

機器分析を用いたブドウ‘シャインマスカット’の食感の数値化

石井 恵・鷲尾 建紀

Quantification of Texture of Grape ‘Shine Muscat’ Using Instrumental Analysis

Megumi Ishii and Tatsuki Washio

緒 言

2006年に品種登録され、国内各地で生産拡大が図られているブドウ‘シャインマスカット’は、食味が優れ、剥皮性は‘巨峰’より劣るが、果肉が硬く崩壊性（山田ら、2008）であることから、皮ごと食べられる品種として流通している。‘シャインマスカット’の味については、選果場での果実の非破壊糖度検査や、小売店での糖度表示など、機器分析値による客観的評価の取り組みが行われている。しかし、食感については、レオメーターによる測定値が皮ごとの食べやすさの官能評価点に及ぼす影響について調査した報告（佐藤・釘宮、2019）があるが、皮ごとの食感を構成するかみ切りやすさや多汁性等の官能評価項目を機器分析で評価する手法について検討した事例は見当たらない。そこで、本報告では‘シャインマスカット’の食感に係る官能評価値と機器分析による物性値の関係性を調査し、機器

分析を用いてブドウの食感を数値化する手法を検討した。

本研究の実施にあたり、官能評価で協力いただいた岡山県農林水産総合センター職員に謝意を表する。

材料及び方法

1. 供試材料

2016～2019年に農業研究所果樹研究室（岡山県赤磐市神田沖）及び高冷地研究室（岡山県真庭市蒜山）で、主に簡易被覆で栽培された果実、及び県内の市場で購入した果実、合わせて46点の‘シャインマスカット’を供試した。

2. 官能評価

6～8名のパネルによって、多汁性、硬さ、かみ切りやすさ、皮残り、食感の嗜好性について、表1の官能評価シートに基づき5段階の評点法で評価し、各パネルの評価値を平均した値をサンプルの評価値とした。パ

表1 官能評価シート

官能評価項目	1	2	3	4	5
多汁性	多汁でない	やや多汁でない	どちらでもない	やや多汁	多汁
硬さ	やわらかい	やややわらかい	どちらでもない	やや硬い	硬い
かみ切りやすさ	かみ切りにくい	ややかみ切りにくい	どちらでもない	ややかみ切りやすい	かみ切りやすい
皮残り	多い	やや多い	どちらでもない	やや少ない	少ない
食感の嗜好性	わるい	ややわるい	普通	やや良い	良い

本研究の一部は日本食品科学工学会第69回大会において発表した。
2024年11月18日 受理。

ネルについて、農業研究所に在籍する職員のうち、ブドウの育種や栽培、品質評価に関係する研究に携わり、ブドウの食味評価に精通する人材を選定した。官能評価シートは、官能評価に関するJIS規格（日本規格協会、2004）を参照して作成した。なお、評価の年次変動を補正し、評価者間の感覚を揃える目的で、毎年試験開始前に、各パネルの評価値が全員の評価値の中央値から ± 1 以内になるように、感覚合わせを行った上で、官能評価を実施した。

3. 機器分析

官能評価に用いた同一の果房から、5果粒ずつ採取し、機器分析に用いた。果実硬度の測定には、果実硬度計（ハンディ HIT100-400、富士平工業製）を用いた。大森ら（2011）の方法を参照し、直径5mmのプランジャー先端を果粒の赤道部に接触させ、プランジャーを覆うガイド端面が果実表面に接した時の指示値を読み取った（図1）。なお、本機器は、果実が硬いほど指示値が小さくなるため、指示値が大きいほど果実が硬いように表現するため、100から指示値を差し引いた値を果実硬度とした。

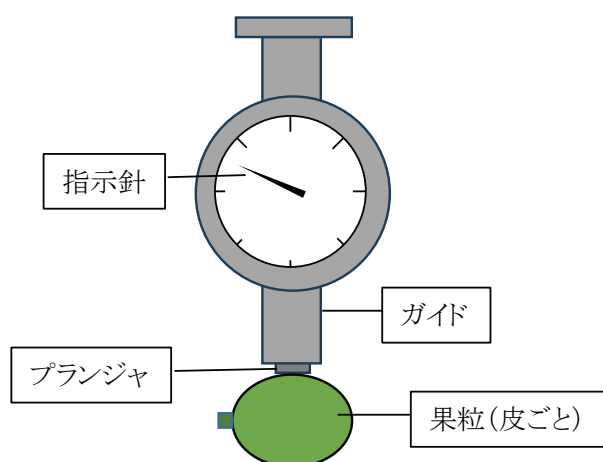


図1 果実硬度の測定方法

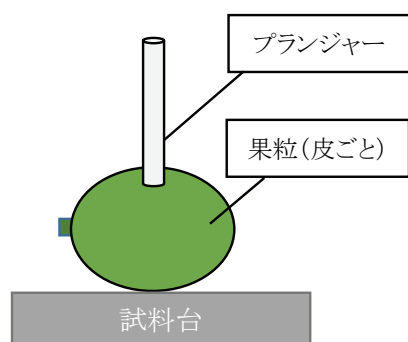


図2 果粒の破断荷重及び歪率の測定方法

果粒の破断荷重及び歪率は、クリープメーター（RE-33005B、山電製）を用いた。直径5mmの円筒型プランジャーを使用し、台座に横向きに置いた果粒の赤道部を1mm/秒の測定速度で貫入させ、果粒が破断したときの荷重及び歪率を求めた（図2）。なお、破断歪率とは、試料の元の厚さに対する破断変形の比率であり（佐藤ら、2010）、値が大きいほど破断するまでに大きく変形する。

果肉の破断荷重及び歪率は、Sato et al（1997）の手法を応用し、クリープメーターを用いて調査した。すなわち、果粒の赤道部から厚さ8mmの断面片を切り出し、直径3mmの円筒型プランジャーで測定速度1mm/秒で切断面を貫通させ、果肉が破断したときの荷重及び歪率を測定した（図3）。

歯切れ値は、佐藤・釘宮（2019）を参照し、果粒の破断荷重×果粒の破断歪率を2で除して求めた。

4. 統計解析及び官能評価値の推定方法

統計ソフトPASW Statistics 18を用いて、果実硬度、果粒の破断荷重、果粒の破断歪率、果肉の破断荷重、果肉の破断歪率及び歯切れ値と官能評価値との間の相関関係の有意性、及び官能評価項目同士の相関関係の有意性を検定した。また、官能評価結果を従属変数とし、果実硬度、果粒の破断荷重、果粒の破断歪率、果肉の破断荷重、果肉の破断歪率、歯切れ値を説明変数とした重回帰分析を行い、ステップワイズ法（ $P < 0.05$ ）によって選択された機器分析値から官能評価結果を推定する回帰式を作成した。

結果及び考察

1. 食感の嗜好性評価値と食感に関する各官能評価値との関係

‘シャインマスカット’の食感の嗜好性評価値と食感に関する各官能評価値との関係性を調査した結果、食感の嗜好性は、多汁性以外の硬さ、かみ切りやすさ、皮残りとは有意な正の相関関係にあり、硬く、かみ切り

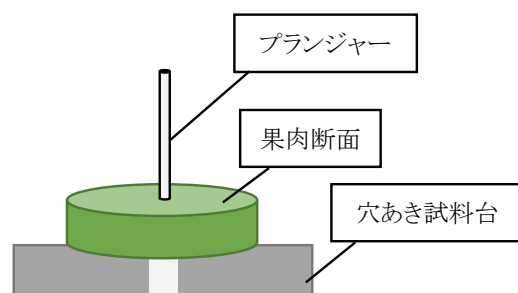


図3 果肉の破断荷重及び歪率の測定方法

やすく、皮残りが少ないものほど、嗜好性の評価が高かった（表2）。これは、「果肉がしまり、サクッとした歯ごたえ、パリッと皮ごと食べられる」といった一般的に認識されている‘シャインマスカット’の好まれる食感（農研機構，2018）と一致するものと考えられた。

2. 機器分析値と官能評価値との関係

‘シャインマスカット’の食感の嗜好性を含む食感に関する官能評価値と機器分析による測定値との単相関係数を表3に示した。まず、果実硬度については、官能評価値との間に有意な正の相関関係が認められ、値が大きいほど、官能評価では硬く、かみ切りやすく、皮残りが少なく、食感の嗜好性が良いと評価された。また、果実硬度は、調査した機器分析値の中で各官能評価値との相関係数の絶対値が最も大きかった。これは、果実硬度が、果皮の上から弾性変形の範囲内の力で測定しており（鷹尾・大森，1997）、果皮と果肉の硬度を一度に評価していることが、要因の一つと考えられた。

果粒の破断荷重は、かみ切りやすさと皮残りで有意な相関関係が認められた。果粒の破断荷重は、プランジャーが果皮を破断した時の荷重を測定しており、果皮の強度や張りを主に評価している。そのため、皮が薄いほどより小さい荷重で破断し、皮残りが少なくかみ切りやすいと評価されたものと考えられた。

果粒の破断歪率について、各官能評価値との相関関係の絶対値は果実硬度と比べて低い値を示したが、多汁性を除く官能評価値との間に有意な負の相関関係が

見られた。破断歪率は、値が小さいほど破断するまでの変形量が少ないことを意味している。つまり、破断歪率が小さいほど果粒に張りがあり、このことが食感の嗜好性等の官能評価項目と有意な関係性が認められた理由と考えられた。

歯切れ値は、多汁性を除く官能評価値との間に有意な負の相関関係が認められた。佐藤・釘宮（2019）は、レオメーターで‘シャインマスカット’を皮ごと測定し、果皮貫通時にかかる荷重と圧縮距離を用いて「歯切れ値」を算出し、荷重が小さく圧縮距離が短いほど「歯切れ値」が小さく、官能評価による「皮ごとの食べやすさ評価点」が大きいと報告している。本調査でも、破断荷重及び破断歪率が小さい方が食感が良いと評価される傾向が見られ、同様の結果が認められた。このことから、果粒を皮ごと測定することで、食感を表現できるものと考えられた。

果皮を含まない果肉の破断荷重については各官能評価値との間に相関関係が認められず、また、果肉の破断歪率については、果実硬度や果粒の破断歪率よりも相関係数の絶対値が小さかった。‘シャインマスカット’のように皮ごと食べることができる品種の食感評価は、果肉の断面よりも、皮ごとの果粒による評価の方が適すると考えられた。

以上のことから、人が食べた時に感じる‘シャインマスカット’の硬さ、かみ切りやすさ、皮残り、食感の嗜好性は、果実硬度や果粒の破断歪率等、皮ごと供

表2 官能評価における食感に関する項目と食感の嗜好性との単相関係数（n=46）

項目	単相関係数
多汁性	0.144
硬さ	0.791 ** ^z
かみ切りやすさ	0.842 **
皮残り	0.757 **

^z **は1%水準で有意

表3 官能評価における食感に関する項目と機器分析値との単相関係数（n=46）

項目	果実硬度	果粒			果肉	
		破断荷重	破断歪率	歯切れ値	破断荷重	破断歪率
多汁性	0.324 * ^z	0.000	-0.162	-0.111	-0.171	-0.283
硬さ	0.725 **	-0.190	-0.554 **	-0.482 **	0.004	-0.489 **
かみ切りやすさ	0.768 **	-0.371 *	-0.653 **	-0.604 **	0.223	-0.419 **
皮残り	0.713 **	-0.386 **	-0.615 **	-0.583 **	0.159	-0.449 **
食感の嗜好性	0.694 **	-0.222	-0.572 **	-0.491 **	0.212	-0.370 *

^z *は5%水準で、**は1%水準で有意

試した時の機器分析値で数値化できると考えられた。

3. 機器分析値による官能評価値の推定

食感の官能評価値を推定するために、機器分析値を説明変数として、ステップワイズ法による重回帰分析

を行った。その結果、硬さ、かみ切りやすさ、皮残り、食感の嗜好性を推定する回帰式の説明変数に、果実硬度のみ選択された（表4）。得られた回帰式を用いて果実硬度から各官能評価値を推定すると、実測値との推

表4 重回帰分析結果

項目	変数 ^z	非標準化係数	標準化係数	R ²	RMSE
硬さ	果実硬度 ^y	0.035	0.725	0.526	0.332
	定数	1.185			
かみ切りやすさ	果実硬度	0.045	0.768	0.590	0.375
	定数	0.790			
皮残り	果実硬度	0.040	0.713	0.509	0.392
	定数	0.719			
食感の嗜好性	果実硬度	0.035	0.694	0.481	0.369
	定数	1.294			

^z ステップワイズ法では、果粒の破断荷重及び歪率、歯切れ値、果肉の破断荷重及び歪率は変数として選択されなかったため、変数として選択された果実硬度のみ示した

^y 果実硬度の数値は、100-指示値

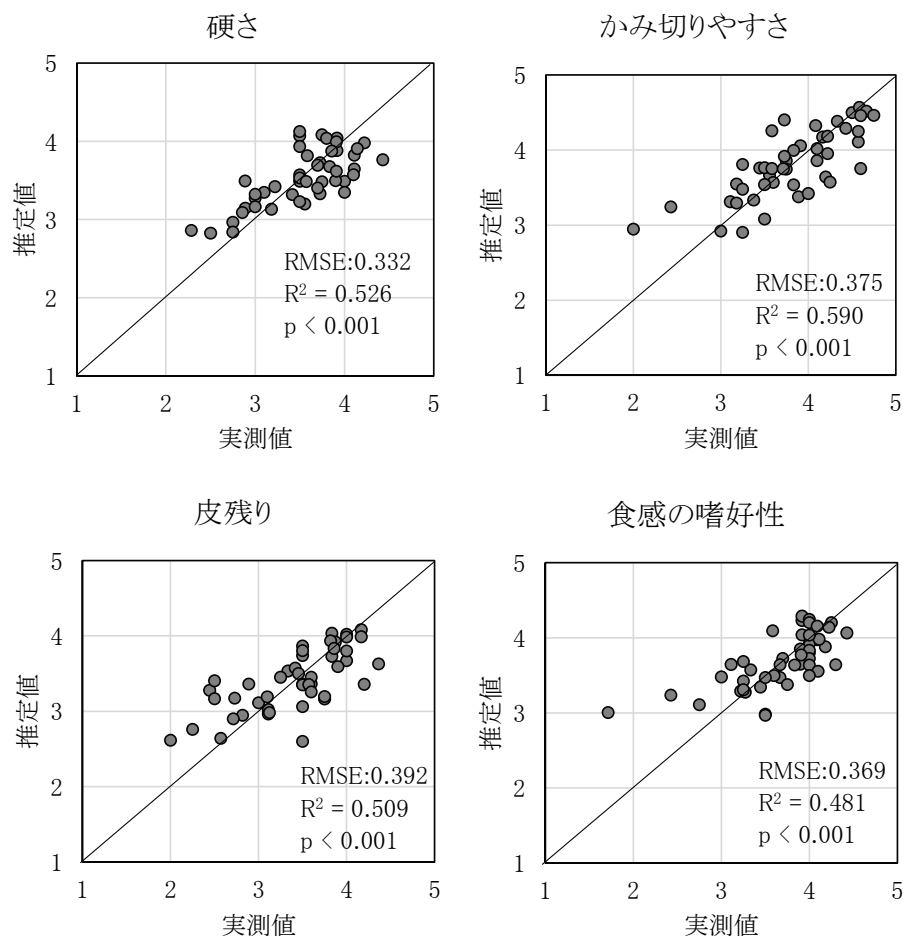


図4 果実硬度から推定した官能評価値と実測値の関係 (n=46)

定誤差RMSEは、硬さが0.332 ($R^2=0.526$, $p<0.001$), かみ切りやすさは0.375 ($R^2=0.589$, $p<0.001$), 皮残りは0.392 ($R^2=0.509$, $p<0.001$), 食感の嗜好性は0.369 ($R^2=0.481$, $p<0.001$) であった(図4). 以上から, 複数の機器分析値による推定精度の向上は認められず, 食感に関する官能評価値は, 果実硬度のみ測定することで, 0.3 ~ 0.4の比較的小さい誤差で簡便に推定できる可能性が示唆された.

摘 要

‘シャインマスカット’を皮ごと食べたときの食感を客観的に評価するために, 機器分析値による食感の数値化を検討した. その結果, 人が食べた時に感じる‘シャインマスカット’の硬さ, かみ切りやすさ, 皮残り, 食感の嗜好性は, 皮ごとの果粒を果実硬度計で測定することで数値化できることが示唆された.

引用文献

- 日本規格協会 (2004) JIS Z 9080:官能評価分析—方法, 18-19
- 農研機構 (2018) 農研機構生まれ シャインマスカットの魅力に迫る!!「旬」の話題. https://www.naro.go.jp/publicity_report/season/119737.html (2024. 7検索)
- 大森定夫・平田晃・鷺尾宏之進・中元陽一・藤岡修 (2011) 青果物の非破壊品質評価技術に関する開発研究. 農業機械化研究所報告, 40:1-64.
- Sato A, H. Yamane, N. Hirakawa, K. Otobe, and M. Yamada. (1997) Varietal differences in the texture of grape berries measured by penetration tests. *Vitis*, 36:7-10.
- 佐藤恵美子・中野恵利子・筒井和美 (2010) ゴマ豆腐の破断特性およびテクスチャーに及ぼす澱粉の種類の影響. 人間生活学研究, 1:1-10.
- 佐藤洋平・釘宮信明 (2019) ブドウ‘シャインマスカット’の食感改善技術の確立. 大分農林水産研研報, 6:27-31.
- 鷺尾宏之進・大森定夫 (1997) 青果物等の軟らかさ測定器, 特許第2561468号
- 山田昌彦・山根弘康・佐藤明彦・平川信之・岩波 宏・吉永勝一・小澤俊治・三谷宣仁・白石美樹夫・吉岡美加乃・中島育子・中野正明・中畝良二 (2008) ブドウ新品種‘シャインマスカット’. 果樹研報, 7:21-38.