culta</i> . R. cv. Nijisseiki	Tokyo*
バートレット	<i>Pyrus serotina</i> var. <i>culta</i> . R. cv. Chōjurō	"
ラ・フランス	<i>Pyrus communis</i> Linn. var. <i>sativa</i> DC. cv. Bartlett	Yamagata pref.
リンゴ { ふじ ゴールデン	<i>Pyrus communis</i> Linn. var. <i>sativa</i> DC. cv. La France	Tokyo*
デリシャス	<i>Malus pumila</i> Miller var. <i>domestica</i> S. cv. Fuji	"
ビワ 広木	<i>Malus pumila</i> Miller var. <i>domestica</i> S. cv. Golden Delicious	"
{ 四ツ溝 ネーブル	<i>Eriobotrya japonica</i> Lindley. cv. Mogi	Nagasaki pref.
カキ { 富有 次郎	<i>Diospyros kaki</i> Linn. cv. Fuyū	Tokyo*
平核無	<i>Diospyros kaki</i> Linn. cv. Jirō	"
四ツ溝	<i>Diospyros kaki</i> Linn. cv. Hiratanenashi (Astringent fruit)	"
ネーブル	<i>Diospyros kaki</i> Linn. cv. Yotumizo (Astringent fruit)	"
オレンジ	<i>Citrus sinensis</i> Osbeck.	Calif- fornia
グレープ	cv. Washington Navel	"
フルーツ	<i>Citrus paradisi</i> Macf.	
ポンカン	cv. Marsh	
温州ミカン	<i>Citrus poonensis</i> Hort. cv. Ponkan	Formosa
	<i>Citrus unshiu</i> Marc. f. cv. Sugiyama-wase	Ehime pref.

* The fruits used for analysis were produced in Tokyo Agricultural Experiment Station.

Table 2. Species and varieties of tropical fruits used for analysis and its producing districts.

Japanese name	Scientific name	Producing district
キウイ	<i>Actinidia chinensis</i> Planch.	New Zealand
バナナ { キング ラカタン }	<i>Musa cavendishii</i> Lamb. cv. King <i>Musa paradisiaca</i> Linn. cv. Lacatan	Ogasawara Is. Philippine
パパイヤ サンライズ	<i>Carica papaya</i> Linn. cv. Sunrise	Hawaii
マンゴー ヘデン	<i>Mangifera indica</i> Linn. cv. Heden	Mexico
マンゴスチン	<i>Garcinia mangostana</i> Linn.	Thailand
ドリアン	<i>Durio zibethinus</i> Murr. cv. Chanee V.	"
ライチー	<i>Litchi chinensis</i> Sonn.	"
リュウガン	<i>Euphoria longan</i> Lam.	Formosa
ランブータン	<i>Nephelium lappaceum</i> Linn.	Thailand
チェリモヤ	<i>Annona cherimola</i> Mill.	Mexico
パイナップル	<i>Ananas comusus</i> Merr. cv. Smooth Cayenne	Formosa
フェイジョア	<i>Feijoa sellowiana</i> Berg.	New Zealand

分析した全果実に含まれる糖分の種類がどのような関連にあり、また、その糖構成上からみて各果樹の種類、品種がどのように分類できるかを調べるために主成分分析法を用いて計算した。

はじめに、各糖間の相関行列を求め、その相関行列から各固有値、固有ベクトルを計算し、各主成分別に区分した。こうして各糖分が第1、第2、第3主成分に対しどのような「重み」を持っているかについて因子負荷量(factor loading)で作図した。それ等をさらに、第1、第2主成分のスコアの散布図として、各果樹の種類、品種をグループ別に分類した。なお、データ処理は東京都立工業技術センターの電子計算機 FACOM230-50型を用いた。

III 結果および考察

1. 溫帶果実

1) 核果類

核果類の糖は第2図、第3図a, bに示したように、果糖、ブドウ糖、ソルビトール、ショ糖が存在し、アンズ、モモ以外のサクランボ、スマモ、ネクタリンには少量ながらイノシトールが認められた。これ等核果類はブドウ糖が多く含まれ、サクランボ、アンズ、スマモには統いて果糖が含まれていた。しかし、ネクタリンおよび

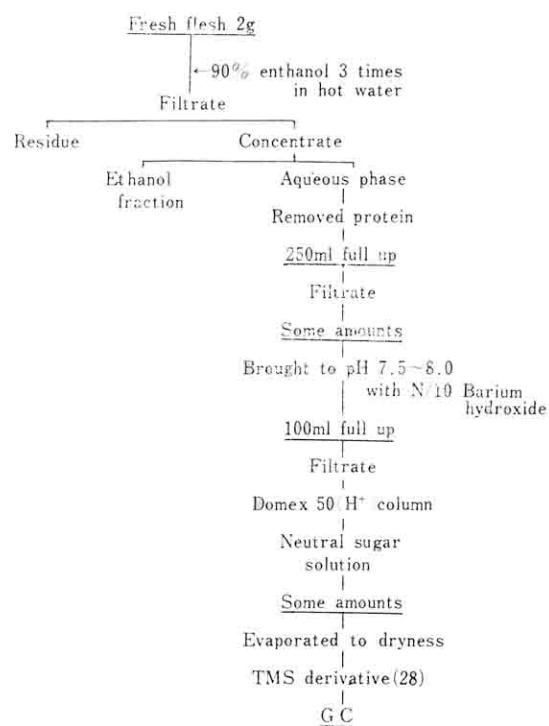


Fig. 1. Extraction and fractionation procedure of neutral sugar solution from fruits.

Table 3. The retention time of gas chromatography of trimethylsilyl derivatives of standard sugars

No. of peak	Sugar	Retention time (Minute)
1	Fructose	16
2	α -glucose	19
3	Sorbitol	21.5
4	β -glucose	24
5	Inositol	28.2
6	Sucrose	42

The column used was 5% SE-30, with an initial temperature of 160°C. The sample was chromatographed for a temperature increase of 2°C per minute, holding under isothermal conditions when 260°C was attained.

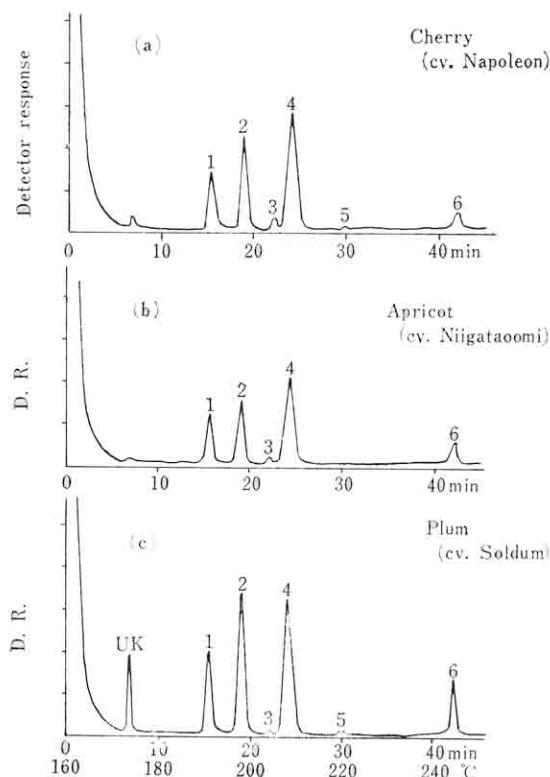


Fig. 2. Linear temperature-programmed separation of TMS derivatives of cherry, apricot and plum fruits.
The components are: UK, Unknown ;
1, Fructose ; 2, α -glucose ; 3, Sorbitol ;
4, β -glucose ; 5, Inositol ; 6, Sucrose.

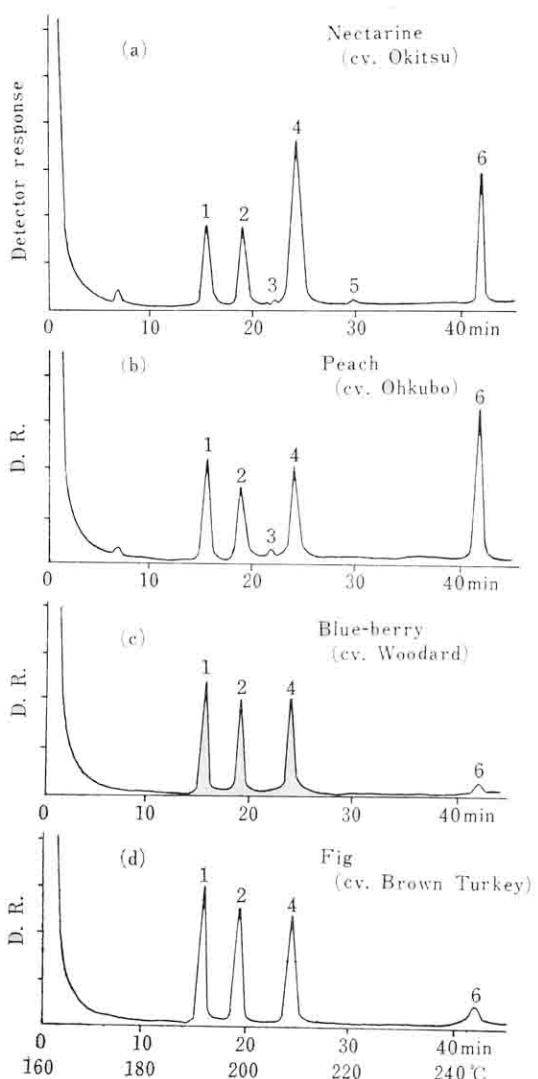


Fig. 3. Linear temperature-programmed separation of TMS derivatives of nectarine, peach, blue-berry and fig fruits.
The components are: 1, Fructose ; 2, α -glucose ; 3, Sorbitol ; 4, β -glucose ; 5, Inositol ; 6, Sucrose.

モモは果糖よりもショ糖が多く含まれており、前記三種と多少異なっていた。一般に、モモはショ糖が多く存在するとされており(4, 8, 26), 時田ら(31)によれば収穫適期にはショ糖が全糖の約77%まで増加した報告をしている。本実験のモモは多少硬さが残ったやや早い時期に分析しているためにショ糖含量が低かったものと思われる。

2) 粿果類

稕果類の糖含量は第3図c, d, 第4図に示したよう

に、果糖、ブドウ糖、ショ糖のみが存在し、ソルビトールやイノシトールなどは確認されなかった。ブルーベリーおよびイチジクは果糖とブドウ糖が同量か、多少果糖が多く存在していたのに対し、ブドウ類は果糖よりもブドウ糖が多くかった。また、ブドウ類は小粒種、大粒種、大粒無核種の間でブドウ糖、果糖の含量差が多少認められたものの品種間の著しい差は認められなかった。Coombe (6)によればブドウ果汁中の可溶性固形物の80~90%はブドウ糖と果糖であるとし、中川ら(21)によれば還元糖は約17%存在したと報告をしている。また、松井ら(18)によれば果実発育の第1、2期(7月中旬)まではブドウ糖が果糖よりも多く存在し、第3期には逆転したとしている。しかし、過熟期にはブドウ糖が果糖よりも多い結果になっていた。さらに、広保ら(10)もガス

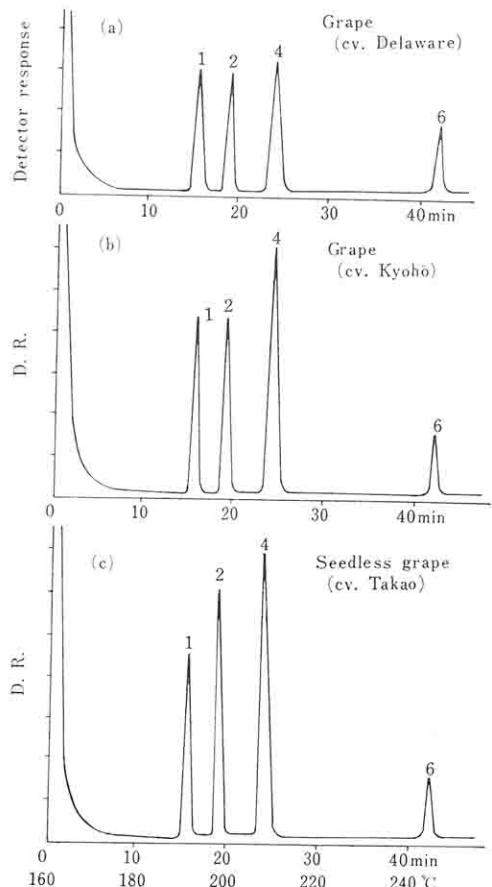


Fig. 4. Linear temperature-programmed separation of TMS derivatives of grape fruits. The components are: 1, Fructose; 2, α -glucose; 3, Sorbitol; 4, β -glucose; 5, Inositol; 6, Sucrose,

クロによる分析で、デラウェア中の糖含量はブドウ糖が最も多く、続いて果糖、ショ糖の順であったとしている。

3) 仁果類

ナシは第5図に示したように、日本ナシも西洋ナシとともに果糖、ブドウ糖、ソルビトール、イノシトール、ショ糖が存在し、ほぼ同様な分離図が認められた。日本ナシの二十世紀に比べて長十郎はブドウ糖、ソルビトールがやや多く含まれていた。山木ら(32)が豊水を用いて分析した結果では果糖、ショ糖、ブドウ糖、ソルビト

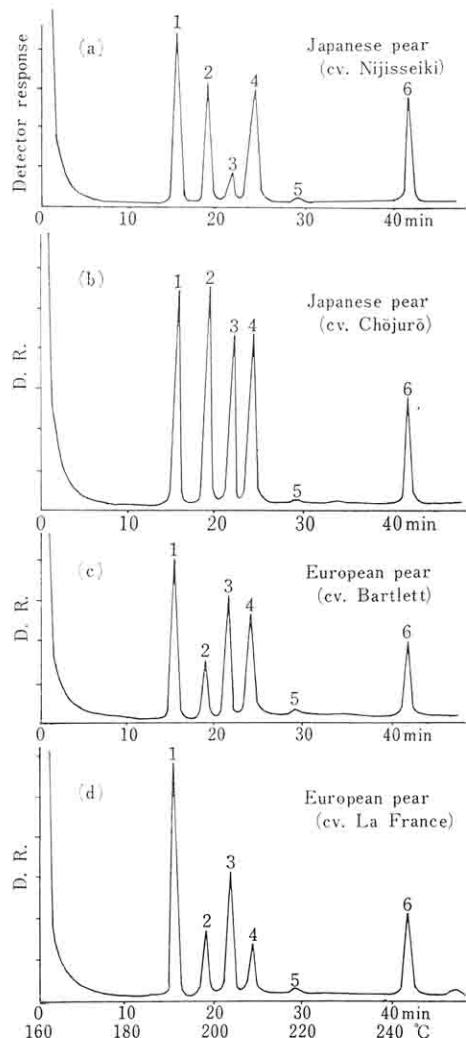


Fig. 5. Linear temperature-programmed separation of TMS derivatives of pear fruits. The components are: 1, Fructose; 2, α -glucose; 3, Sorbitol; 4, β -glucose; 5, Inositol; 6, Sucrose,

ールの順に多く含まれていた報告をしている。その点、本実験の二十世紀に近い含有割合を示しており、長十郎のそうした差は品種間差異によるのかもしれない。西洋ナシは果糖、ブドウ糖、ショ糖、ソルビトール、イノシトールの順に含まれており、Martin (17), Bain (2), Kidd ら (14) の結果とほぼ同様であった。西洋ナシを二十世紀と比較してソルビトール含量がやや多いのは、ソルビトールが糖アルコールに分類されていることからも明らかのように(13)，追熟を行なっているために多くなったように思われた。

リンゴは第 6 図に示したように、果糖、ブドウ糖、ソルビトール、ショ糖が含まれており、含有割合では果糖、ブドウ糖、ショ糖、ソルビトールの順であった。こうした傾向は久保ら(15)も認めており、Archbold (1) も Worcester pearmain 種で同様な結果を得ている。また、ナシも含めてバラ科にはソルビトールが存在することが知られており(7)，野呂ら(22)も同様に確認した

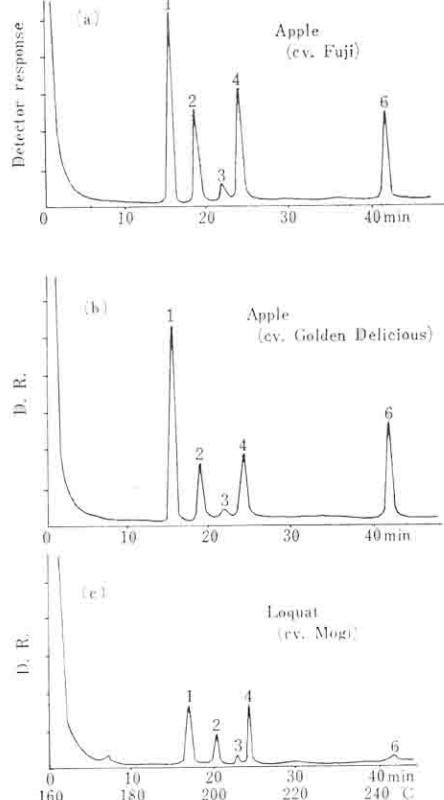


Fig. 6. Linear temperature-programmed separation of TMS derivatives of apple and loquat fruits.

The components are: 1, Fructose; 2, α -glucose; 3, Sorbitol; 4, β -glucose; 5, Inositol; 6, Sucrose.

報告をしている。

ピワは生態学的にはナシやリンゴと異なった常緑樹であるが、果実は形態学的には仁果類に分類されているため、それ等の糖含量について比較したところ、リンゴと同様、果糖、ブドウ糖、ショ糖、ソルビトールの順で含まれており、極めて興味ある結果を示した。

4) 準仁果類

カキは第 7 図に示したように、甘ガキと渋ガキを 2 品種ずつ分析した結果、すべてがブドウ糖、果糖、ショ糖の順に含まれていた。また、甘ガキと渋ガキの比較では

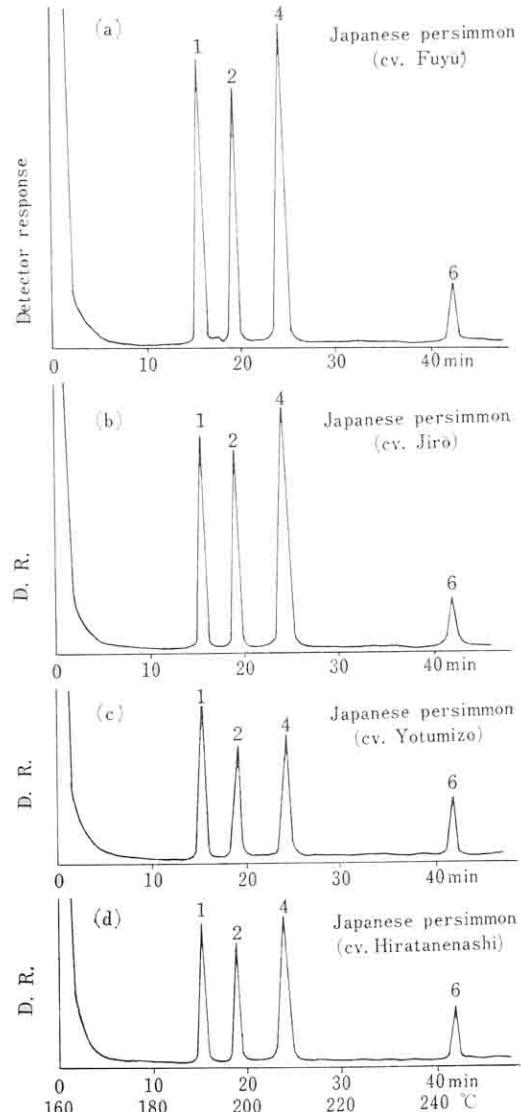


Fig. 7. Linear temperature-programmed separation of TMS derivatives of Japanese persimmon fruits.

The components are: 1, Fructose; 2, α -glucose; 3, Sorbitol; 4, β -glucose; 5, Inositol; 6, Sucrose.

洪ガキはアルコール脱渋の影響もあってか多少果糖とブドウ糖が甘ガキのそれ等より少なかった。こうした傾向は傍島ら(25)も富有、平核無で経時的に認めており、また、杉浦ら(27)、古田ら(8)も同様な結果を得ている。しかし、松岡(19)やBigelowら(5)によれば還元糖のみ存在するという報告もあるが、分析法の違いもあってショ糖含量が極めて少ないためにそうした結論になったものと思われる。

カンキツ類は第8図に示したように、果糖、ブドウ糖、イノシトール、ショ糖が認められ含有量はブドウ糖が最も多く、続いて果糖、ショ糖、イノシトールの順であった。その点、生育時において亜熱帯地帯に分布するグレープフルーツやポンカンに比べて温帯地帯に分布する温州ミカンとの間の糖含量の差はほとんど認められなかっ

た。カンキツ類の糖含量はショ糖が最も多く存在し、続いて果糖、ブドウ糖がほぼ同程度存在するという報告(8, 11, 12)と転化糖がショ糖よりも多いとする報告(9)もあるが、本実験では第4表からも明らかなように、ショ糖が比較的多く存在していた。

2. 热帶果実

分析に供した熱帶果実の糖は第9図a~mに示したように、代表種のほとんどは果糖、ブドウ糖、ショ糖から構成されており、キウイとマンゴーにはイノシトールが多少存在していた。含有割合では、大部分の種類はブドウ糖が最も多く、続いて果糖、ショ糖の順であった。しかし、マンゴーとパイナップルはショ糖が最も多く、続いてブドウ糖、果糖の順で多少異なっていた。

バナナは小笠原産のキング種とフィリッピン産のラカタン種について調べた結果、ともにブドウ糖が多く、続いて果糖、ショ糖の順であり、生産地間の差は認められず、これまで明らかにされていた結果(3, 29, 30)とほぼ同じであった。

ババイヤの糖は果糖とショ糖のみであるとする報告(29)もあるが、本実験の結果ではブドウ糖、果糖、ショ糖の順で含まれていた。

マンゴーはショ糖が多く存在することはよく知られており(16, 20)、本実験の結果でも同じであった。しかし、Lakshminarayanaら(16)によればブドウ糖よりも果糖が多く存在するとしており、本実験のブドウ糖が果糖より多かった結果とは多少異なっていた。これは分析法の違いによるものと思われる。

マンゴスチンはブドウ糖含量に対し、果糖、ショ糖も比較的多く含まれており、バランスのとれた糖構成割合のように思われた。

ドリアンはブドウ糖、果糖が多く含まれており、ショ糖は比較的少なかった。味覚としては極めて濃厚な甘味であるが、脂質が多く含まれるためにそうした味になるものと思われた。

同じムクロジ科に属するライチー、リュウガン、ランプータンは必ずしも同様な糖構成割合が認められなかった。すなわち、比較的亜熱帯地帯で多く栽培されているライチーとリュウガンとでは果糖とブドウ糖との構成割合が異なっていた。ライチーはブドウ糖の含量に対し、果糖が比較的多かったが、リュウガンはブドウ糖が著しく多く、果糖はやや少なかった。さらに、熱帯地帯で多く栽培されているランプータンは第9図-1からも明らかなようにリュウガンに近い糖構成パターンを示していた。台湾農家便覧(29)によればリュウガンもランプータンとともにショ糖が多く含まれると報告している

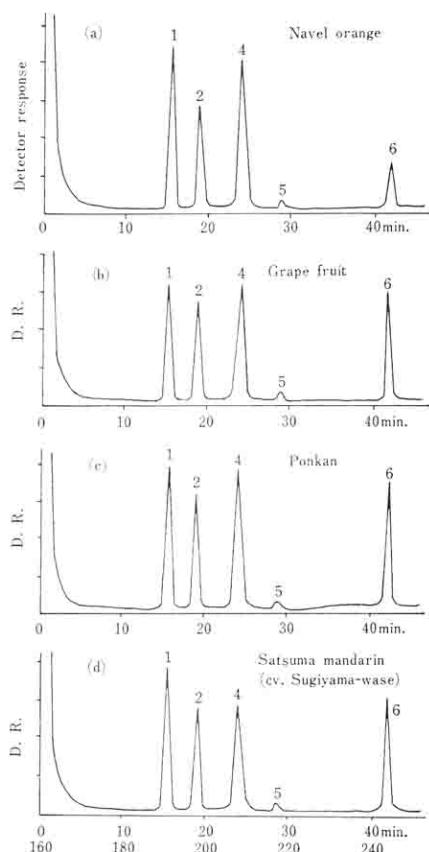


Fig. 8. Linear temperature-programmed separation of TMS derivatives of Citrus fruits.

The components are: 1, Fructose; 2, α -glucose; 3, Sorbitol; 4, β -glucose; 5, Inositol; 6, Sucrose.

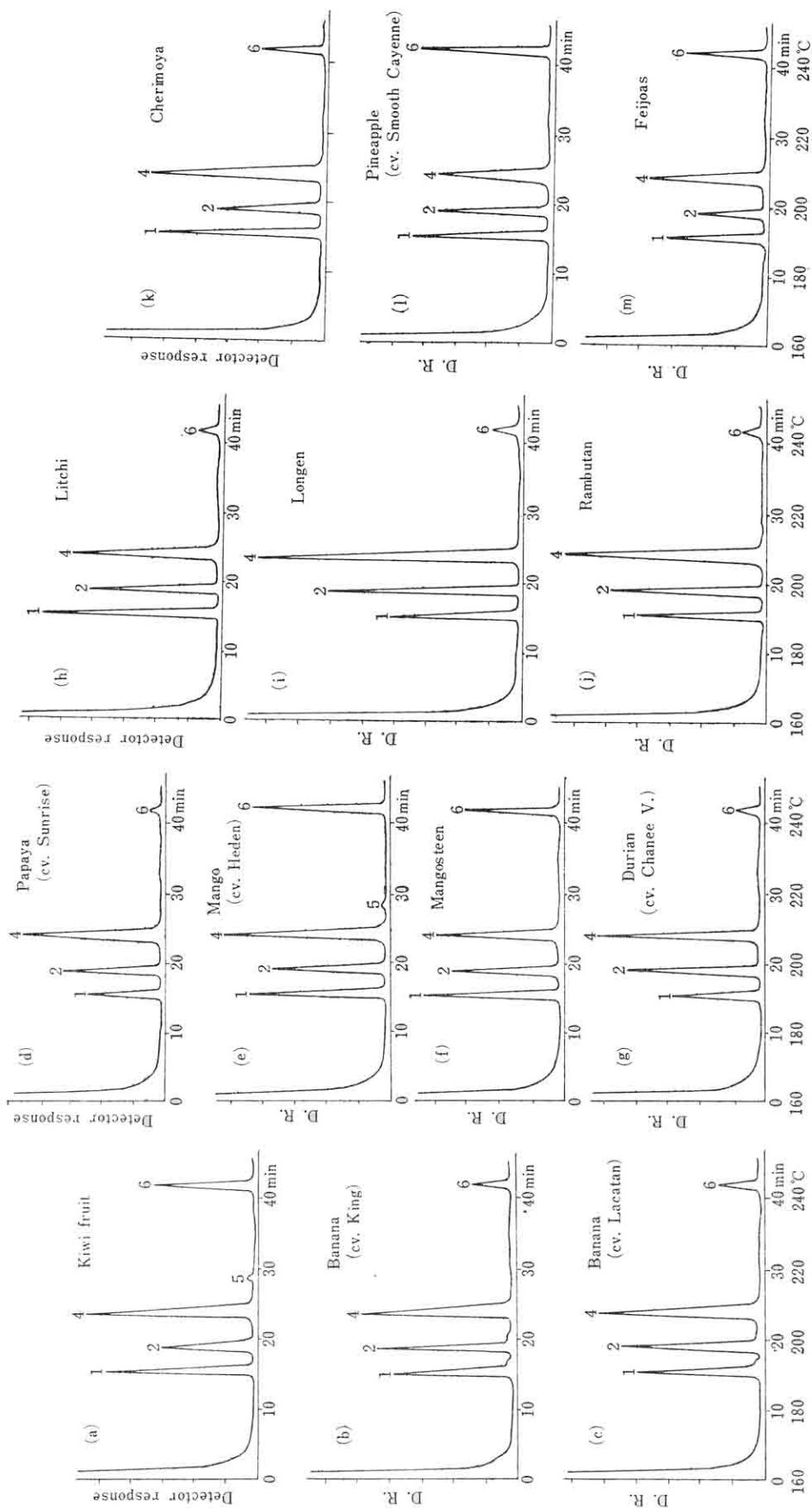


Fig. 9-a. Linear temperature-programmed separation of TMS derivatives of tropical fruits.

The components are ; 1, Fructose ; 2, α -glucose ; 3, Sorbitol ; 4, β -glucose ; 5, Inositol ; 6, Sucrose.

Fig. 9-b. Linear temperature-programmed separation of TMS derivatives of tropical fruits.

The components are ; 1, Fructose ; 2, α -glucose ; 3, Sorbitol ; 4, β -glucose ; 5, Inositol ; 6, Sucrose.

Fig. 9-c. Linear temperature-programmed separation of TMS derivatives of tropical fruits.

The components are ; 1, Fructose ; 2, α -glucose ; 3, Sorbitol ; 4, β -glucose ; 5, Inositol ; 6, Sucrose.

Fig. 9-d. Linear temperature-programmed separation of TMS derivatives of tropical fruits.

The components are ; 1, Fructose ; 2, α -glucose ; 3, Sorbitol ; 4, β -glucose ; 5, Inositol ; 6, Sucrose.

Fig. 9-d. Linear temperature-programmed separation of TMS derivatives of tropical fruits.

The components are ; 1, Fructose ; 2, α -glucose ; 3, Sorbitol ; 4, β -glucose ; 5, Inositol ; 6, Sucrose.

Table 4. Sugar contents in citrus and temperate fruits (mg/FW. g)

Species and variety	Total sugar	Fructose	Glucose	Sorbitol	Inositol	Sucrose
Cherry {Napoleon	77.5	17.0	48.0	1.4	5.8	5.3
Apricot {Niigataoomi	47.1	16.5	23.6	1.0	--	6.0
Plum {Soldum	74.3	21.9	38.5	0.2	6.0	7.7
Nectarine {Okitsu	94.9	22.6	36.5	tr	3.2	32.6
Peach {Ohkubo	89.2	22.7	33.0	0.7	--	32.8
Blue-berry {Woodard	52.7	24.6	24.8	--	--	3.3
Fig {Brown Turkey	65.0	32.3	28.6	--	--	4.1
Grape {Delaware	122.9	41.7	67.2	--	--	14.0
{Kyohō	128.8	43.4	74.6	--	--	10.8
{Takao	130.4	43.8	77.1	--	--	9.5
Pear {Nijisseiki	103.6	36.1	34.8	2.4	2.3	28.0
{Chōjurō	136.2	38.6	53.6	19.2	3.9	20.9
{Bartlett	101.1	40.2	21.9	17.7	3.1	18.2
{La France	122.9	60.7	21.4	17.2	4.2	19.4
Apple {Fuji	118.3	46.8	41.4	1.6	--	28.5
{Golden Delicious	104.0	49.0	25.1	0.3	--	29.6
Loquat {Mogi	45.7	20.7	20.5	1.2	--	3.3
Japanese Persimmon {Fuyū	145.4	63.3	76.9	--	--	5.2
{Jirō	117.9	43.4	71.0	--	--	3.6
Hiratanenashi	103.0	38.1	58.5	--	--	6.4
Yotumizo	101.3	39.2	56.2	--	--	5.9
Citrus {Navel orange	118.7	42.6	56.6	--	9.7	9.8
{Grape fruit	114.0	31.9	48.7	--	7.3	26.1
{Ponkan	131.8	36.6	53.1	--	9.9	32.2
{Satsuma mandarin	118.8	38.4	43.4	--	8.4	28.6

Table 5. Sugar contents in tropical fruits (mg/FW. g)

Species and variety	Total sugar	Fructose	Glucose	Sorbitol	Inositol	Sucrose
Kiwi fruit	154.2	57.2	62.9	--	9.3	24.8
Banana {King	95.2	31.3	50.8	--	--	13.1
Lacatan	108.6	39.5	55.7	--	--	13.4
Papaya {Sunrise	97.5	30.6	57.1	--	--	9.8
Mango {Heden	223.2	46.1	74.6	--	6.9	95.6
Mangosteen	142.2	45.1	64.8	--	--	32.3
Durian {Chance V.	142.1	36.1	89.8	--	--	16.2
Litchi	144.6	52.3	78.7	--	--	13.6
Longan	191.0	44.8	126.1	--	--	20.1
Rambutan	158.0	42.9	96.2	--	--	18.9
Cherimoya	145.5	54.9	68.6	--	--	22.0
Pineapple {Smooth Cayenne	182.4	50.5	60.8	--	--	71.1
Feijoas	85.2	24.2	37.0	--	--	24.6

が、本実験の結果ではあまり多く含まれていなかった。

バイナップルは果糖やブドウ糖に比較してショ糖が極めて多かったが、こうした傾向は Singleton ら (24) も同様な結果を報告している。

3. 糖構成と種類、品種の関係

1) 果実中の各糖の関係

これまで、温帯果実から熱帯果実まで、その代表品種について糖構成割合を考察してきたが、果実中で各糖分がどのような関係にあり、また、それ等糖構成を基準にして各果樹の種類、品種がどのように分類できるかについて、多変量解析の一手法である主成分分析法により検討した (23)。

各種類、品種別の糖含量については第 4、5 表に示し

たが、それ等各糖の種類別の関係について、ブドウ糖を α -ブドウ糖と β -ブドウ糖に分け、相関関係を計算したもののが第 6 表である。38 品種の各平均値からも明らかのように果糖、 β -ブドウ糖、 α -ブドウ糖、ショ糖、イノシトール、ソルビトールの順で含まれているが、 α -、 β -ブドウ糖を合計すればブドウ糖が最も多く存在していることになる。そこで、各糖間の関係では、果糖と α -ブドウ糖、果糖と β -ブドウ糖で相関が認められ、 β -ブドウ糖とソルビトールの間でも多少関係が認められた。しかし、ショ糖がブドウ糖と果糖に転化することはよく知られた事実であるが (13)，果実中では存在形態上あまり関係がないように思われた。

全体的な甘味としては全糖で判断されるが、それ等に

Table 6. Means, standard deviations and correlation matrix of sugars

Variable	Means	S.D.	Fruc.	Glucose		Sorb.	Inos.	Sucr.
				α	β			
Fructose	38.62	11.81						
α -glucose	24.11	10.30	0.456					
β -glucose	30.05	13.61	.413	.914				
Sorbitol	1.66	4.90	.154	-.251	-.346			
Inositol	2.11	3.33	.005	-.160	-.098	.140		
Sucrose	20.19	18.14	.237	.083	.102	-.015	.262	
Total sugar	116.72	37.91	.718	.735	.731	-.010	.154	.632

$$\begin{aligned} n &= 38 \\ P &\left\{ \begin{array}{l} 0.05 = 0.320 \\ 0.01 = 0.412 \\ 0.001 = 0.511 \end{array} \right. \end{aligned}$$

は α -ブドウ糖、 β -ブドウ糖、果糖、ショ糖の順で関連が深いことが認められた。

Table 7. Vectors and contributions of sugars

Variable	Component No.			Contribution on 3 comp.
	1	2	3	
Fructose	0.394	0.207	0.439	75.7%
α -glucose	.494	-.274	.067	89.5
β - glucose	.493	-.281	-.057	89.7
Sorbitol	-.112	.467	.693	87.5
Inositol	.002	.537	-.396	61.2
Sucrose	.242	.493	-.403	73.3
Total sugar	.535	.232	-.003	99.2
Eigen value	3.17	1.56	1.03	
Contribution	0.453	.223	.147	Mean
Cumulative contribution	45.3%	67.6	82.3	82.3%

そうした関係は、第 7 表の第 1 主成分で全糖と α -ブドウ糖、 β -ブドウ糖、そして果糖の順に数値が低下していることからも解釈できる。さらに、第 2 主成分では第 1 主成分で取り残されたソルビトール、イノシトールやシ

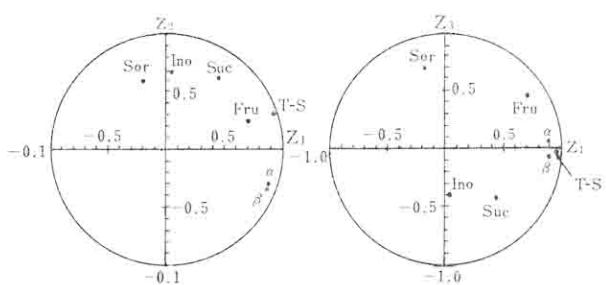


Fig. 10. Correlation between sugars and components on No. 1 and No. 2 axes (left), and on No. 1 and No. 3 axes (right) (factor loading).

Note : Fru, Fructose ; α , α -glucose ; β , β -glucose ; Sor, Sorbitol ; Ino, Inositol ; Suc, Sucrose ; T-S, Total sugar.

ヨ糖が選ばれた軸になっており、ブドウ糖とはやや対比した傾向が認められた。各糖の第3主成分までの寄与率は61.2%以上あり、平均では82.3%であることからも明らかなようにほぼこの範囲内に重みを持っていることが解釈できる。それ等の関係をより理解しやすいために、第1主成分(Z_1)と第2主成分(Z_2)上に投影したものと、第1主成分(Z_1)と第3主成分(Z_3)上に投影したものが第10図である。これ等2つの座標を組合せて三次元の座標を組立ててみると全糖に対して α -ブドウ糖、 β -ブドウ糖、そして果糖が近い位置に存在し、密接に関係

していることがわかる。これは全体的な甘味としての全糖がブドウ糖と果糖とからなっていることを意味しておる、すこしはなれてショ糖が関係しているといえる。

2) 糖構成上からの種類、品種の分類

38組のデータから7つの糖の相関行列を計算し(第6表)、その固有値、固有ベクトルを求め(第7表)、その大きいほうから2つの第1主成分、第2主成分のスコアを計算した結果を作図したものが第11図である。

Aグループは、ナシのみが分類され、果糖が比較的多く存在し、その他、ブドウ糖、ソルビトール、イノシト

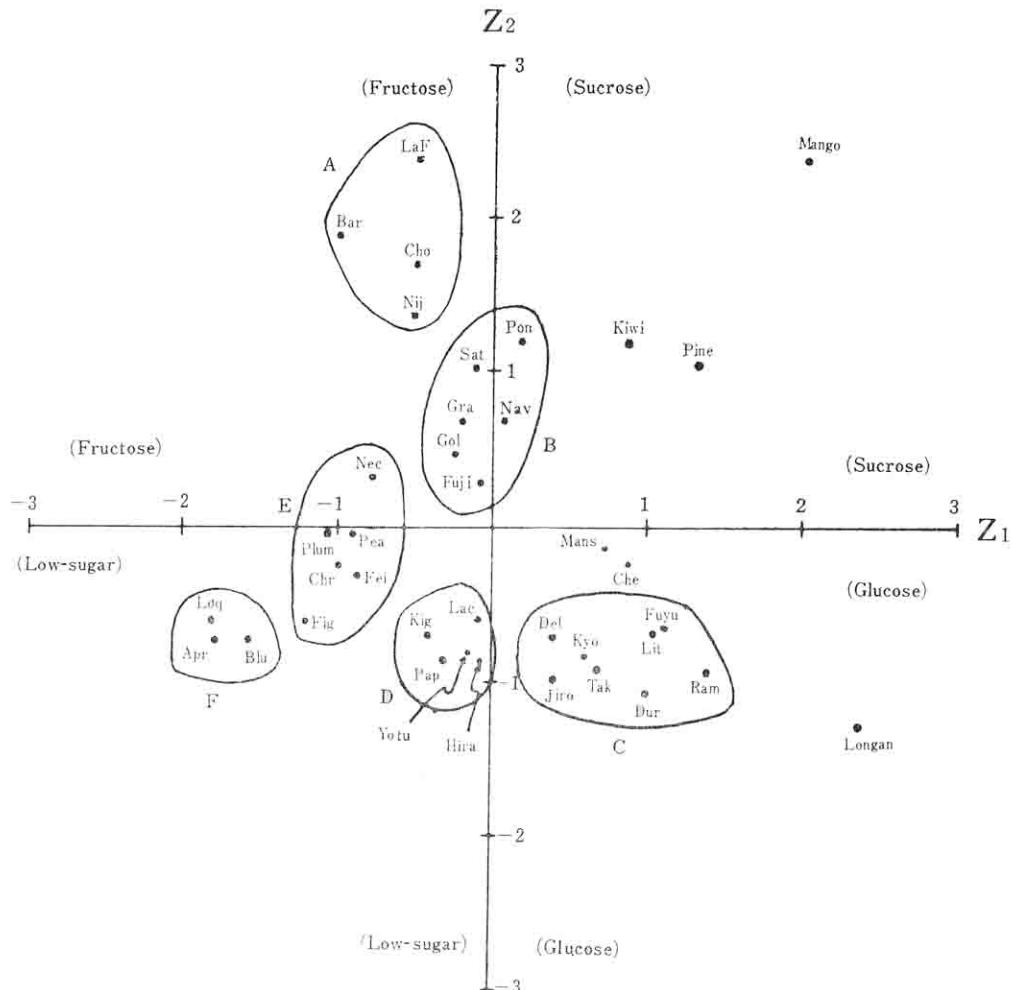


Fig. 11. The spread chart of species and varieties following to a basis of sugar component in fruits.

Note : Chr, Cherry ; Apr, Apricot ; Nec, Nectarine ; Pea, Peach ; Blu, Blue-berry ; Del, Delaware ; Kyo, Kyohō ; Tak, Takao ; Nij, Nijisseiki ; Cho, Chōjurō ; Bar, Bartlett ; LaF, La France ; Gol, Golden Delicious ; Loq, Loquat ; Hira, Hiratanenashi ; Yotu, Yotumizou ; Nav, Navel orange ; Gra, Grape fruit ; Pon, Ponkan ; Sat, Satsuma mandarin ; Kig, King ; Lac, Lacatan ; Pap, Papaya ; Mans, Mangosteen ; Dur, Durian ; Lit, Litchi ; Ram, Rambutan ; Che, Cherimoya ; Pine, Pineapple ; Fei, Feijoas.

ール、ショ糖が含まれている部類である。

Bグループでは、リンゴとカンキツ類が含まれ、果糖とショ糖が比較的多く、Aグループにやや近い位置を示している。

Cグループは、甘ガキ、ブドウと熱帯果実類が分類され、ブドウ糖が著しく多く存在し、とくに、 β -ブドウ糖が多いのが特徴である。その点リュウガンも同様な傾向にある。また、マンゴスチンとチェリモヤはブドウ糖にショ糖がやや多いために、Z₁軸に近い部分に位置している。

Dグループは、渋ガキ、バナナ、パパイヤが含まれ、ブドウ糖、果糖が中心であり、全体的にやや全糖が少ない傾向にある。

Eグループは、主に核果類が分類され、果糖、ブドウ糖、ショ糖が大差なく存在し、全体的に全糖も少ない部類といえる。

Fグループは、全糖が著しく少なく、果糖、ブドウ糖が主体であった。

その他、キウイ、パイナップル、マンゴーは極めてショ糖が多いために、上記のグループとははっきり区別できる部分に位置していた。

IV 摘 要

果実類の味覚にとって甘味と酸味は極めて重要な役割を持っている。とりわけ、糖の含量は果樹の種類、品種により異なっているため、代表的な温帶果樹13種25品種、熱帶果樹12種13品種、計25種38品種を集めた。分析方法はSweeleyら(28)の方法でガスクロマトグラフィーにより分析し、糖の構成および含有割合について検討した。

1. 核果類は果糖、ブドウ糖、ショ糖、ソルビトール、イノシトールが存在し、含有割合はブドウ糖が最も多く、続いて果糖、ショ糖、イノシトール、ソルビトールの順であった。アンズ、モモはイノシトールが存在せず、ネクタリン、モモはブドウ糖、ショ糖、果糖の順で含まれていた。

2. 粧果類は果糖、ブドウ糖、ショ糖のみが確認され、ブドウ糖、果糖、ショ糖の順で含まれていた。イチジクは果糖、ブドウ糖、ショ糖の順であった。

3. 仁果類は果糖、ブドウ糖、ソルビトール、ショ糖が認められ、ナシにはイノシトールも存在していた。糖の含量は果糖、ブドウ糖、ショ糖、ソルビトール、イノシトールの順であり、他の果実とは多少異なっていた。リンゴおよびピワは果糖、ブドウ糖、ショ糖、ソルビトールの順であった。

4. カキは果糖、ブドウ糖、ショ糖からなっており、その含有割合は甘柿、渋柿ともブドウ糖、果糖、ショ糖の順であった。

5. カシキツ類は果糖、ブドウ糖、イノシトール、ショ糖が含まれており、ブドウ糖、ショ糖、果糖、イノシトールの順で多かった。

6. 热帯果実は大部分の品種で果糖、ブドウ糖、ショ糖が含まれ、キウифルーツおよびマンゴーにはイノシトールも存在していた。糖の含量はブドウ糖が極めて多く、続いて果糖、ショ糖の順であった。マンゴーおよびパインにはショ糖が最も多く含まれ、続いてブドウ糖、果糖の順であった。

7. 各糖間の関係では、果糖と α -ブドウ糖、 β -ブドウ糖の間と、 β -ブドウ糖とソルビトールの間でそれぞれ深い相関が認められた。また、甘味として表わされる全糖とは α -ブドウ糖、 β -ブドウ糖そして果糖であり、ショ糖はあまり関係が深くなかった。

8. 主成分分析による糖構成上から種類、品種を分類した結果、果糖を中心としたナシがAグループに、果糖とショ糖を主体としたリンゴとカンキツ類とがBグループに、また、ブドウ糖を主体としたブドウ、甘ガキ、2, 3の熱帯果実がCグループに分けられた。

Dグループには、渋ガキ、バナナ、パパイヤなどが存在し、Eグループは核果類が、Fグループはピワ、アンズ、ブルーベリーなどが分類され、それ等は比較的全糖含量が少なかった。

その他、キウイ、パイナップル、マンゴーなどはショ糖が極めて多い部類であった。

謝辞 本実験を遂行するにあたり果実の収集に御協力を賜った農林省熱帯農業研究センター岸本修博士、農林省横浜植物防疫検査所羽田支所職員諸氏、東京都小笠原亜熱帯農業センター川島隆之技師の各位に感謝の意を表する。

さらに、糖のガスクロ分析に御指導を賜った農林省果樹試験場山木昭平博士、そして多大な御援助を賜った当場土壤肥料研究室都田紘志技師に謝意を表するとともに、多変量解析の電算処理に御協力を賜った東京都立工業技術センター電子計算機室職員諸氏、最後に、果実生産に御協力を賜った当場果樹研究室職員諸氏に感謝の意を表する。

引 用 文 献

- Archbold, H.K. 1932. Chemical studies in the physiology of apples. XII. Ripening processes in the apple and the relation time of gathering to

- the chemical changes in cold storage. Ann. Bot. 46 : 407--459.
2. Bain, J. M. 1961. Some morphological, anatomical, and physiological changes in the pear fruit (*Pyrus communis* var. williams bon chrétien) during development and following harvest. Aust. J. Botany. 9 : 99-123.
 3. Barnell, H. R. 1943. Studies in tropical fruits. XIV. Carbohydrate metabolism of the Banana fruit during storage at 53° F. Ann. Bot. 7 : 1-22.
 4. Bigelow, W. D., and H. C. Gore. 1905. The ripening of peaches. Journal Amer. Chem. Soc. 27 : 915--924.
 5. Bigelow, W. D., H. C. Gore, and B. J. Howard. 1906. Growth and ripening of persimmons. Journal Amer. Chem. Soc. 28 : 688-703.
 6. Coombe, B. G. 1960. Relationship of growth and development to changes in sugars, auxins and gibberellins in fruit of seeded and seedless varieties of *Vitis vinifera*. Plant Physiol. 35 : 241--250.
 7. Fidler, J. C., and C. J. North. 1970. Sorbitol in stored apples. J. Hort. Sci. 45 : 197--204.
 8. 古田守夫・水口克江・大和田静子. 1953. 柑橘果汁中果糖葡萄糖及蔗糖分離定量に就いて. 農産技研誌. 1 : 9-11.
 9. Hilgeman, R. H., and J. G. Smith. 1940. Changes in invert sugar and sucrose during ripening of Arizona grapefruit. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 37 : 535--538.
 10. 広保正・柴沼忠三・石井弘・長田里美. 1971. 果実類のガスクロマトグラフィーによる構成糖の研究. 千葉大学園芸学部学術報告. 19 : 47-53.
 11. 伊藤秀夫. 1967. ミカンの味と栽培条件[2]. 農及園. 51 : 406-410.
 12. 垂内典夫・伊庭慶昭・伊藤三郎. 1970. カンキツ果汁の基礎的研究 I. 温州ミカンの有機酸および糖分の時期別変化. 園試報告. B. 10 : 149-162.
 13. 刈米達夫. 1967. 最新植物化学. 9 : 36-56. 広川書店.
 14. Kidd, F., C. West, D. G. Griffiths, and N. A. Potter. 1940. An investigation of the changes in chemical composition and respiration during the ripening and storage of conference pears. Ann. Bot. 4 : 1--30.
 15. 久保直哉・柿本靖信. 1975. リンゴの低温障害に関する研究. (第1報)貯蔵中のリンゴの性状と糖組成について. 昭和50年度. 園芸学会秋季大会研究発表要旨. 372-373.
 16. Lakshminarayana, S., C. A. Krishnaprasad, and M. S. Shetty. 1974. Hot water treatment to regulate ripening and reduce spoilage of Alphonso mangoes. J. Hort. Sci. 49 : 365-371.
 17. Martin, W. E. 1937-38. Chemical studies of the ripening process of bosc pears. Bot. Gaz. 99 : 42-68.
 18. 松井弘之・中川昌一・今井克太. 1971. ブドウ Delaware における同化物質の転流と分配について. 昭和46年度. 園芸学会秋季大会研究発表要旨. 56-57.
 19. 松岡仲助. 1929. 果実の生育に伴う化学的成分の変化について. 園芸の研究. 24 : 付録1-26.
 20. 水田昂・H. Subramanyan. 1972. マンゴー果実のテクスチャー関与物質に関する研究. (第1報)追熟中における成分変化とペクチン質の性状について. 昭和47年度. 園芸学会秋季大会研究発表要旨. 308-309.
 21. 中川昌一・松井弘之・植田真一. 1972. ブドウ果粒内における糖の蓄積に関する研究. 昭和47年度. 園芸学会秋季大会研究発表要旨. 122-123.
 22. 野呂昭司・斎藤貞昭・三上敏弘. 1972. リンゴ果実における内部かつ変の要因に関する研究. (第2報)収穫期における密症状の分析とその成因について. 昭和47年度. 園芸学会秋季大会研究発表要旨. 374-375.
 23. 奥野忠一・久米均・芳賀敏郎・吉沢正. 1971. 多変量解析法. p. 159-257. 日科技連.
 24. Singleton, V. L., and W. A. Gortner. 1965. Chemical and physical development of the pineapple fruit II. Carbohydrate and acid constituents. J. Food Sci. 30 : 19-23.
 25. 傍島善次・稻葉昭次・石田雅士. 1970. カキ果実の発育生理に関する研究. (第1報)果実内成分の季節的变化. 昭和45年度. 園芸学会春季大会研究発表要旨. 88-89.
 26. 傍島善次・石田雅士・稻葉昭次. 1972. モモ果実の糖質および有機酸に関する研究. (第8報)果実の光合成による¹⁴CO₂のとりこみについて. 昭和47年度. 園芸学会春季大会研究発表要旨. 142-143.

27. 杉浦 明・原田 久・苦名 孝. 1975. カキ果実の脱渋性に関する研究. (第1報) エタノール処理による樹上脱渋 (その1). 園芸雑. 44. 265-272.
28. Sweeley, C. C., R. Bentley, M. Makita, and W. W. Wells. 1963. Gas-liquid chromatography of trimethylsilyl derivatives of sugars and related substances. J. Amer. Chem. Soc. 85: 2497-2507.
29. 台湾総督府農業試験所編. 1944. 台湾農家便覧. p.363-635. 台湾農友会.
30. 寺井弘文・緒方邦安. 1976. 果実追熟に対するエチレン効果の機作に関する研究. (第7報). 昭和51年度. 園芸学会春季大会研究発表要旨. 396-397.
31. 時田鉄二・山木昭平・松田好祐. 1976. モモ果実の熟度別形質の変化. 昭和51年度. 園芸学会春季大会研究発表要旨. 368-369.
32. 山木昭平・梶浦一郎・松田好祐・志村 熊. 1975. ニホンナシの密症状に関する研究. (第2報) 密症状組織の化学的変化. 昭和50年度. 園芸学会春季大会研究発表要旨. 84-85.