温州ミカンの食味評価(第1報)

主成分分析による市場ミカンの形質の解析

小曾戸和夫・飯野久栄

(農林省食糧研究所)

Evaluation of Edible Quality of Commercial Satsuma Mandarin

(*Citrus unshiu* Marc.)

I. Analysis of the Characters of Commercial Satsuma Mandarin Based on the Principal Components

Kazuo OSODO and Kyuei IINO

National Food Research Institute, Koto-ku, Tokyo

Summary

In order to obtain proper indices for edible quality evaluation of commercial Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.), ordinary parameters of the fruit from major growing areas for three crop years were determined, and statistically analysed by means of principal component analysis.

Size and physical parameters do not significantly correlate to chemical parameters, contributing to the edible quality, and are not adequate for the quality index.

Commercial Satsuma mandarin can be classified to several groups on the plane applying principal component analysis. The changes of the quality depending upon growing areas, varieties, harvesting times, etc., are visualized on the plane.

Total sugar content can be accurately estimated from refractive index, using a regression equation. While the estimate of free acid content calculated from pH value gives an approximate index, but is not highly confident.

Total sugar and free acid contents, which respectively contribute to the sweetness and the sourness being chief stimulation of the fruit, give the largest information of the quality among the 17 parameters measured in this experiment. Refractive index and pH value, therefore, suggest to be suitable for the indices in the edible quality evaluation of commercial Satsuma mandarin.

緒言

近年、温州ミカンの生産が急激な増加をたどり、1968年には、すでに一部の産地で過剰ミカンを廃棄したところさえある。一般商品のごとく果実の場合も消費量が生産量で満たされるようになれば、当然、消費者はより高品質のものを求める。しかし、高品質のものを選択しようとしても、現在、市販されている果実は外観と大きさだけの指標で判別せざるをえず、品質の構成要素として重要な食味は、その表示方法がないままに品質のなかに全く反映されていない。温州ミカンも出荷に際して共同選果場で外観と大きさによつてのみ格付されているにすぎない。したがって、商品的見地から、食味を構成する主要因子を検索し、その因子(特性値)を指標とする迅速、かつ、簡易な食味の評価法を確立することが重要である。指標となる特性値は測定が簡単で、しかも、精度の高いものでなければならない。したがって、この条件をみたすには、特殊な手法を必要としないでごく一般的に計測されている特性値のなかから選択するのが妥当である。

まず、食味を構成する主要因子を検索するにあたり、市場に出廻っているミカンを対象に、直接食味の裏付けとなる成分ばかりでなく、大きさや物理的な特性をも加味した総合的な形質を把握し、その全体のなかで成分特性値の占める位置および意義を明らかにする必要がある。そのためにはできるだけ多くの試料を用い、できるだけ多くの、しかも、計測の簡単な特性値について検討するのが望ましい。

まず、食味を構成する主要因子を検索するにあたり、市場に出廻っているミカンを対象に、直接食味の裏付けとなる成分ばかりでなく、大きさや物理的な特性をも加味した総合的な形質を把握し、その全体のなかで成分特性値の占める位置および意義を明らかにする必要がある。そのためにはできるだけ多くの試料を用い、できるだけ多くの、しかも、計測の簡単な特性値について検討するのが望ましい。

* 1971年8月27日受理

以上の目的のもとに、温州ミカンの市場からの採取り試料を用い、一般的形質を調査し、得られたデータの解析に多変量解析の一手法である主成分分析を試み、2, 3の知見を得たので報告する。なお、本報告の一部は昭和44年度園芸学会秋季大会で発表した。

材料および方法

供試材料

1967～1969年にわたり、温州ミカンの主要生産地5地区より各1～2カ所の選果場を指定し、主に東京神田市場に輸送されたミカンを材料とした。入荷時期として11月に出廻る早生温州、12月の普通温州および2月末から3月に入荷する貯蔵ミカンの3期に分け、大きさ別として主にL, M, Sの3段階、おのおの15kg詰1箱ずつ入手し、これより20個を無作為に抽出して調査試料とした。その内訳は第1表のとおりである。

計測した特性値

- 1) 大きさの特性値：果重、果実の体積、果径。
- 2) 物理的的特性値：果形指数、比重、果皮率、硬度。
- 3) 成分特性値：屈折計示度(Bx)、ショ糖、ブドウ糖、果糖、全糖、pH、遊離酸、結合酸、糖酸比、甘味率。

特性値の計測方法

無作為試料20個体について、果形(d)と果高(h)を測り、その比(d/h)を果形指数とした。つぎに果重とその水中における浮力を測定し、体積と比重を計算した。まず、直示天秤の秤量皿の下に金網カゴをさげ、これを水中に宙吊りにしたときの重量(W₁)から、金網カゴにミカンを入れたときの重量(W₂)を差し引いて浮力とした。これより次式によつて体積と比重を求めた。

$$\text{比重} = \frac{\text{果重}}{\text{果実の体積}} = \frac{W}{W + (W_1 - W_2)}$$

ユニバーサルハードネスメーター（佐藤製作所製、測

定部は円すい形）で果実の硬度を測定し、さらに剥皮して、果肉の重量を測り、果皮率を求めた。

果肉を個体別にジューサー（富士電気KK製、J165型）で搾汁し、汁液をポリエチレンびんに詰め、-24℃で凍結貯蔵した。

凍結果汁を流水で解凍、脱脂綿で濾過、濾液のBxとpHを測定、一部を20倍に希釈し、これより一定量を取り、N/10-NaOHで、滴下制御式滴定装置（平沼産業製、RAT-1型）を用いて滴定し、遊離酸（クエン酸として算出）を測定した。別に汁液5mlをDowex-50, 10gにしみこませ、30分放置後、ガラスフィルターで濾過、洗浄後濾液を定容にして、これより一定量を取り遊離酸と同様に滴定しクエン酸として全酸を求めた。これより遊離酸を差し引いて結合酸とした。

20倍希釈液の一定量に0.03N-HCl濃度になるよう塩酸を加え、沸騰浴中30分加熱してショ糖を転化、中和後Somogyi法(2)で糖を定量し、ブドウ糖として算出、一方、20倍希釈液をさらに適宜希釈して還元糖を測り、その差に0.95を乗じてショ糖とした。つぎにWillstätter-Schudel微量法(3)で還元糖中のアルドース(主にブドウ糖)を定量し、還元糖との差を果糖とした。ショ糖、ブドウ糖および果糖の合計を全糖とした。ただし、1968, 1969年度の試料については、全糖だけを定量し、ブドウ糖として算出した。

Bxを遊離酸で除した値を糖酸比、全糖を遊離酸で除した値を甘味率とした。

データの解析

本実験の目的は、温州ミカンの一般的で、しかも、数多くの特性値のなかから品質（食味）評価の指標となりうる特性値を選抜することである。実験で得た情報は、1967年度を例にとれば、種々の要因をもつ480個のミカ

第1表 供試ミカンの内訳

産地	選果場	1967年度			1968年度			1969年度			備考
		早生	普通	貯蔵	早生	普通	貯蔵	早生	普通	貯蔵	
神奈川	神奈川園試根府川分場				M 68.12.3	M 69.1.13	M 69.3.28	M 69.12.2	M 69.12.23	M 70.3.10	秀級
静岡	西浦農協	2L・L・M 67.11.13	2L～S 68.1.8	L・M・S 68.2.28		3L～3S 69.1.14	M 69.2.24	69.11.20	M 70.1.8	M 70.3.16	"
静岡	三ヶ日農協								M* 69.12.19	M 70.3.9	"
和歌山	有田川農協宮原共選		2L～S 67.12.25								"
愛媛	西宇和青果農協向灘共選				M 68.11.14	L・M・S 69.1.13	M 69.3.11	M 69.11.27	M 70.1.8	M** 70.3.5	"
長崎	多良見農協伊木刀共選	L・M・S 67.11.19	L・M・S 67.12.21	L・M・S 68.2.29	M 68.11.14	M 69.1.13	M 69.2.14		M 70.1.22	M 70.3.4	"

注) L・M・Sはサイズ、下側の新字は入手年月日

* 静岡県柑橘試験場三ヶ日母樹園産 ** 伊予園芸農協産

第2表 特性値の平均、標準偏差および相関行列* (1967年度)

	平均値	標準偏差	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
			果重	体積	果径	果形指数	硬度	比重	果皮率	Bx	pH	遊離酸	結合酸	糖酸比	甘味率	全糖	シヨ糖	ブドウ糖	果糖
1	果重	107.41	27.21																
2	体積	126.30	34.19	97															
3	果径	66.00	6.05	93	97														
4	果形指数	1.31	0.09	-26	-17	02													
5	硬度	1.44	0.27	-25	15	10	-36												
6	比重	0.86	0.05	-10	-34	-35	-26	35											
7	果皮率	25.98	4.12	-06	14	15	23	-06	-81										
8	Bx	11.32	1.76	-31	-33	-30	05	23	19	17									
9	pH	3.53	0.26	-22	31	32	21	-28	-42	29	-48								
10	遊離酸	1.01	0.34	-26	-31	-33	-14	29	31	-07	68	-88							
11	結合酸	0.39	0.09	-11	-07	-07	12	-12	-12	19	22	15	08						
12	糖酸比	12.12	3.34	18	21	24	17	-22	-21	13	-25	86	-82	07					
13	甘味率	9.50	2.76	17	21	23	17	-22	-20	15	-20	82	-79	03	98				
14	全糖	8.86	1.55	-29	-30	-28	07	19	16	19	96	-42	58	14	-16	-07			
15	シヨ糖	5.42	0.90	-17	-12	-07	23	04	18	42	66	10	12	21	22	29	74		
16	ブドウ糖	2.32	0.57	-29	-34	-34	-07	22	33	-02	87	-66	75	08	-41	-35	85	31	
17	果糖	1.13	0.52	-22	-30	-31	-12	25	41	-16	72	-65	68	-03	-38	-31	75	14	87

* n=480, 有意水準 { 危険率 5% 0.19
危険率 1% 0.25 小数2桁だけの数字で表わした。

ンから計測した17の特性値からなっている。この関係は17次元の空間に480個の点が散在していると考えられる。しかし、4次元以上の空間は直観的に把握できないので、これをできるだけ少ない次元に射影して考えるのが妥当である。これらの理由により、統計的手法の一つである主成分分析を試みた。主成分分析は、与えられたデータのなかで最大の情報（分散）をもつ方向（第1主成分）から、第2、第3に大きい分散をも

第3表 特性値の平均、標準偏差および相関行列* (1969年度)

	平均値	標準偏差	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
			果重	体積	果径	果形指数	比重	果皮率	pH	遊離酸	Bx	全糖	糖酸比	甘味率
1	果重	93.91	10.17											
2	体積	112.50	12.24	81										
3	果径	63.55	2.70	67	76									
4	果形指数	1.30	0.09	-24	-22	24								
5	比重	0.84	0.05	31	-31	-16	-05							
6	果皮率	25.30	3.84	-27	21	10	08	-79						
7	pH	3.67	0.22	-11	21	10	07	-51	44					
8	遊離酸	0.86	0.23	09	-11	-02	-07	31	-19	-88				
9	Bx	10.54	1.74	12	04	14	28	14	12	-03	11			
10	全糖	8.57	1.56	13	00	12	27	21	03	-02	06	97		
11	糖酸比	13.06	3.81	-04	10	07	22	-22	23	77	-80	42	44	
12	甘味率	10.63	3.28	-02	08	06	22	-15	17	73	-79	42	49	99

* n=280, M級, 有意水準 { 危険率 5%=0.19
" 1%=0.25 小数2桁だけの数字で表わした。

つ方向（第2、第3主成分）に順次座標軸を転換して、しかも次元を減らして解析するもので、情報の大きい特性値ほど番号の小さい主成分で説明されるようになっていく。したがって、番号の小さい主成分に、品質（食味）の主要な構成因子となる特性値が大きな重みを持つていれば理想的である。

食味評価の指標として計測の簡便なものを選抜するために、食味に直接関係をもつ成分特性値について、その相互間で相関の高いものを取りあげ、一部回帰分析を行なった。

実験結果

特性値間の相関

1967年度は、産地、出荷時期および大きさ別で異なる24区分からなる480個のミカン进行调查試料とした。その17特性値の相互間の相関係数は第2表のとおりであった。その年は西日本地域は異常かんばつのため成分濃度が全般に高かったため一般的な傾向とするには若干疑念があるが、おおよその見当にはできる。

大きさの特性値である果重、体積および果径は、成分特性値のBx、糖類および遊離酸とは、大きくはないが負の相関があり、果実が大きくなると全般に成分濃度が低く、味が淡白になりやすい傾向を示す。物理的特性値の果形指数、比重、果皮率および硬度は他の特性値とはあまり相関が高くない。ただし、果皮率と比重間是非常

に高い。

pH はショ糖と結合酸を除いて全部の特性値と相関がある。遊離酸とは 0.88 で非常に高いが、結合酸とは無相関であるのは意外である。なお、結合酸は他の特性値とは相関がなく、標準偏差も小さく独立に一定した値を示している。

遊離酸は pH と大体同じ傾向を示すが、果形指数、果皮率とは無相関である。

全糖は当然ながら Bx とは非常に高い相関を持つ。また、構成糖であるショ糖、ブドウ糖および果糖は、大体全糖と同じ傾向を示し、相関も高いので全糖をもつておおよその推定ができる。

糖酸比と甘味率はほとんど完全に相関しており、両者はともに全糖より遊離酸の方に著しく高い負の相関を持つのは注目すべきである。

以上の結果より、特性値のなかで硬度と結合酸は食味的品質の指標としてはあまり重要でないと思なされたため、またショ糖、ブドウ糖および果糖の分別定量が煩雑なため、1968, 1969 年度には測定項目から除外した。

1969 年度の特性値間の相関係数は第 3 表のとおりである。1968 年度は 1967 年度とは逆に西日本地域が秋の長雨によつて成分濃度が低く、果皮率の高いミカンとなつたが、天候が全国的に順調だった 1969 年度(第 3 表)とはほぼ同じ傾向であつた。したがつて、一般的性質としては 1969 年度を参照すればよいと思われるので 1968 年度のデータは割愛した。試料は M 級に統一したので、大きさの特性値は物理的特性値とわずかに有意な相関があるだけで成分特性値とはほとんど無相関である。

果形指数は全糖と、比重は遊離酸とおのおの正の相関がある。果皮率は pH と正の相関がある。

全糖と遊離酸は第 2 表でも説明したごとく高い相関を持つのは、そのおおよその指標である Bx と pH である。ちなみに、pH が比重と負、果皮率と正の相関を示すことは、早生種は比較的果皮率が小さく、逆に比重と酸含量が高い傾向があり、普通温州になるとその逆となり、貯蔵ミカンは貯蔵中の成分変化により一層著しく逆の傾向を示すためである。

糖酸比と甘味率は成分特性値以外で相関を持つのは果形指数と比重だけである。

特性値と主成分の関係

計測した特性値のなかから品質の構成因子として主要なものを選抜するため、各年度ごとのデータについて各特性値と主成分との関係を解析した。

各特性値の第 5 主成分までの個有ベクトル(係数)と各主成分の個有値は第 4, 5 表のとおりとなつた。個有

第 4 表 5 主成分の係数と寄与率 (1967 年度)

特性値	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	第 4 主成分	第 5 主成分	5 主成分の寄与率 %
1 果重	0.200	-0.230	0.461	-0.087	-0.034	96.4%
2 体積	230	-158	472	045	-001	97.4
3 果径	231	-117	459	061	-076	92.2
4 果形指数	043	280	-121	197	-299	44.5
5 硬度	-109	-178	279	-204	148	46.3
6 比重	-184	-235	-132	-509	119	89.1
7 果皮率	063	333	198	434	-051	79.8
8 Bx	-315	259	217	-081	030	96.5
9 pH	339	229	-040	-131	111	93.1
10 遊離酸	-361	-098	113	197	059	94.8
11 結合酸	-019	207	014	126	902	91.9
12 糖酸比	270	282	-007	-386	-005	96.5
13 甘味率	251	302	019	-405	-064	97.0
14 全糖	-293	297	228	-136	-082	98.6
15 ショ糖	-089	437	211	-076	-016	77.2
16 ブドウ糖	-348	098	164	-096	-064	87.7
17 果糖	-325	018	138	-183	-138	78.7
個有値	6.269	3.138	2.520	1.724	0.926	
寄与率	0.369	0.184	0.148	0.101	0.054	平均
累積寄与率	36.9%	55.3%	70.2%	80.3%	85.7%	85.7%

第 5 表 5 主成分の係数と寄与率 (1969 年度)

特性値	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	第 4 主成分	第 5 主成分	5 主成分の寄与率 %
1 果重	-0.016	0.539	-0.241	0.236	-0.047	97.1%
2 体積	127	401	-451	-029	-101	97.5
3 果径	111	440	296	-143	386	93.1
4 果形指数	131	017	237	-301	809	97.6
5 比重	-230	221	340	443	083	92.0
6 果皮率	234	-155	-204	-557	-243	91.0
7 pH	430	-170	-170	144	010	92.2
8 遊離酸	-403	178	103	-350	-113	96.0
9 Bx	186	331	406	-271	-237	98.0
10 全糖	192	333	434	-183	-219	97.8
11 糖酸比	468	004	133	178	-026	97.5
12 甘味率	456	023	016	208	-026	97.2
個有値	4.041	2.562	2.384	1.519	0.970	
寄与率	0.337	0.213	0.199	0.126	0.081	平均
累積寄与率	33.7%	55.0%	74.9%	87.5%	95.6%	95.6%

ベクトルは対応する主成分における「重み」をあらわし、その絶対値の大なるほどその主成分におけるミカンの品質の説明される割合が大き、個有値は全変動(全情報)のなかで、与えられた主成分で説明される変動の割合をあらわし、その数値の大なるほど、その主成分の品質への寄与率が大なることを意味する。

第 4 表は 1967 年度の結果で、第 1 主成分において個有ベクトルの大きいのは Bx, pH, 遊離酸、ブドウ糖および果糖となつており、いずれも成分特性値で、第 1 主成分は成分の情報を総合的に説明する軸を示している。

第2主成分においては相対的に果皮率、ショ糖および糖酸比が大きな係数を示す。したがって、第2主成分は成分特性値の第1主成分で残された部分と果皮率を説明する軸を示している。

第3主成分は明らかに大きさの総合特性を表わしている。大きさの特性値は、現在、格付に用いられている唯一の指標であり、相関係数の項で示されたごとく、食味とは直接の関係が薄いのであまり問題にしくともよいと思われる。

第3主成分までの累積寄与率は約70%で、全情報の30%を残すだけとなり、大体の説明には第3主成分までで十分と考えられる。第5主成分まででは実に86%に達しており、それ以後の主成分の占める割合は極めて少いので省略した。

各特性値に対して、第5主成分までの寄与する割合(右端欄)は、大きさの特性値が95%以上、Bx, pH, 遊離酸および全糖が90%以上説明されている。

1967年度は故意に大きさ別の試料を加えた結果であるが、1968年、1969年度は食味に直接関係のある成分特性値の変動を把握するため大きさの因子を除き、M級に統一した試料を対象に解析した。

1969年度の結果は第5表のとおりであつた。第1主成分に「重み」を持っているのはpH、遊離酸、糖酸比および甘味率で、第2主成分は大きさの特性値、第3主成分はBx、全糖および比重である。第3主成分までの累積寄与率は74.9%となり1967年度の結果よりわずかに高くなっている。なお、第5主成分では95.6%となり、1967年度より特性値の数が少ないので当然ながら

高い値となつている。

各主成分と特性値間の関係をさらにくわしくみるため、相関係数を計算した結果、第4、5表において主成分に大きな「重み」を示す特性値ほどその相関係数も大きかつた。このことから各主成分のもつ役割は特性値の示す「重み」で十分意義づけられていることが明らかであつた。

次に、産地、系統、貯蔵中の動向などがどのようになつているかを知るために、二つの主成分を縦横の二軸にした平面に各特性値の係数をプロットすることを考える。各主成分は互いに独立であつて直角に交差する。第1図は1967年度の結果で、第4表において成分特性値にもつとも寄与している第1主成分を横軸、2番目に寄与率の高い第2主成分を縦軸とした。第1主成分 $z_1 \sim z_2$ を $z_1' \sim z_2'$ 、第2主成分 $z_3 \sim z_4$ を $z_3' \sim z_4'$ のごとく、 $\pi/4$ だけ正の方向に回転した座標軸を与えると、 $z_1' \sim z_2'$ は遊離酸、pH、糖酸比および比重の方向、 $z_3' \sim z_4'$ は全糖、Bx および大きさの方向に一致するようになる。軸の方向にこのような意味をもつ第1図に各個体別のミカンのスコアをプロットし、転換した新しい座標軸で示すと第2図のように、各要因別に楕円内にまとまつて入る。一般に早生種は左下の象限に集中、普通温州は右上に移動し、貯蔵ミカンはさらに右に移動する。すなわち、早生種は糖含量と果皮率が低く、酸含量と比重が高いこと

第1図 第1, 第2主成分に対する各特性値の重み (1967)

第2図 第1, 第2主成分における各種ミカンの散布図 (1967)

第3図 第1, 第3主成分に対する各特性値の重み (1969)

を示し、普通温州は糖含量が増加し、貯蔵すると減酸し、果皮率が增大、比重が減少していく傾向を読みとることができる。

第3, 4図は試料をM級に統一した1969年度の結果である。第5表において、成分特性値にもつとも寄与している第1主成分を横軸に、つぎに寄与度の高い第3主成分を縦軸とした(第3図)。これを第2図のようにおのおののミカンのスコアをプロットしたのが第4図である。ただし、おのおののミカンのスコアを全部プロットすると複雑になるので、各要因で異なる試料20個ごとの平均値で代表させた。第2図と同じように早生から貯蔵ミカンにかけて pH および糖酸比の大なる方向に移動し

第5図 第1, 第2主成分における各特性値の重み (1969)

第4図 第1, 第3主成分における各種ミカンの散布図 (1969)

注) 20個体のスコアの平均値で示した

第6図 成分特性値だけの第1, 第2主成分における各種ミカンの散布図 (1969)

注) 20個体のスコアの平均値で示した

ている。なお 1968 年度の結果もほとんど同じ傾向であった。

このように、主成分分析の結果は年度が変わつても、その傾向は変わらない。しかも、計測した特性値の主だつたものを代表する二次元の平面で、様々の要因で異なるミカンの特徴を直視的にとらえることができた。

つぎに、1969 年度のミカンについて、成分特性値に限定して主成分分析を行なつた。その結果は第 5, 6 図のとおりであつた。第 1 主成分は糖酸比と pH, 第 2 主成分は Bx と全糖に寄与している(第 5 図)。これを座標軸を転換して新しい平面にミカンのスコアをプロットすると、要因別のミカンの散在位置は第 2, 4 図と同じ傾向を示すが、大きさおよび物理的特性値が除かれているので、成分の変動がよりの確にとらえられている。なお、この年は天候が全国的に順調だつたので、産地本来の特徴があらわれたためか、西南暖地産のミカンは Bx の高い位置に散在し、甘いミカンであつたことを示している。

回 帰 分 析

これまでの主成分分析の結果から、計測した一般的特性値のなかで、第 3 主成分までに高い相関を示すのは Bx, 全糖, pH および遊離酸で、いずれも食味の裏づけとなる特性値である。しかし、食味評価の指標となるには、なによりも計測が簡単で、しかも再現性が要求されるので、正確な測定のみずかしい全糖と遊離酸は必ずしも好適とはいえない。したがつて、もつと測定の簡単な特性値を指標とすることを考え、全糖のかわりに Bx, 遊離酸のかわりに pH で代用できるかどうかを検討するために、それぞれの回帰分析を行なつた。

Bx と全糖間の相関図は第 7 図のとおりで、その相関係数は第 2, 3 表で示したとおり約 0.96 であり、推定式でもかなり正確に計算できることが予想される。第 8 図は pH と遊離酸間の相関図で、相関係数は直線で 0.88 であるがかなりバラツキが大きい。

また食味の重要な指標である糖酸比が Bx と pH からおおよその推定ができれば好都合であるので、その間の回帰式も計算してみた。

第 6 表に回帰式とその寄与率および信頼限界を示した。Bx と全糖間の回帰式では、その寄与率

第 7 図 Bx と全糖間の相関図

注) 1969 年度の温州ミカンを試料とした

第 8 図 pH と遊離酸の相関図

注) 1969 年度の温州ミカンを試料とした

第 6 表 成分特性値間の回帰式

対 応 変 数	回 帰 式	相関係数 r	寄与率 r^2	信頼区間 2σ
全糖 (Y_1) 対 Bx (X_1)	$Y_1 = -0.682 + 0.843X_1$	0.957	91.6	0.896
遊離酸 (Y_2) 対 pH (X_2)	$Y_2 = 12.744 - 5.499X_2 + 0.613X_2^2$	0.893	79.7	0.302
糖酸比 (Y_3) 対 Bx (X_1), pH (X_2)	$Y_3 = 31.704 + 2.327X_1 - 32.161X_2 - 0.057X_1^2 + 6.594X_2^2 - 0.188X_1X_2$	0.891	79.4	3.050

注) 1967 年度の試料 ($n=480$) をもとにした。

は約 90%, 危険率 5% における信頼限界は 0.9 であり, Bx からかなり正確に全糖を推定することができる。pH と遊離酸間の回帰式では, 種々の統計モデルを想定してあてはめてみたが, 第 6 表には寄与率のもつとも高いものを示した。その寄与率は約 80% で, 信頼区間が 0.3 でやや大きく, 第 8 図からの予想どおりとなつた。Sinclair(4) も pH と遊離酸の関係は, 系統や産地の差でかなりバラツキが大きくなるといつている。Bx, pH と糖酸比の回帰式も種々の統計モデルのなかでもつとも寄与率の高い式を示した。寄与率は約 80%, 信頼区間は 3.0 となり, かなり大きい。pH と遊離酸間にバラツキがあるのはおのおののミカンの緩衝能が異なるためと考えられ, これをもとにして計算した糖酸比は当然バラツキが大きくなる。

考 察

著者らは, よい品質の果実とは, 粒が揃つていて, 外観および風味がよく, かつ, 均一なものと考えている。この三つの要素のうち, 前二者は現在の流通過程において選別の指標とされているが, 風味については特定の産地の伝統的な評判が支配的で, 価格に反映される客観的な尺度はなにもない。したがって, 価格の適正化のために, 食味評価の客観的な方法の確立が望まれる。

温州ミカンの風味としての刺激は, 柑橘類のなかでは少ない方であるが, これは逆に味の複雑さをあらわしているのかもしれない。しかし, 食べるとき第一印象として感じられるのは, 「甘さ」と「すっぱさ」の二つであろう。香りも食味の重要な因子であるが, 温州ミカンは香りが比較的弱いので「甘さ」と「すっぱさ」の強さに消されて第一印象としては影が薄い。よい歯ざわりも必要であるが, これも温州ミカンではあまり重要とは思われない。以上を総合してみると, 食味を中心とした品質にとつてもつとも重要なものは「甘さ」と「すっぱさ」であろう。すなわち, これは糖と酸の含量にはかならず, この二つの指標を食味評価にとり入れることは, 最大公約数的な役割をはたすものと考えられる。

本実験では, 市場に出廻っているミカンの一般的特性値を計測し, そのなかから品質の指標として適正な特性値を検索することを目的に主成分分析を試みた。

第 4 表で明らかなごとく, 計測した 17 項目の特性値のなかで, 第 2 主成分までに大きな「重み」を示すものとして食味に関連のある成分特性値を指摘することができる。しかも, Bx と全糖, pH と遊離酸はともにほとんど同じ「重み」を示している。

樽谷ら(5)は, Bx と滴定酸度から全糖を計算で求める方法を考案し, かなり正確な推定値の得られることを報

告している。本実験においても, 第 6 表の回帰分析で示したごとく, 滴定酸度は考慮に入れなかつたが, かなり精度よく推定値が得られるので, Bx を全糖の代用として差し支えないと考える。また, 全糖を構成している糖類は, それぞれ多少の相違はあるが高い相関があるので全糖をもつて代表させてもおおよその見当はつく。

pH と遊離酸の相関係数はいずれの年度でも 0.88 で非常に高いが, 第 8 図の相関図から指摘したごとく, pH から遊離酸の推定値を計算しても, 緩衝作用などによりバラツキが大きく正確な値はわからない。著者らは遊離酸を pH で作用させるよりも, むしろ, 「すっぱさ」の刺激は遊離酸含量よりも水素イオン濃度そのものの方により密接に関係しており, 食味評価の指標としては pH の方がより実際に即しているのではないかと考えている。事実, 栗原ら(1)は, 種々の酸溶液を用いた実験で, 「すっぱさ」の刺激は酸の濃度より水素イオンの濃度によつて起ることを認めている。第 4, 5 表の第 1 主成分に示す「重み」も遊離酸よりむしろ pH の方が大きいくらいで, それに前述のごとく遊離酸とは非常に高い相関があり, おおよその目安にはできるので食味評価の指標として遊離酸に遜色をとらないといえよう。その上, 近年の測定器機の発達により, pH の測定は迅速かつ精度も非常によくなつたので信頼がもてるようになった。

大きさの特性値は, 現在, 温州ミカンの格付のもつとも一般的な指標とされており, その上, 食味の構成因子である成分特性値とは相関が高くないので, この場合除外してよい。また, 物理的特性値も成分特性値とは相関が低いので食味評価の指標とはなり得ない。

以上の主成分分析の結果を総合してみると, 温州ミカンから計測した 17 項目の一般的特性値のなかで, Bx と pH は最大の分散を示す方向に位置し, その上, 食味の主要な刺激の「甘さ」と「すっぱさ」の成分因子である全糖と遊離酸のおおよその目安となりうることから, 食味評価の指標として十分可能であることを示唆する。

摘 要

温州ミカンの食味評価に適切な指標を得るため, 全国主要産地のミカンを対象に 1967 年より 3 年間にわたつて一般的特性値を計測し, データの解析に主成分分析を試みた。

大きさおよび物理的特性値は, 食味の構成因子である成分特性値とは相関が低く, 食味評価の指標とはなりえない。

主成分分析により, 二次元において市場ミカンを類別でき, 要因別に形質の変動する姿をとらえることができる。

計測した 17 特性値のなかで最大の品質情報をもつ方向に、食味の主要な刺激である「甘さ」と「すっぱさ」の成分因子にあたる全糖と遊離酸が位置し、Bx と pH もほとんど同じ傾向を示す。

全糖は回帰式によつて Bx からかなり正確な推定値が得られる。遊離酸も pH から求めた推定値はやや信頼性に乏しいがおおよその目安になる。したがつて、Bx と pH は食味評価の指標として十分可能であることを示唆する。

謝 辞 本研究を行なうにあたり、終始、ご指導、ご教示をいただいた農林省食糧研究所分析部・吉川誠次部長、石間紀男技官、実験に協力してくださつた南久松真子氏、電算機の便宜をはかつていただいた農林研究計算センターの諸氏に深く感謝の意を表する。

引用文献

1. 栗原堅三. 1971. 味覚の生理学. 生物物理 11(2) : 1—12.
2. 小曾戸和夫・数見秀次郎・小瀧正之・薮花雄・1958. 果実中の蔗糖定量に於ける加水分解条件(果実類の糖分定量に関する研究 第1報), 農化. 32(9) : 671—673.
3. ————・—————・—————. 1959. 次亜沃度酸微量法による果実中の葡萄糖の定量(果実類の糖分定量に関する研究 第2報). 農化. 33(3) : 166—170.
4. SINCLAIR, W. B., and E. T. BARTHOLOMEW. 1947. Compositional factors affecting the edible quality of oranges. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 50 : 177—186.
5. 樽谷隆之・北川博敏・真部正敏・中川勝也. 1967. 果実の品質に関する研究(第3報). 温州ミカンの品質評価の一方法. 食品工誌. 14(8) : 354—358.