ブドウ果実における比重と糖度の相関関係

杉浦俊彦*・黒田治之・伊藤大雄・本條 均**

農業技術研究機構果樹研究所 305-8605 つくば市藤本 2-1

Correlations between Specific Gravity and Soluble Solids Concentration in Grape Berries

Toshihiko Sugiura*, Haruyuki Kuroda, Daiyu Ito and Hitoshi Honjo

National Institute of Fruit Tree Science, Tsukuba, Ibaraki 305-8605

Summary

We investigated correlations between specific gravity and soluble solids concentration in grape berries, since the nondestructive measurement of soluble solids concentration by near infrared spectroscopy is not put to practical use. Specific gravity of each cluster was measured by using an electronic balance and an acoustic volume meter that can measure volume without dipping fruits in water. Soluble solids concentration (Brix) of all berries in each cluster was measured using a refractometer.

The relationship between specific gravity and Brix value of clusters of 'Kyoho' grape was constant and a linear one, regardless of the harvest year and the production district. The relation had a high correlation ($r=0.981^{***}$) within 16-23° Brix with a standard error of 0.35° Brix. High correlations were also found between specific gravity and Brix value in clusters of 'Campbell Early', 'Neo Muscat' and 'Koshu' grape. The slope of the regression line varied little among the four varieties.

These results suggest that the measurement of specific gravity with an acoustic volume meter is a useful method to measure nondestructively the soluble solids concentration of clusters.

Key Words: acoustic volume meter, Brix, nondestructive measurement, specific gravity.

緒 言

選果などの段階で、非破壊による糖度測定を行っておけば、果実の販売を行う際に糖度保証を行うことが可能となり、産地の優位性や産地と消費者との信頼関係を高めることができる。そこで、これまでに非破壊による果実の糖度測定が試みられ、特に近赤外分光分析法は果樹類への利用についても多くの研究がなされており (Kawanoら, 1992, 1993; 松浦ら, 1991), モモなどではすでに実用化されている (相川・大久保, 1996)。しかし主要果樹のうち、ブドウについては房状という特殊な形状の果実であるとともに、同一果房内においても果粒の着生部位により糖度差があるため、近赤外線を照射するポイントを定めにくいことから、近赤外分光分析法があまり研究されておらず、非破壊糖度測定装置を導入している選果場は見当たらない。

比重は農産物の品質の非破壊推定に活用されており、果

樹分野では、クリにおけるデンプン含有量などの成分推定 (真部ら, 1966), あるいはキウイフルーツにおける糖度推定 (浅見ら, 1988, 1996; 二宮ら, 1991) や空洞果の推定 (姫野ら, 1987) などについて研究が行われている。しかしいずれも水中重測定や水選、塩水選を前提にしており、品質保持の点に問題があって、広範囲の果樹で研究されるまでには至っていない。

一方、静電容量計を利用する方法 (加藤, 1992) や音響式体積計 (石井, 1997) のように水を使わずに体積を計測する方法が開発され、果樹類など水に浸されることが好まれない農産物の非破壊品質推定技術にも比重測定が取り入れられる条件が整ってきた。

そこで、比重を利用したブドウにおける糖度の非破壊測定法の開発をめざし、果房の比重と糖度との相関関係を明らかにすることを本研究の目的とした。

材料および方法

実験 1. ブドウ「巨峰」の果房における比重と糖度
生産年または生産地を異にした4群のブドウ「巨峰」(有核)の果実を供試した。うちAおよびB群は長野県中信農業試験場、C群は長野県果樹試験場で生産された果実

2000年5月2日 受付。2000年9月25日 受理。

果樹試業績番号:1205

*Corresponding author

**現在:宇都宮大学農学部 321-8505 宇都宮市峰町 350

Table 1. Characteristics of experimental samples of 'Kyoho' grapes and the regression analysis between specific gravity and Brix value of clusters.

Group	Year	Producing districts	No. of clusters	Cluster wt (g)	Peduncle wt (g)	r^y	SE ^x
				Mean (SD ^z)	Mean (SD)		
A	1996	Shiojiri Nagano	25	355.3 (40.8)	5.5 (1.2)	0.960***	0.369
B	1998	Shiojiri Nagano	17	316.3 (49.6)	3.8 (0.6)	0.930***	0.317
C	1998	Suzaka Nagano	19	327.8 (49.3)	4.0 (0.9)	0.845***	0.437
D	1998	Ibaraki	28	246.3 (32.7)	3.0 (0.5)	0.637***	0.333

^z Standard deviation.^y Coefficient of correlation.^x Standard error of regression with the regression line of all 'Kyoho' group.

***Significant at 0.1% level.

Table 2. Characteristics of experimental samples of 'Campbell Early', 'Neo Muscat' and 'Koshu' grapes.

Varieties	Producing districts	No. of clusters	Cluster wt (g)	Peduncle wt (g)
			Mean (SD ^z)	Mean (SD)
'Campbell Early'	Ibaraki	13	185.5 (33.0)	2.6 (0.6)
'Neo Muscat'	Fukushima	17	371.6 (105.0)	9.8 (3.3)
'Koshu'	Yamanashi	34	365.7 (39.4)	13.7 (1.8)

^z Standard deviation.

であり、D群は茨城県産の市販品である。各群の生産年、供試した果房数、平均果房質量は第1表のとおりであった。それぞれの果房について果柄を含む果房全体の質量を電子天秤で計測し、音響式体積計 (VM-100, 計測科学研究所) で体積を求めた。この装置は、測定槽に被検物を密封し、スピーカーで音を発生させて空気の膨張・圧縮過程を解析することにより、測定槽内の空気体積を求め、測定槽容積との差を被検物の体積とする装置である。水を必要とせず、被検物の形状を選ばないという特徴をもつ。使用した体積計の測定周波数は 35 Hz, サンプリング波数は 256, 測定槽内音圧約 116 dB であり、測定槽は内容積 900 cm³ の円筒形であった。

体積計指示値あたりの質量を計算し、1 g・cm⁻³ を比重 1 とした。比重測定後、各果房ごとに全果粒の平均糖度を求め、その果房の糖度とした。すなわち各果房よりすべての果粒を採取し、手動の搾汁器によって圧搾して得た果汁の屈折糖度 (Brix) をデジタル糖度計 (PR-1, アタゴ, 精度 ± 0.2° Brix) を用いて計測した。また各果房の果柄 (すべての果粒を採取した後の残部) の質量を計測した。

実験 2. 他のブドウ品種の果房における比重と糖度

果樹試験場 (茨城県つくば市) で生産された 'キャンベルアーリー', 福島県で生産された 'ネオマスカット' (市販品), 山梨県で生産された '甲州' (市販品) の果実を供試した。供試した果房数および平均果房質量は第2表のとおりであった。実験1と同様の方法で各果房の比重、糖

Fig. 1. Relationship between specific gravity and Brix value of 'Kyoho' berries.

(See Table 1 for group production sites.)

度および果柄質量を求めた。

結 果

実験 1. ブドウ '巨峰' の果房における比重と糖度
第1図に '巨峰' の果房の比重と屈折糖度の関係を示した。また各群内での相関係数を第1表に示した。D群の

相関係数 ($r=0.637^{***}$) が他の群に比べてやや低かったものの、いずれの群においても比重と糖度の間に 0.1% 水準で有意な高い相関が認められた。糖度は群によって異なり、A 群が高く (平均 21.1° Brix), D 群が低かったが (平均 16.9° Brix), 全体として 16° Brix 程度から 23° Brix 程度の広い範囲に散らばった。しかし、比重と糖度の関係は、この糖度の範囲ではほぼ同一直線上に乗ることが認められた。これは収穫年次や産地が異なっても比重と糖度の関係は比較的安定していることを示している。4 群を込みにした相関係数は 0.1% 水準で有意であり、回帰直線による推定値と実測値との誤差 (標準誤差) は 0.35° Brix だった (第 3 表)。またこの 4 群を込みにした回帰直線を用いて糖度を推定した時の各群ごとの標準誤差は $0.32 \sim 0.44^{\circ}$ Brix だった (第 1 表)。

Table 3. Regression analyses for four grape cultivars.

Varieties	R^2	SE^y	SE^{yx}
'Kyoho'	0.981***	0.352	—
'Campbell Early'	0.899***	0.431	0.464
'Neo Muscat'	0.903***	0.261	0.281
'Koshu'	0.845***	0.241	0.250

^z Coefficient of correlation.

^y Standard error of regression.

^x Standard error of regression used the regression coefficient of 'Kyoho'.

***Significant at 0.1% level.

Fig. 2. Relationship between specific gravity and Brix value of 'Campbell Early' berries.

Line A: Regression line of 'Campbell Early' berries.

Line B: Regression line of 'Kyoho' berries shown in Fig. 1.

Line C: Regression line of 'Campbell Early' berries with the same regression coefficient as 'Kyoho' berries.

果房質量に占める果柄質量の割合は 1.2~1.5% 程度であった (第 1 表)。

実験 2. 他のブドウ品種の果房における比重と糖度

‘キャンベルアーリー’, ‘ネオマスカット’ および ‘甲州’ における果房の比重と糖度の関係をそれぞれ第 2 図, 第 3 図および第 4 図に示した。いずれの品種においても比重と糖度の間に 0.1% 水準で有意な高い相関が認められた (第 3 表)。また、供試した果房の糖度範囲は広くなかったが、これらの回帰直線の標準誤差はどの品種も 0.5° Brix 以下であった (第 3 表)。

果房質量に占める果柄質量の割合は 1.4~3.7% 程度であった (第 2 表)。

考 察

今回供試した 4 つのブドウ品種において果房の比重と糖度の間に相関関係があった。4 品種とも例外なく高い相関が認められたことから、他の品種においても一般に同様な関係があることが推察された。

本研究において 0.5° Brix 以下の誤差で比重から糖度が推定できたことから、少なくともこの 4 品種では、予め正確な回帰直線を検量線として作っておけば、比重を計測することにより、非破壊糖度推定できる可能性が示唆された。4 品種のうち ‘巨峰’ は、我が国のブドウにおいて現在、最大の栽培面積を持つ主力品種である。また ‘ネオマスカット’ のように果皮が着色せず、緑黄色となる品種

Fig. 3. Relationship between specific gravity and Brix value of 'Neo Muscat' berries.

Line A: Regression line of 'Neo Muscat' berries.

Line B: Regression line of 'Kyoho' berries shown in Fig. 1.

Line C: Regression line of 'Neo Muscat' berries with the same regression coefficient as 'Kyoho' berries.

Fig. 4. Relationship between specific gravity and Brix value of 'Kosho' berries.

Line A: Regression line of 'Kosho' berries.

Line B: Regression line of 'Kyoho' berries shown in Fig. 1.

Line C: Regression line of 'Kosho' berries with the same regression coefficient as 'Kyoho' berries.

は熟期判定が難しく、低糖度の果実が市場に出回って評判を落とすことがあることから、糖度の非破壊推定の価値は高い。'甲州'は醸造用にも利用される品種であり、本研究の結果は醸造関係でもこの非破壊推定法が活用できることを示唆している。

回帰直線は、品種によって異なることから、品種別に作成する必要がある。ただし回帰直線の傾きは'巨峰'(第2, 3, 4図におけるB線)と他の3品種(A線)との間で明確な差は認められなかった。そこで、回帰直線の傾きについてそれぞれ有意差を検定すると、3品種とも'巨峰'との間に5%水準で有意差はなかった。第2, 3, 4図におけるC線は、傾きを'巨峰'の回帰直線の傾きと等しいものとして各品種の回帰直線を求め直したものである。C線を使った糖度推定の標準誤差をみると、A線と比べて当然、大きくなるが、上昇の幅は小さかった(第3表)。以上のことから、品種が異なっても、回帰直線の切片は変わるが、傾きは等しい可能性が認められた。今回は供試品種数が4品種のみであるが、もし品種によらず一般に回帰線の傾きが等しいことが証明されれば、新たに回帰直線を作成する場合、切片だけ求めればよいことになる。傾きを固定した場合、切片はサンプルの糖度範囲が狭くても求められるため、回帰直線を少ないサンプルで省力的に作成できることになる。選果の現場などで品種を変えて回帰直線を作成する場合に有効であるので、このことは今後さらに検討を重ねていく必要のある事項である。

本研究の結果からだけではなぜ果房の比重と糖度に相関があるかは明らかではない。屈折糖度計は果汁の屈折率から糖度を推定するものである。果房は果汁のほか、果柄、果皮、種子などで構成されているが、本研究の結果では果柄は質量比で全果房の4%以下にすぎず、多くの部分は果汁が占めており、その果汁中の可溶性固形物の大部分は糖で占められていると考えられる。従って、果汁の糖度が果房の比重に強く影響している可能性が高い。

本研究から、ブドウ果房の比重と糖度の間に強い相関があることが明確になった。この性質を利用すれば、ブドウの非破壊糖度推定の可能性が認められた。ブドウは同一果房内でも果粒によってばらつきがあるが、比重糖度測定法は全果粒の平均糖度を推定でき、原理も単純であるなど、近赤外分光分析法に比べメリットも想定される。また比較的安価な音響式体積計を用いれば糖度測定に必要な精度で比重の検出が可能であると考えられた。

摘 要

特殊な形状から近赤外分光分析法による糖度測定の実用化が遅れているブドウ果実について、比重と糖度との相関関係の有無を検討した。供試した果房の比重は、水を使わずに体積が測定できる音響式体積計を利用して測定した。それぞれの果房の糖度は全果粒を採取して搾汁し、屈折糖度計で求めた。

1. '巨峰'の果房における比重と糖度の関係は収穫年次や産地が異なっても安定し、同一直線上にのった。

2. '巨峰'の比重と糖度の関係は16° Brix程度から23° Brix程度の広い範囲で高い相関係数($r=0.981^{***}$)が得られ、また回帰線の実測値と推定値の誤差(標準誤差)は0.35° Brixと低かった。

3. 'キャンベルアーリー'、'ネオマスカット'および'甲州'における果房の比重と糖度の間にも高い相関が認められた。

4. 比重と糖度の間における回帰直線の傾きには品種間で有意な差はみられなかった。

5. 以上の結果から、比重測定によるブドウ果房の非破壊糖度測定の可能性が示唆され、また比重測定に音響式体積計が活用できる可能性が示唆された。

謝 辞 本研究の遂行にあたり、貴重な試料の提供、調査でのご助力、有用なご指摘、示唆等を賜った平林秀規氏(長野県中信農業試験場)、玉井浩氏(長野県果樹試験場)、牛島孝策氏(福岡県園芸研究所)、近藤宏哉氏(三重県農業技術センター)、上中昭博氏(福井県農業試験場)、木崎賢哉氏(鹿児島県果樹試験場)、小林和司氏(山梨県果樹試験場)、伊藤啓介氏(高知県果樹試験場)他、多くの皆様に心より感謝いたします。

引用文献

相川勝六・大久保 樹. 1996. モモの非破壊糖度選果システ

- ムの導入効果と農家の評価. 山梨農試研報. 7: 63-76.
- 浅見逸夫・藤田 健・青柳光昭. 1996. キウイフルーツの品質評価に関する研究. (3) 収穫時の塩水仮比重選別による追熟後の非破壊的糖度予測. 愛知農総試研報. 28: 275-282.
- 浅見逸夫・田中喜久・青木松信. 1988. キウイフルーツの品質評価に関する研究. (1) 追熟中の果実の内容成分と非破壊的測定について. 愛知農総研報. 20: 309-316.
- 姫野周二・濱地文雄・下大迫三徳・森田 彰・山下純隆. 1987. キウイフルーツの台風被害と空洞果の発生について. 福岡農総試研報 B(園芸). 6: 17-22.
- 石井 泰. 1997. 音響式体積計. 計測と制御. 36: 288-291.
- 加藤宏郎. 1992. 選果施設のための新しい密度選別法. スイカなど球状果実の密度による品質評価. 農業施設学会講演要旨. 平 4: 346-347.
- Kawano, S., T. Fujiwara and M. Iwamoto. 1993. Nondestructive determination of sugar content in satsuma mandarin using near infrared (NIR) transmittance. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 62: 465-470.
- Kawano, S., H. Watanabe and M. Iwamoto. 1992. Determination of sugar content in intact peaches by near infrared spectroscopy with fiber optics in interactance mode. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 61: 445-451.
- 真部孝明・久保 進・別所康守・児玉雅信. 1966. クリの成分と加工法に関する研究. (第3報) 比重別生および水煮クリ果の成分. 日本食品工誌. 13: 517-521.
- 松浦英之・堀内正美・山崎俊弘. 1991. 近赤外分光分析法による果実糖度の非破壊計測. 静岡農試研報. 36: 57-68.
- 二宮敬和・佐川正典・清水康夫. 1991. キウイフルーツの品質評価方法に関する研究. (1) 成熟期における果実品質の変動の実態と物理的指標による品質の評価について. 愛媛果樹試研報. 10: 57-76.