

[Technical Brief]

屈折計及び比重計を用いた甲州ブドウ果汁の全可溶性固形物の測定に及ぼす温度と果汁清澄度の影響

横塚 毅¹・西畑徹平²・奥田 徹¹・高柳 勉¹¹ 山梨大学大学院医学工学総合研究部 (ワイン科学研究センター)、² 教育部

Effects of Juice Clarification and Measurement Temperature on Total Soluble Solids Content in Koshu Grape Juice Measured with Brix Refractometer and Hydrometer

Koki Yokotsuka¹, Teppei Nishihata², Tohru Okuda¹, and Tsutomu Takayanagi¹¹ Interdisciplinary Graduate School of Medicine and Engineering & The Institute of Enology and Viticulture, University of Yamanashi, Kofu, Yamanashi 400-0005, Japan

The effects of measurement temperature and degree of clarity of juice from Koshu grapes on total soluble solids content (Brix) were investigated when Brix was measured with a Brix refractometer and hydrometer. Approximately 90% of the total soluble solids content was derived from glucose and fructose. When measured at room temperature (15 and 25°C, which were the approximate average temperature between late September and early October during the five-years period from 1999 to 2003, when Koshu grapes were usually harvested), the Brix values were not influenced significantly by the measurement temperature. Likewise, the degree of clarity of juice did not influence Brix value, however, the value obtained with a hydrometer was somewhat higher for cloudy juice (with a higher degree of clarity) that was obtained after pressing crushed grapes than for clear juice that was obtained after centrifugation. The fermentable sugar content could be determined by a refractometer in the case of cloudy juice and by both a refractometer and a hydrometer in the case of clear juice.

Keywords: Koshu, total soluble solids, brix refractometer, hydrometer

序 論

ブドウ果汁の可溶性固形物含量 (total soluble solids content) はブドウの熟度を知るよい指標であり、収穫時期を決定する重要な因子の一つである。可溶性固形物のほとんど (通常90%以上) は糖であるので [1]、全可溶性固形物含量の測定はしばしば糖含量の測定と同意義に扱われることが多い。主として山梨県勝沼町一帯で栽培されている甲州ブドウは、事実上その糖度を基準として取引され、また勝沼町原産地認証ワイン制度審査会では糖度18%以上のブドウから製造されたワインのみを審査対象としていることから分かるように、糖度はわが国のブドウの品質を判定する最も重要な尺度となっている。しかし、それぞれのブドウ栽培者あるいはブドウ集荷団体によって糖度測定法が異なる。ゆえに、各測定法間による糖度の差異を調べ、その変動の大きさを知ることが重要である。

ブドウの全可溶性固形物 (Brix、糖度) は、浮秤比重計あるいはBrix屈折計を用いて測定するのが一般的

2004年4月5日受理

である [1, 5]。比重と屈折率はいずれも測定温度で変化することが知られ、温度補正が必要である。市販の屈折計のなかには自動温度補正機能が付与されているものもあるが、実際に使用している測定機器は、温度補正機能を有しないものが少なくない。甲州ブドウの糖度測定を行っている現場で観察すると、ブドウ棚の下、直射日光下、大型冷蔵貯蔵庫内などに置かれた8~10 kg入りの集荷箱から採取したブドウ果粒を小型搾汁器あるいは指で圧搾搾汁して得られた果汁の糖度を測定していることから、果汁の温度、またその清澄度が非常に異なることが分かった。そこで、本実験では果汁の温度と清澄化度の違いが糖度測定値に及ぼす影響を調べた。

材料と実験方法

果汁の調製

勝沼町内の各地域 (勝沼、祝、菱山、東雲) で栽培した甲州ブドウ (10試料) を10月中旬に収穫した。1果房あたりの果粒数は79 (n=20, SD=15.8)、1果房

の重量は358.8 g (n=20, SD = 62.9) ブドウの長径は2.10 cm (n = 500, SD=0.155)、短径は1.87 cm (n=500, SD=0.136)であった。

甲州ブドウ2果房を手で除梗し、果粒をビニール袋に入れ、それにメタ重亜硫酸カリウム500 mg/kgを加え、手動式圧搾機で圧搾・搾汁した。得られた果汁を2つに分け、一つは搾汁液をそのまま、他方は4℃、15,000×g、10分間遠心分離し、その上清（遠心果汁）を用いてBrix糖度、滴定酸度（総酸）及びpHの測定を行った。滴定酸度は平沼自動滴定装置（Comtite-450型）で測定した。

Brix糖度並びにグルコース及びフルクトース含量の測定

圧搾果汁及びその遠心上清をそれぞれ100 mLメスシリンダーに入れ、4℃（低温室）、15℃（恒温槽）、25℃（恒温槽）に静置し、試料が各測定温度になったことを確認後、屈折計（手持屈折計N-1型、アタゴ、東京）及び比重計（標準比重計、Nタイプシリーズ、19本組のうち2本（「1.000~1.060」と「1.060~1.120」）、緒方計器製作所、東京）を用いてBrixあるいは比重を測定した。得られた比重は換算式〔6〕を用いてBrixに換算した。この操作を2回繰り返して、各測定条件につき2つの値を得た。なお、測定機器も試料と同じ温度の低温室と恒温槽内に置いた。

グルコースとフルクトースの測定は高速液体クロマトグラフィー（HITACHI製L-6200型ポンプ及びD-2500型インテグレーター）で行った。カラムとしてShodex

SUGAR SP0810 (8 mm×30 cm)、溶出溶媒として超純水、検出器として示差屈折計（HITACHI製L-3310 RI Monitor）を用いた。カラム温度80℃、流速0.5 mL/minでHPLCを行った。果汁を超純水で5倍に希釈後0.45 mのメンブランフィルターでろ過した試料液5 Lをカラムに添加した。またグルコース及びフルクトースを各1%(w/v)含む標準溶液5 Lをカラムに添加した。

統計分析

エクセル統計を用いて一元配置分散分析を行った。有意水準は $p \leq 0.01$ あるいは $p \leq 0.05$ とした。

結果と考察

Table 1に10試料の甲州（圧搾）果汁の収率、滴定酸度、pH、グルコース及びフルクトース含量を示した。果汁収率は57.6~64.7% (v/w)、平均60.6%であり、各試料の圧搾度合いの差による果汁組成の相違は少ないと判断した。果汁の滴定酸度は0.36~0.61 g/100 mLであり、成熟がかなり進行したブドウであると思われる。pHは3.12~3.50の範囲にあり、pHと滴定酸度間の相関係数（R）は-0.8401 ($p \leq 0.01$, n=10)で高度に相関していることが認められた。すべての果汁において、フルクトース含量がグルコース含量よりも多く含まれ、グルコース/フルクトース比は0.88~0.96（平均0.91）であった。この比はAmerineとThoukis〔2〕及びKliwer〔3, 4〕がそれぞれ報告した値、0.71~1.45及び0.74~1.05の範囲にあった。以上の結果から、本実験で用いたブドウは、屈折計及び比重計を用いたBrix

Table 1. Compositions of juices from Koshu grapes harvested in mid October, 2003 at various growing sites in Katsunuma town, Yamanashi.

Site	District of Katsunuma farmers' cooperative											Average
	Iwai			Katsunuma			Hishiyama		Shinonome			
	A ²	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
Juice yield (%)	57.6	56.4	64.7	61.1	63.0	59.4	59.9	60.9	61.0	62.3	60.6	
Titrateable acidity (g/100 mL as tartaric acid)	0.49	0.42	0.61	0.45	0.57	0.42	0.52	0.50	0.43	0.36	0.48	
pH	3.17	3.38	3.12	3.24	3.13	3.23	3.27	3.27	3.38	3.50	3.27	
Glucose (g/100 mL)	6.95	8.44	6.63	7.65	6.90	7.92	6.93	9.31	7.93	8.63	7.73	
Fructose	7.90	9.27	7.18	8.65	7.44	8.72	7.23	10.6	8.78	9.01	8.48	
Total sugars (TS)	14.9	17.7	13.8	16.3	14.3	16.6	14.2	19.9	16.7	17.6	16.2	
Ratio of glucose to fructose	0.88	0.91	0.92	0.88	0.93	0.91	0.96	0.88	0.90	0.96	0.91	
Ratio of TS/mean value A ²	0.909	0.922	0.885	0.921	0.894	0.892	0.893	0.966	0.918	0.876	0.908	
Ratio of TS/mean value B ²	0.925	0.898	0.890	0.931	0.888	0.860	0.888	0.930	0.893	0.838	0.894	

² Letters A to J show different growing sites in each district of Katsunuma Farmers' Cooperative.

² See Table 2. Data were compensated for specific gravity.

測定における果汁処理と測定温度の影響を研究するのに標準的な材料と判断した。

Table 2は圧搾果汁と遠心上清の全可溶性固形物含量 (Brix) を4℃、15℃、25℃で屈折計と比重計で測定した値を示した。1999~2003年の甲府の平均気温は、

8月26.6℃、9月23.2℃、10月16.6℃、勝沼の平均気温は8月25.7℃、9月22.1℃、10月15.5℃であったので、低温貯蔵庫中の試料を想定した4℃に加えて、15℃と25℃を測定温度とした。

屈折計で測定した場合、温度補正前でも後でも圧搾

Table 2. Degree Brix of Koshu grape juices measured with a Brix refractometer and a hydrometer.

Sample	Temperature at measurement	District of Katsunuma Farmers' Cooperative										Average (n = 10)
		Iwai			Katsunuma			Hishiyama		Shinonome		
		A ^z	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Refractometer												
Before temperature corrections												
Juice	4℃ (n = 2)	15.6	18.0	14.8	16.7	15.1	17.5	15.0	19.2	17.1	18.8	16.8
	15℃ (n = 2)	15.5	17.9	14.8	16.6	15.1	17.4	15.0	19.1	17.0	18.7	16.7
	25℃ (n = 2)	15.2	17.6	14.5	16.2	14.8	17.1	14.7	18.7	16.7	18.3	16.4
	Ave. (n = 6)	15.4	17.8	14.7	16.5	15.0	17.3	14.9	19.0	16.9	18.6	16.6
Supernatant	4℃	15.6	18.0	14.8	16.7	15.1	17.5	15.0	19.2	17.1	18.8	16.8
	15℃	15.5	17.9	14.8	16.6	15.1	17.4	15.0	19.1	17.0	18.7	16.7
	25℃	15.2	17.6	14.5	16.2	14.8	17.1	14.7	18.7	16.7	18.3	16.4
	Ave. (n = 6)	15.4	17.8	14.7	16.5	15.0	17.3	14.9	19.0	16.9	18.6	16.6
	Mean (n = 12)	15.4	17.8	14.7	16.5	15.0	17.3	14.9	19.0	16.9	18.6	16.6
After temperature corrections at 20℃ ^y												
Juice	15℃	15.2	17.6	14.5	16.3	14.8	17.1	14.7	18.8	16.7	18.4	16.4
	25℃	15.6	18.0	14.9	16.6	15.2	17.5	15.1	19.1	17.1	18.7	16.8
	Ave. (n = 4)	15.4	17.8	14.7	16.5	15.0	17.3	14.9	19.0	16.9	18.6	16.6
Supernatant	15℃	15.2	17.6	14.5	16.3	14.8	17.1	14.7	18.8	16.7	18.4	16.4
	25℃	15.6	18.0	14.9	16.6	15.2	17.5	15.1	19.1	17.1	18.7	16.8
	Ave. (n = 4)	15.4	17.8	14.7	16.5	15.0	17.3	14.9	19.0	16.9	18.6	16.6
	Mean value A (n = 8)	15.4	17.8	14.7	16.5	15.0	17.3	14.9	19.0	16.9	18.6	16.6
Hydrometer												
Before temperature corrections												
Juice	4℃	15.6	19.4	15.1	17.2	15.6	18.8	15.9	20.5	18.6	19.9	17.7
	15℃	15.3	18.6	14.5	16.7	15.3	18.0	15.1	19.9	17.8	19.4	17.1
	25℃	15.1	18.3	14.5	16.4	15.1	17.8	14.8	19.6	17.5	19.4	16.9
	Ave. (n = 6)	15.3[*]	18.8[*]	14.7	16.8[*]	15.3[*]	18.2	15.3	20.0	18.0[*]	19.6[*]	17.2
Supernatant	4℃	14.8	17.8	14.5	16.1	14.8	17.8	14.8	19.6	16.9	19.1	16.6
	15℃	14.5	17.5	14.0	15.6	14.2	16.9	14.5	19.1	16.7	18.8	16.2
	25℃	14.0	17.2	14.0	15.6	14.2	16.9	14.0	18.8	16.1	18.6	15.9
	Ave. (n = 6)	14.4	17.5	14.2	15.8	14.4	17.2	14.4	19.2	16.6	18.8	16.3
	Mean (n = 12)	15.1	18.3	14.5	16.3	14.9	17.8	14.9	19.6	17.5	19.3	16.8
After temperature corrections at 20℃ ^y												
Juice	4℃	16.1	19.9	15.6	17.7	16.1	19.3	16.4	21.0	19.1	20.4	18.2
	15℃	15.6	18.8	14.8	16.9	15.6	18.3	15.3	20.2	18.0	19.6	17.3
	25℃	14.7	18.0	14.2	16.1	14.7	17.4	14.4	19.3	17.1	19.0	16.5
	Ave. (n = 6)	15.5	18.9	14.9	16.9	15.5	18.3	15.4	20.2	18.1	19.7	17.3
Supernatant	4℃	15.3	18.3	15.0	16.6	15.3	18.3	15.3	20.2	17.5	19.6	17.1
	15℃	14.8	17.7	14.2	15.8	14.5	17.2	14.8	19.4	16.9	19.1	16.4
	25℃	13.6	16.9	13.6	15.3	13.9	16.6	13.6	18.5	15.8	18.2	15.6
	Ave. (n = 6)	14.6	17.6	14.3	15.9	14.6	17.4	14.6	19.4	16.7	19.0	16.4
	Mean value B (n = 12)	15.1	18.3	14.6	16.4	15.1	17.9	15.0	19.8	17.4	19.4	16.9

^z Letters A to J show different growing sites in each district of Katsunuma Farmers' Cooperative.

^y There are no corrections in the attached instructions for conversion of Brix values measured at 4℃ with a refractometer to those at 20℃.

^{*} * indicate statistically significant between juice and supernatant at $p \leq 0.05$.

^w Mean values A and B, respectively indicate the average degree Brix values of juice and supernatants after the temperature corrections of values measured at 20℃ with a refractometer and a hydrometer.

果汁と遠心果汁（上清）のBrixは測定温度が低いほうが概して高く、最低値（25℃での測定値）と最高値（4℃での測定値）の差は0.3～0.5の範囲にあった。15℃と25℃で測定されたBrix値を添付の換算表を用いて20℃での値に換算した結果、15℃での測定値を20℃に換算した値のほうが25℃の換算値よりも低く、その差は0.3～0.7であり、温度補正によって一定値を得ることはできなかった。供試した10試料の平均値で比較すると、压榨果汁と遠心果汁のBrixの差は認められなかった。

比重計で測定したときのBrix値に及ぼす温度の影響は屈折計で測定したときのそれよりも大きかった。測定温度が低くなるにつれて压榨果汁のBrix値は大きくなり、最低値（25℃での測定値）と最高値（4℃での測定値）の差は0.5～1.1であり、一方遠心果汁のそれは0.5～0.8であった。すなわち、濁った压榨果汁のBrixのほうが遠心果汁のそれよりも高く、その差の平均は温度補正前で0.4であった。各温度で得られた測定値を20℃でのそれに温度補正した結果、最低値と最高値の差は1.3～2.0と増加し、平均Brix値は压榨果汁のほうが遠心果汁よりも大きく、その差の平均は0.9であった。

屈折計及び比重計で得られたBrix値とHPLCで得られたグルコースとフルクトースの合計値を比較した。なお、スクロースは検出されなかった。屈折計で得られたBrix値に対するHPLCで得られたグルコースとフルクトースの合計値を、比重による差を補正後計算した結果、0.876～0.966、平均0.908であった（Table 1）。同様に、比重計で得られたBrix値に対するHPLCで得られたそれとの比は0.838～0.931、平均0.894であった。この結果から、甲州ブドウ果汁の可溶性固形物の約90%はグルコースとフルクトースと考えられた。

結 論

(1) 甲州ブドウ果汁をマストとして用いる場合、グルコースとフルクトースの総量は全可溶性固形物の約90%に相当するので、測定されたBrix値×0.90 (g/100 g果汁) またはBrix値×0.90×比重 (g/100 mL果汁) を発酵可能な糖量とすることができる。

(2) 屈折計と比重計で測定したBrix値には大きな差異はないが、前者で測定したほうがわずかに低い値となった。その差は発酵後のワインのエタノール換算で、最大わずか約0.4% (w/v) にしかならないと推測され

た。

(3) 屈折計や比重計を用い、ブドウの収穫期の9月中旬～10月初旬に、室温（15～25℃）で測定して得られたBrix値を温度補正することに實際上重要な意義はないかもしれない。

(4) 果汁の透明度は、屈折計でBrix値を測定するときは影響しないが、比重計で測定する場合にはわずかに影響した。

(5) 測定法よりも用いた測定機器自身の精度のほうがBrix値に影響すると思われる。ブドウ果汁の糖度測定用機器の目盛りは、スクロース標準液でなく、モデルブドウ果汁に種々の濃度の果汁構成糖を添加した溶液で校正されるべきだと思われる。

本実験は勝沼町ワイン産地呼称に関する検討委員会の依頼によりなされた。

要 約

甲州ブドウ果汁の全可溶性固形物（Brix）を屈折計と比重計を用いて測定する際の温度と試料の透明度の影響を調べた。二つの測定法で得られた全可溶性固形物の約90%はグルコースとフルクトースであった。室温（15℃と25℃）で測定すれば、得られたBrix値は測定温度によって大きく影響されなかった。屈折計で測定したとき、果汁の透明度はBrix値に影響しなかったが、比重計で得られたBrix値は透明度の高い果汁のほうがやや低く、その差は約1.4 (Brix) (ワインの約0.7%エタノール含量に相当) であった。発酵可能な糖含量は、压榨果汁の場合には屈折計を用い、その遠心果汁の場合には屈折計または比重計のいずれかの測定機器を用い、室温で測定して得られたBrix値より容易に知ることができた。

文 献

1. Amerine, M. A. and C. S. Ough. Methods for Analysis of Musts and Wines. John Wiley & Sons, New York p. 11 (1980).
2. Amerine, M. A. and G. Thoukis. The glucose-fructose ratio in California grapes. *Vitis*. 1:224-229 (1958).
3. Kliewer, W. M. Glucose-fructose ratio of *Vitis vinifera* grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* 17: 33-41 (1967).
4. Kliewer, W. M. Concentration of tartrates, malates,

- glucose and fructose in fruits of the genus *Vitis*.
Glucose-fructose ratio of *Vitis vinifera* grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* 18: 87-96 (1967).
5. Zoecklein, B. W., K. C. Fugelsang, B. H. Gump, and F. S. Nury. *Production Wine Analysis*. p. 11-44. Van Nostrand Reinhold, New York (1990).
 6. 山梨県食品工業指導所編「葡萄酒醸造法」p. 59., 山梨県食品工業指導所, 山梨県 (1976).