

# ワイン醸造における糖分、アルコール分およびエキス分のデジタル屈折計による簡易測定法

荻野 敏・樋川 芳仁

## Method for Simple Measurements of Sugar, Alcohol and Extract by Digital Refractometer in Wine Making

Satoshi OGINO and Yoshihito IIKAWA

### 1. 緒言

一般に、わが国のワイン用原料ぶどうの糖分は15～17%である。このようなぶどうからはアルコール分10%以上のワインを造るのとは不可能である。市販されている多くのワインのアルコール分は10～13%であることから、発酵によってこの濃度のアルコール分を得るために、一般に不足分の糖分を砂糖あるいはぶどう糖を用いて補い、発酵前糖分を22～25%としている。このようなことから、仕込み前に原料ぶどうの糖分を測定することは、欠くことのできない作業のひとつとなっている。

また、製成されたワインのアルコール分とエキス分(糖分や酸分など揮発性成分)として示される成分はワインの味を左右する最も重要な成分であり、今日、ブレンドワインの多いことから、これらの成分を前もって知っておかないと適切なブレンドは行えない。

現在、ワイン醸造技術者は糖分、アルコール分およびエキス分の分析法として、ほとんどが国税庁所定分析法<sup>1)</sup>を採用している。すなわち、果汁糖分は比重浮秤計によって果汁の比重を測り、比重-糖分換算表(もしくは計算式)から求める。アルコール分はマストあるいはワインを蒸溜した後、留液のアルコール分を酒精度浮秤計を用いて読み取る。エキス分は比重浮秤計を用いて、マストあるいはワインの比重を測り、前述のアルコール分と比重の値をエキス分換算表(もしくは計算式)に代入して求める。

また、これら浮秤計はガラス製であるため、破損しやすく、目盛りが細かいため読み取り間違いも時折り見られる。そこで、これらの事故を軽減することも考え、現場で容易に採用できる方法を

検討した。

筆者らは、これら三成分がそれぞれ屈折計示度と正相関することを利用して、デジタル屈折計による方法を試みた。すなわち、これらの成分の屈折計示度と所定法の成分値との関係から各々の成分の回帰直線式を求め、それぞれの回帰式が果汁の転化糖分およびワインのアルコール分とエキス分を求める推定式として利用できることと、これらが簡易測定法として現場で採用できることが分かったので報告する。

### 2. 実験方法

#### 2-1 試料

- (1) ぶどう果汁およびワイン中の主な成分と屈折計示度の関係を知るために、市販特級試葉のうちからフラクトース、グルコース、サッカロース、エタノール、酒石酸、リンゴ酸およびグリセロールのそれぞれについて、水を溶媒とした濃度系列を作り検量線を作成した。
- (2) 試料A群: ぶどう果汁として、甲州種ぶどうの搾汁液30種類と同搾汁液の逆浸透濃縮液20種類(濾過面積0.205 $m^2$ 、食塩排除率92%の酢酸セルロース膜の逆浸透膜装置を使用)とマスカット・ベリーA種の搾汁液7種の合計57点を試料A群とした。このうち任意に抽出した37点を果汁の転化糖分と屈折計示度の回帰分析用試料とし、残り20点を、求めた回帰式の検定用試料とした。
- (3) 試料B群: 検定前のマスト7点と貯蔵、出荷酒のうちから白ワイン35点と赤ワイン15点の合計57点を試料B群とした。このうちから、任意に抽出したワイン26点をエキス分の回帰分析用試料とした。さらに、この26点に残り31点から任意抽出

した12点を加え合計38点をアルコール分の回帰分析用試料とした。

(4) 試料C群：依頼分析用としてワインセンターに持込まれたワインおよび審査会に出品されたワインの128点を試料C群とし、このうちから58点を任意に抽出し、エキス分およびアルコール分の回帰式の検定用試料とした。

## 2-2 分析方法

屈折計示度の測定にはアタゴデジタル屈折計D BX-50型を用い、転化糖分、エキス分およびアルコール分は器差補正済みの比重浮秤計および酒精度浮秤計を用いて測定し、所定法<sup>19)</sup>に従って次の計算式から求めた。

$$\begin{aligned} \text{転化糖分} &= (\text{試料の比重} - 1) \times 100 \times 2.7 - 2.5 \\ \text{エキス分} &= (\text{試料の比重} - \text{試料のアルコール分の比重}) \times 260 + 0.21 \end{aligned}$$

試料の測定はいずれの場合も15°Cに保って行い、ひとつの試料につき、それぞれ5回の測定をし、平均値を分析値とした。

回帰分析にあたり、所定法で求めた転化糖分( $I_0$ )、エキス分( $E_0$ )およびアルコール分( $A_0$ )とそれぞれ次の屈折計示度とを比較した。

- ①  $I_R$ ：ぶどう果汁の屈折計示度
- ②  $E_R$ ：試料ワインの屈折計示度 ( $R_1$ ) から、試料ワインを所定法と同様にして蒸留した留液の屈折計示度 ( $R_2$ ) を引いた値  
 $E_R = R_1 - R_2$
- ③  $A_R$ ：②の留液の屈折計示度 ( $R_2$ ) にアルコール分変換係数2.653 (後述) を乗じた値  
 $A_R = 2.653 R_2$

## 3. 結果および考察

### 3-1 ぶどう果汁およびワイン中の主な成分における濃度と屈折計示度の関係

表1 各成分濃度 (Y) と屈折計示度 (X) の関係

成分 <sup>*1</sup>	濃度範囲 <sup>*2</sup> w/v%	検量線 $Y = aX + b$	
		a	b
フラクトース	0~2.0	1.012	0
グルコース	0~2.0	1.010	0
サッカロース	0~24.0	1.009	0
エタノール	0~14.0 <sup>*3</sup>	2.653	0
グリセロール	0~2.0	1.167	0
酒石酸	0~1.0	0.975	0.215
リンゴ酸	0~0.8	1.083	0.054

\*1: 市販の特級試薬, \*2: 水溶液, \*3: v/v%

ぶどう果汁およびワイン中の主な成分<sup>20)</sup>として、表1に示した物質 (市販試薬から調整) について検量線を作成したところ、各成分値はすべて屈折計示度に正比例し、極めて再現性の高い直線式となった。(相関係数:  $0.998 \leq r \leq 1.000$ )。

このうちエタノール (A) と屈折計示度 (R) の関係は  $A = 2.653R$  で表わされ、2.653は屈折計示度からアルコール分推定値を求める定数 (アルコール変換係数) として用いた。

### 3-2 ぶどう果汁の転化糖分と屈折計示度の関係

試料A群のうち37点のぶどう果汁について、転化糖分 ( $I_0$ ) と屈折計示度 ( $I_R$ ) とを比較したところ表2に示した結果となった。 $I_R$ の平均値は

表2 ぶどう果汁 (n=37) の転化糖分と屈折計示度の関係

	分析値範囲	平均値	標準偏差値
転化糖分 (g/100ml) $I_0$	13.16~25.04	18.9	3.58
屈折計示度 $I_R$	12.8~23.2	18.3	3.05
回帰式	$I_0 = 1.169I_R - 2.479$		
相関係数	$r = 0.995$		

注)  $I_0$ : 国税庁所定分析法による分析値  
 $I_R$ : 屈折計示度

$I_0$ よりも低く、標準偏差値も $I_R$ の方が小さく分析誤差の小さいことが分かった。また、 $I_0$ を目的変数とし、 $I_R$ を説明変数とすると表2に示した回帰式を得、両者は極めて高い相関を示した。

したがって、屈折計示度 ( $I_R$ ) から転化糖分 (I) を求める推定式は

$$I = 1.169 I_R - 2.479 \quad (1)$$

で示され、決定係数は0.995であった。

### 3-3 ワインのエキス分と屈折計示度の関係

試料B群のワイン26点についてエキス分 ( $E_0$ ) と屈折計示度 ( $E_R$ ) とを比較した結果を表3に示した。平均値は $E_R$ の方が $E_0$ より低く、標準偏差値も小さく、屈折計示度による測定の方が分析値のパラッキが小さくなること分かった。また、 $E_0$ を目的変数とし、 $E_R$ を説明変数とすると表3に示した回帰式を得、両者は極めて高い相関を示した。

したがって、屈折計示度 ( $E_R$ ) からエキス分

表3 ワイン (n=26) のエキス分と屈折計示度の関係

	分析値範囲	平均値	標準偏差値
エキス (g/100ml) $E_o$	2.13~6.09	3.44	1.00
屈折計示度 $E_R$	1.9 ~5.86	3.13	0.89
回帰式	$E_o=1.083E_R+0.053$		
相関関係	$r=0.965$		

注)  $E_o$ : 国税庁所定分析法による分析値  
 $E_R=R_1-R_2$  ( $R_1$ : ワインの屈折計示度、  
 $R_2$ : ワインの蒸溜液の屈折計示度)

(E) を求める推定式は

$$E=1.083E_R+0.053 \quad (2)$$

で示され、決定係数は0.965であった。

### 3-4 ワインのアルコール分と屈折計示度の関係

試料B群のワイン38点について、アルコール分 ( $A_o$ ) と屈折計示度 ( $A_R$ ) とを比較した結果を表4に示した。平均値は  $A_R$  の方が高く、標準偏差値も  $A_R$  の方が大きく、転化糖分およびエキス分の場合と逆の結果であった。しかし、 $A_o$  を目的変数とし  $A_R$  を説明変数とすると表4に示した回帰式を得、両者は極めて高い相関を示した。

表4 ワイン (n=38) のアルコール分と屈折計示度の関係

	分析値範囲	平均値	標準偏差値
アルコール (V/V%) $A_o$	10.6 ~14.8	12.35	0.75
屈折計示度 $A_R$	11.09~15.71	12.94	0.81
回帰式	$A_o=0.896A_R+0.759$		
相関関係	$r=0.964$		

注)  $A_o$ : 国税庁所定分析法による分析値  
 $A_R=2.653R_2$  ( $R_2$ : 表3参照)

したがって屈折計示度 ( $A_R$ ) からアルコール分 (A) を求める推定式は

$$A=0.896A_R+0.759 \quad (3)$$

で示され、決定係数は0.964であった。

### 3-5 求めた推定式の回帰式による検定

試料A群のぶどう果汁20点を用いて、転化糖分を求める推定式(1)の検定を行い、試料C群のワイン58点を用いてエキス分とアルコール分を求める推定式(2)および(3)の検定を行った。

表5 転化糖分(I), エキス分(E)およびアルコール分(A)を求める推定式の回帰式による検定結果

推定式	分析試料数 (n)	推定値範囲	傾き (a)	切片 (b)	相関関係 (r)
$I=1.169I_n-2.479$	20	14.6 ~26.3	1.002	0.260	0.997
$E=1.083E_R+0.053$	58	2.15~ 9.29	0.979	-0.032	0.989
$A=0.896A_R+0.759$	58	9.7 ~12.9	0.975	0.194	0.908

表5に示した回帰係数 a、切片 b および相関関係 r の値から分かるとおり、最も精度よく一致したのは(1)式であり、次に(2)式となり、(3)式については前二者よりも劣った。(3)式のこの結果は、屈折計示度の方が酒精度浮秤計よりも表示度が大まかであり、屈折計の読み取り精度が0.1%となっているためである。アルコール分推定式の精度を向上させるには、屈折計の読み取り精度を高くすればよいと考えた。

しかし、(3)式を検定した回帰式について、傾き a および切片 b が  $a=1$  および  $b=0$  となることを、さらに t 分布により統計的に検定したところ、t 値はそれぞれ0.167、1.298となり、t (56, 0.01) = 2.67であることから、いずれの仮設も棄却されなかった。すなわち(3)式を検定した回帰式についても、(1)式および(2)式を検定した回帰式と同じように、原点を通り傾き 1 の直線とみなすことができた。

これらの結果から、転化糖分、エキス分およびアルコール分の推定式は、ワイン醸造において、原料ぶどう果汁の糖分分析に、また発酵、貯蔵および出荷時のアルコール分とエキス分の分析に利用でき、繁用されている手持形屈折計を用いてもより簡易的測定法として、現場で採用できると考えられた。

## 4. まとめ

ワイン醸造場において、原料ぶどう果汁の転化糖分 (I) およびワインのエキス分 (E) とアルコール分 (A) は浮秤計を用いた国税庁所定分析法から求めるのが一般的である。

本試験では浮秤計の代わりにデジタル屈折計を用いて、屈折計示度から求める方法を検討した。所定分析法から求めたこれら3成分量と屈折計示度の関係から、それぞれ次の回帰式を得た。

$$I = 1.169I_R - 2.479 \quad (1)$$

$$E = 1.083E_R + 0.053 \quad (2)$$

$$A = 0.896A_R + 0.759 \quad (3)$$

$I_R$  : ぶどう果汁の屈折計示度

$E_R$  :  $R_1 - R_2$

$A_R$  :  $2.653 \cdot R_2$

$R_1$  : ワインの屈折計示度

$R_2$  : 蒸溜したワインの留液の屈折計示度

求めた回帰式を回帰分析によって精度検定したところ、いずれも転化糖分、エキス分およびアルコール分を簡易的に求める推定式として採用できると考えられた。

## 文 献

- 1) 日本醸造協会：第三回改正国税庁所定分析法注解（1974）
- 2) 笠原信松：日本醸造協会雑誌，25（8）631（1980）
- 3) 山梨県食品工業指導所：葡萄酒醸造法（1971）P46