イチゴ果実内の糖含量・糖組成の品種、収穫年次、 成熟期および作型による相違

荻原 勲¹・宮本 亮^{1*}・羽布津真典^{1**}・

鈴木雅人²・箱田直紀¹・志村 勲¹

¹東京農工大学農学部 183-8509 府中市幸町

²茨城県農業総合センター園芸研究所 319-0292 西茨城郡岩間町

Variation in Sugar Content in Fruit of Four Strawberry Cultivars Grown in the Field and under Forced Culture, Harvest Years, and Maturation Stages

Isao Ogiwara¹, Ryo Miyamoto^{1*}, Shinsuke Habutsu^{1**}, Masato Suzuki², Naotoshi Hakoda¹ and Isao Shimura¹

¹Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Saiwaicho, Fuchu, Tokyo 183-8509

²Horticultural Institute, Ibaraki Agricultural Center Iwamacho, Nishiibaraki, Ibaraki 319-0292

Summary

The soluble sugar content and composition in four strawberry cultivars grown in the open field and under forcing culture and sampled at various maturation stages in different harvest seasons were compared.

1. Sucrose, fructose, and glucose are the major sugars, and inositol and sorbitol are the minor ones in the sugar composition of strawberry fruit. Content and composition of soluble sugars differed among cultivars, fructose and glucose being higher in 'Toyonoka' and 'Hokowase' than in 'Nyoho' and 'Reiko' fruits.

2. The percentage of fructose or glucose to total sugar content was large in 'Toyonoka' and 'Hokowase' as compared to 'Reiko' and 'Nyoho' during the early maturation stages; the percentage decreased in 'Reiko' and 'Nyoho', while it increased in 'Toyonoka' and 'Hokowase' as the fruits ripened.

3. In 'Reiko' and 'Toyonoka', the variation of total sugar content in the fruits grown by open culture was larger than that of fruits grown under forcing culture. 'Toyonoka' fruit had large amounts of sugars with small variations during the harvest as compared to 'Reiko'.

4. The amount of sugars in strawberry fruit varied among cultivars, harvest years, cropping types and developmental stages of fruit, but the ratio of each sugars to total sugar content was nearly constant. The sugar composition of each cultivars seems to be a heritable characteristic, unaffected by the environment.

Key Words: strawberry, sugar content, cultivar, fruit development, cropping type.

緒 言

イチゴの果実品質には食味（甘・酸味、肉質など）、外観（大きさ、形状、光沢、色調など）、香気性、日もち性、輸送性などがかわっており、これらの要因には物理特性および化学成分組成が関与すると考えられている（望月，1991）。特に、飯野ら（1982）が指摘してい

るように、糖含量は食味と密接に関連する形質として重視されている。

果実内の糖含量は品種（藤野・高田，1987；森下・本多，1991）、作型（稲葉ら，1997；森下・本多，1977）、温度（小林ら，1982；森下・本多，1991）、光強度（本多・天野，1972；西村ら，1990）、土壌水分（小林ら，1982）、施肥量（本多・天野，1972）などの相違により変化することが知られているが、これら糖含量の調査は屈折糖度計による可溶性固形物含量（糖度）による間接的な評価で行われてきた。一方、モモ（Moriguchiら，1990）、ナシ（梶浦ら，1979；Yamakiら，1979）などでは品種や収穫時期の相違によって全糖含量、組成別糖含量および全糖含量に対する各組成糖の割合の変化が報告

1997年5月19日 受付。1997年7月14日 受理。

本報告の一部は園芸学会平成3年度秋季大会において発表した。
本研究の一部は財団法人松島財団研究助成金（平成3年度）によって行われた。

^{1*} 現在：カゴメ株式会社 103-8461東京都中央区東日本橋

^{1**} 現在：生物系特定産業技術研究推進機構 105-0001

東京都港区虎ノ門

されている。イチゴでは組成別糖含量が成熟過程 (Reyers ら, 1982; 三浦ら, 1988; 吉田ら, 1992) や作型 (稲葉ら, 1977; 新堀・成川, 1981) で変化することが報告されている。しかし、品種、収穫年次、収穫時期、栽培環境などによって組成糖含量とその割合がどのように変化するかは報告は少ない。また、近年は収量、耐病性、作型への適応性などの改良された品種が育成されてきた (赤木ら, 1985; 本多ら, 1985) が、さらに品質のすぐれた品種育成のためには、糖、酸、ビタミン、芳香などの品質にかかわる要素についての研究が必要であると思われる。

そこで、本実験では果実内の糖含量と組成糖の割合に着目し、それらの品種間、収穫年次間、作型間での相違と成熟に伴う変化について検討した。

材料および方法

実験1. 品種間および収穫年次間における果実内糖含量の差異

供試品種には‘麗紅’、‘女峰’、‘宝交早生’および‘とよのか’を用い、1988年、1989年および1990年の3ヶ年間で促成栽培を行って、その果実を分析に用いた。すなわち、各品種および各年度とも10株を供試し、9月下旬 (1988年度は9月23日、1989年と1990年度は9月25日) に畦幅120cm、条間40cm、株間23cmの2条植の栽植様式でガラス室内に定植し、各年度とも10月25日から保温を開始した。その後はガラス室内の夜温が5℃以下にならないように10月から簡易暖房機を利用して保温し、昼温は28℃以上にならないように換気した。施肥は定植2週間前に1アール当たりN1.7kg、P₂O₅2.0kg、K₂O1.7kgを、追肥として保温開始時にN0.5kg、P₂O₅0.5kg、K₂O0.5kgを施用した。

糖分析には頂果房の第2果および第3果の90~100%着色した成熟果 (1月から3月までに収穫したもの) を用い、新鮮重を測定した後に冷凍貯蔵 (-80℃で2日、その後-20℃) した。糖の抽出・分析は澤登・志村 (1990) の方法に準じて行った。すなわち、凍結した試料を無作為に4~6果選び、細断した後に約20gを供試した。試料は80%エタノールを加えて磨砕 (10000rpm, 3分間) して、その磨砕液をpH7に調整した。その後、80℃で30分間の熱処理をした後、遠心分離 (3000rpm) を10分間行い、上清液を回収した。残渣は80%エタノールを加えて攪拌した後、再度遠心分離を行い上清液を回収し、この過程を2回繰り返した。3回の遠心分離で回収された上清液はろ過したものを抽出液とした。抽出液はpH7に再調整し、定容とした。糖分析は抽出液の一部を減圧乾固した後に、乾固物をピリジンで溶解し、TMCSとHMDSを反応 (80℃, 1時間) させて、

TMS誘導体を作成した。この誘導体をガスクロマトグラフィー (島津製作所GC-7A, 充填剤: 5%Silicone GESE-30-Chromosorb W, 検出器: FID) で分別定量した。全糖含量は上記の分析によって得られた各組成糖 (グルコース、フルクトース、スクロース、ソルビトール、イシノトール) 含量の総和とし、各組成糖含量は果実新鮮重1g当たりのmgで示した。組成糖の割合は全糖に対する各組成の糖含量を百分率 (%) で示した。

実験2. 果実の成熟に伴う糖含量の変化

実験は1989年度に実施した。供試材料には実験1で用いた4品種を促成栽培し、その果実を用いた。供試果実は頂果房の第2果と第3果を用い、果実の成熟度合は果実表面の着色程度で区分した。すなわち、0~10%着色した果実を未熟果、90~100%着色した果実を成熟果、100%着色してから8日後の果実を過熟果として採取し、分析時まで冷凍貯蔵 (-80℃で2日、その後-20℃) した。なお、定植などの栽培管理および糖の分析は実験1と同様に行った。

実験3. 作型間における果実内糖含量の比較

実験は1992年度に実施した。供試品種には‘麗紅’および‘とよのか’を用い、茨城県農業総合センター園芸研究所 (茨城県西茨城郡岩間町) で栽培・生産された果実を分析材料とした。作型は促成栽培および露地栽培で行った。すなわち、両作型とも1992年9月30日に条間30cm、株間20cmの2条高畦の栽植様式でビニルハウス内および露地に定植した。促成栽培は10月30日から保温を開始し、11月2日に100ppmジベレリン (2ml/株) を処理した。露地栽培では4月下旬に果実腐敗防止のため、株の間にわらを被覆した。施肥は両作型とも定植前に1アール当たりN1.7kg、P₂O₅1.7kg、K₂O1.7kgを施用した。促成栽培では翌年の1月から液肥 (N0.2kg、P₂O₅0.2kg、K₂O0.2kg) を6回施用したが、露地栽培では追肥を行わなかった。

収穫時期は促成栽培が1993年1月から3月まで、露地栽培が5月下旬から6月中旬までであった。分析に供試した果実は3~4日毎に収穫適期 (90~100%着色) の果実を採取し、新鮮重を測定した後に冷凍貯蔵 (-20℃) し、糖の分析時まで保存した。収穫果は促成栽培で月ごと (1, 2, 3月) に、露地栽培で旬ごと (5月下旬, 6月上旬, 6月中旬) に分け、それぞれの区分から10~20果を無作為に選び糖分析試料とした。糖含量の分析は実験1と同様に行った。全糖含量はグルコース、フルクトースおよびスクロース含量の総和とし、分析値は果実新鮮重1g当たりの糖含量をmgで示した。

結果および考察

実験1. 品種間および収穫年次間における果実内糖含量の差異

品種間および収穫年次間における組成別糖含量とその割合を第1図に示した。まず、3年間の平均値をみると、全糖含量は‘とよのか’が最も多く、次いで、‘宝交早生’、‘女峰’、‘麗紅’の順に少なくなった。年次別にみると、1988年度における‘とよのか’の全糖含量は‘宝交早生’のそれよりもやや小さく、1990年度における‘麗紅’の全糖含量は‘女峰’のそれよりも大きくなったことから、全糖含量においては品種の順序が入れ替わる年次もあった。

次に、各品種の組成別含量をみると、各品種ともスクロース、グルコースおよびフルクトースが多量成分、イノシトールとソルビトールが微量成分であった。また、グルコースとフルクトースとの比がほぼ1:1であった。グルコースとフルクトースの和の含量とその割合は各年次とも‘とよのか’が最も大きく、次いで、‘宝交早生’、‘女峰’、‘麗紅’の順に小さくなった。一方、スクロース含量は‘とよのか’で収穫年次による相違が大きかった。スクロース含量とその割合は‘麗紅’が最も大きく、次い

で‘女峰’、‘宝交早生’、‘とよのか’の順に小さくなった。

従って、‘とよのか’と‘宝交早生’は‘女峰’や‘麗紅’に比べて、フルクトースおよびグルコースを多く蓄積する品種特性をもっているものと考えられた。なお、1988年度および1990年度の全糖含量の品種順位に相違がみられたが、これは1988年度の‘とよのか’のグルコースとフルクトース含量が少なかったことや、1990年度では‘麗紅’のスクロース含量が多く、‘女峰’のフルクトースとグルコースの含量が少なかったことによるものと考えられる。稲葉ら(1977)は異なった環境下で成熟したイチゴ果実の全糖含量の変動は、主にスクロース含量の量的相違によるものと指摘している。しかし、本実験の結果から、収穫年次間における果実内全糖含量の差異はスクロース含量の多少とだけ関係しているのではなく、品種によってはフルクトースおよびグルコース含量の量的相違も関係していることが示唆された。

実験2. 果実の成熟に伴う糖含量の変化

果実の成熟に伴う組成別糖含量とその割合を第2図に示した。未熟から成熟に至る過程では各品種ともそれぞれの糖が増加し、成熟果の全糖含量は‘とよのか’が最も多く、次いで、‘宝交早生’、‘女峰’、‘麗紅’の順に少なくなった。しかし、過熟果の全糖含量は‘麗紅’が最も多く、

Fig. 1. Year-to-year changes in content and composition of soluble sugars [glucose (hatched), fructose (white), sorbitol (vertical lines), inositol (solid black) and sucrose (diagonal lines)] in ‘Reiko’(R), ‘Nyoho’(N), ‘Hokowase’(H) and ‘Toyonoka’(T) strawberry fruits.

Fig. 2. Changes in content and composition of soluble sugars [glucose (hatched), fructose (white), sorbitol (vertical lines), inositol (solid black) and sucrose (diagonal lines)] in developmental stages (degree of ripeness; underripe (UR), ripe (R) and overripe (OR)) of ‘Reiko’, ‘Nyoho’, ‘Hokowase’ and ‘Toyonoka’ strawberry fruits.

‘女峰’、‘とよのか’、‘宝交早生’の順に少なかった。このように全糖含量の品種順序が成熟期と過熟期とで異なったのは、成熟から過熟に至る過程で、‘麗紅’や‘女峰’はスクロースの蓄積量が著しく多かったが、‘とよのか’や‘宝交早生’ではスクロースがほとんど蓄積しないか、少なくなっているためであった。このことは、各熟度におけるフルクトースやグルコースの構成割合が‘とよのか’や‘宝交早生’では‘麗紅’や‘女峰’に比べて大きく、この割合は成熟に伴って‘麗紅’や‘女峰’で小さくなり、‘とよのか’や‘宝交早生’で大きくなることから明かである。Reyesら(1982)はイチゴの過熟果でのスクロース含量は成熟果に比べて少なくなり、これはスクロースが加水分解されるためであるとしている。本実験の‘とよのか’では成熟果と過熟果の全糖含量がほぼ同じで、過熟果のスクロース含量が少なく、フルクトースやグルコース含量がやや多くなっていたので Reyesら(1982)の結果と同様であった。しかし、‘麗紅’や‘女峰’の過熟果ではスクロースが増えるので、糖の蓄積過程は品種によって異なるものと考えられた。

また、‘とよのか’は成熟果と過熟果の全糖含量がほぼ同じであったことから、外観が100%着色した時に果実内の全糖含量が最も多く、内部と外部の成熟度の相違が小さいものと考えられる。しかし、‘麗紅’や‘女峰’のスクロース含量は過熟果が成熟果に比べて多くなっていることから、外観上は着色して成熟したと判断できても、糖の蓄積はその後も進むので、これらの品種では内部の成熟と外観上の成熟とが一致していないものと考えられた。このことに関連して、果実の着色の仕方を観察すると、‘麗紅’や‘女峰’は果実の先端部から基部に向かって着色するのに対して、‘とよのか’や‘宝交早生’は果実全体がほぼ同時に着色する傾向があるので、果実の着色の仕方と糖の蓄積の違いとの関係については、今後検討する必要がある。

上述したように全糖含量は果実の成熟過程を通じて各品種とも大きな相違がみられたが、組成別糖含量の割合はそれぞれの糖含量よりも変動が小さく、果実の成熟度を一定にすれば組成別の糖含量の割合は品種間で比較できると思われた。

従って、果実の成熟が進むにつれて、全糖含量が多くなり、全糖中に占めるスクロース含量の割合が大きい‘麗紅’や‘女峰’は果実全体が着色した後もスクロースを蓄積する特性をもち、全糖中に占めるフルクトースやグルコースの割合が大きい‘とよのか’や‘宝交早生’は果実全体が着色した時期に全糖含量が最も多くなる特性をもっているものと考えられた。

実験3. 作型間における果実内糖含量の比較

作型および収穫時期別の果実収量を第3図に、果実の組成別糖含量とその割合を第4図に示した。促成栽培の

収穫時期別の収量は、両品種とも1月より2月が多くなったが、3月には少なくなった。全糖含量についてみると、‘とよのか’では収穫時期別の相違がほとんどみられなかったが、‘麗紅’では1月に比べて2、3月がやや多かった。一方、露地栽培の収量は両品種とも5月下旬より6月上旬が多く、6月中旬には少なくなった。全糖含量と組成別の糖含量は5月下旬が最も多く、収穫時期が遅くなると少なくなった。これらのことから、両作型を通じて、両品種とも果実収量と果実内の全糖含量との間には一定の傾向が認められなかった。

Fig. 3. Seasonal yields of ‘Reiko’ and ‘Toyonoka’ cultivars grown under forcing and open culture.

Fig. 4. Seasonal changes in content and composition of soluble sugars [Glucose (▨), Fructose (□), and Sucrose (▩)] in ‘Reiko’ and ‘Toyonoka’ strawberry fruits grown under forcing and open culture.

次に、作型間における糖含量および組成別糖含量の割合を比較したものが、第1表である。全糖含量は両品種とも促成栽培よりも露地栽培での変動が大きかったが、全糖に対する組成別糖含量の割合は両作型の相違が小さく、‘とよのか’はフルクトースおよびグルコースの割合が大きく、‘麗紅’はスクロースの割合が大きかった（第1表、第4図）。特に注目すべきは、露地栽培で収穫時期別の全糖含量に大きな相違が認められた‘麗紅’が、組成別糖含量の割合での相違が小さかったことである（第4図）。このことから、作型にかかわらず、果実の糖組成を測定すれば、品種の糖特性が把握できるので、糖組成に着目した促成栽培用品種の選抜は露地栽培でも可能であることが示唆された。なお、収穫年次（実験1）と熟期（実験2）に相違があっても組成別糖含量の割合による品種順序が同じであったことから、この形質は品種固有の特性であると考えられた。

さらに、収穫時期別における‘とよのか’の全糖含量は、‘麗紅’のそれに比べて変動が小さかった（第1表）。一般に促成栽培では果実の収穫が長期間（12月から翌年の5月まで）に及ぶので、‘とよのか’のように高糖含量の果実が連続して収穫できることは栽培上有利な特性であると思われた。‘麗紅’において、収穫時期別の全糖含量の変動が大きかったのは‘麗紅’が果実の成熟後期にスクロース含量を多く蓄積する品種であること（実験2）から、収穫した果実の成熟度合の相違による影響も関係しているのではないかと考えられた。

Table 1. Mean value of soluble sugars (glucose, fructose and sucrose) in ‘Riko’ and ‘Toyonoka’ strawberry fruits grown under forcing and open culture.

Cropping type		Sugar content (mg/g FW)				Sugar composition (%)		
		Fru.	Glu.	Suc.	Total	Fru.	Glu.	Suc.
‘Riko’								
Forcing	Mean ¹	18.5	14.9	25.7	59.1	31.5	25.3	43.2
	SD ¹	0	1.1	4.7	5.8	3.2	0.6	3.8
Open	Mean	19.2	16.6	21.6	57.5	33.2	28.6	38.1
	SD	5.9	5.4	5.0	15.7	1.6	2.3	3.9
‘Toyonoka’								
Forcing	Mean	30.1	26.0	15.3	71.3	42.2	36.4	21.4
	SD	1.5	0.5	3.3	2.4	2.8	1.3	4.1
Open	Mean	28.7	26.4	17.5	72.6	39.6	36.4	24.0
	SD	3.5	2.9	3.1	8.9	0.6	1.7	2.3

¹ Value of Mean and SD (standard deviation) was calculated from data of Fig. 3.

摘 要

イチゴ果実内の糖含量、特に糖組成に着目して、品種間、収穫年次間、作型間の相違と成熟に伴う変化について検討した。

1. 全糖含量と組成別糖含量は品種間と収穫年次間で差異が認められたが、‘とよのか’、‘宝交早生’は‘女峰’、‘麗紅’に比べて、フルクトースおよびグルコースを多く蓄積する品種であった。

2. 果実の熟期にかかわらず全糖含量中に占めるフルクトースとグルコースの割合は‘とよのか’と‘宝交早生’が‘麗紅’と‘女峰’に比べて大きかった。成熟が進むとその割合は‘麗紅’と‘女峰’で小さくなり、‘とよのか’と‘宝交早生’で大きくなった。

3. 全糖含量は促成栽培よりも露地栽培での変動が大きかった。また、収穫時期別の‘とよのか’の全糖含量は‘麗紅’のそれに比べて多く、しかも変動が小さかった。

4. 栽培条件や品種を変えて果実内の糖含量を測定したところ、果実内の組成別糖含量は収穫年次、成熟過程、作型間で差異が認められたが、組成別糖含量の割合は栽培環境の影響が小さく品種固有の特性であると考えられた。

引 用 文 献

- 赤木 博・大和田常晴・川里 宏・野尻光一・安川俊彦・長修・加藤 昭. 1985. イチゴ新品種「女峰」について. 栃木農試研報. 31: 29-41.
- 本多藤雄・天野智文. 1972. そ菜の品種に関する研究第3報. イチゴの品種に及ぼす $\text{NH}_4\text{-N}$, 光制御, 高濃度処理, 土壌水分の影響. 園学要旨. 昭47秋: 192-193.
- 本多藤雄・岩永喜裕・松田照男・森下昌三・伏原 肇. 1985. イチゴ新品種‘とよのか’の育種に関する研究. 野菜試報. C8: 39-57.
- 藤野雅丈・高田勝也. 1987. イチゴの品種特性に関する研究. (第1報) 果実の糖度と酸度. 園学要旨. 昭62秋: 420-421.
- 飯野久栄・大和田隆夫・小沢百合子・山下市二. 1982. 果実類の糖および酸含量と嗜好に関する研究. (第4報) イチゴ. トマトについて. 食総研報. 40: 71-77.
- 稲葉昭次・伊藤卓爾・中村怜之輔. 1977. イチゴの作型と果実中の糖および有機酸組成. 岡山農大農学報. 50: 37-42.
- 梶浦一郎・山本昭平・大村三男・秋浜友也・町田 裕. 1979. 東アジア産ナシ類の果実中に含まれる糖成分の歴史的変化と糖組成についての主成分分析による品種分類. 育学雑. 29: 1-12.
- 小林尚武・中川勝也・時枝茂行・森 俊人. 1982. 促成イチゴ (12~3月収穫期) の品質改善. 第2報品種, 電照, ハウス内温度, 土壌養水分が収量・品質の時期別変化に及ぼす影響. 園学要旨. 昭57秋: 234-235.
- 三浦周行・施山紀男・清水明美・今田成雄. 1988. イチゴ果実の発育・成熟に伴う糖濃度の推移. 園学要旨. 昭63秋: 414-415.
- 望月龍也. 1991. イチゴの香りと成分について. 今月の農業. 3512: 94-98.
- Moriguchi, T., Y. Ishizawa and T. Sanada. 1990. Differences in sugar composition in *Prunus persica* fruit and the classification by the principal component analysis. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 59: 307-312.
- 森下昌三・本多藤雄. 1977. イチゴの育種に関する研究. 第2報. 糖度及び酸度 (pH) の作型間相関と環境変動について. 園学要旨. 昭52秋: 174-175.
- 森下昌三・本多藤雄. 1991. イチゴの品種, 作型, 収穫時期による果実の糖及び酸度の変動. 野菜・茶試研報. A. 4

- : 41-55.
- 新堀二千男・成川 昇. 1981. イチゴの栽培環境と果実の品質に関する研究. (第1報) 作型と果実品質. 園学要旨. 昭63秋: 390-395.
- 西村仁一・吉岡 宏・河田 貢・中川 泉. 1990. イチゴ果実の糖及び有機酸含量に及ぼす夜温, 光の強さ, 土壌の影響. 園学雑. 57 (別2) : 508-509.
- Reyes, F. G. R., R. E. Wrolstad and C. J. Cornwell. 1982. Comparison of enzymic, gas-liquid chromatographic, and high performance liquid chromatographic methods for determining sugars and organic acids in strawberries at three stages of maturity. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 65 : 126-131.
- 澤登早苗・志村 勲. 1990. キウイフルーツの産地及び栽培年次が果実の発育・成熟特性に及ぼす影響. 園学雑. 58 : 849-857.
- Yamaki, S., I. Kajiura and N. Kakiuchi. 1979. Changes in sugars and their related enzymes during development and ripening of Japanese pear fruit (*Pyrus serotina* Rehder ver. *Culta* Rehder) Bull. Fruit tree Res. Stn. A 6 : 15-26.
- 吉田裕一・西田郁子・中条利明・藤目幸擴. 1992. イチゴ数品種の生長及び糖蓄積. 園学雑. 61 (別1) : 366-367.