


## Рефрактоденсиметрический метод определения объемной доли этилового спирта в винах и винных напитках


Руслан Г. Тимофеев<sup>1</sup> Russ1970@mail.ru  0000-0002-6105-944X

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарах» РАН», ул. Кирова, 31, г. Ялта, 298600, Республика Крым, Россия

**Аннотация.** На основании обработки данных измерения показателя преломления и плотности модельных растворов и образцов винопродукции, а также параллельного определения объемной доли этилового спирта аттестованным в виноделии методом согласно ГОСТ 32095-2013, была получена таблично заданная функциональная зависимость содержания этилового спирта в жидких продуктах виноделия от плотности и показаний сахарной шкалы рефрактометра. Установленная зависимость была положена в основу разработки неразрушающего экспресс-метода определения объемной доли этилового спирта для вин и винных напитков, приготовленных на основе продуктов виноградного виноделия, базирующегося на измерении плотности и показателя преломления жидких сред. Применение методов билинейной интерполяции позволило создать четкий алгоритм действий обработки данных измерений обеспечивающий достаточную точность и однозначность определения объемной доли этилового спирта на основании данных рефрактометрии и денсиметрии. Проведена метрологическая аттестация метода. Метод может быть основой для разработки нормативного документа, регламентирующего его применение в винодельческой отрасли, а также технического задания на создание портативного прибора для определения объемной доли этилового спирта в жидких продуктах виноделия, базирующегося на совместном измерении показателя преломления и плотности жидкости.

**Ключевые слова:** виноделие, методы анализа, спиртометрия, рефрактометрия, денсиметрия

## Refractodensimetric method for determining the volume fraction of ethyl alcohol in wines and winy beverages

Ruslan G. Timofeev<sup>1</sup> Russ1970@mail.ru  0000-0002-6105-944X

<sup>1</sup> Federal State Budget Scientific Institution All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking Magarach of RAS, 31 Kirova Street, Yalta, 298600, Republic of Crimea, Russia

**Abstract.** The tabular functional dependence of the ethyl alcohol content in liquid products of winemaking on the density and readings of refractometer sugar scale based on the processing of the measurement data of the refractive index and density of the model solutions and samples of wine products, as well as the paralleling determination of the volume fraction of ethyl alcohol by the method certified in winemaking according to GOST 32095-2013 was obtained. The established dependence was the basis for development of a non-destructive express method of determining the volume fraction of ethyl alcohol for wines and wine beverages prepared using products of winemaking, based on the changes in the density and index of refraction of liquid media. The use of bilinear interpolation methods made it possible to create a clear algorithm of actions for processing the measurement data, ensuring the sufficient relevance and unambiguity in determining the volume fraction of ethyl alcohol based on refractometry and densimetry data. Metrological certification of the method has been carried out. The method can be the basis for development of a regulatory document prescribing its use in the wine industry, as well as a technical task for realization of a portable device for determining the volume fraction of ethyl alcohol in liquid products of winemaking, based on the joint measurement of the indexes of refraction and density of the liquid.

**Keywords:** winemaking, methods of analysis, alcoholometry, refractometry, densimetry

### Введение

Одним из основных компонентов виноградного вина и продуктов на его основе является этиловый спирт, который образуется в процессе брожения суслу и мезги, а также привносится в процессе производства ликерных вин и винных напитков. Аттестованным методом определения концентрации этилового спирта в винодельческой отрасли является метод согласно, ГОСТ 32095–2013, основанный на дистилляции определенного объема продукта с последующим определением плотности дистиллята того же объема. Данный метод

является арбитражным, т. е. обязательным в случае споров с производителями или поставщиками продукции и незаменим в случае определения содержания этилового спирта в продуктах имеющих гетерогенную структуру, например выжимке, дрожжевых осадках, при проведении работ по нормированию в виноделии и т. д. и т. п. Однако, в большинстве случаев, винодел на производстве имеет дело с жидкими однородными продуктами виноделия, такими как сусли, виноматериал, мистель и пр. обладающими свойствами истинного раствора. Оперативно получить информацию о содержании этилового спирта в этих продуктах без проведения рутинного

Для цитирования

Тимофеев Р.Г. Рефрактоденсиметрический метод определения объемной доли этилового спирта в винах и винных напитках // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 3. С. 104–109. doi:10.20914/2310-1202-2020-3-104-109

For citation

Timofeev R.G. Refractodensimetric method for determining the volume fraction of ethyl alcohol in wines and winy beverages. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 3. pp. 104–109. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-3-104-109

анализа невозможно. Отдельную проблему также составляет необходимость определения объемной доли этилового спирта, когда объем образца ограничен, либо образец уникален и его разрушение с целью определения объемной доли этилового спирта методом дистилляции нежелательно. В этом случае на передний план выступают инструментальные (неразрушающие) методы анализа состава продукции основанные на различных принципах [1–10]. Однако есть определенные проблемы обеспечения повторяемости, точности и воспроизводимости результатов определения концентрации этилового спирта, а также соответствия полученных результатов арбитражному методу согласно ГОСТ 32095–2013. Кроме того, применение таких методов как ИК-спектроскопия, ЯМР-спектроскопия, а так же методов газовой и жидкостной хроматографии недоступно массово заводским лабораториям винодельческих предприятий различных форм собственности в силу высокой стоимости оборудования и эксплуатационных расходов на его содержание.

Рефрактометрия и денсиметрия – измерение показателя преломления и плотности вещества, являются одними из старейших методов анализа бинарных смесей. Сочетание рефрактометрических методов с измерением других физических свойств, например плотности или физико-химической обработкой пробы вещества позволяет анализировать тройные или более сложные смеси и определять состав важных продуктов промышленности и биологических объектов [11]. Несмотря на бурное развитие аналитического оборудования, методы определения концентрации веществ, основанные на измерениях важнейших физических параметров вещества – плотности и показателя преломления, по-прежнему остаются востребованными для сред с детерминированным составом в силу их простоты и надежности. Общеизвестны принятые в виноделии методы с применением различных подходов, в том числе рефрактометрии и денсиметрии, приведенные в [12], также требуют определенной пробоподготовки, что затрудняет прямое определение концентрации этилового спирта в винах и напитках в силу присутствия веществ экстракта.

Ранее нами был предложен и обоснован метод определения объемной доли этилового спирта и массовой концентрации экстракта в виноградных винах путем измерения показателя преломления и плотности продукта, с дальнейшим вычислением показателей состава на основе созданной математической модели продукта, связывающей его состав и физические свойства, в том числе показатель преломления

и плотность с содержанием этилового спирта и общего экстракта [13]. Данные алгоритмы и модели, в силу их громоздкости не могут быть основой для создания проекта руководящего документа (методик определения) объемной доли этилового спирта с последующей его метрологической аттестацией и введением в реестр методов анализа общепринятых для отрасли. Настоящая публикация должна заполнить этот пробел.

**Цель работы** – разработка неразрушающего экспресс-метода определения объемной доли этилового спирта в жидких однородных продуктах виноградно-винодельческой отрасли на основе измерения плотности и показателя преломления продукта, пригодного для реализации в производственных условиях на стандартном лабораторном оборудовании заводской лаборатории винограда и опирающегося на четкий алгоритм действий и вычислений, обеспечивающий достаточную точность и однозначность результата определения.

### Материалы и методы

Объектами исследований являлись: модельные растворы, полученные на основе виноматериалов различного типа и винных дистиллятов и воды; данные официальных таблиц по плотности растворов этилового спирта приведенные в [14]; данные по показателю преломления различных продуктов виноделия приведенные в [12].

Измерение показателя преломления проводили на рефрактометре УРЛ-1, согласно ГОСТ ISO 2173–2013, плотности – согласно ГОСТ 18995.1–73 (СТ СЭВ 1504–79).

Контрольные определения объемной доли этилового спирта и массовой концентрации общего экстракта проводили аттестованными в винодельческой отрасли методами, согласно ГОСТ 32095–2013 и ГОСТ 32000–2012, соответственно.

Предварительную метрологическую аттестацию метода осуществляли согласно ГОСТ Р ИСО 5725–1–2002 и ГОСТ Р ИСО 5725–6–2002 путем сравнения результатов определения объемной доли этилового спирта по ГОСТ 32095–2013 и по разрабатываемому методу на виноматериалах различного происхождения и состава.

Математическую обработку данных эксперимента и метрологическую оценку метода проводили с использованием программы MS Excel 2007 с пакетом анализа – VBA и модулем поиска решения.

Были приготовлены модельные растворы с объемной долей этилового спирта от 0 до 30% и концентрацией общего экстракта от 0 до 350 г/дм<sup>3</sup> с шагом 3% об. по объемной доле этилового спирта и 10–25 г/дм<sup>3</sup> по экстракту;

В полученных модельных растворах определяли значения объемной доли этилового спирта и массовой концентрации общего экстракта согласно ГОСТ 32095–2013 и ГОСТ 32000–2012,

а также измеряли их плотность и снимали показания сахарной шкалы рефрактометра.

Полученные данные эксперимента были обработаны методами двумерной интерполяции полиномами Ньютона [15, 16] с целью построения регулярной, заданной таблично функции объемной доли этилового спирта в зависимости от плотности и показаний сахарной шкалы рефрактометра.

### Результаты

В результате проделанной работы были получены расчетные значения объемной доли этилового спирта в зависимости от плотности продукта в диапазоне 970 кг/м<sup>3</sup> до 1130 кг/м<sup>3</sup> с шагом 10 кг/м<sup>3</sup> и показаний сахарной шкалы

рефрактометра в диапазоне значений от 4,0 до 31,0% масс. с шагом 1,0. Результаты данных исследований приведены в таблице 1. Прочерки в таблице показывают ячейки с отрицательным значением объемной доли этилового спирта или массовой концентрации экстракта, которые лишены физического смысла. Отрицательные значения объемной доли этилового спирта, представленные в таблице, лишены физического смысла, но необходимы для нахождения промежуточных значений путем интерполяции данных таблицы для значений плотности и показаний сахарной шкалы рефрактометра для реального продукта.

Таблица 1.

Объемная доля этилового спирта в зависимости от плотности продукта  $\rho$  и показаний сахарной шкалы рефрактометра В при 20°С

Table 1.

The volume fraction of ethyl alcohol depending on the density of the product  $\rho$  and the readings of the sugar scale of the refractometer В at 20°С

| В, % масс.  <br>% mass. | $\rho$ – плотность, кг/м <sup>3</sup>   density, kg /m <sup>3</sup> |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                         | 970   | 980   | 990   | 1000  | 1010  | 1020  | 1030  | 1040  | 1050  | 1060  | 1070  |
| 4.0                     | -   | 12.48 | 8.79  | 5.11  | 1.43  | -2.25 | -     | -     | -     | -     | -     |
| 5.0                     | -   | 13.96 | 10.27 | 6.59  | 2.91  | -0.77 | -     | -     | -     | -     | -     |
| 6.0                     | -   | 15.44 | 11.75 | 8.07  | 4.39  | 0.71  | -2.96 | -     | -     | -     | -     |
| 7.0                     | 20.61   | 16.92 | 13.23 | 9.55  | 5.87  | 2.19  | -1.48 | -     | -     | -     | -     |
| 8.0                     | 22.09   | 18.40 | 14.71 | 11.03 | 7.35  | 3.67  | 0.00  | -     | -     | -     | -     |
| 9.0                     | 23.56   | 19.88 | 16.19 | 12.51 | 8.83  | 5.15  | 1.48  | -2.19 | -     | -     | -     |
| 10.0                    | 25.04   | 21.35 | 17.67 | 13.98 | 10.31 | 6.63  | 2.96  | -0.71 | -     | -     | -     |
| 11.0                    | 26.61   | 22.92 | 19.24 | 15.56 | 11.88 | 8.20  | 4.53  | 0.86  | -2.81 | -     | -     |
| 12.0                    | 28.08   | 24.40 | 20.71 | 17.03 | 13.36 | 9.68  | 6.01  | 2.34  | -1.33 | -     | -     |
| 13.0                    | 29.65   | 25.97 | 22.28 | 18.60 | 14.93 | 11.25 | 7.58  | 3.91  | 0.24  | -     | -     |
| 14.0                    | 31.22   | 27.54 | 23.85 | 20.17 | 16.50 | 12.82 | 9.15  | 5.48  | 1.82  | -1.85 | -     |
| 15.0                    | 32.78   | 29.10 | 25.42 | 21.74 | 18.07 | 14.39 | 10.72 | 7.05  | 3.39  | -0.28 | -     |
| 16.0                    | -   | 30.67 | 26.99 | 23.31 | 19.64 | 15.96 | 12.29 | 8.62  | 4.96  | 1.29  | -2.37 |
| 17.0                    | -   | 32.23 | 28.55 | 24.88 | 21.20 | 17.53 | 13.86 | 10.19 | 6.53  | 2.86  | -0.80 |
|                         | 990   | 1000  | 1010  | 1020  | 1030  | 1040  | 1050  | 1060  | 1070  | 1080  | 1090  |
| 17.0                    | 28.55   | 24.88 | 21.20 | 17.53 | 13.86 | 10.19 | 6.53  | 2.86  | -0.80 | -     | -     |
| 18.0                    | 30.12   | 26.44 | 22.77 | 19.10 | 15.43 | 11.76 | 8.09  | 4.43  | 0.77  | -2.89 | -     |
| 19.0                    | 31.78   | 28.10 | 24.43 | 20.76 | 17.09 | 13.42 | 9.76  | 6.10  | 2.44  | -1.22 | -     |
| 20.0                    | -   | 29.66 | 25.99 | 22.32 | 18.65 | 14.99 | 11.32 | 7.66  | 4.00  | 0.34  | -3.31 |
| 21.0                    | -   | 31.32 | 27.65 | 23.98 | 20.31 | 16.65 | 12.98 | 9.32  | 5.66  | 2.01  | -1.65 |
| 22.0                    | -   | 32.98 | 29.31 | 25.64 | 21.97 | 18.31 | 14.64 | 10.98 | 7.32  | 3.67  | 0.01  |
| 23.0                    | -   | -     | 30.96 | 27.29 | 23.63 | 19.96 | 16.30 | 12.64 | 8.98  | 5.33  | 1.67  |
|                         | 1010  | 1020  | 1030  | 1040  | 1050  | 1060  | 1070  | 1080  | 1090  | 1100  | 1110  |
| 23.0                    | 30.96   | 27.29 | 23.63 | 19.96 | 16.30 | 12.64 | 8.98  | 5.33  | 1.67  | -1.98 | -     |
| 24.0                    | 32.61   | 28.95 | 25.28 | 21.62 | 17.96 | 14.30 | 10.64 | 6.99  | 3.33  | -0.32 | -     |
| 25.0                    | -   | 30.60 | 26.94 | 23.27 | 19.61 | 15.95 | 12.30 | 8.64  | 4.99  | 1.34  | -2.31 |
| 26.0                    | -   | 32.25 | 28.59 | 24.93 | 21.27 | 17.61 | 13.95 | 10.30 | 6.65  | 2.99  | -0.65 |
| 27.0                    | -   | -     | 30.29 | 26.62 | 22.97 | 19.31 | 15.65 | 12.00 | 8.35  | 4.70  | 1.05  |
|                         | 1030  | 1040  | 1050  | 1060  | 1070  | 1080  | 1090  | 1100  | 1110  | 1120  | 1130  |
| 27.0                    | 30.29   | 26.62 | 22.97 | 19.31 | 15.65 | 12.00 | 8.35  | 4.70  | 1.05  | -2.60 | -     |
| 28.0                    | 31.98   | 28.32 | 24.66 | 21.01 | 17.35 | 13.70 | 10.05 | 6.40  | 2.75  | -0.90 | -     |
| 29.0                    | -   | 30.07 | 26.41 | 22.75 | 19.10 | 15.45 | 11.80 | 8.15  | 4.50  | 0.85  | -2.79 |
| 30.0                    | -   | 31.81 | 28.15 | 24.50 | 20.84 | 17.19 | 13.54 | 9.89  | 6.25  | 2.60  | -1.04 |
| 31.0                    | -   | -     | 29.89 | 26.24 | 22.59 | 18.94 | 15.29 | 11.64 | 7.99  | 4.35  | 0.70  |

Для вычисления промежуточных данных таблицы целесообразно использовать формулу билинейной интерполяции для функции заданной в равноотстоящих узлах, которая имеет вид:

$$F(\rho, B) = b_1 + b_2(\rho - \rho_0) + b_3(B - B_0) + b_4(\rho - \rho_0)(B - B_0) \quad (1)$$

где

$b_1 = a_{00}, b_2 = (a_{10} - a_{00})/(\rho_1 - \rho_0), b_3 = (a_{01} - a_{00})/(B_1 - B_0), b_4 = (a_{00} - a_{10} - a_{01} + a_{11})/((\rho_1 - \rho_0) \times (B_1 - B_0))$  соответственно, в обозначениях данных таблицы, согласно их расположению представленному на рисунке 1.

|       |     |          |          |     |
|-------|-----|----------|----------|-----|
|       |     | $\rho_0$ | $\rho_1$ |     |
|       | ... | ...      | ...      | ... |
| $B_0$ | ... | $a_{00}$ | $a_{10}$ | ... |
| $B_1$ | ... | $a_{01}$ | $a_{11}$ | ... |
| ...   | ... | ...      | ...      | ... |

Рисунок 1. Положение данных таблицы 1 для расчета спирта по формуле (1)

Figure 1. The data position in Table 1 for calculating alcohol according to the formula (1)

Таким образом, для нахождения объемной доли этилового спирта по плотности продукта и показаниям сахарной шкалы рефрактометра необходимо провести измерение плотности продукта и снятие показаний по сахарной шкале рефрактометра продукта при 20°C, а затем по формуле (1), используя данные таблицы 1, провести интерполяцию данных таблицы в соответствии с полученными в результате измерения значениями плотности и показаний сахарной шкалы рефрактометра. Проиллюстрируем это на практическом примере.

*Пример.* Пусть плотность продукта составляет 1004.5 кг/м<sup>3</sup>, а показания сахарной шкалы рефрактометра 13.8% масс. Определить объемную долю этилового спирта

*Решение.*

Выбираем из таблицы 1 данные для расчета, согласно их положению (рисунок 1).

|             |     |                  |                  |     |
|-------------|-----|------------------|------------------|-----|
|             |     | $\rho_0 = 990$   | $\rho_1 = 1000$  |     |
|             | ... | ...              | ...              | ... |
| $B_0 = 7,0$ | ... | $a_{00} = 18.60$ | $a_{10} = 14.93$ | ... |
| $B_0 = 8,0$ | ... | $a_{01} = 20.17$ | $a_{11} = 16.50$ | ... |
| ...         | ... | ...              | ...              | ... |

Вычисляем коэффициенты  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  и  $b_4$ :

$$b_1 = a_{00} = 18.6$$

$$b_2 = \frac{a_{10} - a_{00}}{\rho_1 - \rho_0} = \frac{14.93 - 18.6}{1010 - 1000} = -0.367$$

$$b_3 = \frac{a_{01} - a_{00}}{B_1 - B_0} = \frac{20.17 - 18.6}{14 - 13} = 1.57$$

$$b_4 = \frac{a_{00} - a_{10} - a_{01} + a_{11}}{(\rho_1 - \rho_0) \times (B_1 - B_0)} = \frac{18.6 - 14.93 - 20.17 + 16.5}{(1010 - 1000) \times (14 - 13)} = 0.0$$

Подставляем численные значения коэффициентов  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$ ,  $b_4$ , а также экспериментально

полученные значения плотности  $\rho$  и показаний сахарной шкалы рефрактометра  $B$  в формулу (1) вычислим искомое значение объемной доли этилового спирта:

$$\begin{aligned} F(\rho, B) &= b_1 + b_2 \times (\rho - \rho_0) + b_3 \times (B - B_0) + \\ &+ b_4 \times (\rho - \rho_0) \times (B - B_0) = \\ &= 18.6 - 0.367 \times (1004.5 - 1000) + \\ &+ 1.57 \times (13.8 - 13.0) = 18.2045 \approx 18.2\% \text{ об.} \end{aligned}$$

## Обсуждение

Экспериментально проведенная проверка соответствия полученного по предлагаемой методике значения объемной доли этилового спирта в сравнении с аттестованным в виноделии методом определения согласно ГОСТ 32095–2013 показала, что в 95% случаев расхождение между методами не превышает 0,1% об. в случае использования для измерения плотности пикнометрического метода или показаний стеклянного спиртомера типа АСП-1 с последующим нахождением искомой плотности по таблице плотности водно-спиртовых растворов [14]. Применение ареометров общего назначения типа АОН-2 увеличивает расхождение между методами до 0,3% об. Использование стеклянного спиртомера особенно актуально для определения плотности столовых вин с завершённым циклом спиртового брожения, плотность которых, как правило, ниже плотности воды.

## Заключение

В результате проведенных исследований был разработан неразрушающий экспресс-метод определения объемной доли этилового спирта в жидких продуктах виноделия для контроля его содержание в ходе технологического процесса и в готовой продукции. Метод может быть основой для разработки соответствующего нормативного документа регламентирующего его использование в винодельческой отрасли, а также для разработки технического задания на создание портативного прибора для определения концентрации этилового спирта в продукции виноделия, основанного на одновременном измерении плотности и показателя преломления жидких сред.

## Благодарности

Работа выполняется в рамках № ГЗ 0833-2019-0022.

### Литература


- 1 Якуба Ю.Ф., Темердашев З.А. Хроматографические методы в анализе и идентификации виноградных вин // *Аналитика и контроль*. 2015. Т. 19. № 4. С. 288–301.
- 2 Нехорошев С.В., Клименко Л.С., Нехорошева Д.С. Определение этанола в водных средах методом ИК-фурье спектроскопии В сборнике: Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности // *Материалы XII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием*. 2019. С. 93–97.
- 3 Адаменко Г.В., Бурак И.И., Колков М.А. Методика определения спирта этилового методом газожидкостной хроматографии // *Вестник Витебского государственного медицинского университета*. 2014. Т. 13. № 4. С. 178–183.
- 4 Терещенко Ю.В. Трактровка основных показателей variability ритма сердца // *Новые медицинские технологии на службе первичного звена здравоохранения: материалы межрегиональной конференции*, Омск, 10–11 апреля, 2010. С. 3–11.
- 5 Коршунова Н.А., Романов В.А., Евелева В.В. Применение спектроскопии для оценки качества виноградных вин // *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств*. 2019. № 3. С. 42–51. doi: 10.17586/2310-1164-2019-12-3-42-51
- 6 Dos Santos C.A.T., Pascoa R.N.M.J., Lopes J.A. A review on the application of vibrational spectroscopy in the wine industry: From soil to bottle // *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2017. V. 88. P. 100–118.
- 7 Debebe A., Redi-Abshiro M., Chandravanshi B.S. Non-destructive determination of ethanol levels in fermented alcoholic beverages using Fourier transform mid-infrared spectroscopy // *Chem Cent J*. 2017. V. 11. URL: <https://ccj.springeropen.com/articles/10.1186/s13065-017-0257-5>
- 8 Peng B., Ge N., Cui L., Zhao H. Monitoring of alcohol strength and titratable acidity of apple wine during fermentation using near-infrared spectroscopy // *LWT – Food Science and Technology*. 2016. V. 66. P. 86–92.
- 9 Regmi U., Rai K.P., Palma M. Determination of organic acids in wine and spirit drinks by fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopy // *J. Food Sci. & Technol. Nepal*. 2012. V. 7. P. 36–43.
- 10 Fu Q., Wang J., Lin G., Suo H. et al. Short-wave near-infrared spectrometer for alcohol determination and temperature correction // *Journal of Analytical Methods in Chemistry*. 2012. V. 2012. doi:10.1155/2012/728128
- 11 Березина Е.С., Киселева А.А., Филиппова Ю.В. Рефрактометрическое определение концентрации спирта в лекарственных формах // *Вестник Пермской государственной фармацевтической академии*. 2007. № 2. С. 123–125.
- 12 Иоффе Б.В. Рефрактометрические методы химии. 3-е изд., перераб. Л.: Химия, 1983. 352 с.
- 13 Методы технического и микробиологического контроля в виноделии [Под ред. Гержиковой В. Г.]. - Симферополь: Таврида, 2002. 259 с.
- 14 Тимофеев Р.Г. Методика определения объемной доли этилового спирта и общего экстракта вин на основе использования комбинированных систем для измерения плотности и коэффициента преломления жидкостей // *Магарац. Виноградарство и виноделие*. 2011. № 2. С. 24–25.
- 15 Таблицы для определения содержания этилового спирта в водно-спиртовых растворах (Спиртометрические таблицы) М.: Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР. 1972. 364 с.
- 16 Калиткин Н.Н. Численные методы. Москва: Наука. 1978. 512 с.
- 17 Дьяконов В.П. Справочник по алгоритмам и программам на языке Бейсик для персональных ЭВМ: Справочник. Москва: Наука. 1989. 240 с.

### References


- 1 Yakuba Yu.F., Temerdashev Z.A. Chromatographic methods in the analysis and identification of grape wines. *Analytics and control*. 2015. vol. 19. no. 4. pp. 288–301. (in Russian).
- 2 Nekhoroshev S.V., Klimenko L.S., Nekhorosheva D.S. Determination of ethanol in aqueous media by FTIR spectroscopy In the collection: Technologies and equipment for the chemical, biotechnological and food industries. Materials of the XII All-Russian scientific-practical conference of students, graduate students and young scientists with international participation. 2019. pp. 93–97. (in Russian).
- 3 Adamenko G.V., Burak I.I., Kolkov M.A. Methods for determination of ethyl alcohol by gas-liquid chromatography. *Bulletin of Vitebsk State Medical University*. 2014. vol. 13. no. 4. pp. 178–183. (in Russian).
- 4 Tereshchenko Yu.V. Interpretation of the main indicators of heart rate variability. New medical technologies in the service of primary health care: materials of the interregional conference. 2010. pp. 3-11. (in Russian).
- 5 Korshunova N.A., Romanov V.A., Eveleva V.V. Application of spectroscopy to assess the quality of grape wines. *Scientific journal of NRU ITMO. Series: Processes and apparatus for food production*. 2019. no. 3. pp. 42–51. doi: 10.17586/2310-1164-2019-12-3-42-51 (in Russian).
- 6 Dos Santos C.A.T., Pascoa R.N.M.J., Lopes J.A. A review on the application of vibrational spectroscopy in the wine industry: From soil to bottle. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2017. vol. 88. pp. 100–118.
- 7 Debebe A., Redi-Abshiro M., Chandravanshi B.S. Non-destructive determination of ethanol levels in fermented alcoholic beverages using Fourier transform mid-infrared spectroscopy. *Chem Cent J*. 2017. vol. 11. Available at: <https://ccj.springeropen.com/articles/10.1186/s13065-017-0257-5>
- 8 Peng B., Ge N., Cui L., Zhao H. Monitoring of alcohol strength and titratable acidity of apple wine during fermentation using near-infrared spectroscopy. *LWT – Food Science and Technology*. 2016. vol. 66. pp. 86–92.
- 9 Regmi U., Rai K.P., Palma M. Determination of organic acids in wine and spirit drinks by fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopy. *J. Food Sci. & Technol. Nepal*. 2012. vol. 7. pp. 36–43.
- 10 Fu Q., Wang J., Lin G., Suo H. et al. Short-wave near-infrared spectrometer for alcohol determination and temperature correction. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*. 2012. vol. 2012. doi:10.1155/2012/728128

- 11 Berezina E.S., Kiseleva A.A., Filippova Yu.V. Refractometric determination of alcohol concentration in dosage forms. Bulletin of the Perm State Pharmaceutical Academy. 2007. no. 2. pp. 123–125. (in Russian).
- 12 Ioffe B.V. Refractometric methods of chemistry. 3rd ed., Rev. Leningrad: Chemistry. 1983. 352 p. (in Russian).
- 13 Methods of techno-chemical and microbiological control in winemaking / [Ed. Gerzhikova V.G.] - Simferopol: Tavrida. 2002. 259 p. (in Russian)
- 14 Timofeev R.G. A methodology to determine the volume fractions of ethyl alcohol and total soluble solids based on the use of combined systems for measuring density and refraction coefficient of liquids. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2011. no. 2. pp. 24-25. (In Russian).
- 15 Tables for determining the content of ethyl alcohol in water-alcohol solutions (Alcoholometric tables) M.: The State Committee of Standards of the Council of Ministers of the USSR. 1972. 364 p. (In Russian).
- 16 Kalitkin N.N. CHislennye metody. Moscow: Nauka. 1978. 512 p. (In Russian).
- 17 D'yakonov V.P. Spravochnik po algoritmam i programmam na yazyke Bejsik dlya personal'nyh EVM: Spravochnik. Moscow: Nauka. Gl.red.fiz.-mat.lit. 1989. 240 p. (In Russian).

**Сведения об авторах**

**Руслан Г. Тимофеев** к.т.н., доцент, лаборатория тихих вин, Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарах» РАН», ул. Кирова, 31, Республика Крым, г. Ялта, 298600, Россия, Russ1970@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0002-6105-944X>

**Information about authors**

**Ruslan G. Timofeev** Cand. Sci. (Engin.), associate professor, wine technology laboratory, All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking Magarach of RAS, 31 Kirova Street, Republic of Crimea, Yalta, 298600, Russia, Russ1970@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0002-6105-944X>

**Вклад авторов**

**Руслан Г. Тимофеев** написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

**Contribution**

**Ruslan G. Timofeev** wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest**

The authors declare no conflict of interest.

|                             |                                       |                                    |
|-----------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| <b>Поступила</b> 11/08/2020 | <b>После редакции</b> 20/08/2020      | <b>Принята в печать</b> 31/08/2020 |
| <b>Received</b> 11/08/2020  | <b>Accepted in revised</b> 20/08/2020 | <b>Accepted</b> 31/08/2020         |