ウンシュウミカンの異なる樹形における着果部位別の果実品質, 特に糖, 有機酸およびアミノ酸組成について

大 東 宏・冨永 茂人

(四国農業試験場土地利用部)

Constituents of Sugars, Organic Acids and Amino Acids in the Fruit Juice at Various Locations within Canopies of Differently Trained Satsuma Mandarin Trees

Hiroshi DAITO and Shigeto TOMINAGA

Shikoku Agricultural Experiment Station, Zentsuji, Kagawa 765

Summary

In common Satsuma mandarin trees (*Citrus unshiu* Marc. cv. Sugiyama) of open center and hedgerow type, compositions of sugars, organic acids and amino acids in fruits at different locations within the canopy were studied during a period from July to December, 1977.

The results are given as follows.

1. Sugar constituents detected in the fruit juice were fructose, glucose, and sucrose, and a greater proportion of the total sugars was fructose in the early stage of the fruit growth, but it was sucrose, instead of fructose, at the end of October, regardless of fruiting locations. Glucose content was kept almost constant throughout the period of observation. There was no difference in the total sugar content among fruiting locations in either type of trees.

2. Organic acid constituents detected in the fruit juice were, whether they may be free or in combined form, glutamic, glucuronic, pyro-glutamic, lactic, acetic, pyruvic, malic, citric, succinic, isocitric and α -ketoglutaric acids regardless of fruiting locations and in either type of trees. Citric acid was the main acid, followed by malic acid and glutamic acid, and these three acids strongly determined the fluctuation of the total organic acid content. No consistent tendency could be observed between fluctuations in the main acids or in the minor acids in fruits juice and fruiting locations within a canopy.

3. At each fruiting location, arginine, glutamine, aspartic acid, threonine, serine, glutamic acid, proline, glycine, alanine, cystine, valine, methionine, isoleucine, leucine, tyrosine, phenylalanine, γ -aminobutyric acid, lysine, histidine, arginine and ammonia were detected in either type of trees. The content of proline increased most remarkably with maturation at each location. There was also a great but inconsistent difference in the amino acid composition among various fruiting locations.

Thus, at least in the Seto Inland Sea area, no consistent difference in the contents and compositions of sugars, organic acids and amino acids of the fruit juice was found among fruiting locations within the tree canopy in either type of trees used.

緒 言

第1報(3), 2報(4)では, 開心自然形および柵仕立て樹の着果部位ごとの日射量, 気温および果実温に関する

1979年9月10日受理 ウンシュウミカンの栽植方式と樹形に関する研究 (第4報)

調査結果を報告し, 第3報(5)では, これら微気象要因と果皮の着色, 果汁中糖度, 酸含量との関係について, 瀬戸内地域では不均一性は小さいことを報告した. 本報では, 第3報(5)で用いた果実試料について糖, 有機酸およびアミノ酸組成を分析したので, その結果を報告す

る。

材料及び方法

第3報で調査した開心自然形および柵仕立て樹の着果部位ごとの果実、それぞれ10個分の果汁をよく混合して、パルプと果汁を遠心分離した後、その上澄果汁を糖、有機酸およびアミノ酸組成の分析用試料とした。

糖は中性糖として以下の方法により分析した。まず、果汁20mlに80mlの100%エタノールを加え、一夜放置して糖抽出を行い、ろ過後、ろ液1mlに内部標準としてβ-フェニールD-グルコサイド1mgを加え、45℃以下で濃縮乾固した。乾固物にトリメチルクロルシラン0.2mlおよびヘキサメチルジシラザン0.4mlを加え、激しく振とうして、中性糖をトリメチルシリル(TMS)化した。さらに、同液をn-ヘキサン2mlに転溶し、その上澄5μlをマイクロシリッジにて取り分け、ガスクロマトグラフ(日立製063型)で分析した。なお、その際、ガラスカラム(3mm×1m)には1.5% SE-30(Chromosorb)をつめて、窒素ガス流量60ml/minおよび水素ガス流量40ml/minと新鮮空気650ml/minでそれぞれ分離し、水素炎イオン化した。また、カラム温度は125℃から250℃まで5℃/min速度で昇温し、検出器温度、注入口温度ともに280℃とした。糖の定量法として、TMS化した糖と内部標準との比、さらに、TMS化した標品糖と内部標準糖との比に基づいて糖含量を算出した。

有機酸は、カルボン酸分析計(協和精密製、全自動型S-603)を用いて分析を行った。すなわち、しぼったままの果汁を45℃の陰イオン交換樹脂(SA-10S、粒子サイズ11~14μ)を用いて溶離液(0.2N-HCl)によって有機酸を分離し、溶出液に反応液(過塩素酸ヒドロキシルアミン、トリエチルアミンエタノール液)を加えた。なお、トリエチルアミンは分離に用いた0.2N-HClを中和し、溶出液のpHを調整するために加えた。次いで、ジクロロヘキシルカルボジミドのエタノール溶液を添加し、45℃で反応させた後、過塩素酸第二鉄の過塩素酸酸性エタノール溶液を加えて、ヒドロキサム酸を発色させ、530mμ波長で検出し、記録した。なお、この手法ではシュウ酸はジクロロヘキシルカルボジミドで分解されて、検出不可能であった(11)。

アミノ酸は遠心分離した果汁をそのままアミノ酸分析計(柳本製L-7型)で分析した。また、アミドの測定は果汁に2N-HClを果汁の1/2量加え、定温で加水分解した後、乾固し、pH2.2のクエン酸緩衝液に溶解してろ過した後、アミノ酸分析計で測定し、その量を生果汁中のアミノ酸含量との差により求めた。

結果及び考察

第1報(3)、2報(4)では、開心自然形および柵仕立て樹における着果部位別の日射量、気温および果実温の日、旬変化ならびに果実温に及ぼす日射量、気温の影響度などについて、また、第3報(5)では両樹形樹の着果部位ごとの品質について報告した。樹の仕立て方や着果部位が異なると、日射量、気温、果実温にそれぞれ差異が生じるものの、それらが一般に予想されるような、果実重、着色度、果汁中糖度、酸含量などの品質に対して強い影響を与えていなかった。

開心自然形および柵仕立て樹の異なる着果部位における果汁中糖、有機酸およびアミノ酸組成の時期別変化は第1~9表に示すとおりである。

1. 糖組成

本分析法では果糖、ブドウ糖およびショ糖の3中性糖が検出された。8月上旬~9月上旬における両樹形樹の着果部位ごとの果糖含量は、変動があるものの、一般に樹冠上部のもので高く、下部、内部のもので低かった。一方、9月中旬~12月上旬までは、かなり変動があるが、一般に着果部位間に差はなかった。

ブドウ糖含量は3中性糖のうちで最も少なく、両樹形樹において着果部位内に差はなかった。ショ糖含量は8月上旬~9月上旬において、両樹形樹とも着果部位による差はなく、9月中旬から10月中旬においてもほぼ同様の傾向が続き、10月下旬~11月中旬になると、開心自然形樹では内部のものが低かったが、柵仕立て樹では着果部位間に差はなく、さらに、12月上旬になると、両樹形樹ともに着果部位間に差がなくなった。

ウンシュウミカン果実品質と気象の関係については、正確には糖および酸の種類別の増減と気象要因との関係を検討しないと、真の風味に及ぼす気象の影響をみることはできない(8)といえるが、研究例は極めて少ない。今までの報文をみると、一般に果汁中の全糖あるいは全酸の増減と気象要因との関係をみているものが多い。糖類はその種類によって甘味の強さが違い、ショ糖の甘味度を100とすると、果糖は173、ブドウ糖は74に相当する。果実発育の前半には糖類の中で果糖が圧倒的に多く、10月下旬になるとショ糖が逆に多くなった。ブドウ糖は全期間を通してほぼ一定の割合をもって推移しているが、これを果糖含量と合せて還元糖含量とした場合、非還元糖(ショ糖)との逆転時期はおおよそ10月上中旬であった。10月中旬以降は還元糖の増加は少なく、非還元糖の割合が高くなった。静岡地方では還元糖と非還元糖の割合がほぼ同じになるのは9月下旬で、非還元糖の割合が増大するのは10月上旬以降である(10)。

Table 1. Compositions of sugars, organic acids and amino acids in juice of fruits at various locations on the tree of open center and hedgerow types (Aug. 4, 1977)

Open center				Hedgerow											
East side		West side		Interior	South side Top	North side		East side		West side		Interior			
Top	Skirt	Top	Skirt			Top	Skirt	Top	Skirt	Top	Skirt				
Sugar(g/100ml)															
3.7	4.5	4.1	4.1	4.6	3.5	4.6	4.1	4.5	4.4	4.3	4.5	4.6			
0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.9	0.9	0.8	1.0	0.8	0.4	0.8	0.7			
1.7	1.6	1.6	1.1	1.1	1.6	1.4	1.3	1.5	1.3	1.4	1.4	1.0			
6.3	7.0	6.5	6.0	6.4	6.0	6.9	6.3	7.0	6.5	6.1	6.7	6.3			
Organic acid(mg/100ml)															
124.3	120.0	117.9	108.3	90.6	120.0	108.0	104.1	98.9	103.6	92.3	104.6	79.8			
1.8	1.4	2.5	1.4	0.6	2.2	1.0	0.3	1.0	1.0	0.8	1.1	0.3			
0.4	0.4	0.6	0.4	0.4	0.7	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6			
0.2	0.5	0.6	0.2	0.4	0.5	0.4	0.7	0.7	0.5	0.4	0.6	0.6			
0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3			
0.4	1.1	0.8	0.6	1.8	1.6	2.5	1.1	2.4	2.4	1.0	2.5	2.5			
551.0	628.5	642.5	560.0	583.7	594.7	612.6	585.0	663.1	657.1	627.0	636.0	636.2			
4641.5	4685.3	4595.1	4520.4	4931.3	4468.9	4632.5	4878.5	4557.7	5363.6	4781.9	4733.6	5158.6			
0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.1	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1			
31.8	34.4	32.4	32.4	30.6	34.1	32.0	32.4	29.4	28.4	27.7	31.5	26.3			
26.5	28.6	28.8	25.5	23.3	28.6	26.6	21.9	26.0	23.0	23.6	24.8	19.5			
5378.5	5500.8	5421.6	5249.6	5663.2	5251.9	5416.6	5625.0	5380.5	6180.8	5555.9	5535.8	5524.8			
Amino acid(mg/100ml)															
183.1	135.4	75.5	187.4	76.4	91.8	148.5	53.4	84.4	153.8	163.1	127.4	69.2			
50.6	32.6	22.2	47.7	19.5	25.7	39.1	18.5	20.7	33.7	45.3	35.2	17.8			
10.5	11.1	7.8	11.5	12.8	11.2	16.2	42.2	31.5	25.9	10.9	20.3	14.4			
0.2	0.2	1.0	0.2	0.9	1.5	2.1	1.0	0.9	0.6	0.2	0.1	0.3			
29.6	25.5	12.4	33.3	11.3	19.2	21.5	7.7	11.8	25.6	26.3	25.9	9.8			
3.3	4.5	2.2	4.1	3.0	4.6	5.3	28.2	13.7	9.5	3.3	6.1	5.0			
—	2.3	1.7	—	1.4	2.9	2.3	3.4	5.7	1.3	—	1.8	—			
6.2	4.9	5.2	4.0	2.2	5.3	2.8	0.8	1.4	2.5	0.2	2.1	2.6			
2.8	2.7	2.6	2.6	1.7	3.2	3.0	9.5	8.7	5.3	4.3	3.6	2.7			
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
1.1	1.4	+	1.1	0.9	0.9	0.9	2.6	2.1	0.9	+	1.5	1.8			
0.2	0.1	0.2	0.1	0.3	0.4	+	0.5	0.2	0.2	+	0.2	0.3			
+++	0.1	0.2	0.1	0.3	0.1	0.1	0.3	0.2	0.3	+	0.1	+			
0.1	0.2	0.3	0.1	+++	0.2	0.2	0.7	0.6	0.3	0.3	0.3	0.1			
+++	+++	+++	+++	0.2	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++			
++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++			
Phenylalanine															
γ-Aminobutyric															
Lysine etc	0.4	0.7	0.4	0.4	0.8	0.9	0.7	0.4	0.7	0.4	0.5	0.3			
Histidine	0.3	++	++	++	0.4	0.1	0.2	0.3	0.2	0.3	0.4	+++			
Arginine	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
Ammonia	—	+	+	—	—	++	++	—	++	++	+	+			
total	3.9	4.5	4.1	5.2	3.6	5.0	6.2	6.2	5.7	6.1	8.9	5.6			
	292.3	226.2	136.1	136.5	171.8	238.0	175.9	188.8	266.5	260.7	234.3	129.9			

Table 2. Compositions of sugars, organic acids and amino acids in juice of fruits at various locations on the tree of open center and hedgerow typs (Aug. 24, 1977)

	Open center						Hedgerow					
	East side			West side			South side			North side		
	Top	Skirt	Top	Top	Skirt	Top	Top	Skirt	Top	Top	Skirt	Top
Sugar(g/100ml)												
Fructose	4.5	4.2	3.1	4.0	4.6	3.4	4.4	4.6	4.7	4.5	5.0	4.6
Glucose	1.1	1.1	1.0	1.1	1.0	1.2	1.1	1.0	1.1	1.1	1.0	1.1
Sucrose	1.5	1.4	1.2	1.5	1.3	1.3	1.4	1.3	1.3	1.5	1.3	1.5
Total	7.1	6.7	5.4	6.6	6.9	5.9	6.9	6.9	7.1	7.1	7.4	7.1
Organic acid(mg/100ml)												
Glutamic	122.9	124.4	108.1	114.0	104.8	112.5	108.8	99.0	100.2	109.1	106.8	127.9
Glucronic	0.7	0.4	0.5	0.2	0.0	0.9	0.9	+	+	0.5	0.2	0.5
Pyrogglutamic	1.7	2.3	1.7	2.0	2.6	2.2	2.5	2.6	3.2	3.3	3.8	3.6
Lactic	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.6	0.6	0.3	1.0	1.0	0.8
Acetic	0.7	0.7	0.6	0.3	0.2	0.2	0.0	+	0.3	0.4	0.3	0.4
Pyruvic	1.1	0.8	0.8	0.6	0.6	0.8	0.5	1.0	1.3	1.3	1.6	1.5
Malic	506.7	504.4	473.9	418.4	355.1	458.7	447.5	463.3	657.2	646.8	693.3	574.2
Citric	4706.1	4768.7	4579.4	4358.2	4641.4	4527.4	4645.8	4641.4	4870.6	5044.0	5041.3	4756.4
Succinic	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Isocitric	39.0	42.1	40.8	43.7	41.5	43.4	42.9	39.4	38.7	40.1	40.5	36.5
α -Ketoglutaric	24.5	24.2	21.7	23.2	16.1	22.9	22.7	19.7	26.8	28.3	28.0	29.8
Total	5404.1	5468.8	5228.4	4961.5	5163.2	5169.9	5272.2	5267.0	5698.6	5874.8	5916.8	5531.6
Amino acid(mg/100ml)												
Asparagine	52.5	52.6	47.4	60.6	48.0	36.0	49.5	43.9	50.9	58.1	49.6	54.0
Glutamine	46.7	51.7	34.4	48.5	43.6	39.5	46.3	36.7	46.1	44.5	48.5	49.7
Aspartic	47.5	36.2	56.7	31.7	42.7	52.5	38.6	53.7	24.6	24.6	25.6	34.3
Threonine	1.3	1.0	1.6	1.4	1.4	1.4	1.0	1.3	0.3	0.3	0.4	0.7
Serine	23.1	23.6	14.6	22.0	20.4	18.4	19.5	13.6	16.0	20.5	15.5	20.5
Glutamic	18.1	14.3	22.8	12.9	19.0	21.0	16.1	24.3	10.0	15.8	9.9	14.2
Proline	4.4	5.3	5.0	7.6	7.0	7.7	4.3	9.2	12.2	6.2	—	—
Glycine	1.2	1.7	0.9	1.7	1.1	1.3	1.8	0.7	1.9	1.3	1.2	1.2
Alanine	8.5	7.6	10.3	6.8	7.8	10.4	4.4	9.7	5.8	7.8	5.0	9.6
Cystine	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Valine	0.1	++	1.2	++	1.6	1.2	1.5	2.3	1.0	0.3	1.2	1.9
Methionine	0.5	0.5	0.4	0.3	0.5	0.3	0.4	0.5	0.2	0.4	0.3	0.3
Isoleucine	0.5	0.3	0.4	0.2	0.3	0.4	0.3	0.4	0.2	0.3	0.2	0.3
Leucine	0.8	0.6	0.9	0.4	0.6	0.7	0.5	0.8	0.3	0.6	0.4	0.6
Tyrosine	+++	0.2	0.2	+++	0.2	0.3	+++	0.4	0.1	0.1	+++	0.1
Phenylalanine	+++	—	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
γ -Aminobutyric	3.4	2.5	2.9	1.9	2.1	2.7	4.0	2.2	1.3	2.0	2.4	2.0
Lysine etc	—	1.0	1.3	3.8	2.2	2.0	2.6	0.5	0.9	1.7	4.0	2.1
Histidine	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Arginine	1.4	1.0	1.7	9.5	1.1	—	1.8	—	2.1	0.9	0.4	1.9
Ammonia	5.8	5.4	5.3	4.8	6.0	4.8	6.5	5.1	6.6	6.6	5.8	6.8
Total	215.8	205.5	208.0	214.1	205.6	200.6	199.1	205.3	180.5	192.0	170.4	200.2

Table 3. Compositions of sugars, organic acids and amino acids in juice of fruits at various locations on the tree of open center and hedgerow types (Sept. 13, 1977)

	Open center						Hedgerow					
	East side			West side			South side			North side		
	Top	Skirt	Interior	Top	Skirt	Interior	Top	Skirt	Interior	Top	Skirt	Interior
Sugar(g/100ml)												
Fructose	4.4	4.6	4.1	4.2	4.1	4.5	4.7	4.1	4.1	4.5	4.4	4.4
Glucose	1.4	1.2	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.1	1.5	1.3	1.3	1.3
Sucrose	1.3	1.2	1.3	1.2	1.2	1.3	1.2	1.2	1.5	1.4	1.3	1.2
Total	7.1	7.0	6.5	6.5	6.4	7.0	7.1	6.4	7.1	7.1	7.1	6.9
Organic acid(mg/100ml)												
Glutamic	122.2	120.8	116.7	115.6	112.8	123.7	114.6	120.8	106.5	117.5	107.1	122.0
Glutonic	—	+	0.9	+	1.2	1.0	0.7	1.2	1.0	1.2	1.2	2.1
Pyroglutamic	—	+	0.5	+	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.8	0.7
Lactic	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Acetic	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Pyruvic	—	0.6	0.9	0.7	1.2	1.0	1.2	1.2	0.9	0.9	0.9	1.4
Malic	224.2	246.9	223.4	252.0	204.8	274.8	232.0	204.8	169.5	237.7	263.3	287.8
Citric	5113.3	5270.3	5115.0	5009.4	4422.0	5066.7	5082.0	4884.0	4376.7	4950.0	5600.0	5471.4
Succinic	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Isocitric	15.8	16.7	17.8	17.8	17.0	18.3	17.8	17.0	14.9	16.7	16.1	16.9
α -Ketoglutaric	6.4	8.5	8.7	8.1	5.2	7.6	7.5	5.2	5.3	7.5	7.6	6.9
Total	5481.9	5663.8	5481.4	5406.3	5234.9	5493.8	5465.5	5234.9	4675.3	5332.0	5997.0	5538.2
Amino acid(mg/100ml)												
Asparagine	56.5	47.4	31.2	61.7	41.2	39.8	43.2	41.2	45.8	44.2	24.1	56.4
Glutamine	57.2	47.5	41.6	56.9	46.0	46.6	46.5	46.0	42.3	42.3	38.6	54.1
Aspartic	45.7	39.7	45.6	36.7	41.4	43.0	36.8	41.4	37.3	44.6	50.5	44.1
Threonine	1.1	0.9	1.1	0.8	0.9	1.1	0.8	0.9	0.9	1.2	1.2	1.1
Serine	16.5	14.0	13.9	16.5	13.6	13.3	11.3	13.6	11.6	12.7	9.6	16.4
Glutamic	16.2	13.3	16.4	12.6	10.7	14.4	9.4	10.7	9.2	10.7	11.7	11.6
Proline	8.0	7.6	2.5	3.9	7.4	7.5	4.7	7.4	8.0	7.2	5.4	10.6
Glycine	1.3	1.3	1.1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.2	1.4	1.2	1.0	1.2
Alanine	8.4	3.8	8.5	7.2	8.4	8.5	7.0	8.4	7.4	7.8	6.9	8.7
Cystine	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Valine	+	+	—	+	—	+	+	—	—	+	1.5	+
Methionine	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.5	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Isoleucine	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4
Leucine	0.6	0.4	0.6	0.5	0.5	0.6	0.4	0.5	0.4	0.5	0.5	0.6
Tyrosine	+++	+++	+++	+++	—	+++	+++	—	—	+++	0.1	+++
Phenylalanine	0.4	0.3	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	0.5	0.2	0.4	+++	0.3
γ -Aminobutyric	2.9	3.4	2.4	3.1	2.2	3.5	4.6	2.2	2.1	3.8	2.9	2.4
Lysine etc	3.0	2.8	2.1	2.6	2.2	3.0	2.5	2.2	3.6	3.1	2.3	3.0
Histidine	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+
Arginine	4.7	3.5	4.7	3.2	3.7	4.5	3.7	3.8	5.5	5.5	3.7	4.4
Ammonia	4.2	6.2	4.9	4.8	4.5	6.1	5.5	4.6	4.2	5.0	5.0	3.4
Total	227.5	192.8	177.7	212.5	161.4	195.4	178.8	185.2	180.5	190.9	165.6	220.4

Table 4. Compositions of sugars, organic acids and amino acids in juice of fruits at various locations on the tree of open center and hedgerow types (Oct. 3, 1977)

	Open center						Hedgerow					
	East side			West side			South side			North side		
	Top	Skirt	Interior	Top	Skirt	Interior	Top	Skirt	Interior	Top	Skirt	Interior
Sugar(g/100ml)												
Fructose	3.3	3.4	3.3	3.4	3.3	3.3	3.5	3.7	3.7	3.7	3.9	3.6
Glucose	1.0	1.0	1.0	1.2	1.0	1.0	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Sucrose	2.0	1.7	2.0	2.1	2.0	2.0	2.3	2.1	2.1	1.8	1.9	2.0
Total	6.3	6.1	6.3	6.7	6.3	6.3	7.0	6.9	6.9	6.6	6.9	6.7
Organic acid(mg/100ml)												
Glutamic	111.3	119.2	113.1	113.4	118.8	113.1	116.3	101.4	102.6	110.9	106.5	103.4
Glucronic	+	+	+	+	+	+	+	4.8	+	+	1.6	2.1
Pyroglutamic	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0.4	0.5
Lactic	0.2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Acetic	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Pyruvic	0.6	0.9	1.1	0.8	1.1	1.2	0.8	0.9	1.6	0.9	1.5	1.7
Malic	159.2	175.8	155.2	179.4	172.1	155.2	183.7	152.7	160.8	169.7	173.9	134.4
Citric	3497.1	3660.1	3621.4	3458.9	3526.3	3621.4	3522.8	3792.7	3633.6	3825.5	3656.7	3437.6
Succinic	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Isocitric	14.0	17.1	13.8	15.9	16.4	13.8	16.0	14.3	15.2	15.4	16.0	15.2
α -Ketoglutaric	2.4	2.9	+	2.4	2.9	+	1.8	+	2.4	2.4	2.4	1.7
Total	3784.8	3976.0	3904.7	3770.8	3837.6	3904.7	3841.4	4066.8	3916.2	4124.8	3959.0	3696.7
Amino acid(mg/100ml)												
Asparagine	28.3	40.7	45.3	40.1	36.4	45.3	50.5	41.6	47.8	53.9	38.0	36.7
Glutamine	33.4	38.1	36.5	37.6	34.3	36.5	38.9	39.2	37.8	42.1	41.7	38.0
Aspartic	82.3	71.1	54.3	64.6	65.9	54.3	59.9	58.5	61.8	61.2	51.3	59.7
Threonine	6.9	4.9	3.6	5.1	4.9	3.6	4.4	3.9	4.1	3.9	4.0	3.4
Serine	2.9	3.1	3.1	2.7	2.0	3.1	3.6	3.1	2.9	3.7	3.5	3.0
Glutamic	31.0	26.2	20.6	23.6	22.5	20.6	20.4	21.5	22.4	20.9	22.1	22.5
Proline	14.8	10.9	7.3	10.6	10.0	7.3	11.0	8.2	7.2	8.2	6.0	6.7
Glycine	0.8	0.7	0.5	0.6	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.7	0.5	0.4
Alanine	11.7	10.2	7.2	10.1	9.2	7.2	11.9	7.5	6.9	10.0	8.0	7.1
Cystine	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
Valine	1.6	1.3	1.0	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	0.8	1.3	1.0	1.0
Methionine	0.5	0.8	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.5
Isoleucine	0.5	0.8	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	0.4	0.3	0.5	0.6	0.4
Leucine	0.7	0.9	0.6	0.7	0.6	0.6	0.7	0.6	0.5	0.7	0.7	0.6
Tyrosine	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3
Phenylalanine	1.1	1.4	0.8	1.1	1.0	0.8	1.1	1.0	0.9	1.0	1.0	1.1
γ -Aminobutyric	5.0	4.4	6.9	6.1	2.0	6.9	7.0	5.4	7.5	6.2	9.2	5.9
Lysine etc	1.4	1.4	1.3	1.6	1.5	1.3	1.5	1.1	1.1	1.7	1.2	1.2
Histidine	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2
Arginine	14.3	11.6	12.8	12.6	14.2	12.8	18.9	12.5	11.9	11.8	9.4	10.7
Ammonia	3.4	3.5	2.8	2.8	2.6	2.8	3.2	2.7	3.2	3.6	2.3	2.9
Total	241.5	232.6	206.3	223.1	210.5	206.3	236.5	209.8	218.3	232.7	201.7	202.4

Table 5. Compositions of sugars, organic acids and amino acids in juice of fruits at various locations on the tree of open center and hedgerow types (Oct. 19, 1977)

	Open center				Hedgerow							
	East side		West side		Interior		South side		North side		East side	
	Top	Skirt	Top	Skirt	Top	Skirt	Top	Skirt	Top	Skirt	Top	Skirt
Sugar(g/100ml)												
Fructose	2.4	2.7	2.8	2.8	2.4	2.8	2.7	2.9	3.0	3.0	2.7	2.8
Glucose	1.0	1.0	1.1	1.1	0.9	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.4	1.2
Sucrose	2.7	2.7	2.6	2.7	2.7	2.7	3.0	3.0	2.9	3.0	3.0	3.1
Total	6.1	6.4	6.5	6.6	6.0	6.6	6.8	7.0	7.0	7.1	7.1	7.3
Organic acid(mg/100ml)												
Glutamic	94.0	96.5	108.5	98.7	71.4	98.7	109.8	110.7	103.8	110.7	97.9	107.1
Glucronic	+	0.9	1.5	1.1	+	1.1	1.1	1.7	0.9	0.9	0.9	0.7
Pyroglutamic	0.3	0.3	0.5	0.4	+	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Lactic	0.4	0.1	0.1	0.1	+	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
Acetic	+	+	0.2	+	+	+	+	0.3	0.1	+	+	+
Pyruvic	2.0	1.6	1.6	1.8	1.3	1.7	1.7	1.5	2.0	1.9	2.3	1.7
Malic	137.1	155.6	189.1	170.9	115.2	189.8	189.8	186.7	162.4	144.7	149.1	151.3
Citric	2789.8	3153.7	3160.9	3310.7	3150.1	2895.9	2895.9	3367.8	3581.8	3160.9	3200.0	3574.8
Succinic	—	0.4	0.7	0.4	—	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.4
Isocitric	11.0	11.4	12.8	12.0	7.3	11.4	11.4	12.0	12.4	12.3	11.4	8.7
α -Ketoglutaric	+	1.8	1.8	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Total	3034.6	3422.3	3477.7	3596.1	3345.3	3210.9	3210.9	3681.9	3864.6	3419.9	3835.6	3410.7
Amino acid(mg/100ml)												
Asparagine	42.4	48.1	40.3	46.2	47.3	56.6	56.6	55.2	44.8	43.0	45.3	22.8
Glutamine	13.7	13.6	13.1	14.2	15.0	15.6	15.6	16.2	14.4	13.9	14.5	18.5
Aspartic	4.9	7.2	7.3	4.8	5.6	8.8	8.8	7.5	6.2	5.8	5.1	33.4
Threonine	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.4	0.4	0.2	0.3	0.2	0.2	9.4
Serine	5.6	6.7	5.9	6.2	7.1	8.5	8.5	7.8	6.0	5.3	5.3	6.6
Glutamic	1.7	2.4	2.0	1.6	2.0	2.6	2.6	2.2	2.1	1.7	1.8	13.2
Proline	—	6.4	7.9	4.6	6.5	8.1	8.1	9.0	7.2	5.1	6.5	12.1
Glycine	3.4	3.0	3.4	3.6	2.9	2.8	2.8	3.7	3.3	3.7	4.1	1.1
Alanine	1.7	2.8	3.8	1.8	2.4	4.1	4.1	3.1	2.4	—	2.5	9.7
Cystine	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Valine	++	++	0.3	++	++	0.1	0.1	++	++	0.2	++	++
Methionine	0.1	++	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	++	0.1	0.1	++	++
Isoleucine	0.1	0.2	0.3	0.1	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.4
Leucine	+++	0.1	0.1	+++	0.2	+++	+++	0.1	+++	+++	+++	0.3
Tyrosine	+++	++	++	+++	+++	++	++	0.2	+++	+++	+++	+++
Phenylalanine	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
γ -Aminobutyric	0.9	1.3	1.2	1.0	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	3.8
Lysine etc	8.9	10.3	11.4	8.8	10.8	16.9	16.9	13.3	11.3	12.8	10.8	6.7
Histidine	—	—	—	—	+	—	—	—	—	9.4	—	—
Arginine	2.6	3.7	3.8	2.5	3.6	6.4	6.4	4.5	3.5	3.3	2.8	13.9
Ammonia	0.8	1.2	1.2	0.9	1.0	1.3	1.3	1.0	1.1	—	0.9	1.8
Total	87.0	107.3	102.7	96.6	106.5	133.2	133.2	125.3	104.4	106.0	100.1	154.6

Table 6. Compositions of sugars, organic acids and amino acids in juice of fruits at various locations on the tree of open center and hedgerow types (Oct. 30, 1977)

	Open center				Hedgerow									
	East side		West side		Interior	South side		North side		East side		West side		Interior
	Top	Skirt	Top	Skirt		Top	Skirt	Top	Skirt	Top	Skirt	Top	Skirt	
Sugar(g/100ml)														
Fructose	2.1	1.7	2.4	2.1	2.1	2.1	2.4	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.5	2.3
Glucose	1.0	1.0	1.4	1.1	1.0	1.3	1.0	1.1	1.0	1.5	1.1	1.3	1.0	1.1
Sucrose	3.3	3.1	3.1	3.1	2.9	3.0	3.3	2.9	3.3	2.9	3.3	3.3	3.1	3.1
Total	6.4	5.8	6.9	6.3	6.0	6.4	6.7	6.5	6.7	6.7	6.6	6.7	6.6	6.5
Organic acid(mg/100ml)														
Glutamic	101.8	112.5	94.7	94.7	101.8	125.1	103.7	100.1	103.7	103.1	110.9	98.9	94.7	102.2
Glucronic	0.5	0.4	0.9	0.5	0.5	1.2	+	+	+	0.9	0.7	0.7	+	+
Pyroglutamic	0.5	0.9	0.6	0.3	0.4	1.0	0.4	0.4	0.4	0.8	0.8	0.9	0.6	0.5
Lactic	0.1	0.1	0.8	0.8	0.2	+	0.5	0.5	0.8	0.1	0.1	0.2	+	0.2
Acetic	0.6	0.8	1.3	0.5	0.7	1.4	0.6	0.6	1.0	0.5	1.3	0.7	0.4	+
Pyruvic	1.8	1.9	1.1	1.1	0.6	2.0	0.9	0.9	0.9	2.0	2.0	2.6	1.0	3.1
Malic	114.0	117.7	110.4	116.5	108.6	187.4	120.0	120.0	109.9	122.7	106.4	105.4	108.8	82.0
Citric	2299.1	1986.9	1917.9	1989.0	1947.3	2094.2	1913.7	1957.0	1913.7	2091.0	2194.3	2055.9	2069.5	2117.3
Succinic	0.6	0.6	2.7	1.2	1.5	0.8	1.8	1.6	1.8	0.7	0.7	+	1.2	0.5
Isocitric	8.0	8.0	8.2	8.1	7.9	9.5	9.7	9.1	9.7	9.3	9.7	9.7	7.5	9.4
α -Ketoglutaric	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Total	2519.8	2229.8	2138.6	2212.7	2169.5	2422.6	2141.9	2190.2	2141.9	2331.1	2426.9	2275.0	2283.7	2315.2
Amino acid(mg/100ml)														
Asparagine	51.5	45.9	33.1	33.9	39.6	55.7	30.6	18.4	30.6	47.5	47.0	102.3	18.2	81.1
Glutamine	15.8	14.7	10.5	10.3	3.2	16.7	11.0	6.7	11.0	13.8	15.9	27.7	18.8	25.0
Aspartic	6.5	8.0	4.6	5.5	2.3	6.9	4.8	3.0	4.8	6.8	6.7	5.3	20.3	12.1
Threonine	0.3	0.4	0.2	0.3	0.1	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	1.0	0.6
Serine	7.2	7.8	5.0	5.3	1.5	8.5	2.7	2.7	4.8	6.4	6.8	13.1	5.0	14.5
Glutamic	2.2	3.4	1.7	2.2	1.2	2.3	1.4	2.0	2.0	1.9	2.3	1.5	9.2	5.4
Proline	6.5	12.5	5.7	5.5	2.2	11.6	1.7	1.7	5.3	4.9	9.7	6.5	7.8	9.4
Glycine	2.7	2.1	2.3	1.5	1.0	3.1	1.7	1.5	1.7	2.6	2.8	3.2	0.5	1.7
Alanine	3.2	4.2	2.7	3.1	1.1	4.4	1.9	1.5	1.9	3.4	3.4	2.1	6.7	4.7
Cystine	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Valine	0.3	+	0.2	0.2	++	0.2	+	+	+	0.2	++	0.3	++	++
Methionine	0.2	0.1	—	0.1	—	0.1	0.1	—	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Isoleucine	0.0	0.1	+++	+++	+	0.2	+	+	+	0.2	0.1	0.2	++	0.2
Leucine	+++	+++	+++	+++	+	+++	+	+	+	++	0.1	++	1.1	0.1
Tyrosine	+++	0.1	+++	++	+	0.4	+	++	+	++	0.3	+++	++	++
Phenylalanine	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
γ -Aminobutyric	2.1	3.0	2.9	3.1	1.2	3.6	1.9	1.8	1.9	2.2	2.1	1.6	4.3	3.3
Lysine etc	14.7	14.5	11.9	9.2	5.1	17.0	7.8	7.2	7.8	14.5	13.2	14.9	4.2	11.5
Histidine	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Arginine	4.3	5.7	3.9	3.9	2.1	5.2	3.2	2.5	3.2	4.6	3.9	3.4	10.9	7.9
Ammonia	0.7	0.6	0.6	0.6	0.4	0.7	0.5	0.4	0.5	0.7	0.9	0.5	0.8	0.9
Total	118.2	123.1	85.2	84.7	61.0	136.9	75.8	49.0	75.8	110.3	115.6	182.9	108.9	178.5

Table 7. Compositions of sugar, organic acids and amino acids in juice of fruits at various locations on the tree of open center and hedgerow types (Nov. 15, 1977)

	Open center				Hedgerow							
	East side		West side		Interior		South side		North side		East side	
	Top	Skirt	Top	Skirt	Top	Skirt	Top	Skirt	Top	Skirt	Top	Skirt
Sugar(g/100ml)												
Fructose	2.1	2.2	2.1	2.1	1.9	2.0	2.0	2.1	2.1	2.0	2.1	2.0
Glucose	1.1	1.1	1.0	1.1	1.4	1.0	1.0	1.0	1.1	0.9	1.1	1.0
Sucrose	3.9	3.9	3.7	3.8	3.6	3.6	3.6	3.5	3.8	3.8	3.7	3.7
Total	7.1	7.2	6.8	7.0	6.9	6.6	6.6	6.6	7.0	6.7	6.9	6.7
Organic acid(mg/100ml)												
Glutamic	101.7	103.5	98.0	104.8	102.2	105.3	105.4	105.4	91.7	92.8	92.3	98.7
Glucronic	1.3	1.2	0.7	0.7	0.7	1.0	1.2	1.2	0.7	0.4	0.7	0.4
Pyroglutamic	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.5	0.3
Lactic	0.1	+	+	+	+	+	+	+	0.1	+	0.1	+
Acetic	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.1	—	—	0.2
Pyruvic	1.4	1.4	1.7	1.7	1.8	1.5	1.9	1.8	1.6	1.8	1.6	1.9
Malic	121.1	136.8	129.0	143.0	138.5	133.1	126.6	118.0	118.8	116.8	108.2	108.2
Citric	1480.9	1505.5	1594.9	1491.2	1631.3	1662.6	1771.1	1729.6	1597.9	1576.8	1575.0	1611.0
Succinic	0.8	0.9	0.6	0.6	0.7	0.4	0.6	0.8	0.6	0.6	0.6	0.8
Isocitric	6.5	7.0	7.2	6.5	6.1	7.7	7.8	5.9	7.5	6.5	6.8	6.2
α -Ketoglutaric	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Total	1714.5	1756.9	1832.8	1749.2	1881.9	1912.2	2015.3	1950.0	1819.3	1795.9	1785.7	1839.6
Amino acid(mg/100ml)												
Asparagine	39.2	49.7	40.0	45.4	42.7	45.4	53.8	40.9	47.3	38.6	37.8	42.3
Glutamine	12.0	15.9	12.9	14.7	15.4	14.0	20.3	15.6	14.2	13.2	12.4	13.1
Aspartic	3.3	2.7	2.5	2.5	3.4	2.9	3.4	2.9	2.2	2.3	2.1	4.3
Threonine	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3
Serine	6.7	9.3	7.2	7.9	7.8	8.0	9.4	7.6	7.7	4.9	6.4	7.5
Glutamic	0.8	0.5	0.8	0.8	0.6	0.7	0.4	0.6	0.5	0.4	0.5	2.1
Proline	1.2	4.2	10.4	5.3	3.0	5.7	1.3	5.5	1.7	—	—	14.0
Glycine	4.8	3.4	3.9	3.0	4.7	3.9	3.7	3.4	2.9	3.3	3.5	3.8
Alanine	1.1	1.2	1.6	1.4	1.8	1.5	1.6	1.3	0.8	1.0	0.6	2.7
Cystine	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Valine	0.3	0.9	0.7	1.2	0.8	1.3	+	+	+	—	0.9	+
Methionine	0.4	0.3	+	0.1	+	0.3	+	+	+	0.1	0.6	+
Isoleucine	—	0.2	+	0.2	0.2	0.1	0.3	0.2	0.2	0.4	+	0.4
Leucine	—	0.2	0.2	0.2	0.1	+	+	+	+	+	+	0.1
Tyrosine	0.6	0.5	0.6	0.5	+	0.7	0.6	0.3	0.2	0.2	0.9	0.4
Phenylalanine	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
γ -Aminobutyric	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Lysine etc	12.0	13.2	11.5	13.3	10.3	12.9	11.3	11.4	16.0	6.4	11.8	11.8
Histidine	+	0.1	+	—	+	—	—	0.2	0.1	—	—	—
Arginine	2.3	2.5	2.7	2.8	2.6	2.5	2.9	2.3	2.9	—	2.2	3.9
Ammonia	0.5	0.5	0.7	0.4	0.6	0.7	1.0	0.5	0.6	1.3	0.6	0.9
Total	85.4	105.5	95.9	100.4	94.8	101.5	111.3	93.4	98.3	72.3	80.7	108.8

Table 8. Compositions of sugars, organic acids and amino acids in juice of fruits at various locations on the tree of open center and hedgerow types (Nov. 29, 1977)

	Open center						Hedgerow					
	East side		West side		Interior		South side		North side		East side	
	Top	Skirt	Top	Skirt	Top	Skirt	Top	Skirt	Top	Skirt	Top	Skirt
Sugar(g/100ml)												
Fructose	2.2	2.2	2.2	2.1	2.0	2.1	2.1	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1
Glucose	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.2	1.0	1.0	1.2	1.1	1.1
Sucrose	4.7	4.3	4.3	4.6	4.5	4.2	4.5	4.4	4.2	4.4	4.5	4.1
Total	8.0	7.8	7.6	7.8	7.5	7.3	7.8	7.4	7.3	7.7	7.7	7.4
Organic acid(mg/100ml)												
Glutamic	110.9	110.6	107.4	106.3	101.1	106.9	116.3	108.8	106.9	90.3	90.5	104.7
Glucronic	1.0	1.3	1.2	1.3	1.1	1.3	1.4	0.7	1.3	1.3	0.7	1.3
Pyroglutamic	0.6	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	0.4	0.4	0.5	0.4	0.5
Lactic	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
Acetic	0.3	0.3	0.5	0.3	0.2	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4
Pyruvic	1.6	1.5	1.7	1.7	1.6	1.7	1.6	1.7	1.4	1.7	2.0	2.0
Malic	126.5	117.5	122.4	124.1	123.6	117.5	124.4	112.6	117.5	106.2	101.2	112.0
Citric	1397.4	1478.4	1415.0	1341.1	1390.3	1372.8	1083.7	1411.5	1372.8	1232.0	1201.8	1126.9
Succinic	0.3	0.5	0.6	0.6	0.2	0.6	0.6	0.9	0.6	0.5	0.5	0.6
Isocitric	7.1	7.9	7.6	6.6	6.8	6.8	7.0	6.6	6.8	6.6	6.9	8.0
α -Ketoglutaric	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Total	1645.8	1718.5	1656.9	1582.6	1625.6	1608.7	1336.2	1643.5	1608.7	1427.2	1404.4	1356.8
Amino acid(mg/100ml)												
Asparagine	37.8	20.4	31.6	26.7	31.8	7.7	18.8	23.4	7.7	9.5	11.6	20.6
Glutamine	10.0	13.2	7.5	8.1	3.2	1.0	1.4	3.6	1.0	1.5	1.5	4.1
Aspartic	6.1	6.5	10.6	14.0	18.5	28.7	24.9	18.4	28.7	28.9	36.4	40.4
Threonine	1.2	0.6	0.1	0.2	2.4	3.8	2.6	2.4	3.8	3.6	4.2	5.4
Serine	7.8	8.1	7.2	9.3	6.3	7.0	8.9	7.6	7.0	6.8	5.2	9.9
Glutamic	4.5	3.1	5.4	11.1	13.1	13.9	16.7	13.9	13.9	19.7	26.7	23.0
Proline	18.0	16.5	20.3	28.4	38.8	31.0	45.4	29.2	31.0	27.3	35.0	49.8
Glycine	1.5	1.7	1.7	1.9	2.2	0.9	1.9	1.1	0.9	1.1	+	1.0
Alanine	5.7	4.7	8.0	12.4	15.5	27.3	26.9	14.1	27.3	19.1	27.5	35.1
Cystine	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Valine	0.7	0.8	1.2	0.5	1.2	++	1.9	0.7	++	1.4	2.1	2.2
Methionine	0.2	0.1	0.3	0.2	0.6	0.2	0.7	0.9	0.2	0.4	0.7	++
Isoleucine	0.3	0.3	0.5	0.2	0.3	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	0.8	++
Leucine	0.2	0.1	0.2	0.3	0.1	1.0	1.2	0.3	1.0	0.6	1.1	0.2
Tyrosine	0.5	0.7	0.8	1.2	++	++	++	0.6	++	0.4	+++	0.7
Phenylalanine	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
γ -Aminobutyric	3.6	3.1	4.8	5.2	5.3	4.7	4.4	6.3	4.3	6.3	5.5	11.2
Lysine etc	20.3	18.7	25.5	14.7	13.6	11.8	13.9	14.2	11.8	9.8	7.8	13.6
Histidine	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Arginine	7.2	6.3	7.9	8.7	9.8	9.8	9.7	9.5	9.8	10.4	9.2	9.4
Ammonia	1.3	0.9	1.2	1.6	1.6	1.9	1.9	2.1	1.9	3.1	2.5	2.4
Total	126.9	105.8	134.8	144.7	164.3	151.3	181.7	148.8	151.3	150.5	150.7	229.2

Table 9. Compositions of sugars, organic acids and amino acids in juice of fruits at various locations on the tree of open center and hedgerow types (Dec. 14, 1977)

	Open center				Hedgerow									
	East side		West side		Interior	South side		North side		East side		West side		Interior
	Top	Skirt	Top	Skirt		Top	Skirt	Top	Skirt	Top	Skirt	Top	Skirt	
Sugar(g/100ml)	1.9	2.0	2.0	1.9	1.8	2.1	2.0	1.9	2.1	1.9	2.2	2.0	2.0	
Fructose	1.0	1.0	1.1	1.1	0.9	1.1	1.0	1.0	1.1	1.0	1.2	1.0	1.0	
Glucose	4.4	4.5	4.4	4.5	4.5	4.5	4.2	4.4	4.6	4.7	4.3	4.4	4.5	
Total	7.3	7.5	7.5	7.5	7.2	7.7	7.2	7.3	7.8	7.6	7.7	7.4	7.5	
Organic acid(mg/100ml)														
Glutamic	106.5	103.9	111.5	111.2	107.0	108.6	121.5	118.8	93.9	91.7	83.6	92.6	92.8	
Glucronic	1.2	0.7	1.1	0.7	0.8	1.1	1.2	0.6	0.9	0.9	0.9	0.6	0.6	
Pyroglutamic	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.8	0.7	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	
Lactic	+	0.1	0.1	+	+	+	0.1	+	-	+	-	0.1	+	
Acetic	-	+	+	+	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	+	+	+	-	
Pyruvic	1.6	1.7	1.7	1.6	1.5	1.7	1.7	1.8	1.6	1.4	1.8	1.8	1.9	
Malic	96.7	92.2	92.2	98.2	89.0	93.5	96.7	84.5	80.0	82.3	76.9	83.8	81.5	
Citric	1409.2	1887.2	1419.9	1466.3	1310.2	1447.9	1594.7	1384.2	1491.2	1405.4	1614.4	1537.6	1405.4	
Succinic	0.6	-	0.4	0.4	0.8	-	-	0.6	+	0.5	-	0.5	0.6	
Isocitric	8.5	8.3	8.3	8.9	7.3	8.4	8.3	6.5	7.8	7.1	7.5	7.6	7.5	
α-Ketoglutaric	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total	1624.9	2094.6	1635.7	1687.8	1517.3	1661.9	1825.3	1598.0	1676.0	1589.7	1785.6	1725.1	1590.9	
Amino acid(mg/100ml)														
Asparagine	6.3	7.9	10.3	24.7	8.2	4.1	4.6	12.5	6.4	3.8	10.2	19.5	9.4	
Glutamine	0.9	1.3	1.4	1.9	2.0	2.3	0.5	0.9	1.5	3.2	1.5	1.4	3.0	
Aspartic	11.5	9.2	10.0	16.1	13.9	20.5	22.5	13.7	26.2	22.5	27.3	22.3	26.0	
Threonine	2.6	2.0	2.1	3.6	3.9	4.4	9.4	2.8	5.7	6.6	6.5	4.7	5.9	
Serine	16.2	4.4	4.7	9.5	5.3	5.3	5.3	6.3	6.3	7.6	8.7	11.2	8.8	
Glutamic	9.9	8.9	9.0	12.9	15.1	15.9	22.1	10.8	20.9	20.5	24.2	18.8	21.2	
Proline	57.2	66.4	68.5	67.3	91.5	93.1	104.3	87.3	71.3	81.7	86.4	95.2	90.4	
Glycine	0.5	0.4	0.5	0.5	0.6	0.5	0.9	0.4	0.8	0.8	0.8	0.6	0.7	
Alanine	12.4	13.5	16.0	17.9	19.8	17.7	30.7	23.7	20.4	2.5	29.3	26.8	26.8	
Cystine	0.3	0.5	0.4	0.6	0.3	-	+	+	1.5	1.8	+++	+++	+++	
Valine	0.9	0.7	0.6	1.1	1.6	1.5	2.5	+++	2.4	2.3	2.6	2.4	2.7	
Methionine	0.4	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	0.6	0.5	0.2	0.3	0.4	0.5	0.5	
Isoleucine	0.5	0.3	0.3	0.5	0.4	0.4	0.8	0.5	0.8	0.8	1.0	0.8	1.0	
Leucine	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.8	0.6	0.8	0.9	1.0	0.9	0.9	
Tyrosine	+++	+++	+++	+++	0.2	1.1	+++	+++	0.2	+++	+++	+++	+++	
Phenylalanine	+++	+++	+++	0.9	+++	+++	+++	+++	0.5	+++	+++	+++	+++	
γ-Aminobutyric	6.0	5.0	5.8	3.9	6.7	5.0	8.9	5.2	9.0	7.1	5.4	8.2	6.4	
Lysine etc	8.5	8.8	9.1	7.2	1.1	9.0	8.0	10.6	6.8	7.2	5.9	7.7	7.1	
Histidine	0.1	++	-	-	0.0	0.1	0.1	-	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	
Arginine	20.5	18.6	21.3	24.0	24.5	19.1	28.3	12.9	35.8	32.2	37.1	25.9	30.7	
Ammonia	0.8	0.9	0.7	0.8	0.1	0.6	1.1	0.8	1.2	0.9	1.3	1.1	1.1	
total	155.8	149.3	161.3	194.2	196.1	201.3	251.4	189.5	218.9	232.8	249.7	248.1	242.7	

本実験が行われた瀬戸内地方のような高温、乾燥地帯では、低温地産の果実に比べて、果汁中還元糖率が高く、当地方の果実は風味があるといわれている。

なお、本実験のように同一樹冠内の果実では、着果部位での日射量、気温さらには果実温の違いはわずかで、多照寡雨、高温乾燥のため糖組成に差違が現われないのであろう。

2. 有機酸組成

有機酸のなかでクエン酸が圧倒的に多く、各時期のクエン酸の動向が全有機酸含量の消長を強く支配した。クエン酸は、両樹形樹とも着果部位と関係なく、8月上旬から9月中旬にかけて著しく増加し、その後12月上旬まで顕著に減少した。次いで、リンゴ酸が多いが、8月中旬から9月上旬までの間に著しく、その後12月上旬に向けて次第に減少した。グルタミン酸は、果実発育期間中はほぼ一定で推移し、発育後期にはリンゴ酸とほぼ同量となった。イソクエン酸は9月上、中旬までは増減の激しい動きを示したが、その後12月上旬にかけて次第に減少した。 α -ケトグルタル酸は9月上旬から10月中、下旬までの間に顕著に減少し、その後検出されなかった。その他の有機酸は量的に微量であり、両樹形樹ともに着果部位間で差違はほとんどなかった。

要約すると、有機酸合成の最も旺盛な8月上旬の有機酸組成は、クエン酸が最も多く、次いで、リンゴ酸、グルタミン酸、イソクエン酸、 α -ケトグルタル酸の順で少なくなり、グルクロン酸、ピルビン酸などの他の有機酸は微量であった。

成熟期に達した果汁中有機酸組成は、主要酸のクエン酸が最も多いことは当然であるが、グルタミン酸が次いで多く、リンゴ酸やイソクエン酸が著しく減少した。他の有機酸はごく微量となり、特に、アミノ酸合成系のとり入れ口となる α -ケトグルタル酸はこん跡程度となり、グルタミン酸、プロリンなどの生合成に利用されたものと考えられる。この傾向は他の報告(1,6)とよく似ている。

有機酸組成の変動と気象要因との関係を考察するのに、小林(7)の報告がある。すなわち、ブドウ果実では主な酸は酒石酸とリンゴ酸で、両酸によって総有機酸量の90%以上を占め、これらには、遊離態とエステル態などさまざまな形態のものが存在する。果実が成熟すると甘味が増すのは、果汁の糖分の増加とともに、遊離酸が減少するからである。これら有機酸含量は環境条件によって相当に変化し、特に、温度の影響が著しい。夜間の低温は有機酸の生成を促し、30℃以上の高温によって酸の呼吸代謝が促されて酸含量を減少させるが、リン

ゴ酸の呼吸温度は酒石酸の呼吸温度よりも低いので、一般に暖地産の果実中にはリンゴ酸の含量が少なく、また、低温年に比べて温暖な年の果実はリンゴ酸の含量が少なくなっている。ところで、ウンシュウミカンに関するこの種の報文は少なく、また本実験でも有機酸組成と着果部位の関係は明らかでなかった。

本実験の有機酸組成は遊離酸と結合酸の合計値として検出されている。酸味は果汁中に解離している水素イオンの食味であり、解離の程度の大きいものは酸味が強く感じられ、したがって酸味に影響するのは遊離酸が主体であらう。結合酸は緩衝的に働くので、食味とも密接な関係があらう。今後遊離酸と結合酸との構成割合を調査し、気象および栽培条件と酸味の関係について研究する必要がある。

3. アミノ酸組成

両樹形樹における着果部位別の主要アミノ酸の時期別変化は以下のとおりである。

アスパラギン含量は8月上旬～下旬の間に急激に減少し、その後増減をくり返しながらか12月中旬まで次第に減少し、両樹形樹とも着果部位間で一定の傾向はなかった。アスパラギン酸含量は8月上旬から10月上旬までの間は増加し、その後10月中、下旬に向けて減少したが、12月上旬まで再び増加した。両樹形樹とも各着果部位において12月上旬にはほぼ一定量であった。グルタミン含量は8月上旬～9月下旬の間に急増し、その後は12月上旬に向けて急減し、両樹形樹とも着果部位間で一定の傾向はなかった。グルタミン酸含量は8月上旬から10月上旬まで増加し、その後中旬には急減し、11月中旬から12月中旬までの間再び増加した。また開心自然形樹では樹冠北側上部で高く、東側下部で低く、柵仕立て樹では西側上部で高く、他部位ではほぼ同じ含量であった。

プロリン含量は両樹形樹、各部位において8月上旬から11月中旬まではほぼ一定量で推移し、その後12月上旬まで急増した。両樹形樹のうち開心自然形樹では南側上部のもので極めて高く、続いて北側下部、北側上部、内部、西側下部、東側下部、東側上部のものの順で、西側上部のもので最も低かった。さらに、このときの柵仕立て樹のプロリン含量は、内部のもので最も高く、続いて西側下部、西側上部、東側下部のものの順であり、東側上部のもので最も低かった。 γ -アミノ酪酸含量は両樹形樹とも8月上旬から12月上旬までの間は増減をくり返しながらか次第に増加し、12月上旬、中旬になると、両樹形樹とも着果部位間の差違は小さくなった。アルギニン含量は8月上旬から10月上旬までの間急増し、その

後11月中旬に向けて一度は減少し、12月中旬までの間顕著に増加した。12月におけるアルギニン含量は開心自然形樹の北側下部のものでは著しく低く、他部位ではほぼ同量であった。柵仕立て樹では着果部位間に大きな差はなかった。セリン含量は8月上旬から10月上旬までの間減少し、その後12月中旬に向けて次第に増加した。アンモニア含量は両樹形樹とも9月中旬から12月上、中旬までの間減少し、12月には着果部位間に差はなかった。その他のアミノ酸は微量であって、その消長に関して詳細な検討を加えなかった。要約すると、果実発育の前半には、アスパラギン、グルタミン、アスパラギン酸、グルタミン酸などは多く含有されたが、成熟に伴ってプロリン、アルギニン、 γ -アミノ酪酸、アラニン、リジンなどが顕著に増加した。

一般に、成熟に伴うアミノ酸の消長に関するこれまでの調査では、アルギニン、 γ -アミノ酪酸、プロリンなどは果実発育初期から成熟段階にかけて最も顕著に増加するアミノ酸である(1)。しかし、本実験の結果では、これらアミノ酸含量の時間的な増減傾向は、着果部位ごとにかかなりの相違があり、各時期を通じて必ずしも一定の傾向は認められなかった。本来各々のアミノ酸は量的に少ないうえに、その生成、分解は糖、有機酸の生成、分解に連動しているものであり、果実内でその代謝が何らかの要因によって強く影響されるのであろう。同時期、同一樹形樹において着果部位が異なることにより、あるアミノ酸含量は5~10倍異なることがある(2)。

第1、第2、第3報および本報を総括すると次のとおりである。1975年の予備調査(9)を含めて3か年間(一部未発表)、開心自然形および柵仕立て樹の異なる着果部位における果実品質調査を行ってきたが、3か年を通して、樹冠内の方位、上下、内外など着果部位によって、糖度、酸含量からみた果実の品質がさほど異なることが明らかとなった。さらに果汁中の糖、酸含量が樹形や着果部位によって大きく異ならないとしても、それらの組成やアミノ酸などの食味の構成成分が樹冠内微気象要因、果実温などによっていくらか影響されるものと予想して実験を行ったが、糖や有機酸およびアミノ酸組成には樹の仕立て方や着果部位によって大きな差を生じていないことが明らかとなった。前報(5)で考察したように、ウンシュウミカンではその品質が着果部位間でかなり変動することは、各産地の例から明らかで(5)あるが、当地方は典型的な多照寡雨、乾燥気象であり、加えて、保水性に劣る花こう岩質土壌であるために、枝の発生が少なく節間が短くなり、葉身は小さくてその数も少なく、樹相は小形になっている。したがって、ミカン

樹冠内の着果部位に関係なく、直達光と散光は果汁成分の生成、分解などの生理代謝機能に対して飽和域に達しているものと考えられる。

摘 要

ウンシュウミカンの栽植様式、樹形、整枝ならびにせん定などの樹形管理技術の合理化と品質向上対策の一環としての基礎資料を得る目的で、1977年の7月から12月までの間、杉山系普通ウンシュウミカン成本の開心自然形樹と柵仕立て樹の異なる着果部位における果汁中糖、有機酸およびアミノ酸組成を調査した。得られた成果を示すと次のとおりである。

1. 果汁中糖類として果糖、ブドウ糖、ショ糖が検出され、各着果部位とも果実発育の前半には果糖が圧倒的に多く、10月下旬になるとショ糖との割合が逆転した。ブドウ糖は全期間を通してほぼ一定の割合で推移した。これら3中性糖含量は両樹形樹とも着果部位間に差はなかった。

2. 両樹形樹の各着果部位とも、果汁中有機酸の成分としては遊離型、結合型とを問わず、グルタミン酸、グルクロン酸、ピロールグルタミン酸、乳酸、酢酸、ビルビン酸、リンゴ酸、クエン酸、コハク酸、イソクエン酸および α -ケトグルタル酸が検出された。それらのうちクエン酸が主要酸であり、次いでリンゴ酸、グルタミン酸が多量に含有され、これら有機酸が総有機酸含量の消長を強く支配した。両樹形樹ともクエン酸、リンゴ酸、グルタミン酸などの主要酸や他の微量有機酸の消長には、各時期を通じて樹冠内着果部位によって、著しい差はなく、一定の傾向もなかった。

3. 果汁アミノ酸成分としては両樹形樹とも各着果部位において、アスパラギン、グルタミン、アスパラギン酸、スレオニン、セリン、グルタミン酸、プロリン、グリシン、アラニン、シスチン、バリン、メチオニン、イソロイシン、ロイシン、チロシン、フェニールアラニン、 γ -アミノ酪酸、リジン、ヒスチジン、アルギニンおよびアンモニアが検出された。これらのアミノ酸のうち、各部位とも果実の成熟に伴ってプロリン含量が最も顕著に増加した。一方、着果部位によってアミノ酸組成には著しい変動があったが、各時期を通じて一定の傾向はみられなかった。

4. 総括すると、本実験においては開心自然形と柵仕立て樹とを問わず果実品質、とくに糖類、有機酸およびアミノ酸などの果汁成分には樹冠方位、上下、内外などの着果部位による一定の傾向がなく、瀬戸内地方においては、樹相の相違に伴う樹冠内微気象変動は問題とならない。

引用文献

1. DAITO, H. and K. HIROSE. 1971. Studies on maturing of citrus fruit. I. Changes in the amino acid content of satsuma mandarin juice during maturation. Bull. Hort. Res. Stn. B 11 : 19—32.
2. 大東 宏. 1979. 温州ミカン果実の成熟生理に関する研究, 京都大学学位審査論文.
3. 大東 宏・小野祐幸・富永茂人・森永邦久・工藤和典. 1980. 温州ミカンの栽植方式と樹形に関する研究. (第1報) 異なる樹形における着果部位別日射量, 気温, 果実温の日変化と1日の積算日射量, 園学雑. 49(3) : 331—346.
4. 大東 宏・小野祐幸・富永茂人・森永邦久・工藤和典. 1980. 温州ミカンの栽植方式と樹形に関する研究. (第2報) 異なる樹形における着果部位別の日射量, 気温および果実温の旬平均値の時期別変化と相互関係, 園学雑. 49(4) : 523—533.
5. 大東 宏・富永茂人・小野祐幸・森永邦久. 1980. ウンシュウミカンの異なる樹形における収量及び着果部位別の果実品質について. 園学雑. 50(2) :—
6. 垣内典夫・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. B 10 : 149—162.
7. 小林 章・行永寿二郎・板野 徹. 1965. ブドウの温度条件に関する研究. (第2報) 成熟期の夜温が Delaware の熟期と品質に及ぼす影響. 園学雑. 34(1) : 26—32.
8. 小林 章. 1975. 果樹環境論. 養賢堂.
9. 工藤和典・富永茂人・小野祐幸・大東 宏. 1977. 温州ミカンの栽植方式および樹形に関する研究. (3) 果実の受光量と品質について, 昭和 51 年度常緑果樹試験研究打合せ会議. I. 栽培分科会資料. 199—200.
10. 高田邦輔. 1939. 柑橘果汁の還元糖率. (第7報) 成熟に伴う温州蜜柑の遊離酸及び糖分の変化. 柑橘研究. 9 : 35—48.
11. TANIMURA, T., Y. KASAI, and Z. TAMURA. 1972. Application of dicyclohexyl carbodiimide for determination of carboxylic acids. Chem. Pharm. Bull. 20(8) : 1845—1847.