近赤外分光法によるモモ果実の渋味の評価

高野和夫^{1*}・妹尾知憲¹・海野孝章^{1,a}・笹邊幸男¹・多田幹郎^{2,b}

¹ 岡山県農業総合センター農業試験場 709-0801 赤磐市神田沖

² 岡山大学大学院自然科学研究科 700-8530 岡山市津島中

Distinction of Astringency in Peach Fruit Using Near-Infrared Spectroscopy

Kazuo Takano^{1*}, Tomonori Senoo¹, Takaaki Uno^{1,a}, Yukio Sasabe¹ and Mikiro Tada^{2,b}

¹ Agricultural Experiment Station, Okayama Prefectural Agriculture Center, Akaiwa, Okayama 709-0801

² Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, Okayama 700-8530

Abstract

To establish a nondestructive method of measuring astringency in peach fruit, near-infrared spectroscopy (NIRS) was attempted. In the organoleptic test, significant correlation existed between astringency and polyphenol concentration which ranged from 30 mg to 220 mg · 100 g⁻¹FW. Strong astringency was sensed when the polyphenol concentration in the fruit was higher than 110 mg · 100 g⁻¹FW. In analysis of the model solution of catechin and chlorogenic acid which are the main components of polyphenol in fruit using the second derivative transmittance spectra from 1100 nm to 2500 nm, it was found that there was a high correlation between absorbance around 1664 nm and 1730 nm and concentration of the solution. Then measurement of intact fruit by NIRS was performed using the second derivative reflectance spectra scanning from 1100 nm to 2500 nm. As a result of performing multiple regression analysis, the absorbance at 1720 nm showed high correlation with polyphenol. In the calibration equation development, the highest predicted correlation coefficient (r) was 0.80 and the bias-corrected standard error of prediction (SEP) was 14.7 mg · 100 g⁻¹FW for polyphenol. It can be concluded that NIRS is a promising method for determining the astringency of peach fruit.

Key Words : nondestructive measurement, organoleptic test, polyphenol

キーワード : 非破壊測定, 官能検査, ポリフェノール

緒 言

環境条件や栽培条件により、モモ果実が時として強烈な渋味を呈することはよく知られている。渋味の発生要因として、品種特性のほか果実肥大第3期の土壌乾燥や低温が挙げられ、特にこの時期の乾燥が密接に関係するとされている(久保田ら, 1990)。渋味の発生程度は土性や灌水設備の有無に起因する園地間差があるものと推察されるが、強烈な渋味は、久保田・岩瀬(1993)の報告にもあるように、病害虫や日焼けによるモモ樹の幹や枝の損傷による影響も大きいと考えられる。したがって、渋味の強いモモの発生防止には、病害虫や日焼けによる幹の損傷を防止するような栽培管理を行うことが重要であるが、既に損傷が激しい樹に対しては、速やかな改植が必要と考える。しかし、改

植時期は生産者個々の判断にゆだねられ、このため市場には強烈な渋味を有する果実が混入し、消費者からのクレームの原因となっている。ところが、現在の出荷システムでは、いったん果実が選果場に出荷され共同選果に移されると、もはや渋味の強いモモを外観から判断することは不可能である。このため渋味の強いモモを非破壊的に選別できる出荷システムの開発が強く望まれている。本報は、近赤外分光法によるモモ果実の渋味の非破壊判別方法について検討したものである。

材料および方法

1. 供試果実

1994年から1996年にかけて、岡山県立農業試験場ならびに農家のモモ園で有袋栽培された8品種の収穫果実を供試した。果実の採取に当たっては、渋味の強い果実を入手するために、幹の損傷の大きい樹や、久保田ら(1993)の報告を参考にして人為的に果実発育第2期に環状剥皮処理を施した樹からも採取した。これらの果実について、近赤外スペクトルを測定後、屈折計示度、全ポリフェノール濃度および渋味の程度を調査した。果汁の400～2500 nm透

2006年4月18日 受付。2006年5月26日 受理。

本試験は農林水産省の地域重要新技術開発促進事業の一環として行った。

* Corresponding author. E-mail: kazuo_takano@pref.okayama.lg.jp

^a 退職

^b 現在：中国学園大学

過スペクトルの解析には‘白鳳’、‘清水白桃’、‘白桃’、‘勘助白桃’、‘白麗’および‘白陽’を、果実の400～1100 nm 反射スペクトルの解析には‘都白鳳’、‘白鳳’、‘清水白桃’および‘白桃’を、また、果実の1100～2500 nm 反射スペクトルの解析には‘清水白桃’、‘白陽’および‘まさひめ’を用いた。渋味は、官能検査により以下の5段階で評価した。無(0)：渋味を感じない、微(1)：わずかに渋味を感じる、中(2)：明らかに渋味を感じる、強(3)：強く渋味を感じる、甚(4)：渋柿のような強烈的な渋味を感じる。

2. 近赤外スペクトルの測定と解析

モモ果汁の透過スペクトルは、近赤外分光光度計(NIRSystems, 6500)により、400～1100 nm では光路長10 mm, 1100～2500 nm では光路長2 mm の石英セルを用いて測定し、全131サンプルの中から53サンプルを抽出して重回帰分析により検量線を作成するとともに、残りの78サンプルで検量線の評価を行った。なお、スペクトルの測定には、酸化褐変を防止するために電子レンジで加熱処理した果実から搾汁した果汁を用いた。

モモ果実の400～1100 nm の反射スペクトルは、近赤外分光光度計(NIRSystems, 6500)により、同軸光ファイバーを用いて暗箱内で測定し、全151サンプルについて全品種ならびに品種別に重回帰分析した。

モモ果実の1100～2500 nm の反射スペクトルは、山口県農業試験場に設置されている近赤外分光光度計(NIRSystems, 6250)により、同波長域が測定可能な同軸光ファイバー(KDDI)を用いて暗箱内で測定し、43サンプルを用いた重回帰分析とPLS(Partial Least Squares) 回帰分析により検量線を作成し、35サンプルで検量線の評価を行った。

ポリフェノールの吸収波長域を明らかにするため、モモ果実のポリフェノールの主要な構成成分(中林, 1968, 1995; Tomas-Barberan ら, 2001)である(+)カテキンとクロロゲン酸(いずれも東京化成)の0, 50, 100, 150 および 200 mg・100 mL⁻¹ 水溶液を、400～1100 nm では光路長20 mm, 1100～2500 nm では光路長2 mm の石英セルを用いて測定した。

スペクトルの測定は何れの試験でも気温22～24℃の室内で行った。回帰分析には何れも2次微分スペクトル(Segment = 20, Gap = 0)を用い、重回帰分析はNSAS(NIRSystems)で4波長を上限に、PLS 回帰分析はThe Unscrambler(Camo)でFull cross validation 法により行った。なお、検量線評価時の標準誤差(SEP)は、バイアス補正済みの標準誤差(従来法による分析値と近赤外推定値との残差の標準偏差)で表した。

3. ポリフェノールの分析

モモ果実のポリフェノールの分析には、果皮を除いた果肉10 gを、酸化褐変を防止するために電子レンジで加熱した後に冷凍し、後日解凍後に脱塩水を加え磨砕した後20分間煮沸し、100 mLに定容後濾過し、その10倍希釈液を用いた。ポリフェノールの分析は、久保田ら(1988)の方法

に準じ、フォーリン・デニス法(中林, 1995)で行った。すなわち、上述のサンプル抽出液5 mLに、フェノール試薬(キシダ化学)の5倍希釈液5 mLを加え、最後に10%炭酸ナトリウム溶液5 mLを加えて攪拌した後、1時間以上放置後700 nmの吸光度を測定し、(+)カテキン水溶液による検量線から算出した値を全ポリフェノール濃度とした。また、1990年には‘清水白桃’の果実成熟期における全ポリフェノール濃度の変化を調査するとともに、果実の部位別の全ポリフェノール濃度と高分子ポリフェノール濃度を調査した。なお、部位別のポリフェノール濃度の測定では、抽出液について除タンニン処理を行った後に同様の分析を行い、ここで得られた値を前述の全ポリフェノールから差し引き、これを高分子ポリフェノールとした。除タンニン処理は、抽出液25 mLに2%ゼラチン水溶液7.5 mLを加え攪拌し、酸性飽和食塩水で50 mLに定溶したのち、カオリン半匙を加え攪拌しろ過することにより行った(京都大学農学部農芸化学教室, 1957)。

モモ果汁のポリフェノールの分析においては、果実を電子レンジで加熱した後に冷凍し、後日解凍後に搾汁した果汁の100倍希釈液を用い、果肉と同様にポリフェノールの分析を行った。

結 果

1. ポリフェノール濃度と渋味との関係

モモの渋味は果肉中の全ポリフェノール濃度が高いほど強く感じる傾向にあり、‘白鳳’の場合には両者の間に渋味官能検査値 = $1.64 \times \ln(\text{全ポリフェノール濃度}) - 5.35$ の対数近似式が成り立った(第1図)。官能検査値と比較すると、全ポリフェノール濃度が果肉100 g当たり約50 mg以下では渋味をほとんど感じないが、50～80 mgの範囲ではわずかに渋味を感じ、80～110 mgの範囲では明らかに渋味を、110～200 mgの範囲では強い渋味を感じ、さらに200 mg以上では強烈的な渋味を感じた。

‘清水白桃’における果実発育第3期の全ポリフェノール濃度の変化を第2図に示した。果実100 g当たりの全ポリフェノール濃度は収穫約3週間前の7月上旬には約180 mg

第1図 モモ‘白鳳’のポリフェノール濃度と渋味との関係 (渋味 0: 無, 1: 微, 2: 中, 3: 強, 4: 甚)

第2図 モモ‘清水白桃’果実の成熟に伴うポリフェノール濃度の推移 (1990年, $n=2\sim3$, 図中バーは標準誤差)
 ○—ポリフェノール濃度 (果肉 100 g 当たり)
 △—ポリフェノール含量 (1 果実当たり)
 ●—果実重

第3図 モモ‘清水白桃’果実の部位別のポリフェノール濃度 ($n=2$, $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{FW}$)

であったが、果実の成熟に伴って徐々に減少し、収穫期の8月上旬には約 50 mg に低下した。この間、果実重は 115 g から 310 g に増加した。このため、1 果実当たりの全ポリフェノール含量は、7月上旬が約 200 mg、8月上旬が約 150 mg であった。

果実の部位別のポリフェノール濃度を分析した結果を第3図に示した。果実の縫合線に対し左右の肥大に差がある果実では、肥大が勝る面に比べ、肥大が劣る面の果肉には全ポリフェノール濃度ならびに高分子ポリフェノール濃度がともに高かった。

2. 果汁を用いた近赤外分光法による解析

モモ果実のポリフェノールの主要な構成成分であるカテキンとクロロゲン酸の吸収波長を、それぞれの水溶液で解析したところ、カテキン水溶液の 400 ~ 1100 nm 透過スペクトルでは、水溶液の褐色を反映したものと推察される 500 nm 付近に相関の高い波長域が認められた。1100 ~ 2500 nm 透過スペクトルにおいては、カテキンでは 1664 nm 付近の波長域との相関が最も高く、この他に 1546 nm, 1738 nm および 2154 nm 付近の波長域との相関が高かった

第4図 カテキン水溶液の2次微分吸光度とカテキン濃度との単相関係数プロット

第5図 クロロゲン酸水溶液の2次微分吸光度とクロロゲン酸濃度との単相関係数プロット

(第4図)。クロロゲン酸では 1664 nm と 1734 nm 付近の波長域との相関が最も高く、この他に 1428 nm と 2148 nm 付近の波長域との相関が高かった (第5図)。

モモ果汁の透過スペクトルから全ポリフェノール濃度を推定する検量線の作成を試みたところ、400 ~ 1100 nm の波長域では、全ポリフェノール濃度の推定精度は、924 nm, 798 nm, 988 nm および 764 nm の4波長で相関係数 $r=0.769$, 標準誤差 $\text{SEP}=15.3 \text{ mg}$ であった (第1表および第6図)。

一方、1100 ~ 2500 nm の波長域では、カテキンやクロロゲン酸と相関の高い 1664 nm における2次微分吸光度とポリフェノール濃度との単相関は低かったものの、第1波長に 1664 nm を選定することにより検量線の推定精度は向上した。第1波長に 1664 nm を選定した検量線の第2波長には、クロロゲン酸水溶液の解析で高い相関が認められた波長域に近い 1744 nm が選択され、第3波長 2272 nm との組み合わせによる検量線の推定精度は、検量線評価時の相関係数 $r=0.844$, 標準誤差 $\text{SEP}=12.6 \text{ mg}$ と高かった (第1表および第7図)。

3. 果実を用いた近赤外分光法による解析

モモ果実の反射スペクトルから全ポリフェノール濃度を推定する検量線の作成を試みたところ、400 ~ 1100 nm の波長域では、全品種を用いて重回帰分析により作成した検量線の推定精度は低く、重回帰係数 $R=0.595$, 標準誤差 $\text{SEC}=29 \text{ mg}$ であり (第8図)、品種別に解析しても精度はさほど向上しなかった (第2表)。

一方、1100 ~ 2500 nm の波長域では、1720 nm における

第1表 モモ果汁の2次微分透過スペクトルによる全ポリフェノール濃度の重回帰分析による推定

波長域 (nm)	選定波長 (nm)	R ^z	SEC ^y	r ^x	SEP ^w	Bias ^v
400 ~ 1100	924 ^m , 798 ^m , 988	0.831	15.6	0.688	17.3	0.56
〃	924 ^m , 798 ^m , 988, 764	0.878	13.6	0.769	15.3	-0.55
1100 ~ 2500	1664 ^m , 1744, 2272	0.884	13.1	0.844	12.6	-1.51
〃	1664 ^m , 1744, 2272, 2090	0.923	10.9	0.808	14.3	-3.51

^z 検量線作成時の重相関係数, n = 53^y 検量線作成時の標準誤差, mg・100 mL⁻¹^x 検量線評価時の単相関係数, n = 78^w 検量線評価時の標準誤差, mg・100 mL⁻¹^v 近赤外推定値と実測値との残差平均^m マニュアルで選択, その他の波長は自動選択

第6図 モモ果汁の400～1100 nmの2次微分透過スペクトルからの全ポリフェノール濃度推定値と実測値との関係 (検量線波長: 924, 798, 988, 764 nm)

第8図 モモ果実の400～1100 nmの2次微分反射スペクトルからの全ポリフェノール濃度推定値と実測値との関係 (検量線波長: 858, 480, 946, 1022 nm)

第7図 モモ果汁の1100～2500 nmの2次微分透過スペクトルからの全ポリフェノール濃度推定値と実測値との関係 (検量線波長: 1664, 1744, 2272 nm)

2次微分吸光度と全ポリフェノール濃度との間に高い相関係数 $r = -0.814$ が認められ(第9図), この1720 nmと1950 nm, 1794 nm および2368 nm との組み合わせにより重回帰分析で作成した検量線の推定精度は, 検量線作成時の重相関係数 $R = 0.919$, 標準誤差 $SEC = 12.5$ mg, 検量線評価時の標準誤差 $SEP = 14.7$ mgであった(第3表および第10図)。ま

た, Full cross validation 法によるPLS回帰分析でも重回帰分析と同等な推定精度が得られた。PLS回帰分析では, 水分の吸収域を除外して1150～1350 nmと1450～1800 nmの波長域で解析した方が検量線評価時の標準誤差は小さかった(第4表)。

考 察

モモの渋味成分は, カテキン類, クロロゲン酸類ならびにこれらが重合したプロアントシアニジンなどであり, これらのポリフェノールの重合度が高いほど渋味が強く, カテキンやクロロゲン酸の単量体は渋味よりも苦味を呈するといわれている(中林, 1968, 1995)。したがって, モモの渋味を正確に評価するには, カテキンやクロロゲン酸が重合した高分子ポリフェノールの評価が必要であるが, モモ果実の全ポリフェノール濃度と高分子ポリフェノール濃度との相関は高く(Kubotaら, 2000; 久保田ら, 1992), 全ポリフェノール濃度を渋味の指標としても問題はないと考えられる。ただし, 官能検査における全ポリフェノール濃度と渋味との間には, Kubota(1995)の報告と同様に, 本試験でも有意な相関が認められるものの, 個体差が大きいのも事実である(第1図)。個体差の原因には, 渋味の強いモ

第2表 モモ果実の400～1100 nmの2次微分反射スペクトルによる全ポリフェノール濃度の重回帰分析による推定

品種	試料数	選定波長 (nm)	R	SEC	Range ^z
全品種	151	858, 480, 946, 1022	0.595	29.2	26–221
白鳳	50	934 ^m , 478, 860, 576	0.642	34.2	26–221
清水白桃	45	500, 654, 580, 488	0.646	18.4	33–148

^z サンプルのポリフェノール濃度の最小値–最大値, mg・100 g⁻¹FW**第3表** モモ果実の1100～2500 nmの2次微分反射スペクトルによる全ポリフェノール濃度の重回帰分析による推定

選定波長 (nm)	R	SEC ^z	r	SEP ^y	Bias
1664 ^m , 1720, 1950	0.878	15.0	0.785	15.8	-3.1
1720, 1950, 1794	0.909	13.1	0.786	15.4	-3.3
1720, 1950, 1794, 2368	0.919	12.5	0.800	14.7	-3.0

^z n = 43, mg・100 g⁻¹FW^y n = 35, mg・100 g⁻¹FW **第9図** モモ果実の2次微分吸光度と全ポリフェノール濃度との単相関係数プロット

モを試食した後はしばらく舌が収斂し次サンプルの評価に影響が出やすいことも考えられるが、それ以外に、栽培環境や気象条件ならびに品種によりポリフェノールの重合度が増加することも考えられ、この点については今後の検討が必要である。

モモ果実中のポリフェノール濃度は、果実発育第2期に最も高く、その後は成熟とともに徐々に低下する (Kubota ら, 2000)。本試験でも果実発育第3期にはポリフェノール濃度の低下が認められたが (第2図)、これは果実肥大に伴う希釈効果による影響が大きかった。したがって、久保田・岩瀬 (1993) も認めているように、成熟時にポリフェノール濃度が著しく高い果実は、果実発育第2期の濃度も高いものと推測される。このことは、モモ果実のポリフェノール濃度の非破壊による測定が樹上で可能となれば、収穫時に著しい渋味を有すると予想される果実を第2期の時点で選別可能であることを示唆している。

近赤外分光法によるポリフェノールの分析に関して、後藤ら (2001) はチャ生葉の400～2310 nmの反射スペクトルからカテキン類の濃度をPLS回帰分析で推定したところ、全波長域を利用した検量線の推定精度が相関係数 $r = 0.89$ で最も優れ、次いで1610～2310 nmの波長域での推定精度が $r = 0.87$ と優れ、400～700 nmの波長域でも推

第10図 モモ果実の1100～2500 nmの2次微分反射スペクトルからの全ポリフェノール濃度推定値と実測値との関係 (検量線波長: 1720, 1950, 1794, 2368 nm)

定精度が $r = 0.81$ と比較的高い精度で測定が可能であることを明らかにしている。

現在、モモ選果場に導入されている糖度センサーや携帯型の果実糖度測定装置は、ほとんどが500～1100 nmの可視・近赤外光を利用している。したがって、この波長域でモモ果実中のポリフェノール濃度が測定できれば、渋味の強い果実の選別も可能になる。しかし、本試験での果実の400～1100 nmの反射スペクトルからのポリフェノール濃度の推定は誤差が大きく不可能であった。ただし、モモ果汁の400～1100 nm透過スペクトル解析では、1100～2500 nmの波長域に比べ精度は劣るものの、ポリフェノール濃度の推定が可能であったこと、前述した後藤ら (2001) のチャのカテキン類濃度の推定が400～700 nmの波長域で可能であったことを総合して考えると、この点に関する再検討の余地が残されているものと思われる。また、伊藤ら (1997) はカキ「西村早生」の渋果の判別が710～1010 nmの透過スペクトルで可能なことを報告している。「西村早生」の渋果の判別が可能なのは、自然脱渋によって褐変したタンニン細胞が増加することにより、透過スペクトルが大きく変

第4表 モモ果実の1100～2500 nmの2次微分反射スペクトルによる全ポリフェノール濃度のPLS回帰分析による推定

使用波長域 (nm)	f ²	検量線作成 (n = 43)			検量線評価 (n = 35)		
		R	SEC	SECV ^x	r	SEP	Bias
1150–1350, 1450–1800	4	0.879	14.4	20.9	0.858	12.5	–5.2
1150–1800	4	0.847	16.1	22.0	0.825	13.1	–4.1
1150–2000	6	0.945	9.9	17.6	0.794	15.3	–2.4
1150–2100	8	0.967	7.6	19.7	0.807	15.3	–2.4

² PLS 回帰分析時の因子数

^x フルクロスバリデーション時の標準誤差, mg・100 g⁻¹FW

化するためと考えられる。モモの場合にも渋味の強い果実の中には、果皮に小さな褐色斑点を形成するものがある。第1表に示した果実の400～1100 nmの反射スペクトルから作成した検量線の、第1もしくは第2波長に選定された480～500 nmの波長域は褐色を反映したものであることから、果皮色と渋味の関係に基づく非破壊判別の可能性も残されているのではないかと考えられる。

一方、1100～2500 nmの波長域の解析では、果汁の透過スペクトルならびに果実の反射スペクトルから全ポリフェノール濃度の推定が可能であった。(+) カテキン水溶液とクロロゲン酸水溶液の透過スペクトルの解析では(第4図および第5図)、両物質の相関の高い波長域はやや異なるものの、両物質とも1664 nm付近の波長域との相関が最も高く、1730 nmと2150 nm付近の波長とも相関が高かった。1664 nmと2150 nm付近の吸収はベンゼンの吸収と一致し、1664 nmは芳香族のCH伸縮運動の第1倍音、2150 nmは=CH伸縮+ C=C伸縮運動の結合音領域と推察される(尾崎・河田, 1996)。また、1730 nmはメチレン基(–CH₂)のCH伸縮運動の第1倍音領域と推察される(尾崎・河田, 1996)。モモ果実の反射スペクトルにはいろいろな成分の吸収が含まれるが、糖に比べ濃度の低いポリフェノールは他の成分の吸収に影響されやすい。その中で、1720 nm付近における2次微分吸光度はモモ果実中のポリフェノール濃度と高い相関を示し、他の成分の影響を受けにくい波長域と推察された。検量線の精度に測定温度や年次間差が及ぼす影響など検討課題は多く残されているが、全ポリフェノール濃度を基に渋味の強い果実を非破壊選別できる可能性は高いと考える。なお、本試験では有袋栽培を行った果皮と果肉が白いモモを供試したが、無袋栽培の果皮の赤いモモや果肉が赤いネクタリンなどは、果皮や果肉にポリフェノール成分としてアントシアニンを豊富に含むので、本試験の結果は適用できない可能性があり、この点については更に検討する必要がある。

今後、渋味の非破壊判別技術を選果場で実用化するには、1100 nm以上の波長域が測定可能な光センサーの開発が望まれるが、現在既に1100 nm以上の波長域の測定が可能な小型の装置も販売されているので、これらを利用したモモの渋味判別装置の開発が可能と考えられる。光線透過度が低い1100～2500 nmのスペクトル測定においては、果実表

面の情報に依存する割合が高くなるが、モモ果実中のポリフェノール濃度が果肉よりも果皮の方が高い(久保田ら, 1992; Tomas-Barberan ら, 2001)ことを勘案すると、モモのポリフェノールの分析にはむしろ好都合とも考えられる。選果場における全量検査は無理にしても、これらの装置により生産者別の抜き取り検査を実施する際に、近赤外分光法によるモモの渋味の非破壊判別の実用化は可能と考えられる。

摘 要

モモ果実の渋味の近赤外分光法による非破壊測定の方法について検討した。モモの渋味は果肉中の全ポリフェノール濃度と相関が高く、全ポリフェノール濃度が100 g当たり約110 mg以上で強い渋味を感じた。そこで、モモ果実中の全ポリフェノール濃度の推定を400～1100 nmの反射スペクトルから試みたが、誤差が大きく測定不可能と考えられた。しかし、モモのポリフェノールの主要な構成成分であるカテキンとクロロゲン酸水溶液の1100～2500 nmの透過スペクトルを解析すると、1664 nmと1730 nm付近に相関の高い波長域が存在した。そこで、モモ果実の1100～2500 nmの反射スペクトルによる解析を行ったところ、1720 nm付近に全ポリフェノール濃度と相関の高い波長域が存在し、重回帰分析による全ポリフェノール濃度の推定精度はSEP = 14.7 mg・100 g⁻¹FWと比較的高かった。これらの結果から、1100～2500 nmの反射スペクトルを測定することによって、モモ果実の渋味を非破壊的に判別できる可能性が高いと考えられた。

謝 辞 果実の長波長域での近赤外スペクトルの測定に御協力頂いた前山口県農業試験場総括主任の吉松敬祐氏、ならびに本稿の御高閲を頂いた岡山大学農学部教授久保田尚浩博士に感謝の意を表します。

引用文献

- 後藤 正・小柳津 勤・中村順行・夏賀元康. 2001. 近赤外法によるチャ生葉のカテキン類含量の定量. 非破壊計測シンポジウム. 17: 188–189.
- 伊藤 茂・大竹良知・鬼頭勇夫. 1997. 近赤外分光法による不完全甘ガキ「西村早生」の渋果判別. 愛知農総誌研報. 29: 213–218.

- Kubota, N. 1995. Phenolic content and L-phenylalanine ammonia-lyase activity in peach fruit. p. 81–95. In: H. F. Linskens and J. F. Jackson (eds.), *Modern methods of plant analysis*. Vol. 18. Fruit analysis. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- 久保田尚浩・岩瀬広繁. 1993. モモ ‘白桃’ 果実における渋味発生と主枝の生育異常との関係. 岡山大農学報. 81: 37–42.
- 久保田尚浩・川尾尚史・島村和夫. 1990. 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.
- 久保田尚浩・三村博美・島村和夫. 1988. 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.
- Kubota, N., H. Mimura and K. Shimamura. 2000. Differences in phenolic levels among mature peach and nectarine cultivars and their relation to astringency. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 69: 35–39.
- 久保田尚浩・三村博美・薬師寺浩子・島村和夫. 1992. 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. 岡山大農学報. 79: 45–51.
- 久保田尚浩・高木真吾・工藤正吾. 1993. モモ果実のポリフェノール含量に及ぼす樹勢の影響. 園学雑. 62: 83–88.
- 京都大学農学部農芸化学教室編. 1964. 新改版農芸化学実験書 (増補) 第三巻. p. 1093. 産業図書. 東京.
- 中林敏郎. 1968. 果実および野菜類のタンニン成分 (第1報) バラ科果樹果実のタンニン成分. 日食工誌. 15: 73–78.
- 中林敏郎. 1995. ポリフェノール成分と変色. p. 1–157. 木村 進・中林敏郎・加藤博通編. 食品の変色の化学. 光琳. 東京.
- 尾崎幸洋・河田 聡編. 1996. 近赤外分光法. p. 1–224. 学会出版センター. 東京.
- Tomas-Barberan, F. A., M. I. Gil, P. Cremin, A. L. Waterhouse, B. Hess-Pierce and A. A. Kader. 2001. HPLC-DAD-ESIMS analysis of phenolic compounds in nectarines, peaches, and plums. *J. Agric. Food Chem.* 49. 4748–4760.