

モモ果実における渋味発生の果樹園、樹体および 果実内部位による差異

久保田尚浩・三村博美^{a)}・薬師寺浩子^{a)}・島村和夫^{a)}

(農地生産力開発学講座)

Received November 1, 1991

Astringency of Peach Fruit in Different Fruit Parts, Trees and Orchards

Naohiro KUBOTA, Hiromi MIMURA, Hiroko YAKUSHIJI and Kazuo SHIMAMURA

(Department of Agricultural Technology of Integrated Land Use)

Fruit weight, firmness of fruit flesh, and contents of total soluble solids and phenolic compound in 'Hakuto' peach fruit harvested from two trees each in four orchards were determined to find cause of astringency. Fruit weight, and contents of total soluble solids and phenolic compound varied widely among the orchards, while significant differences between two trees in the same orchard were not observed. Difference in flesh firmness among the orchards and between the trees in the same orchard was hardly observed. The content of total phenolic compound was correlated with contents of total soluble solids and fraction of higher molecular phenol in 'Sanyo Suimitsu' peach fruit. The content of phenolic compound was highest at skin, and decreased in the order of bottom and suture parts, and apex part, and middle part of flesh in a 'Hakuto' peach fruit. When the fruit was bagged, both the contents of total phenolic compound and fraction of higher molecular phenol were lower than in the non-bagged. Based on these results, some possible cause of astringent peach fruit, and synthesis and accumulation of phenolic compound in the peach fruit were discussed.

緒 言

モモは、果樹のなかでも果実間での味のばらつきが大きい部類に属する。これは、食味との関係が深い糖含量や甘味比(糖/酸)の果実による差が大きいことに加えて、果実が渋味や苦味を呈しやすいことによる。渋味を呈する果実は食味を低下させるだけでなく、市場での商品価値を著しく損ね²⁾、とくに青果としての利用が多いわが国ではこの傾向が顕著である。しかし、モモ果実の渋味に関する研究は極めて少なく、果実や樹体、さらには果樹園によって渋味の発生がどのように異なるかは全く知らていない。

筆者ら^{3),4)}は、モモ果実の渋味に関するこれまでの研究で、官能検査による渋味の強さとポリフェノール含量との間には正の相関があること、一般に渋味の発生しやすい品種や台木では成熟果実のポリフェノール含量が多いことなどを明らかにした。また、土壌水分や温度などの環境要因も渋味の発生に密接に関与し³⁾、とくに果実発育第3期の土壌の乾燥や低温によって果実のポリフェノール含量が著しく増加することを報告した^{5,6)}。

本研究は、モモ果実における渋味の発生要因の解明ならびにその防止策を確立するための

a) 旧果樹園芸学研究室 (This work was done when authors were with the laboratory of pomology before the Faculty of Agriculture was reorganized.)

基礎資料を得ることを目的として、成熟したモモ果実におけるポリフェノール含量の果樹園、樹体ならびに果実による違いを調査したものである。また、果実内の部位によるポリフェノール含量の違い、ならびに袋掛けの有無とポリフェノール含量との関係についても調査した。

材 料 と 方 法

果樹園および同一園内での樹体による違いをみるために、岡山県立農業試験場ならびに赤磐郡山陽町の栽培農家（3園）の計4園に栽植されている‘白桃’を各園2樹ずつ供試した。便宜上、これらをA, B, CおよびD園とした。供試樹はいずれも開心自然形整枝で、A園は平地で19年生、B園は北西向きの段畑で8年生、C園は東南向きの傾斜地で5年生、D園は南東向きの段畑で15年生である。各樹から成熟果実を5個ずつ採取し、重量、果肉硬度、屈折計示度およびポリフェノール含量を測定した。果肉硬度は東洋製作所の圧縮試験機テンシロン（STM-T-50型）を用いて、下記の条件で果肉の貫入抵抗を測定した。プランジャー径、8mm；圧縮速度、30mm/min；フルスケール、2～30kg。フェノール化合物の分析は既報⁸⁾と同様にFolin-Denis法により行い、全フェノール含量と高分子フェノール含量を測定した。得られたデータについて分散分析により果樹園間ならびに樹体間での変動をみた。

本学附属農場に栽植されている共台（寿星桃台）およびユスラウメ台の4年生‘山陽水蜜’各1樹について、前者（67個）では7月26日、後者（54個）では7月23日に全果実を収穫し、先ほどと同様の調査を行った。また、同じ園内に栽植されているユスラウメ台の4年生‘山陽水蜜’22樹から採取した114個の成熟果実についても同様の調査を行い、合計235個から得られたデータについて重回帰分析により全フェノール含量とこれ以外の項目との関係をみた。

果実内での部位による違いをみるために、山陽町の農家に栽植されている‘白桃’成木の成熟果実6個について、1) 果底部、2) チーク部、3) 縫合線を中心にして2)と反対側のチーク部、4) 果肉中央部、5) 果頂部、6) 縫合線部、および7) 果皮の各部位から果肉または果皮を採取し、前述と同様の方法でポリフェノール含量を測定した。また、‘さおとめ’3年生樹から袋を掛けたものと掛けなかったもの各々3個の成熟果実を採取し、袋掛けの有無とポリフェノール含量との関係を調査した。

結 果

‘白桃’の果実重、果肉硬度、屈折計示度、全フェノール含量および高分子フェノール含量の果樹園間ならびに樹体間での変動をTable 1とTable 2に示した。果樹園間では果肉硬度以外の全ての項目において1%レベルで有意差が認められた。一方、同一園内での樹体間では果実重にだけ5%レベルで有意差がみられた。果肉硬度には果樹園間、樹体間ともに有意な差はなかった。なお、屈折計示度には1%レベルで果樹園と樹体との相互作用が認められた。このように、果肉硬度以外の全ての項目において樹体間よりも果樹園間での変動が大きかった（Table 1）。

供試樹ごとの各項目の平均値についてダンカンの多重検定を行ったところ、各項目とも平均値は樹体よりも果樹園によって大きく異なり、果実重、全フェノール含量および高分子フェノール含量はいずれもB園で高かった。また、各項目の最大の園を100とした場合、最小の園は果実重で約60%、屈折計示度で約80%、全フェノール含量で約45%、高分子フェノール含量で約20%と、ポリフェノール含量に果樹園間での差が大きく現れた（Table 2）。

Table 3は、台木の異なる‘山陽水蜜’について重回帰分析により全フェノール含量とこれ以外の項目との関係をみたものである。共台樹では、全フェノール含量と屈折計示度および高分子フェノール含量との間に各々1%レベルで正の相関が、また果肉硬度との間に1%レベ

Table 1 F values in the analysis of variance for the fruit weight, the flesh firmness, and the contents of total soluble solids and phenolic compound in 'Hakuto' peach fruits

Source of variation	Degrees of freedom	Fruit weight	Firmness of flesh	Total soluble solids	Phenol content	
					Total	Higher molecular fraction
Orchard	3	30.70 ^{b*}	1.66	13.51 ^b	13.68 ^b	14.37 ^b
Tree	1	5.64 ^a	0.07	0.14	1.68	2.87
Interaction	3	2.43	2.13	5.24 ^b	0.41	0.39
Total	39					

* Significant at P=0.05 ^(a) or P=0.01 ^(b).

Table 2 Average values in the fruit weight, the flesh firmness, and the contents of total soluble solids and phenolic compound of 'Hakuto' peach fruits

Orchard	No. of tree	Fruit weight (g)	Firmness of flesh (kg/cm ²)	Total soluble solids (°Brix)	Phenol content (mg/100gfw)	
					Total	Higher molecular fraction
A	1	294.7bc*	2.20	11.9cde	95.6a	71.4ab
	2	285.9bcd	0.45	13.4a	79.0ab	56.7ab
B	1	392.3a	1.45	12.2bcd	95.1a	71.3ab
	2	326.7b	2.64	11.2def	96.7a	72.4a
C	1	242.4efg	0.88	12.6abc	70.8b	48.0bc
	2	219.6g	0.48	13.2ab	58.9bc	35.1cd
D	1	265.9cdef	0.96	11.1def	47.2cd	29.4d
	2	270.5cde	1.46	10.4f	41.9d	16.1d

* Average values were analysed with Duncan's multiple range test. Values within column followed by the same letter are not significantly different at P=0.05.

ルで負の相関が認められたが、果実重との間には相関がなかった。一方、ユスラウメ台樹では全フェノール含量と高分子フェノール含量との間に1%レベルで正の相関がみられただけであった。

Table 4は、Table 3の数値解析に用いたデータと同一園内に栽植されているユスラウメ台の'山陽水蜜'22樹から採取した果実で得られたデータ、合計235個の測定データについて重回帰分析により全フェノール含量と各項目との関係をみたものである。全フェノール含量と屈折計示度および高分子フェノール含量との間には各々1%レベルで正の相関が認められたが、果実重との間には有意な相関はなかった。全フェノール含量と果肉硬度との間には負の相関があったが、統計的には有意でなかった。

果実内での部位によるポリフェノール含量の違いをTable 5に示した。全フェノール含量は果皮に最も多く、果底部と縫合線部がこれに次いだ。一方、果肉中央部と果頂部では最も少なく、またチーク部ではこれらのほぼ中間であった。高分子フェノール含量も全フェノール含量の結果とほぼ同様の傾向を示した。全フェノール含量に対する高分子フェノール含量の割合は果皮で最も高く、これ以外では部位による差が小さかった。

有袋果と無袋果の比較では、全フェノール含量、高分子フェノール含量ともに有袋果よりも無袋果で多く、とくに高分子フェノール含量に両者の差が大きく現れた。このため、全フェノール含量に対する高分子フェノール含量の割合は有袋果よりも無袋果で高かった(Table 6)。

Table 3 Multiple regression analysis for the content of total phenolic compound in the fruit weight, the flesh firmness, and the contents of total soluble solids and fraction of higher molecular phenol in the fruits on a tree of 'Sanyo Suimitsu' peaches on different rootstocks*

Item	Coefficient of regression	Standardized of coefficient regression	Partial coefficient of correlation	F
<i>Prunus persica</i>				
Fruit weight	-0.004	-0.038	-0.058	0.207
Firmness of flesh	-0.977	-0.387	-0.537	25.125 ^{a**}
Total soluble solids	0.445	0.262	0.355	8.961 ^a
Higher molecular fraction of phenol	2.813	0.594	0.702	60.327 ^a
Constant	13.674			
<i>Prunus tomentosa</i>				
Fruit weight	-0.021	-0.096	-0.298	4.777
Firmness of flesh	0.069	0.011	0.041	0.082
Total soluble solids	0.258	0.048	0.163	1.342
Higher molecular fraction of phenol	1.036	0.939	0.957	532.144 ^a
Constant	17.806			

* The fruits in peach trees on *P. persica* and *P. tomentosa* stocks were harvested on 26 July and 23 July, respectively.

** Significant at P=0.01.

Table 4 Multiple regression analysis for the content of total phenolic compound in the fruit weight, the flesh firmness, and the contents of total soluble solids and fraction of higher molecular phenol in the fruits of 'Sanyo Suimitsu' peaches

Item	Coefficient of regression	Standardized of coefficient regression	Partial coefficient of correlation	F
Fruit weight	0.009	0.023	0.069	1.090
Firmness of flesh	-0.479	-0.026	-0.111	2.871
Total soluble solids	0.984	0.078	0.315	25.283 ^{a*}
Higher molecular fraction of phenol	1.004	0.957	0.946	1959.700 ^a
Constant	8.489			

* Significant at P=0.01.

考 察

モモは果実間での味のばらつきが大きい果物の一つとされているが、この一因として渋味に関係していることが考えられる。しかし、渋味の発生が果実、樹体あるいは果樹園のいずれによって異なるのかはほとんど知られていない。一般に、糖含量が多い果実ほど、また1樹内でも早く成熟した果実ほど渋味を呈しやすいと言われているが、これを具体的に裏付ける資料は皆無である。そこで、モモ果実における渋味発生の要因ならびにその防止策を確立するための基礎資料を得ることを目的として、成熟したモモ果実におけるポリフェノール含量の果樹園、樹体、果実などによる違いを調査した。

まず、'白桃'を用いて果樹園や樹体による違いをみたところ、同一園内の樹体間では果実重

Table 5 The content of phenolic compound in the various parts of a 'Hakuto' peach fruit

Parts analysed	Phenol content (mg/100gfw)		b/a (%)
	Total(a)	Higher molecular fraction(b)	
Bottom	100.9b*	76.3b	75.6
Right cheek of suture	84.2bcd	63.3bc	75.2
Left cheek of suture	78.4cd	62.1bc	79.2
Middle of flesh	63.5d	44.0c	69.3
Apex	68.4d	49.3bc	72.1
Suture	94.9bc	70.3b	74.1
Skin	169.4a	138.3a	87.6

* Average values were analysed with Duncan's multiple range test. Values within column followed by the same letter are not significantly different at $P=0.05$.

Table 6 Effect of fruit-bagging on the content of phenolic compound in 'Saotome' peach fruits.

Treatment	Phenol content (mg/100gfw)		b/a (%)
	Total(a)	Higher molecular fraction(b)	
Bagged	18.7±2.8*	6.2±2.6	33.2
Non-bagged	25.3±3.3	11.7±2.6	46.3

* Mean±S. D., n = 3.

に5%レベルで有意差がみられたただけであったのに対し、果樹園間では果実重、屈折計示度、全フェノール含量および高分子フェノール含量のいずれにも1%レベルで有意差が認められた。なお、果肉硬度には果樹園間、樹体間ともに有意な差はなかった。このことから、モモ果実の渋味発生には同一園内での樹体による違いよりも果樹園による違いのほうが大きく関係していると思われた。このように、果樹園によってモモ果実のポリフェノール含量に差異を生じた原因として栽培条件の違いが考えられる。本実験では、樹齢が比較的若い園（5年生と8年生）とそうでない園（15年生と19年生）を各々2園用いたが、いずれの場合もポリフェノール含量が多い園と少ない園が1園ずつあり、渋味発生と樹齢との関係は明らかでなかった。一般に、渋味は樹齢が古く、樹勢が衰えたモモ樹で発生しやすいと言われているが、筆者ら¹⁰⁾は樹齢が古く、枯死しかかったようなモモ樹でもその成熟果実のポリフェノール含量は健全樹と大差ないことを報告した。本実験で用いた果樹園はいずれも同じ町内にあり、その土壌は山陽道に多い花崗岩の風化物がベースであるものの、土壌中の有機物や無機養分の含量が果樹園によって大きく異なることはこれまでの報告からも明らかである¹²⁾。また、繁田ら¹³⁾は堆肥の施用量の違いによって'白桃'の新梢の生育パターンや果実の品質、とくに糖含量が大きく異なることを報告している。本実験では、新梢や果実の生長だけでなく、土壌中や樹体内の栄養に関する調査を全く行っていないが、これらの違いがモモ果実の渋味発生に深く関係していることは容易に推察できる。本実験において、果実の糖含量もポリフェノール含量と同様に果樹園間で大きく異なった。このことは、モモ果実における味のばらつきの原因が樹体よりも果樹園にあることを意味しており、果実品質の均一化を図るうえで有益な示唆を与えるものである。

次に、台木の異なる'山陽水蜜'樹について、重回帰分析により全フェノール含量と各項目との関係をみたところ、共台樹では全フェノール含量と果肉硬度との間には負の相関、また屈

折計示度および高分子フェノール含量との間には正の相関がいずれも1%レベルで認められたが、ユスラウメ台樹では高分子フェノール含量との間に相関がみられたただけであった。このように、全フェノール含量と各項目との関係は台木によって様相が異なり、果肉硬度や屈折計示度との相関は共台樹だけで認められた。このことは、共台樹ではユスラウメ台樹よりも1樹内での果実の熟度や糖含量の差が大きいことを示している。なお、モモ果実のポリフェノール含量が共台樹よりもユスラウメやニワウメなどのいわゆる矮性台樹で多いことはよく知られている⁹⁾。本実験において、同じ‘山陽水蜜’でサンプル数を増やして同様の解析を行ったところ、全フェノール含量と屈折計示度および高分子フェノール含量との間に各々1%レベルで正の相関が認められ、とくに高分子フェノール含量との相関が高かった。屈折計示度が高いほど全フェノール含量が多い本実験の結果は、従来から言われている‘糖含量の多い果実ほど渋くなりやすい’ことと符号するが、その原因については明らかでない。なお、本実験において熟度の指標とした果肉硬度と全フェノール含量との関係は、有意な差ではないものの硬度が小さいほど全フェノール含量が多い傾向であった。このことは、モモ果実のポリフェノール含量に熟度または成熟期の早晩が多少とも関係していることを示しているが、ユスラウメ台の同一樹内ではそのような傾向がみられなかったことから、両者の関係については更に検討する必要がある。本実験では、全フェノール含量と高分子フェノール含量との間に極めて高い正の相関が認められた。高分子フェノール含量は全フェノール含量の測定に用いた抽出液の一部をゼラチンと酸性飽和食塩水で除タンニン処理し、同様の分析を行って得られた値を全フェノール含量から差し引くことにより求めた。モモ果実の渋味物質がどのようなものであるかは明らかでないが、カキやバナナと同様にフェノール化合物が縮重合した比較的分子量の大きい物質と思われる。従って、本実験で求めた高分子フェノール含量は全フェノール含量よりも渋味の本体に近いものと思われるが、この方法で求めた高分子フェノールがどの程度の分子量であるかは明らかでない¹³⁾。

ポリフェノール含量は1個の果実でも部位によって著しく異なり、果皮で最も多く、果底部と縫合線部がこれに次ぎ、果肉中央部と果頂部で最も少なかった。果皮や種子が多量のフェノール化合物を含有することはモモ以外の果実でも知られている⁹⁾が、興味を持たれるのは縫合線部分にポリフェノール含量が多いことである。筆者ら⁷⁾は、成熟果実のポリフェノール含量が多い品種ではその生合成を律速するとされているPAL酵素(L-phenylalanine ammonia-lyase)の活性も高いことを述べた。縫合線部分にポリフェノール含量が多いのは果実内でのフェノールの生合成以外に、それが他の組織や器官から移行したためとも思われ、モモ果実におけるフェノール化合物の生成や蓄積を考えるうえで極めて興味深い。

本実験において袋を掛けた果実と掛けなかった果実について、果肉のポリフェノール含量を測定したところ、袋を掛けないいわゆる無袋果で多く、しかも無袋果では全フェノール含量に対する高分子フェノール含量の割合が高かった。モモ果実の着色は、リンゴやブドウと同様にフェノール化合物であるアントシアニン色素によるもので、無袋栽培された果実では有袋栽培のものに比べて着色が優れることはよく知られている。従って、無袋果でのポリフェノール含量の増加が渋味の強さを正確に反映しているとは言えないが、無袋果では果皮だけでなく果肉のポリフェノール含量も増加したことは渋味発生の抑制を図るうえで有益な示唆を与えるものである。なお、光条件がPAL酵素の活性に密接に関係していることはよく知られている^{1,14)}。

以上のように、モモ果実のポリフェノール含量は1樹内での果実間や同一園内での樹体間よりも果樹園間での差が大きいこと、全フェノール含量と屈折計示度および高分子フェノール含量との間には正の相関があることが明らかとなった。これらの知見、とくに果樹園間で

の差が大きいことは渋味の発生前に栽培条件が密接に関与していることを示している。また、ポリフェノール含量は果実内の部位によって異なり、果底部や縫合線部に多いこと、さらに有袋果よりも無袋果で多いことなどはフェノール化合物の果実内での生成や蓄積、さらにはその組成を考えるうえで有益な示唆を与えるものである。

摘 要

モモ果実における渋味の発生前要因ならびにその防止策を確立するための基礎資料を得ることを目的として、果樹園、樹体ならびに果実によるポリフェノール含量の違いを調査した。また、ポリフェノール含量の果実内での部位による違い、ならびにポリフェノール含量に及ぼす袋掛けの影響について調査した。成熟果実のポリフェノール含量は果実間や樹体間よりも果樹園間での差が大きかった。全フェノール含量と屈折計示度および高分子フェノール含量との間に各々1%レベルで正の相関が認められた。ポリフェノール含量は果皮で最も多く、果底部と縫合線部がこれに次ぎ、果肉中央部で最も少なかった。また、ポリフェノール含量は有袋果よりも無袋果が多かった。これらの結果をもとに、モモ果実の渋味発生前と栽培条件との関係ならびにフェノール化合物の生成や蓄積について考察した。

謝 辞

本研究を実施するに当たり、材料を提供して頂いた本学附属農場、岡山県立農業試験場ならびに栽培農家の各位に厚く御礼申し上げる。また、圧縮試験機の使用ならびにデータの解析には本学農学部稲葉昭次教授と山本進一助教授のご援助を得た。記して厚く御礼申し上げる。

文 献

- 1) Buren, J. V. : Fruit phenolics (In : The biochemistry of fruits and their products), 263-304, Academic Press, New York (1970)
- 2) Joslyn, M. A., and J. L. Goldstein. : Astringency of fruits and fruit production in relation to phenolic content (In : Advances in food research), Vol. 13, 179-217, Academic Press, New York (1964)
- 3) Hesse, C. O. : Peaches (J. Janick *et al.* eds.) 285-335, Prude Univ. Press, West Lafayette, Indiana (1975)
- 4) Kataoka, I., Y. Kubo, A. Sugiura and T. Tomana. : Changes in L-phenylalanine ammonia-lyase activity and anthocyanine synthesis during berry ripening of three grape cultivars. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 52, 273-279 (1983)
- 5) 久保田尚浩・川尾尚史・島村和夫 : モモ果実のポリフェノール含量に及ぼす土壌の乾燥ならびに気温の影響。生物環境調節 28, 141-146 (1990)
- 6) 久保田尚浩・三村博美・島村和夫 : 土壌の乾燥と湛水がモモ果実のフェノール含量に及ぼす影響。岡山大農学報 71, 17-21 (1988)
- 7) 久保田尚浩・西山範子・薬師寺浩子・島村和夫 : モモ果実におけるフェノール生合成と PAL 活性との関係。園学要旨 昭62秋, 182-183 (1987)
- 8) 久保田尚浩・島村和夫・三村博美 : モモ果実におけるフェノール含量の品種間差異及びその季節的变化。園学要旨 昭61春, 62-63 (1986)
- 9) Kubota, N., K. Shimamura, H. Mimura and M. Nakano. : Changes in the content of total phenolic compound during fruits ripening of peaches as affected by different rootstocks. HortScience 21, 765 (1986)
- 10) 久保田尚浩・高木真吾・工藤正吾 : モモ果実の渋味発生前に及ぼす樹勢の影響。園学雑 60別2, 110-111 (1991)
- 11) 中林敏郎・木村 進・加藤博通 : 食品の変色とその化学。64-115, 光林書院, 東京 (1967)
- 12) 岡山県農業共済組合連合会 : 土壌診断事業実施概要。27-34, (1990)
- 13) 繁田充保・海野孝章・依田征四 : モモ果実の品質に関する研究 (第2報) 栽培条件の相違が果実肥大及び品質(糖, 酸)に及ぼす影響。岡山農試研報 9, 69-74 (1991)
- 14) 吉田精一・南川隆雄 : 高等植物の二次代謝。37-53, 東大出版会, 東京 (1980)