

カンキツ類果汁酸度の種類間差異および酸濃度間,酸濃度- カリウム濃度間の関係

誌名	園藝學會雑誌
ISSN	00137626
著者	八巻, 良和
巻/号	56巻4号
掲載ページ	p. 457-469
発行年月	1988年3月

カンキツ類果汁酸度の種類間差異および酸濃度間、 酸濃度-カリウム濃度間の関係¹

八 卷 良 和

東京大学農学部附属農場二宮果樹園 259-01 神奈川県中郡二宮町

Differences in Juice Acidities of Citrus Species and Relationships among Acidities, and of Acidities to Potassium Concentration

Yoshikazu T. YAMAKI

*Experimental Orchard, Faculty of Agriculture, University of
Tokyo, Ninomiya, Naka-gun, Kanagawa 259-01*

Summary

Concentrations of total, free, and combined acids (hereinafter referred to as total acidity, free acidity and combined acidity, respectively) of juice in citrus fruits were determined in 90 samples from 72 citrus species. Potassium concentration of juice was determined in 76 samples from 63 species.

Total acidity and free acidity were similar to those reported previously in other literature, in fruits which were picked at nearly the same stage of maturity. Values obtained were above 60 mg/100 ml for "acid citrus species", 15~35 mg/100 ml for most "table use species", and below 2 me/100 ml for "acidless species".

The variation in combined acidity among species was small compared to the variation in total and free acidities. The higher the total acidity, the higher was the ratio of free acidity to total acidity.

According to these results, the relationship between total, free, and combined acidities and potassium concentration could be expressed as follows: Combined acidity has no correlation with total acidity, low correlation with free acidity, but high correlation with potassium concentration.

High correlation was found between total acidity (T) and free acidity (F), excluding the data of "acidless species". The linear regression line and the correlation coefficient were:

$$T=0.979 F+7.091 \quad (r=0.998)$$

Therefore, the value of free acidity can be used to estimate, with an allowable error, the total acidity in many citrus fruits.

緒 言

農産物、特にオレンジの輸入自由化に打ち勝つわが国のカンキツ生産の前提となるのは品質、特に食味の改善である。カンキツ果実において、食味を左右する主たる要因は果汁の酸濃度と糖濃度およびこれらの比である。食味にかかわる諸形質は気候、土壌など自然条件や栽培法などにも左右されるが、本質的な差は遺伝質に基づく。

現在のカンキツ育種は交雑育種に重点が置かれているが、カンキツ類の酸濃度の遺伝的背景についてはあまり顧みられていないようである。

果汁中の酸濃度のうち酸味と深い関係があるのは遊離酸濃度であるが、果汁中の酸濃度は、味覚上研究されるのみならず、生理学的観点からも研究されている。遊離酸濃度は全酸濃度と、全塩基に等量の酸(結合酸)との差であり、全酸濃度、陽イオン濃度のどちらの変動も影響を及ぼす。酸濃度を、全酸濃度、遊離酸濃度、および結合酸濃度の三つに分けてとらえた報告(6.7.11.13-18, 28)や、これら3種の酸濃度の種類間差異を調べた報告

¹ 1985年12月16日 受理

本報告の一部は昭和52年度園芸学会春季大会において口頭発表した。

Table 1. Citrus fruits grown at Okitsu².

Sample number	Common name ^y	Scientific name ^y	Sampling date ^x	Number of fruits used
1	Kusaie lime	<i>C. limonia</i> Osbeck (<i>f. Kusaie</i>)	Dec. 16, 1974 ²	16
2	Sweet lime	<i>C. limettioides</i> Tanaka	Mar. 25, 1974 ²	7
3	Eureka lemon	<i>C. limon</i> Burm. f. (<i>f. Eureka</i>)	Dec. 16, 1974 ²	10
4	Lisbon lemon	<i>C. limon</i> Burm. f. (<i>f. Lisbon</i>)	Dec. 16, 1974 ²	5
5	Sweet lemon	<i>C. limetta</i> Risso	Mar. 25, 1974 ²	10
6	Hirado-buntan	<i>C. grandis</i> Osbeck (<i>f. Hirado</i>)	Mar. 25, 1974 ³	3
7	Marsh seedless grapefruit	<i>C. paradisi</i> Macf. <i>f. Marsh seedless</i>	Mar. 25, 1974 ²	5
8	Kinukawa	<i>C. glaberrima</i> Hort. ex Tanaka	Mar. 25, 1974 ³	5
9	Uwa pomelo	<i>C. pseudoparadisi</i> Hort. ex Y. Tanaka	Dec. 16, 1974 ¹	6
10	Asahikan	<i>C. asahikan</i> Hort. ex Tanaka	Dec. 16, 1974 ¹	6
11	Sambökan	<i>C. sulcata</i> Takahishi	Mar. 25, 1974 ³	5
12	Standard sour orange	<i>C. aurantium</i> L.	Dec. 16, 1974 ¹	10
13	Trovita orange	<i>C. sinensis</i> Osbeck (<i>f. Trovita</i>)	Mar. 25, 1974 ³	11
14	Valencia orange	<i>C. sinensis</i> Osbeck (<i>f. Valencia</i>)	Mar. 25, 1974 ¹	10
15	Valencia orange	<i>C. sinensis</i> Osbeck (<i>f. Valencia</i>)	May 30, 1974 ²	12
16	Fukuhara orange	<i>C. sinensis</i> Osbeck (<i>f. Fukuhara</i>)	Mar. 25, 1974 ²	11
17	Funadoko	<i>C. funadoko</i> Hort. ex Y. Tanaka	Mar. 16, 1975 ²	20
18	Tankan	<i>C. tankan</i> Hayata	Mar. 16, 1975 ²	18
19	Miyauchi iyo	<i>C. iyo</i> Hort. ex Tanaka (<i>f. Miyauchi</i>)	Dec. 16, 1974 ²	10
20	Dweet tangor	<i>C. sinensis</i> × <i>tangerina</i>	Dec. 16, 1974 ¹	10
21	Yuzu	<i>C. junos</i> Sieb. ex Tanaka	Dec. 16, 1974 ²	11
22	Hanayu	<i>C. hanaju</i> Hort. ex Shirai	Dec. 16, 1974 ²	22
23	Yuko	<i>C. yuko</i> Hort. ex Tanaka	Dec. 16, 1974 ³	19
24	Kabosu	<i>C. sphaerocarpa</i> Hort. ex Tanaka	Mar. 25, 1974 ⁴	5
25	Kunenbo	<i>C. nobilis</i> Lour. var. <i>kunep.</i> Tanaka	Dec. 16, 1974 ¹	10
26	Yatsushiro	<i>C. yatsushiro</i> Hort. ex Tanaka	Dec. 16, 1974 ²	10
27	Ponkan	<i>C. reticulata</i> Blanco	Feb. 19, 1975 ³	22
28	Ihara ponkan	<i>C. reticulata</i> Blanco (<i>f. Ihara</i>)	Dec. 16, 1974 ²	12
29	Öbeni mikan	<i>C. tangerina</i> Hort. ex Tanaka (<i>f. Obenimikan</i>)	Dec. 16, 1974 ²	12
30	Dancy tangerine	<i>C. tangerina</i> Hort. ex Tanaka (<i>f. Dancy</i>)	Dec. 16, 1974 ²	14
31	Ji mikan	<i>C. succosa</i> Hort. ex Tanaka	Dec. 16, 1974 ¹	16
32	Kinokuni	<i>C. kinokuni</i> Hort. ex Tanaka	Dec. 16, 1974 ²	23
33	Kara mandarin	<i>C. unshiu</i> × <i>nobilis</i>	Mar. 25, 1974 ²	7
34	Minneola tangelo	<i>C. paradisi</i> × <i>tangerina</i>	Mar. 25, 1974 ²	11
35	Yalaha tangelo	<i>C. paradisi</i> × <i>tangerina</i>	Dec. 16, 1974 ¹	10
36	Kobayashi mikan	<i>C. natsudaidai</i> + <i>unshiu</i>	Mar. 25, 1974 ⁴	5
37	Rusk citrange	<i>C. sinensis</i> × <i>P. trifoliata</i>	Dec. 16, 1974 ⁵	22

² Okitsu Branch, Fruit Tree Research Station, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Shimizu, Shizuoka.

^y Common and scientific names were based on "The Citrus Industry, vol. I" and "Iconograph of Japanese Citrus Fruits, vols. I-III".

^x 1: Immature 2: Harvest season 3: Season of consumption 4: Overripe 5: Non-edible

が見られる(11, 14, 17, 28)が, 調査の範囲が数種・数品種に限られている。

あるカンキツの種・品種の果汁中酸濃度がカンキツ類全体の中でどのあたりに位置するのか, また, カンキツ類全体ではどの程度の変異があるかを把握することは, 酸濃度に関する育種に役立つ基礎的知見となると思われる。

そこで本報告では, わが国における主要なカンキツを中心に72種類を選び, 果汁の全酸, 遊離酸, および結合酸の濃度を比較するとともに, 酸濃度相互間の関係を検討した。また, 同一種内においてはカリウム濃度と結合酸濃度との間に高い相関があることが知られている(6, 7, 17)が, この相関関係を異なる種類間でも検討した。

Table 2. Citrus fruits grown in Izu².

Sample number	Common name ³	Scientific name ³	Sampling date [*]	Number of fruits used
38	Bergamot	<i>C. bergamia</i> Risso et Poiteau	Apr. 16, 1974 ⁴	6
39	Anseikan	<i>C. grandis</i> Osbeck var. <i>anseikan</i> Hort. ex Tanaka	Apr. 16, 1974 ³	3
40	Triumph	<i>C. paradisi</i> Macf. (<i>f. Triumph</i>)	Apr. 16, 1974 ²	6
41	Hassaku	<i>C. hassaku</i> Hort. ex Tanaka	Jan. 17, 1975 ²	30
42	Tengu	<i>C. tengu</i> Hort. ex Tanaka	Apr. 16, 1974 ²	3
43	Natsudaidai	<i>C. natsudaidai</i> Hayata	Mar. 17, 1975 ²	30
44	Natsudaidai	<i>C. natsudaidai</i> Hayata	Apr. 17, 1975 ²	30
45	Kawano natsudaidai	<i>C. natsudaidai</i> Hayata (<i>f. Kawano</i>)	Mar. 17, 1975 ²	30
46	Kawano natsudaidai	<i>C. natsudaidai</i> Hayata (<i>f. Kawano</i>)	Apr. 17, 1975 ²	30
47	Myrtle-leaf orange	<i>C. myrtifolia</i> Rafinesque	Apr. 16, 1974 ⁵	12
48	Rokugatsu mikan	<i>C. rokugatsu</i> Hort. ex Y. Tanaka	Apr. 16, 1974 ¹	12
49	Washington navel orange	<i>C. sinensis</i> Osbeck var. <i>brasiliensis</i> Tanaka	Dec. 17, 1975 ²	30
50	Malta SZ navel	<i>C. sinensis</i> Osbeck var. <i>brasiliensis</i> (<i>f. Malta SZ</i>)	Mar. 17, 1975 ⁴	3
51	Valencia orange	<i>C. sinensis</i> Osbeck (<i>f. Valencia</i>)	Jun. 21, 1972 ²	7
52	Fukuhara orange	<i>C. sinensis</i> Osbeck (<i>f. Fukuhara</i>)	Apr. 16, 1974 ²	6
53	Minō orange	<i>C. sinensis</i> Osbeck (<i>f. Mino</i>)	Apr. 16, 1974 ³	6
54	Minō orange	<i>C. sinensis</i> Osbeck (<i>f. Mino</i>)	Mar. 23, 1976 ³	6
55	Iyokan	<i>C. iyo</i> Hort. ex Tanaka	Mar. 17, 1975 ²	5
56	Hyuganatsu	<i>C. tamurana</i> Hort. ex Tanaka	Apr. 16, 1974 ²	8
57	Hyuganatsu	<i>C. tamurana</i> Hort. ex Tanaka	Jun. 21, 1972 ³	6
58	Orange hyuga	<i>C. tamurana</i> Hort. ex Tanaka (<i>f. Orange hyuga</i>)	Apr. 16, 1974 ²	9
59	Orange hyuga	<i>C. tamurana</i> Hort. ex Tanaka (<i>f. Orange hyuga</i>)	Jun. 21, 1974 ³	5
60	Ki mikan	<i>C. flaviculpus</i> Hort. ex Tanaka	Apr. 16, 1974 ²	12
61	Sudachi	<i>C. sudachi</i> Hort. ex Shirai	Dec. 17, 1974 ⁴	20
92	Mediterranean mandarin	<i>C. deliciosa</i> Tenore	Dec. 17, 1974 ²	12
63	Mediterranean mandarin	<i>C. deliciosa</i> Tenore	Mar. 17, 1975 ⁴	10
64	Ji mikan	<i>C. succosa</i> Hort. ex Tanaka	Mar. 17, 1975 ²	10
65	Kobenji mikan	<i>C. erythroa</i> Hort. ex Tanaka	Mar. 17, 1975 ³	11
66	Seedless kinokuni	<i>C. kinokuni</i> Hort. ex Tanaka (<i>f. Mukaku</i>)	Mar. 17, 1975 ⁴	10
67	Fremont	<i>C. clementina</i> × <i>reticulata</i>	Mar. 17, 1975 ⁴	5
68	Calamondin	<i>C. madurensis</i> Lour.	Apr. 16, 1974 ⁵	26
69	Meiwa kumquat	<i>F. crassifolia</i> Swingle	Apr. 16, 1974 ⁵	25
70	Changshou kumquat	<i>F. obovata</i> Tanaka	Apr. 16, 1974 ⁵	15

² Izu Branch, Shizuoka Prefectural Citrus Experiment Station, and commercial orchards in Naramoto (No.41, 49) and Inatori (No.43, 44), Higshi-Izu, Shizuoka.

³ Common and scientific names were based on "The Citrus Industry, vol. I" and "Iconograph of Japanese Citrus Fruits, vols. I-III".

^{*} Refer to Table 1.

材料および方法

1. 供試果実

第1表～第3表に掲げた72種類90点のカンキツ果実を調査した。調査果実は通常の収穫期に採取したが、一部は、店頭で販売されているものと、収穫後食用に供する時期まで貯蔵されたものを含めた。

ユーレカレモン、ユズ、ポンカンなど第1表に示した37点 (No. 1～37: 試料番号, 以下同様) を農林水産省果樹試験場興津支場より、川野なつたいだい、ヒュウガナ

ツなど第2表の29点 (No. 38～40, 42, 45～48, 50～70) を静岡県柑橘試験場伊豆分場より分譲を受け、ナツミカン (No. 43, 44) を東伊豆町稲取の生産園より、ハッサク (No. 41) およびワシントンネーブル (No. 49) を東伊豆町奈良本の生産園より購入した。尾張系ウンシュウミカンおよび宮川早生 (No. 46～89) は、東京大学農学部附属農場二宮果樹園のものを用いた。また、第3表に示したように、米国カリフォルニア産ユーレカレモン、フロリダ産マーシュグレープフルーツ、淡路島産ナルト、和

Table 3. Citrus fruits obtained at retail stores and Ninomiya²

Sample number	Common name ^y	Scientific name ^y	Sampling date ^x	Number of fruits used
71	Mexican lime	<i>C. aurantifolia</i> Swingle	Dec. 23, 1974 ³	6
72	Eureka lemon	<i>C. limon</i> Burm. f. (<i>f. Eureka</i>)	May 30, 1973 ³	6
73	Shaddock	<i>C. grandis</i> Osbeck	May 31, 1973 ³	6
74	Pummelo	<i>C. grandis</i> Osbeck	Jul. 3, 1973 ³	3
75	Kawachi-bankan	<i>C. kawachiensis</i> Hort. ex Y. Tanaka	Jun. 8, 1973 ³	6
76	Marsh seedless grapefruit	<i>C. paradisi</i> Macf. <i>f. Marsh seedless</i>	May 30, 1973 ³	6
77	Hassaku	<i>C. hassaku</i> Hort. ex Tanaka	Jan. 10, 1974 ³	6
78	Naruto	<i>C. medioglobosa</i> Hort. ex Tanaka	May 30, 1972 ³	6
79	Shin amanatsu	<i>C. natsudaidai</i> × <i>hassaku</i>	May 31, 1972 ³	6
80	Yuge-Hyōkan	<i>C. yuge-hyokan</i> Hort. ex Y. Tanaka	Jun. 8, 1973 ³	6
81	Sweet orange	<i>C. sinensis</i> Osbeck	Jul. 4, 1973 ³	6
82	Washington navel orange	<i>C. sinensis</i> Osbeck var. <i>brasiliensis</i> Tanaka	Jan. 9, 1974 ³	6
83	Shamouti orange	<i>C. sinensis</i> Osbeck <i>f. Jaffa</i>	Jun. 8, 1973 ³	6
84	Miyauchi iyo	<i>C. iyo</i> Hort. ex Tanaka <i>f. Miyauchi</i>	Jan. 9, 1973 ³	6
85	Sudachi	<i>C. sudachi</i> Hort. ex Shirai	Sep. 29, 1976 ³	12
86 ^z	Owari unshu	<i>C. unshiu</i> Marc. (<i>f. Owari</i>)	Dec. 2, 1971 ²	19
87 ^z	Owari unshu	<i>C. unshiu</i> Marc. (<i>f. Owari</i>)	Dec. 6, 1976 ²	15
88 ^z	Owari nushu	<i>C. unshiu</i> Marc. (<i>f. Owari</i>)	Dec. 7, 1972 ²	96
89 ^z	Miyagawa wase unshu	<i>C. unshiu</i> Marc. var. <i>praecox</i> Tanaka (<i>f. Miyagawa</i>)	Nov. 18, 1971 ²	12
90	Kumquat	<i>F. crassifolia</i> Swingle	Jan. 10, 1974 ³	23

² Experimental Orchard, Faculty of Agriculture, University of Tokyo, Ninomiya, Kanagawa.

^y Common and scientific names were based on "The Citrus Industry, vol. I" and "Iconograph of Japanese Citrus Fruits, vols. I-III".

^x Refer to Table 1.

歌山産スイートオレンジ、イスラエル産シャムーティオレンジ、徳島産スタダ、熊本産と思われるカワチバンカン、新あまなつ、およびユゲヒョウカン (No. 71, 72, 76, 78, 81, 83, 85, 75, 79, 80)のほか、産地不詳のカンキツ果実 (No. 73, 74, 77, 82, 84)は店頭で購入した。

果汁の酸濃度は結実位置により異なる(4, 19)ため、果実の収穫は地上 1.3~1.8 m の樹冠外縁部の各方位より行った。

2. 試料の調製

カンキツ果実は、果梗側と果頂側で(1, 2)、さらに外縁部と果心側で(25)果汁の酸濃度が異なるため、また、果汁が果皮に吸収されることを防ぐため、前報(28)同様の手順で各果実を凍結し、全果肉を代表するよう切片を調製後果肉を解凍して搾汁した。果実の小さいものについては全切片を用いた。なお、果実をいったん凍結させた後に電子レンジで解凍することにより生じる酸濃度の変化は、ユーレカレモン、マーシュグレープフルーツ、ウンシュウミカン、およびパレンシアオレンジについて調査した結果、冷凍しない新鮮果汁と比べ、全酸では測定値の約 0.2% 分、遊離酸では約 1.1% 分の低下が見

られたが、この差は本実験の目的から考えると無視し得ると思われる。

3. 酸の定量

酸の定量は崎山(13)の方法に従った。すなわち、果汁 2 ml を 1/10 規定の水酸化ナトリウム水溶液で滴定して遊離酸濃度を求め、50~100 メッシュの Dowex 50 W-X 12 陽イオン交換樹脂 (H⁺ 型) カラムに通したものを約 50 ml 数の洗浄液と共に滴定して全酸濃度を求めた。両酸濃度の差を結合酸濃度とした。これらはすべて果汁 100 ml 当りのミリグラム当量数で示した。なお、滴定は各試験につき 3 回以上反復し、平均値を求めた。

次に 1 果実の全果肉中に存在する酸の総量を求めた。その際、搾汁残渣中の酸の量を求めねばならない。垣内らによると残渣中には果汁酸度の約 1/2 の酸が含まれていることが知られている(8)。そこで、数種のカンキツ果実について搾汁残渣および搾汁液を遠心分離して得た沈澱物の酸濃度を測定した結果、いずれの果実においても、全酸濃度、遊離酸濃度とも果汁酸濃度の約 1/2 であった。そこで、垣内ら(8)同様、まず搾汁した果汁量に果汁の酸濃度を乗じてえられた値と、果皮および種子を除

Table 4. Fruit weight, pulp percentage, acidities and potassium concentration of juice of citrus fruits.

Sample number ^z	Fruit weight (g)	Pulp weight (%)	Acidity (me/100ml)				Potassium concn (me/100ml)
			Total (T)	Free (F)	Combined	F/T (%)	
1	62.1	71.0	89.0	83.5	5.5	93.9	4.17
2	65.0	58.8	6.3	1.3	5.0	21.0	—
3	130.3	55.0	93.6	89.7	3.9	95.9	4.95
4	109.5	54.1	93.5	85.2	8.3	91.1	4.55
5	76.1	76.3	4.6	1.1	3.5	24.9	—
6	679.0	66.2	28.1	20.1	8.0	71.4	5.40
7	254.0	67.2	40.5	33.6	6.9	82.9	5.40
8	255.1	58.4	17.3	9.4	7.9	54.5	5.29
9	403.9	58.2	34.4	26.4	8.0	76.8	6.16
10	305.3	61.2	52.4	46.4	6.0	88.6	4.35
11	242.8	56.2	21.7	13.1	8.6	60.4	5.52
12	161.9	50.4	69.7	64.3	5.4	92.2	5.01
13	106.7	69.4	24.4	16.4	8.0	67.1	—
14	97.5	73.8	49.4	41.0	8.4	83.0	6.24
15	108.1	68.2	22.6	14.3	8.3	63.4	—
16	94.6	68.7	31.5	23.6	8.0	74.7	6.16
17	119.7	71.5	43.9	36.1	7.8	82.3	6.06
18	61.5	71.4	20.4	11.0	9.4	53.8	6.57
19	218.2	70.0	32.9	25.0	8.0	75.8	5.50
20	215.1	74.0	26.3	20.7	5.5	79.0	4.27
21	94.5	49.0	75.9	68.2	7.7	89.9	7.31
22	47.7	50.3	91.7	84.0	7.7	91.6	6.52
23	69.9	64.5	66.3	61.0	5.3	92.0	4.55
24	171.7	48.8	41.2	33.3	7.9	80.9	5.40
25	133.8	67.4	23.0	16.7	6.2	72.8	4.58
26	84.0	72.0	24.5	18.3	6.2	74.5	4.55
27	99.7	59.9	18.0	9.1	8.9	50.7	6.16
28	112.6	73.2	19.0	11.9	7.2	62.4	4.76
29	60.0	74.6	28.8	22.1	6.7	76.8	4.35
30	38.6	71.1	48.5	41.0	7.5	84.5	5.65
31	50.8	83.8	29.7	20.2	9.5	68.0	5.17
32	32.6	72.5	20.4	11.5	8.8	56.6	6.24
33	101.9	73.0	33.6	24.4	9.2	72.7	5.27
34	71.5	69.3	48.6	38.8	9.8	79.8	6.96
35	141.6	69.1	38.4	31.5	7.0	81.9	5.50
36	290.7	64.0	25.7	17.3	8.4	67.4	5.81
37	19.6	66.7	72.0	64.7	7.3	89.9	5.12
38	157.2	71.3	71.2	64.3	6.9	90.3	4.88
39	606.7	48.2	22.4	15.0	7.4	67.0	4.63
40	151.3	46.5	32.3	25.2	7.0	78.2	5.60
41	239.2	60.6	28.5	21.4	7.1	75.0	5.29
42	233.8	60.1	31.6	22.6	9.0	71.4	7.62
43	290.2	63.2	46.5	39.8	6.7	85.6	4.83
44	343.0	57.4	39.8	33.1	6.7	83.1	4.76
45	304.9	61.6	29.4	22.6	6.8	76.8	4.68
46	349.7	55.8	25.3	18.9	6.3	75.0	4.63
47	38.3	46.1	12.4	5.6	6.8	45.3	5.45
48	65.0	40.5	38.0	29.2	8.8	76.8	6.24
49	208.9	73.5	27.9	21.4	6.5	76.7	4.02
50	233.5	76.4	16.0	8.5	7.5	52.9	5.60
51	122.4	72.6	13.9	7.2	6.7	51.8	—

Table 4.

Sample number ²	Fruit weight (g)	Pulp weight (%)	Acidity (me/100ml)				Potassium concn (me/100ml)
			Total (T)	Free (F)	Combined	F/T (%)	
52	110.6	54.9	21.6	14.2	7.4	65.8	5.52
53	141.4	69.5	6.7	1.0	5.7	15.3	4.96
54	100.2	68.5	6.1	0.7	5.4	12.1	4.73
55	184.5	58.7	35.2	26.4	8.7	75.1	6.65
56	156.3	50.3	37.4	28.7	8.8	76.6	6.70
57	184.3	58.5	17.7	12.9	4.8	72.8	3.91
58	148.8	53.3	34.4	26.2	8.2	76.1	6.55
59	197.4	58.2	18.0	12.0	6.0	66.6	5.42
60	73.5	66.6	30.8	23.2	7.6	75.3	5.22
61	18.7	72.0	68.2	63.0	5.2	92.3	3.99
62	36.7	84.4	34.4	26.9	7.5	78.1	5.40
63	35.2	74.0	26.4	16.0	10.4	60.7	6.78
64	50.3	79.4	20.1	10.8	9.3	53.8	6.27
65	40.7	65.5	18.4	8.1	10.4	43.7	6.73
66	23.7	66.4	17.7	7.0	10.8	39.3	7.19
67	119.0	67.9	18.9	11.5	7.4	61.0	5.29
68	12.3	60.2	93.5	86.4	7.1	92.4	5.68
69	13.3	42.5	21.9	14.6	7.3	66.5	—
70	34.4	45.0	60.9	52.0	8.9	85.3	5.12
71	69.6	74.6	103.4	98.5	4.9	95.2	—
72	107.7	66.9	108.4	104.2	4.2	96.1	3.27
73	653.3	51.5	15.2	7.5	7.7	49.2	5.70
74	443.9	51.7	18.8	11.8	7.0	62.8	6.57
75	517.4	55.5	19.8	13.7	6.1	69.2	5.37
76	394.9	71.9	20.4	14.9	5.6	72.6	3.68
77	270.0	71.6	34.3	29.3	5.0	85.5	4.88
78	269.4	58.7	26.6	20.5	6.1	76.9	5.32
79	215.1	67.2	24.7	17.1	7.6	69.2	—
80	325.8	57.9	21.8	14.2	7.6	65.4	5.93
81	172.9	70.9	15.4	7.9	7.5	51.2	5.88
82	198.3	66.7	19.5	13.6	6.0	69.5	4.17
83	224.9	59.3	15.6	10.3	5.3	65.7	—
84	236.5	67.9	32.0	22.6	9.4	70.7	5.68
85	37.0	71.9	71.6	67.1	4.6	92.6	3.50
86	115.2	64.4	21.7	15.1	6.6	69.7	—
87	102.2	72.5	21.4	15.4	5.9	72.2	—
88	102.6	72.3	21.5	15.5	6.0	72.0	—
89	129.3	70.9	20.6	16.0	4.6	77.6	—
90	9.7	31.9	20.8	12.5	8.3	59.1	—

² Refer to Tables 1—3.

いた果肉重に果汁の酸濃度を乗じて求められた値の両者を平均した値で表した。

4. カリウム濃度の測定

カリウム濃度は、果汁を稀釈し、炎光分析法により求め、果汁 100 ml 中のミリグラム当量数で表示した。測定は 3 回以上反復して行い、平均値を求めた。

結果および考察

Tanaka(21) は、カンキツ属を交雑種、各品種の系統

を除いても 145 種に分類し、その後 159 種に分類している(5)が、本報告での供試果実は、成熟期に収穫し、加工せずに生のまま食用に供する生食用品種を中心に、未熟うちに収穫し、果汁の酸味などを利用する香酸カンキツ、通常食用に供せず観賞用あるいは台木として用いる種類やキンカン類も含め、交雑種、品種の系統も合わせて 72 種類である。したがって、カンキツ類全般にわたる調査とはいえないものの、カンキツ属およびキンカン属

にわたる酸濃度について、生食用カンキツ類、および香酸カンキツの主要な種類の酸濃度の特性を酸の存在形態との関連で論じた。

1. 酸濃度の比較

1) 遊離酸濃度および全酸濃度 同一種・品種のカンキツ果実であっても、その果汁の酸濃度は、果実の採取時期、生産地の気象および土壌条件、栽培技術など多くの要因の影響を受けて変動するため、個々の文献の測定値をそのまま比較することには意味の無い場合もある。しかし、第4表に掲げられた今回得られた測定値を同一地域で生産された果実について他の文献中の測定値と比較したところ、以下に述べる傾向が得られた。すなわち、果樹試験場興津支場産のアサヒカン (No. 10)、バレンシアオレンジ (No. 14)、および小林ミカン (No. 36) のいずれの遊離酸濃度とも山田・西浦(26, 27)の報告したこれらの種類での年次変化の変動幅内に分布した。他の9種類では、今回の値の方が低い傾向にあり、その差は測定値の6—33%であった。

同じく興津産のカンキツについての高田の報告(20)中の遊離酸濃度との比較ではクネンボ (No. 25) で今回の測定値の方が46%高く、キンシュウ (No. 32)、およびサンボウカン (No. 11) で33—45%低い例もあったが、他の7点では文献値の18%以内の差であった。

今回測定した異なる産地の果実についても、遊離酸濃度は、市販のハッサク (No. 77)、伊豆産のイヨカン (No. 55) では高田(20)、山田・西浦(26, 27)の測定値と一致したほか、伊豆産の過熱と思われる無核紀州 (No. 66) を除く11種類14点はいずれも30%未満の差であった。

ナツミカンなど7種類については久保田ら(11)と比較して、産地が異なるにもかかわらず、採取時期がほぼ同じ3月採取のナツミカン (No. 43) と川野なつたいたい (No. 45) では全酸濃度、遊離酸濃度ともほぼ等しかった。採取時期の異なるものに関しては、採取時期の早い方が全酸濃度、遊離酸濃度とも高かった。

米国カリフォルニア産のオレンジ(13, 18)、グレープフルーツ(15)、レモン(16)との比較でも、今回測定したこれらの品種群の果汁の遊離酸濃度は一致した。

ウンシュウミカン (No. 86—88)、ワセウンシュウ (No. 89) の全酸濃度、遊離酸濃度とも垣内・荒木(6)、高田(20)の測定値と一致した。

香酸カンキツに関する沢村・楠瀬(14)の文献値との比較では、全酸濃度、遊離酸濃度ともスダチ (No. 61, 85) ではほぼ等しく、ワセウンシュウ (No. 89) では今回の方が高く、ダイダイ (No. 12)、ユズ (No. 21)、およびユ

コウ (No. 23) では今回の方が低かったが、その差は測定値の31%以下であった。

遊離酸濃度の年次間差が、木原ら(10)、山田・西浦(26, 27)の文献値で測定値の10数%~40数%に及ぶことを考えると、今回の測定値がとくにかけ離れているとは言えないと思われる。

Kefford(9)によると品種群内の遊離酸濃度の変異の幅は、クエン酸%表示で、スイートオレンジ類は0.4~2.0、ダイダイ類は1.0~5.0、ミカン類は0.3~1.5、グレープフルーツ類は0.5~2.7、レモン類は4.0~9.0、ライム類は4.0~8.8となっており、生食用カンキツ類で測定値の中央値の±67~69%程度、香酸カンキツで38~67%程度の変異があることになるため、今回の測定値は観賞用のマートルリーフオレンジ (No. 47) と未熟なチチュウカイマンダリン (No. 62) を除くといずれもこの範囲内に収まっている。

以上、今回の測定結果は、2点の例外を除き、文献上の測定値から極端に外れておらず、品種群間および用途別の大きな傾向をつかむにはさしつかえないといえよう。

果汁の遊離酸濃度は第4表に示したように、興津産の果実では試料番号No. 24の過熱なカボスを除いた場合、ユーレカレモン、リスボンレモン、ハナユ、クサイライム、ユズ、ダイダイ、およびユコウといった、いわゆる香酸カンキツ (No. 1, 3, 4, 12, 21~23) の遊離酸濃度が60 me/100 ml 以上と高かった。それに対し、平戸ブタン、アサヒカン、バレンシアオレンジ、ポンカンなどの生食用カンキツ類 (No. 6~11, 13~20, 25~36) では、9.4~46.3 me/100 ml の範囲であった。また、スイートライム (No. 2) とスイートレモン (No. 5) は遊離酸濃度が極めて低く、ユーレカレモン (No. 3) の約1%に過ぎなかった。

稲取と奈良本を含む東伊豆町 (以下伊豆と略記) 産の果実では、ベルガモット、スダチ、シキキツ、チョウジュキンカンといった香酸カンキツや食用としないもの (No. 38, 61, 68, 70) で50 me/100 ml 以上で、ナツミカン、バレンシアオレンジ、ヒュウガナツなどの生食用カンキツ類 (No. 39~46, 48~52, 55~60, 62~67, 69) の7.0~39.8 me/100 ml と比べて極めて高かった。無酸オレンジの一種である水縄オレンジ (No. 53, 54) の遊離酸濃度は極端に低く、シキキツ (No. 68) の約1%に過ぎなかった。

二宮産および市販の果実でも、香酸カンキツのライム、ユーレカレモン、およびスダチ (No. 71, 72, 85) で遊離酸濃度が67.1~104.2 me/100 ml と、ブタン、マ

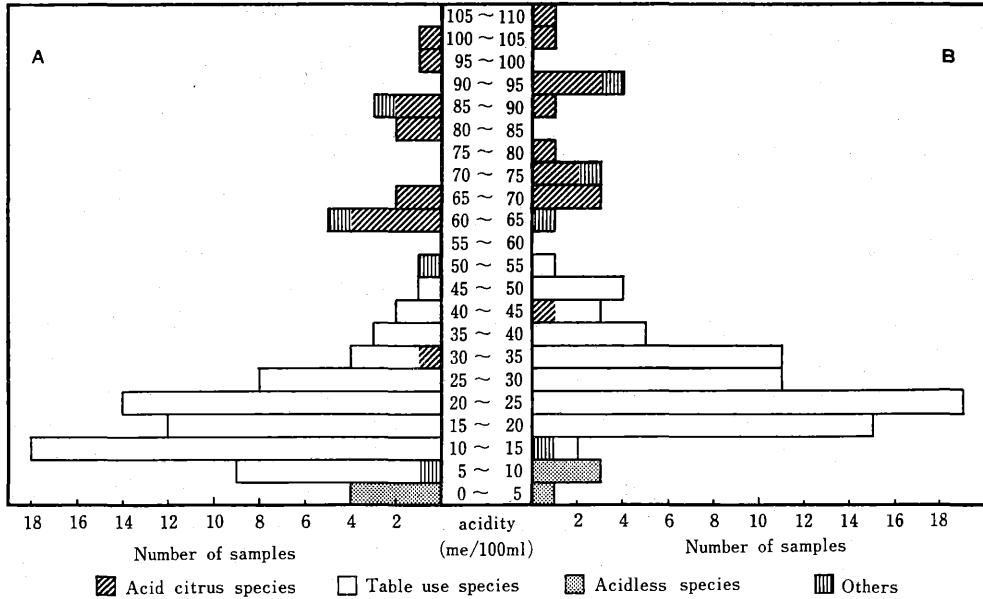


Fig. 1. Classification of citrus samples depending on free (A) and total acidities (B) of juice.

ージュグレープフルーツ、ハッサク、イヨカン、ウンシュウミカンなど生食用カンキツ類 (No. 73~84, 86~90) の 7.0~29.3 me/100 ml と比較して極めて高かった。

今回測定した72種類90点についての遊離酸濃度の 5 me/100 ml ごとの出現頻度分布図は、第1図Aに示したようであるが、60 me/100 ml 以上の高い範囲は香酸カンキツ (No. 1, 3, 4, 12, 21~23, 38, 61, 71, 72, 85) および生食用とされないものに限られ、生食用カンキツ類 (No. 6~11, 13~20, 25~36, 39~46, 48~52, 55~60, 62~67, 73~84, 85~89) はいずれも 5~50 me/100 ml であった。

カンキツ類を同類ごとに、ライム類、レモン、プンタンおよびグレープフルーツ、プンタン雑種、スイートオレンジ、タンゴール、ユズ近縁種、ミカン類にまとめて見ると、香酸カンキツのライム類、レモン類、およびユズ近縁種では遊離酸濃度が生食用の他のグループより明らかに高く、過熟なカボス (No. 24) を除けば、香酸カンキツと生食用カンキツ類との間には明らかな差が認められた。出現頻度が最も高かったのはウンシュウミカン (No. 86~89) の遊離酸濃度 (15.1~16.0 me/100 ml) より1階級低い 10~15 me/100 ml の範囲であり、次に多かったのは 20~25 me/100 ml の範囲であった。スイートライム (No. 2; 1.3 me/100 ml)、スイートレモン (No. 5; 1.1 me/100 ml)、および水縄オレンジ (No. 53, 54; 0.7~1.0 me/100 ml) の遊離酸濃度は他より明らかに低かった。

全般濃度の種類間差異には第4表に示したように、遊離酸濃度と酷似した傾向が認められた。すなわち、興津産の果実ではユーレカレモン (No. 3) が最高値を示し、香酸カンキツは生食用カンキツ類より著しく高く、スイートライム (No. 2) とスイートレモン (No. 5) で著しく低かった。伊豆産の果実でも、ベルガモットやスタチといった香酸カンキツで 60.9~93.5 me/100 ml と著しく高く、一部の雑柑 (No. 6, 7) で 40 me/100 ml 程度と他の生食用カンキツ類より高く、最低値をとったのは水縄オレンジ (No. 54) であった。市販の果実および二宮産の果実でも香酸カンキツの全酸濃度が生食用カンキツ類より著しく高かった。

全酸濃度を 5 me/100 ml ごとに区分し、区分ごとの出現頻度分布を見ると、第1図Bに示したように、60 me/100 ml 以上の高濃度領域は、香酸カンキツおよび非生食用のもので占められた。生食用カンキツ類はいずれも全酸濃度が 55 me/100 ml 未満で、香酸カンキツとの間には明らかな差が認められた。最も分布の多かったのは、ウンシュウミカン (No. 86~88) の全酸濃度と同程度の 20~25 me/100 ml で、これより1階級低い 15~20 me/100 ml がこれに続いた。スイートライム (No. 2; 6.3 me/100 ml)、スイートレモン (No. 5; 4.6 me/100 ml)、および水縄オレンジ (No. 53, 54; 6.1~6.7 me/100 ml) の全酸濃度は他の種類より明らかに低く、これら一連の種類を本文では以後“無酸カンキツ”と称することにす

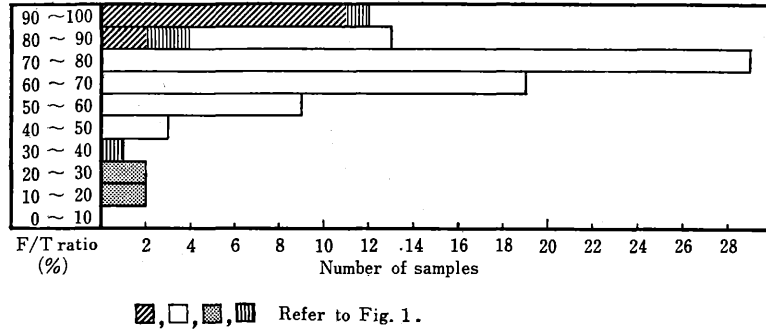


Fig. 2. Classification of citrus fruits depending on ratio of free acidity to total acidity (F/T).

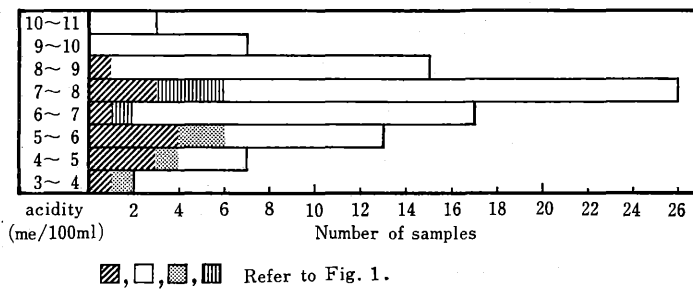


Fig. 3. Classification of citrus fruits depending on combined acidity of juice.

る。

2) 全酸中に占める遊離酸の割合 遊離酸の全酸中に占める割合(以下、遊離酸率という)は、いずれの産地の果実においても、全酸濃度の高いものほど高い傾向が認められた。すなわち、第2図に示すように、香酸カンキツのほとんど(No. 1, 3, 4, 12, 22, 23, 38, 61, 68, 71, 72)で遊離酸率が90%以上と極めて高く、生食用カンキツの遊離酸率39.3~88.6%の範囲内には香酸カンキツは認められなかった(第4表)。なお、“無酸カンキツ”の遊離酸率は12.1~24.9%と著しく低かった。

カンキツ果汁の遊離酸率の報告例として、ユールカレモンおよびリスボンレモン(16)、グレープフルーツ(17)、バレンシアオレンジ(15, 18)、ネーブルオレンジ(15)があげられるが、それについての今回の測定結果はいずれも数%低い傾向にあったが、種類間または品種群間の差に比べれば小さかった。

遊離酸率は全酸濃度の高いものほど高い傾向にあったが、これは一般に全酸濃度が高く、種類間差異が大きかったのに対し、以下に述べるように、結合酸濃度は小さく、種類間差異が小さかったための当然の結果である。

3) 結合酸濃度 結合酸濃度は、興津産の果実で3.5~9.8 me/100 ml、伊豆産の果実で4.8~10.8 me/100

ml、二宮産および市販の果実で4.2~9.4 me/100 ml を越えるものは3種類(No. 63, 65, 66)しかなく、全酸濃度(4.6~108.4 me/100 ml)や遊離酸濃度(0.7~104.2 me/100 ml)と比べて著しく値が低いとともに、種類間差異も小さかった(第4表)。

結合酸濃度に関しては、香酸カンキツ、生食用カンキツ類、および“無酸カンキツ”の間に一定の傾向は認められなかった(第3図)。

結合酸濃度は、ユールカレモン(No. 3, 72)ではいずれもSinclairとEny(16)の測定範囲内であったが、同氏ら(17)の測定値よりは15~30%高かった。リスボンレモン(No. 4)では同氏ら(16)の2.4~3.0倍と著しく高かったが、これは値が小さいために少しの濃度差でも大きな比率になるからである。

市販のマーシュグレープフルーツ(No. 76)はSinclairとEny(17)中のデータの平均値とほぼ一致し、興津産のマーシュグレープフルーツ(No. 7)と伊豆産のトライアンフ(No. 40)は未熟なグレープフルーツに相当した。

興津産のサンボウカン(No. 11)、フナドコ(No. 17)、伊豆産のハッサク(No. 41)、ナツミカン(No. 43, 44)、川野なつただい(No. 45, 46)、ヒュウガナツ(No.

Table 5. Relationships between acidities and potassium concentrations of citrus juice.

	Free acidity ^z (F)	Combined acidity ^y	F/T ^z	Potassium concn ^y
Total acidity (T)	0.998***	-0.176	0.768***	0.192
Free acidity (F)		-0.237*	0.767***	-0.236*
Combined acidity			-0.139	0.765***
F/T %				-0.271*

^z Correlation for 90 samples.^y Correlation for 76 samples.

* Significant at 5% level.

*** Significant at 0.1% level.

Table 6. Relationships between total acidity and free acidity of juice of citrus fruits.

Variety groups	Sample number	n ^z	Linear regression line	Correlation coefficient
Limes	1, 38, 71	3	T=0.942F+10.562	1.000*
Lemons	3, 4, 72	3	T=0.845F+19.905	0.975
Pummelos & Grapefruits	6-10, 39-42, 73-77	14	T=0.970F+7.685	0.995***
Pummelo hybrids	11, 43-46, 78-80	8	T=0.957F-8.022	0.997***
Sweet oranges	13-16, 49-52, 81-83	11	T=1.045F+6.511	0.996***
Tangors	17-20, 55-60, 84	11	T=1.073F+6.023	0.985***
Yuzus	21-24, 61, 85	6	T=0.990F+7.030	0.996***
Mandarins	25-33, 62-67, 86-89	19	T=0.946F+8.747	0.975***
Acid citrus species	1, 3, 4, 20-24, 38, 61, 71, 72, 85	12	T=0.970F+8.123	0.997***
Table use species	6-11, 13-20, 24-36, 39-46, 48-52, 55-60, 62-67, 69, 73 -84, 86-90	69	T=0.995F+7.601	0.989***
Acidless species	2, 5, 53, 54	4	T=-0.505F+6.481	-0.134
All samples excluding acidless species	1-90, excluding 2, 5, 53, 54	86	T=0.979F+7.901	0.998***

^z Number of replicates.

* Significant at 5% level.

*** Significant at 0.1% level.

56), および市販のハッサク (No. 58) の結合酸濃度は久保田ら(10)の測定値の 98~144% であった。

ネーブル (No. 49, 82) およびバレンシアオレンジ (No. 14, 15, 51) はいずれの試料でも Sinclair ら(15)や Sinclair と Eny(17), Sinclair と Ramsey(18) の測定値の 1.3~1.5 倍および 1.3~2.2 倍であった。

今回の測定値と文献値との差は、比で表すと 3 倍に達するほど大きい例もあったが、その値の差は最高でも 5.5 me/100 ml, 平均 1.6 me/100 ml と小さく、結合酸濃度の変異は全酸濃度や遊離酸濃度に比べて極めて小さいと言える。

2. カリウム濃度

果汁のカリウム濃度は、第 4 表に示したように、興津産の果実はユズ (No. 21) の 7.31 me/100 ml が最高値であり、クサイライム (No. 1) の 4.17 me/100 ml が最低値であった。また、香酸カンキツ、生食用カンキツ類、および“無酸カンキツ”の 3 群の間に差は認められなかった。伊豆産の果実ではテング (No. 42) の 7.62 me/100 ml が最高値であり、収穫後約 2 ヶ月間貯蔵したヒュ

ウガナツ (No. 57) の 3.91 me/100 ml が最低値であり、3 群の間にカリウム濃度の差は認められなかった。しかし、市販の果実では、ブント (No. 74) の 6.57 me/100 ml が最高値で、ユレカレモン (No. 72) の 3.27 me/100 ml が最低値であり、香酸カンキツのカリウム濃度が低い傾向があった。

3. 各濃度およびカリウム濃度間の相関関係

全酸濃度と遊離酸濃度との間には、第 5 表に示すように、 $r=0.998\dots$ (…: 0.1% レベルで有意。以下同様) の極めて高い相関関係が認められた。結合酸濃度の種類間差が小さいため、結合酸濃度 (C) に種類間差が無いと仮定すると、全酸濃度 (T) と遊離酸濃度 (F) の間に

$$T=F+A \quad (A:C \text{ に替わる定数})$$

の関係が成立するはずである。ところが、結合酸濃度にわずかながら種類間差が存在するため、

$$T=0.985F+7.590$$

と、F に係数が付いた。

分類上近縁のものを一つの品種群としてまとめた場

合、第6表上段に示したように、前報(28)同様、遊離酸濃度に1に近い係数を乗じ、結合酸濃度に相当する定数項を加えることにより全酸濃度を近似的に求めることができた。

用途別に分類した場合を第6表下段に示したが、“無酸カンキツ”を例外として除けば、ここでも同様の傾向が認められた。

前報(28)の品種ごと、今回の品種群、用途ごとに分類して得た回帰直線は、“無酸カンキツ”は例外として除くと係数は0.845~1.199と、いずれも1に近いものであった。定数項は3.699~19.905とかなりの変異があったが、品種ごと(28)、品種群ごと、あるいは用途ごとにまとめた果汁酸濃度の範囲内では“無酸カンキツ”を除く69種類86点による回帰直線

$$T=0.979F+7.901 \quad r=0.988$$

とほぼ一致した。以上から、その品種、あるいは品種群による回帰式が無くても、この式により遊離酸濃度のみのデータから全酸濃度をかなり小さな誤差で推定可能と思われる。

遊離酸率は全酸濃度および遊離酸濃度と高い相関が認められた。

結合酸濃度は全酸濃度および遊離酸濃度と相関が認められなかった。

垣内・荒木(7)よるとナツダイダイ、川野なつたいたい、福原オレンジではカリウム濃度は品種間差が大きく、遊離酸含量(濃度)の低いものほど高かった。他方、同氏ら(6)はウンシュウミカンではカリウム濃度と遊離酸濃度の間の相関関係は $r=-0.491$ であり、期待したほどではないとしている。今回の63種類76点に関しては、 $r=-0.236$ で、垣内・荒木(6,7)の同一品種の場合と異なり、相関係数は低かった。

垣内・荒木(6)はウンシュウミカンでカリウム濃度と結合酸濃度間に $r=0.810$ の相関係数を認めているが、今回は異なる種類間においても $r=0.760$ の相関係数が得られた。果汁中の主な陽イオンとしては、カリウム、ナトリウム、カルシウム、マグネシウムがあるが、カリウムの占める割合は60~70%(17)または70%以上(6)と報告され、カリウム濃度と結合酸濃度との相関が高いのは当然とも言える。

カリウム濃度と全酸濃度とは相関関係が認められなかった。

以上、カンキツ類の多くの品種間においても結合酸濃度とカリウム濃度との間に高い相関が、全酸濃度と遊離酸濃度の間に極めて高い相関関係が認められ、“無酸カンキツ”を除けば、前報(28)で述べたような個々の品

種毎の一次回帰式を求めなくとも、

$$T=0.979F+7.901$$

を用いれば遊離酸濃度の測定値から全酸濃度の値をかなり小さな誤差で推定し得ることが明らかとなった。これにより必要な場合には過去の遊離酸濃度のみの文献やデータからも全酸濃度の推定が小さな誤差の範囲内で可能と思われる。

4. 1 果実の果肉中に含まれる酸の総量

1) 全酸含量 興津産の果実の全酸含量は、果実重量が最大で果肉が最も重かった平戸ブタン(No.6)を筆頭に、果実の大きかったウワボメロ(No.9)、アサヒカン(No.10)、マーシュグレープフルーツ(No.7)で含量が多かった。また、酸濃度が高かったユーレカレモン(No.3)やダイダイ(No.12)でも含量が多く、香酸カンキツと生食用カンキツ類の間には差が認められなかった。全酸含量の最も少なかったのはスイートライム(No.2)で、平戸ブタン(No.6)の2%に過ぎず、“無酸カンキツ”は明らかに他のものより少なかった。伊豆産の果実では、果実がやや大きく酸濃度がやや高いナツミカン(No.43)の全酸含量が最も多く、果実重が最大のアンセイカン(No.39)や酸濃度がより高いシキキツ(No.68)、ベルガモット(No.38)、スダチ(No.61)などより多かった。全酸含量が最も少なかったのは果実が最小のネイハキンカン(No.69)であり、ナツミカン(No.43)の約1%に過ぎなかった。興津産の果実同様、香酸カンキツと生食用カンキツ類の間には全酸含量の差が認められず、“無酸カンキツ”で明らかに少なかった。市販の果実と二宮産の果実を一まとめにしてみると、全酸濃度が最高値であったユーレカレモン(No.72)の全酸含量がもっとも多く、酸濃度がやや高く果実重が中庸のハッサク(No.77)、果実の大きいワチパンカン(No.75)とマーシュグレープフルーツ(No.76)などがこれに続いた。最少値を示したのは果実が最少であったキンカン(No.90)で、ユーレカレモン(No.72)の1%に満たなかった。香酸カンキツと生食用カンキツ類の間に全酸含量の差は認められなかった。

2) 遊離酸含量 興津産の果実では全酸含量の場合と同様の傾向にあり、“無酸カンキツ”で著しく少なかった。伊豆産の果実では水縄オレンジ(No.53,54)の遊離酸含量が最小値を示したほかは全酸含量の場合に類似していた。市販および二宮産のものは全酸含量の場合によく似ていた。

3) 結合酸含量 産地にかかわらず、生食用カンキツ類で多く、香酸カンキツで少ない傾向が見られたが、有意差が認められたのは市販の果実においてのみであっ

Table 7. Multiple regression lines of acid content of pulp per fruit to pulp weight and acidity of juice.

Acid content	Multiple regression line	r ²	F value
T _c =	0.227 P _{wt} +0.483T-14.445	0.852	250.49***
F _c =	0.166 P _{wt} +0.479F-10.588	0.790	163.29***
C _c =	0.061 P _{wt} +0.594C-4.526	0.973	1585.85***
T _c =	0.191 P _{wt} + 6.457	0.562	113.00***
F _c =	0.131 P _{wt} + 6.625	0.373	52.39***
C _c =	0.060 P _{wt} - 0.154	0.940	1385.51***
T _c =	0.282T+16.246	0.106	10.43***
F _c =	0.340F+10.583	0.223	25.27***
C _c =	0.280C+4.031	0.007	0.66

T_c: Total acid content of pulp per fruit.

F_c: Free acid content of pulp per fruit.

C_c: Combined acid content of pulp per fruit.

P_{wt}: Pulp weight (g).

T: Total acidity of juice.

F: Free acidity of juice.

C: Combined acidity of juice.

た。

垣内ら(8)の報告中に、ウンシュウミカンおよびワセウンシュウについて1果実の果肉中の遊離酸の総量の測定例がみられるが、今回の測定結果はウンシュウミカンではほぼ等しく、ワセウンシュウでは約40%多かった。これは、ウンシュウミカンでは双方の果肉重量、果汁酸濃度とも大差なく、ワセウンシュウでは果汁酸濃度には大差がないものの、今回の方が果実が大きく、果肉重量で約23%、果汁量で約36%多かったためと考えられる。

果肉重量と果汁酸濃度を独立変数とし、酸の総量を従属変数として重相関を調べたところ、第7表上段に示したように高い相関が認められた。果肉重量と果汁酸濃度のどちらが酸の総量の変動に及ぼす寄与度が高いかを調べたのが第7表中・下段であるが、結合酸の総量に対する果肉重の寄与と、遊離酸の総量に対する果肉重および遊離酸濃度の寄与が大きいと認められた。全酸濃度の変異は大きいにも拘らず全酸の総量に対する全酸濃度の寄与は小さく、結合酸濃度の変異は小さいために結合酸の総量に対する結合酸濃度の寄与は全く認められなかった。

摘 要

72種類90点のカンキツ果実について、果汁の全酸濃度、遊離酸濃度、および結合酸濃度を測定し、種類間差異を検討するとともに、相互間の相関関係を検討した。

全酸濃度と遊離酸濃度は他の文献値との比較において、ほぼ同時期に採取した果実では、産地の異なるもの

においても大多数の試料において年次間差の範囲内であり、全てを一まとめにして論じても差し支えないと考えられた。全酸濃度と遊離酸濃度では、香酸カンキツ、生食用カンキツ類、および“無酸カンキツ”の間には明瞭な区切りがあった。

抽出法が大きく変わらない範囲において、結合酸濃度も他の文献値と一致するか、差があってもわずかであった。結合酸濃度は全酸濃度や遊離酸濃度とくらべて著しく低く、種類間差異は小さかった。このため、品種群ごと、用途ごとにデータをまとめてみると、“無酸カンキツ”を除けばいずれの品種群、用途のカンキツにおいても全酸濃度と遊離酸濃度の間には著しく高い相関関係が認められ、それぞれについて求められた一次回帰式により、測定が最も簡便な遊離酸濃度の測定値から全酸濃度を小さな誤差で推定できると考えられた。さらに、品種群、用途ごとの回帰式はその酸濃度の範囲で、“無酸カンキツ”を除く全試料による回帰式とほぼ一致したため、後者により遊離酸濃度の測定値から全酸濃度の推定が小さな誤差で可能と考えられた。

1果実あたりの果肉中の酸の総量は、全酸濃度、遊離酸濃度、結合酸濃度のいずれにおいても果肉重量の及ぼす寄与度が果汁酸濃度の寄与度を上回った。

謝 辞 本稿をまとめるにあたり、御指導を賜った東京大学名誉教授岩田正利先生、御助言を頂いた佐藤幹夫前教授、および農林水産省農業生物資源研究所梶浦一郎氏に深謝の念を表す。また、試料の入手に当たり、便宜を図って下さった果樹試験場興津支場、静岡県柑橘試験場伊豆分場に感謝の念を表す。

引用文献

- BARTHOLOMEW, E. T. and W. B. SINCLAIR. 1941. Unequal distribution of soluble solids in the pulp of citrus fruits. *Plant Physiol.* 16: 293-312.
- HAAS, A. R. C. and L. J. KLOTS. 1935. Physiological gradients in citrus fruits. *Hilgardia* 9: 181-217.
- HODGSON, R. W. 1967. Horticultural varieties of citrus. p. 431-611. In: W. REUTHER, L. D. BATCHELOR, and H. J. WEBBER (eds.) *The Citrus Industry*. (Revised ed.)
- 岩垣 功・工藤和典. 1977. 温州ミカンの樹形に関する研究. 第4報. 着果位置と品質との関係. *四国農試報.* 30: 17-23.
- 岩政正男. 1976. 柑橘の品種. p. 19-40. 静岡連. 静岡.
- 垣内典夫・荒木忠治. 1974. ウンシュウミカン果汁の全酸・遊離酸および結合酸とpHの関係. *果樹試興津年報(育・栽・貯・加)* 昭48: 97-1

- 100.
7. 垣内典夫・荒木忠治. 1974. ナツダイダイおよび福原オレンジの無機成分と結合酸含量. 果樹試興津年報(育・栽・貯・加) 昭 48 : 100—101.
8. 垣内典夫・伊庭慶昭・伊藤三郎. 1971. 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.
9. KEFFORD, J. F. 1959. The chemical constituents of citrus fruits. *Adv. Food Res.* 9 : 285—372.
10. 木原武士・伊庭慶昭・西浦昌男. 1981. ウンシュウミカン果実の特性が糖・酸含量とその変動に及ぼす影響. 果樹試報. B 8 : 13—16.
11. 久保田収治・福井春雄・赤尾勝一郎. 1972. 瀬戸内ミカン園の施肥合理化に関する研究. 第 10 報 数種の晩生柑橘類果汁中の糖・有機酸・遊離アミノ酸組成の一事例. 四国農試報. 24 : 97—107.
12. RASMUSSEN, G. K., A. PEYNADO, R. HILGEMAN, J. R. FURR, and G. CAHOON. 1966. The organic acid content of Valencia oranges from four locations in the United States. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 89 : 206—210.
13. 崎山亮三. 1966. トマト果実内酸含量の発育中の変化. 園学雑. 35 : 36—42.
14. 沢村正義・楠瀬博三. 1979. 酸用カンキツの有機酸及び糖について. 食品工誌. 26 : 503—507.
15. SINCLAIR, W. B., E. T. BARTHOLOMEW, and R. C. RAMSEY. 1945. Analysis of the organic acids of orange juice. *Plant Physiol.* 20 : 3—18.
16. SINCLAIR, W. B. and D. M. ENY. 1945. The organic acids of lemon fruits. *Bot. Gaz.* 107 : 231—242.
17. SINCLAIR, W. B. and D. M. ENY. 1946. The organic acids of grapefruit juice. *Plant Physiol.* 21 : 140—147.
18. SINCLAIR, W. B. and R. C. RAMSEY. 1944. Changes in the organic-acid content of Valencia oranges during development. *Bot. Gaz.* 106 : 140—148.
19. SITES, J. W. and H. J. REITZ. 1950. The variation in individual Valencia oranges from different location of the tree as a guide to sampling methods and spot-picking for quality. II. Titratable acid and the soluble solids/titratable acid ratio of the juice. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 55 : 73—80.
20. 高田邦輔. 1932. 柑橘各種の果実の収穫期に於ける酸及糖分. 園芸之研究. 28 : 72—79.
21. TANAKA, T. 1954. Species Problem in Citrus. (*Revisio Aurantiacearum IX*). p. 152. Japan Soc. Prom. Sci. Tokyo.
22. 田中諭一郎. 1946. 日本柑橘図譜上巻 p. 48—249. 養賢堂. 東京.
23. 田中諭一郎. 1948. 日本柑橘図譜下巻 p. 251—537. 養賢堂. 東京.
24. 田中諭一郎. 1980. 日本柑橘図譜続編 p. 1—175. 養賢堂. 東京.
25. TING, S. V. 1969. Distribution of soluble components and quality factors in the edible portion of citrus fruits. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 94 : 515—519.
26. 山田彬雄・西浦昌男. 1977. カンキツ品種の特性に関する調査. I 果実の品質および果色の季節的变化(1). 果樹試報. B 4 : 1—69.
27. 山田彬雄・西浦昌男. 1980. カンキツ品種の特性に関する調査. I 果実の品質および果色の季節的变化(2). 果樹試報. B 7 : 15—74.
28. 八巻良和. 1987. 数種カンキツ果汁における全酸, 遊離酸, ならびに結合酸濃度間の相関関係. 園学雑. 53 : 263—267.