Оригинальная статья/Original article

УДК 543.3.68

DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-2-223-229

Визуальные и цветометрические экспресс-способы суммарного определения дубильных веществ в растительном сырье

Светлана П. Калинкина,1kalinckina.svet@yandex.ruАнна А. Казакова,1anna.kazakova.94@mail.ruПавел Т. Суханов,1pavel.suhanov@mail.ruАлександр Н. Ильин1santilla88@gmail.ru

1 кафедра физической и аналитической химии, Воронеж. гос. ун-т. инж. техн., пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394066, Россия

Реферат. Статья посвящена разработке цветометрического экспресс-способа определения суммы дубильных веществ в водных извлечениях растительного сырья. В основе сорбционно-цветометрического тест-определения находится сорбция ДВ пенополиуретаном, импрегнированным FeCl₃, получение на его поверхности окрашенного в черно-зелёный цвет продуктов реакции и определение их в матрице сорбента. Селективность определения ДВ достигается специфическим взаимодействием полифенолов с ионами железа (III). Выявлены условия сорбционно-цветометрического способа: концентрация хлорида железа (III), импрегнированного в пенополиуретан; масса сорбента в аналитическом патроне; степень загрузки его реагентом; время контакта фаз. Разработаны цветовые шкалы для визуального определения суммы дубильных веществ в пересчёте на галловую кислоту. Проведена оцифровка изображений полученных шкал с применением компьютерной программы «Sorbfil TLC», исключающая субъективную оценку интенсивности окраски тест-шкалы. Получены результаты определения суммы дубильных веществ в водных извлечениях растительного сырья экспресс-способом с применением таблеток и аналитических патронов. Результаты тест-определения дубильных веществ с визуальной и денситометрической регистрацией аналитического сигнала приведены в сравнении с известными методами. Проведена метрологическая оценка результатов определения суммы ДВ сорбционно-цветометрическими экспресс-способами. Время визуального и денситометрического экспресс-определения ДВ с учётом пробоподготовки составляет 25–30 минут, относительная погрешность не превышает 28 %. Разработанные тест-способы количественной оценки содержания ДВ позволяют исключить применение сложного аналитического оборудования, проводить анализ во внелабораторных условиях, не требуют высокой квалификации персонала.

Ключевые слова: экспресс-способ, цветометрия, определение, дубильные вещества, растительное сырье.

Visual and colorimetric methods for rapid determination of total tannins in vegetable raw materials

Svetlana P. Kalinkina, ¹ kalinckina.svet@yandex.ru
Anna A. Kazakova, ¹ anna.kazakova.94@mail.ru
Pavel T. Suchanov, ¹ pavel.suhanov@mail.ru
santilla88@gmail.ru

Summary. The article is dedicated to the development of rapid colorimetric method for determining the amount of tannins in aqueous extracts of vegetable raw materials. The sorption-based colorimetric test is determining sorption tannins polyurethane foam, impregnated of FeCl3, receiving on its surface painted in black and green color of the reaction products and the determination of their in sorbent matrix. Selectivity is achieved by determining the tannins specific interaction of polyphenols with iron ions (III). The conditions of sorption-colorimetric method: the concentration of ferric chloride (III), impregnated in the polyurethane foam; sorbent mass in the analytical cartridge; degree of loading his agent; the contact time of the phases. color scales have been developed for the visual determination of the amount of tannins in terms of gallic acid. Spend a digitized image obtained scales using computer program "Sorbfil TLC", excluding a subjective assessment of the intensity of the color scale of the test. The results obtained determine the amount of tannins in aqueous extracts of vegetable raw rapid method using tablets and analytical cartridges. The results of the test determination of tannins with visual and densitometric analytical signal registration are compared to known methods. Spend a metrological evaluation of the results of determining the amount of tannins sorption rapid colorimetric methods. Time visual and densitometric rapid determination of tannins, taking into account the sample preparation is 25–30 minutes, the relative error does not exceed 28 %. The developed test methods for quantifying the content of tannins allow to exclude the use of sophisticated analytical equipment, carry out the analysis in non-laboratory conditions do not require highly skilled personnel.

Keywords: express way, colorimetry, determination, tannins, vegetable raw materials.

For citation

¹ physical and analytical chemistry department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia

Введение

Дубильные вещества (ДВ) — группа сложных по составу органических веществ ароматического ряда, в больших количествах содержатся в растительном сырье [1, 2].

Состав ДВ разнообразен, в основном они включают галловую кислоту (ГК) и танин (ТН) – представители конденсированной и гидролизуемой группы таннидов соответственно [3, 4].

известным методам определения ДВ относятся, спектрофотометрический, потенциометрический и хроматографический методы анализа. Они трудозатратные, требуют оборудования дорогостоящего и высокой квалификации персонала [5]. На их смену приэкспрессные И широкодоступные экспресс-методы, основанные на получении окрашенных продуктов реакции на поверхности сорбента, в качестве которого перспективен пенополиуретан (ППУ) [6, 7]. Модификация сорбента селективным по отношению к определяемым веществам аналитическим реагентом повышает избирательность анализа. Способы регистрации аналитического сигнала могут быть визуальные и инструментальные.

Тест-системы определения ДВ в анализируемых объектах позволят проводить анализ точечных проб, быструю выбраковку сырья с низким содержанием исследуемого компонента, а также устанавливать фальсификацию исследуемой продукции и делать вывод о её качественном составе «на месте».

Цель работы – разработка экспресс-способов определения дубильных веществ в растительном сырье с применением пенополиуретана.

1.1 Экспериментальная часть

Таблетки и полоски пенополиуретана вырезали из промышленного листа полимера, промывали попеременно 0,1 моль/дм³ раствором соляной кислоты $(x. \, y)$ и ацетона $(o. \, c. \, y)$, высушивали до воздушно-сухого состояния и модифицировали раствором Fe(III). Для этого применяли растворы $FeCl_3$ в ацетоне, приготовленные из препарата квалификации «x. ч.». Концентрация $FeCl_3$ в ацетоне — от 0,1 до $5\,\%$ масс. Раствор галловой кислоты $(x. \, y)$ концентрацией $1,00\,$ мг/см³ готовили методом точной навески.

Объекты анализа – водные извлечения лекарственных трав (цветки ноготков, зверобоя трава, тысячелистник, крапива, эхинацея и ягоды боярышника).

1.2 Методика эксперимента

Импрегнирование пенополиуретана осуществляли в химическом стакане, в который помещали предварительно взвешенную

таблетку или полоску ППУ, добавляли раствор FeCl₃ и выдерживали 5 минут. ППУ извлекали из раствора, сушили между листами фильтровальной бумаги, помещали в эксикатор до установления постоянной массы.

Цветовые шкалы готовили в статических условиях по известной методике [8]. Для получения цветовой шкалы в динамических условиях применяли шприцы вместимостью 3 см³, которые заполняли полосками импрегнированного ППУ массой ~0, 17 г, помещали их в стандартные растворы галловой кислоты и втягивали жидкость до конца слоя сорбента. Полученные аналитические патроны раскладывали в цветовую шкалу.

Субъективность восприятия человеческого зрения исключали путём оцифровки изображений разработанных шкал и представления их в виде градуировочной зависимости параметра яркости цветового пятна от концентрации исследуемого стандартного раствора.

Для получения водного извлечения лекарственных трав навеску анализируемой пробы массой 2 г с точностью $\pm 0,0001$ г помещали в термостойкую колбу объёмом 250 см³, заливали 250 см³ дистиллированной воды доведённой до кипения. По истечении 20 минут раствор декантировали в колбу объёмом 100 см³.

Определение суммы ДВ в полученном извлечении проводили путём проведения тех же операций и в той же последовательности, что и при разработке цветовой шкалы в таблетках и аналитических патронах. Результаты определения ДВ, полученные цветометрически и тест-методами, сравнивали с результатами спектрофотометрии, потенциометрии и перманганатометрии по ГОСТ 24027.2–80.

1.3 Результаты и их обсуждение

В основе сорбционно-цветометрического определения находится сорбция ДВ пенополиуретаном, импрегнированным FeCl₃, получение на его поверхности окрашенного в черно-зелёный цвет продуктов реакции и определение их в матрице сорбента. Для импрегнирования ППУ применяли 0,5 % мас. раствор FeCl₃. При более высоких концентрациях таблетки ППУ интенсивно окрашены в оранжевый цвет, что недопустимо для носителей в цветометрических тест-методах анализа. Концентрации импрегнанта < 0,5 % мас. недостаточно для образования цветных продуктов реакции с ДВ в объектах, где их содержание превышает 5 %.

Время импрегнирования сорбента раствором фотометрического реагента составило 5 минут, при этом степень загрузки полимера составляет 57 %.

Степень загрузки находили по формуле: $\omega = m_2/m_1 \times 100$,

где m_1 и m_2 — масса ППУ до и после импрегнирования соответственно.

Для экспресс-определения суммы ДВ в статических (таблетки ППУ) и динамических (аналитические патроны) условиях разработаны цветовые шкалы. Диапазон стандартных концентраций галловой кислоты для обеих шкал составляет от 0,05 до 1,00 мг/см³. При содержании ДВ в пересчёте на галловую кислоту ниже 0,05 мг/см³ окраска не определяется визуально. При концентрациях галловой кислоты более 1,00 мг/см³ ППУ приобретает насыщенный

чёрный цвет и визуально не различается. Из-за недостаточного цветового контраста поверхности сорбента такие тест-системы не применяются. В выбранных условиях устойчивость окраски ППУ составляет 3 месяца.

Содержание ДВ в пересчёте на галловую кислоту в водных извлечениях растительного сырья устанавливали сравнением окраски ППУ в таблетках или в аналитических патронах с цветовыми шкалами.

Результаты визуального определения сравнивали с фармакопейной перманганатометрической методикой, выполненной по ГОСТ 24027.2–80 (таблица 1).

Таблица 1

аналитических патронов в сравнении со стандартным методом (n = 5, p = 0,90) Table 1

Table 1 Visual determination of the amount of ET in aqueous extracts vegetable raw material in comparison with the standard analytical method cartridges (n = 5, p = 0.90)

Визуальное определение суммы ДВ в водных извлечениях растительного сырья с использованием

Анализируемый объект Analyzed object	Содержание ДВ, мг/см ³ по ГОСТ 24027.2–80 Tannins content, mg/cm ³	Визуальная цветометрия (аналитический патрон) Visual colorimetry (analytical cartridge), mg/cm ³	$S_{\rm r}$	Погрешность визуального способа определения, % Accuracy visual method for determining, %
Травяной сбор «Цветки ноготков» Herbal "Marigold flowers"	0,25±0,03	0,25	0,03	10
Травяной сбор «Зверобоя трава» Herbal "St. John's wort herb"	0,69±0,04	0,75	0,03	8,7
Травяной сбор «Тысячелистник» Herbal "Yarrow"	0,34±0,03	0,25	0,03	25,5
Травяной сбор «Крапива» Herbal "Nettle"	0,12±0,03	0,10	0,03	16,7
Травяной сбор «Эхинацея» Herbal "Echinacea"	0,34±0,04	0,25	0,03	25,5
Ягоды боярышника Hawthorn berries	0,26±0,03	0,25	0,03	3,8

Для полуколичественного определения приемлемым является погрешность, достигающая 30 % [7]. Максимальная погрешность определения суммы ДВ предложенным способом не превышает 26 %.

Для исключения субъективности результаты визуального определения оцифровывали с применением денситометрической регистрации аналитического сигнала. Изображения полученных шкал обрабатывали с применением компьютерной программы «Sorbfil TLC». Она фиксирует изменение яркости цветового пятна, полученного путём сканирования или фотографирования таблетки ППУ.

В работе использовался метод фиксации интенсивности окраски ППУ фотокамерой мобильного устройства Samsung Galaxy Note 3 с разрешением камеры 13 мП и возможностью съёмки разрешением 1080р. Градуировочный график определения суммы ДВ в области низких концентраций представлен на рисунке 1.

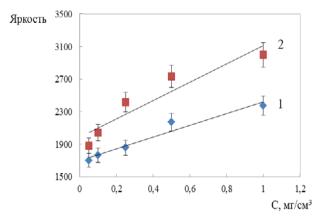


Рисунок 1. Зависимость яркости цветового пятна для таблеток ППУ (1) и аналитических патронов (2) от концентрации раствора галловой кислоты в области концентраций от 0,05 до 1,00 мг/см³

Figure 1. The dependence of the spot color brightness for foam tablets (1) and analytical cartridges (2) the concentration of gallic acid in the concentration range of -0.05 to 1.00 mg/cm³

Для области высоких концентраций от 1,0 до 10,0 мг/см³ представлен в виде уравнения градуировочного графика: y = 22x + 4202 для таблеток ППУ и y = 21x + 3573 для аналитических патронов.

Результаты определения суммы ДВ в водных извлечения лекарственных трав, полученные цветометрически, сравнивали с результатами потенциометрического титрования (таблица 2).

Таблица 2

Цветометрическое (с использованием таблеток ППУ) и потенциометрическое определение суммы ДВ в водных извлечениях лекарственных трав (n = 5, p = 0.90)

Table 2 Chromaticity (using foam tablets) and potentiometric determination of the amount of water extracts in the Far East herbs (n = 5, p = 0.90)

Анализируемый объект analyzed object	Содержание ДВ в извлечении, установленное, ${\rm Mr/cm^3}$ The content of tannins in the extraction set, ${\rm mg/cm^3}$			Погрешность цветометрического определения, % Accuracy CEE-photometric	
	потенциометрически potentiometrically	цветометрически colormetrically		determination, %	
Травяной сбор «Цветки ноготков» Herbal "Marigold flowers"	0,25±0,03	0,28±0,04	0,03	8,0	
Травяной сбор «Зверобоя трава» Herbal "St. John's wort herb"	0,69±0,04	0,70±0,07	0,04	1,5	
Травяной сбор «Тысячелистник» Herbal "Yarrow"	0,34±0,03	0,32±0,05	0,03	6,3	
Травяной сбор «Крапива» Herbal "Nettle"	0,12±0,03	0,14±0,03	0,03	16,7	
Травяной сбор «Эхинацея» Herbal "Echinacea"	0,34±0,04	0,36±0,06	0,03	5,9	
Ягоды боярышника Hawthorn berries	0,26±0,03	0,29±0,03	0,03	11,5	

Результаты цветометрического определения ДВ воспроизводимы (S_r не превышают 0,04). С увеличением количества ДВ в водных извлечениях погрешность денситометрического способа определения уменьшается (возрастает яркость окраски таблеток ППУ при возрастании содержания ДВ в исследуемых объектах). При содержании ДВ от 0,14 до 0,29 мг/см³ и от 0,32 до 0,70 мг/см³ средняя погрешность цветометрического способа составляет соответственно 12 и 4 %.

Результаты определения суммы ДВ, полученных сорбционно-цветометрическим способом с использованием аналитических патронов, сравнивали с определением спектрофотометрическим методом (таблица 3).

Результаты, полученные способом цветометрии, превышают значения спектрофотометрического исследования. Погрешность разработанного способа уменьшается с возрастанием содержания ДВ в исследуемых объектах (увеличивается интенсивность окраски импрегнированного ППУ с возрастанием содержания ДВ в исследуемом объекте). Наибольшая погрешность (15 %) установлена при наименьшем содержании ДВ в травяном сборе «Крапива».

Метрологическую оценку визуального и цветометрического тест-способов определения ДВ проводили на примере анализа извлечений из травяного сбора «Цветки ноготков». Проверка правильности разработанного способа проводилась методом «введено—найдено» (таблица 4).

Погрешность визуального тест-определения ДВ выше, чем денситометрического. Максимальная погрешность денситометрического определения достигает 12%, что в два раза ниже максимальной погрешности визуального детектирования.

Расчёт предела обнаружения (ПО) и предела количественного определения (ПКО) цветометрическим способом устанавливали с использованием уравнений градуировочных графиков для галловой кислоты. Для визуального способа ПО и ПКО являются первым и последним значением концентраций галловой кислоты в разработанной шкале.

Значения ПО и ПКО, рассчитанные для разработанных способов суммарного определения ДВ, представлены в таблице 5.

Таблица 3

Цветометрическое (с использованием аналитических патронов) и спектрофотометрическое суммарное определение ДВ в водных извлечениях лекарственных трав (n =5, p = 0,90)

Table 3 Colorimetric (using analytical cartridges) and spectrophotometric determination of the total DV in aqueous extracts of medicinal herbs (n = 5, p = 0.90)

Анализируемый объект	Содержание ДВ в извлечениях (мг/см³), установленное The content of tannins in extracts (mg/cm³), set			Погрешность денситометрического метода,	
analyzed object	спектрофото-метрически spectrophotometry	цвето-метрически color-metrically	$S_{\rm r}$	Accuracy densitometric method, %	
Травяной сбор «Цветки ноготков» Herbal "Marigold flowers"	0,241±0,002	0,27±0,03	0,03	12,5	
Травяной сбор «Зверобоя трава» Herbal "St. John's wort herb"	0,673±0,006	0,71±0,06	0,03	5,9	
Травяной сбор «Тысячелистник» Herbal "Yarrow"	0,313±0,003	0,35±0,04	0,03	12,9	
Травяной сбор «Крапива» Herbal "Nettle"	0,112±0,002	0,13±0,02	0,03	15,2	
Травяной сбор «Эхинацея» Herbal "Echinacea"	0,326±0,003	0,34±0,06	0,04	6,3	
Ягоды боярышника Hawthorn berries	0,271±0,002	0,31±0,03	0,03	13,8	

Таблица 4

Проверка правильности экспресс-способа суммарного определения ДВ (n=5, P=0.90)

Table 4

Verifying the rapid determination of the total DV method (n = 5, P = 0.90)

Введено, мг/см3	Найдено	Погрешность, % Ассигасу, %				
Permission mg/cm ³	визуально visually (I)	цветометрически colorimetric (II)	I	II		
0,05	0,05	0,046±0,001	10	20		
0,10	0,10	0,112±0,002	10	12		
0,30	0,25	0,287±0,003	20	1,6		
0,50	0,50	0,487±0,004	10	2,6		
0,80	1,0	0,794±0,005	25	0,7		
1.0	1.0	0.976+0.006	10	2.4		

^{*}I – сорбция таблеткой ППУ; II – сорбция в аналитическом патроне

Таблица 5

ПО и ПКО, мг/см³ для денситометрического и визуального способа определения суммы ДВ в пересчёте на галловую кислоту
Тable 5

Limit of detection and limit of quantification, mg/cm³ for densitometric and visual way to determine the amount of the Far East in terms of gallic acid

Визуальный / Visual			Денситометрическ	ский / Densitometric					
ID		LQ		I	LQ		ID		Q
I	II	I	II	I	II	I	II		
0,05	0,05	0,05	0,05	0,012	0,010	0,034	0,030		

^{*}I – сорбция таблеткой ППУ; II – сорбция в аналитическом патроне

Минимальное содержание суммы ДВ которое можно обнаружить цветометрически в пересчёте на галловую кислоту составляет 0,012 мг/см³ (сорбция таблетками) и 0,010 мг/см³ (сорбция в аналитическом патроне). Наименьшая концентрация вещества, которую можно определить цветометрически в 1,5 раза ниже, чем для способа визуальной оценки.

Время денситометрического экспрессанализа ДВ с учётом пробоподготовки 25–30 минут, предел обнаружения 0,01 мг/см³, предел количественного определения 0,03 мг/см³, погрешность определения не превышает 30 %.

Заключение

Разработанные тест-способы количественной оценки содержания ДВ позволяют исключить применение сложного аналитического оборудования, проводить анализ во внелабораторных условиях, не требуют высокой квалификации персонала, рекомендуются при выполнении лабораторного практикума.

Работа выполнена в рамках НИОКР по $\Gamma K № 4.2186.2014/K$ по теме «Разработка и конструирование мобильного комплекса для экологического мониторинга состояния водных объектов с возможностью концентрирования органических и неорганических загрязнителей на месте» от 17.07.2014 г.

^{*}I – sorption tablet PPU; II – sorption in the analytical cartridge

^{*} I – sorption tablet PPU; II – sorption in the analytical cartridge

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Машковский М. Д. Лекарственные средства, 16-е издание. М.: Новая волна, 2012. 1216 с.
- 2 Блажей А., Шутый Л. Фенольные соединения растительного происхождения. М., 1997. 236 с.
- 3 Васильева А. П. Изучение динамики содержания дубильных веществ в отваре коры дуба при хранении // Молодёжный инновационный вестник. 2012. Т. 1. № 1. С. 199–200.
- 4 Joutei K. A., Glories Y., Mercier M. Localisation des tanins dans la pellicule de baie de raisin // VITIS-Journal of Grapevine Research. 2015. V. 33. № 3. P. 133.
- 5 Vivas N., De Gaulejac N. S. C., Glories Y. Influence de SO 2 et de l'acide ascorbique sur l'activité antiradicalaire des tanins, mesurée sur l'anion superoxyde. Application aux vins rouges // VITIS-Journal of Grapevine Research. 2015. V. 36. № 2. C. 91.
- 6 Золотов Ю. А., Иванов В. М., Амелин В. Г. Химические тест-методы анализа. М.: Едиториал УРСС, 2002. 304 с.
- 7 Дмитриенко С. Г., Апяри В. В. Пенополиуретаны: Сорбционные свойства и применение в химическом анализе. М.: Красанд, 2010. 264 с.
- 8 Дмитренко С. Г., Золотов Ю. А. Пенополиуретаны в химическом анализе: сорбция различных веществ и её аналитическое применение // Успехи химии. 2002. Т. 71. № 2. С. 180–197.
- 9 РМГ 61–2010 ГСИ Показатели точности, правильности, прецизионности методик количественного химического анализа. Методы оценки. М.: СтандартИнформ, 2013. 53 с

REFERENCES

1 Mashkovskii M. D. Lekarstvennye sredstva [Drugs] Moscow, Novaya volna, 2012. 1216 p. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Светлана П. Калинкина к. т. н., доцент, кафедра физической и аналитической химии, Воронеж. гос. ун-т. инж. техн., пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394066, Россия, kalinckina.svet@yandex.ru

Анна А. Казакова студент, кафедра физической и аналитической химии, Воронеж. гос. ун-т. инж. техн., пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394066, Россия, anna.kazakova.94@mail.ru

Павел Т. Суханов д. х. н., профессор, кафедра физической и аналитической химии, Воронеж. гос. ун-т. инж. техн., пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394066, Россия, pavel.suhanov@mail.ru

Александр Н. Ильин аспирант, кафедра физической и аналитической химии, Воронеж. гос. ун-т. инж. техн., пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394066, Россия, santilla88@gmail.ru

- 2 Blazhey A., Shutyi L. Fenol'nye soedineniya rastitel'nogo proiskhozhdeniya [Phenolic compounds plant origin] Moscow, 1997. 236 p. (in Russian).
- 3 Vasil'eva A. P Study of the dynamics of the content of tannins in the decoction of oak bark during storage. *Molodezhnyi innovatsionnyi vest-nik* [Youth Innovation Gazette] 2012, vol. 1, no. 1, pp. 199–200. (in Russian)
- 4 Joutei K. A., Glories Y., Mercier M. Localisation des tanins dans la pellicule de baie de raisin. VITIS-Journal of Grapevine Research, 2015, vol. 33, no. 3, pp. 133.
- 5 Vivas N., De Gaulejac N. S. C., Glories Y. Influence de SO 2 et de l'acide ascorbique sur l'activité antiradicalaire des tanins, mesurée sur l'anion superoxyde. Application aux vins rouges. VITIS-Journal of Grapevine Research, 2015, vol. 36, no. 2, pp. 91.
- 6 Zolotov Yu A., Ivanov V.M., Amelin V.G. Khimicheskie test-metody analiza [The chemical test methods of analysis] Moscow, Editorial URSS, 2002. 304 p. (in Russian).
- 7 Dmitrienko S. G., Apyari V.V. Penopoliuretany v khimicheskom analize: sorbtsiya razlichnykh veshchestv i ee analiticheskoe primenenie v khimicheskom analize [Polyurethane foams: Sorption properties and applications in chemical analysis] Moscow, Krasand, 2010. 264 p. (in Russian)
- 8 Dimitrenko S. G, Zolotov Yu.A. Polyurethane foams in chemical analysis: sorption of substances and its analytical application. *Uspekhi khimii* [Success chemistry] 2002, vol. 71, no. 2, pp. 180 197. (in Russian)
- 9 RMG 61-2010 GSI Pokazateli tochnosti, pravil'nosti, pretsizionnosti metodik kolichestvennogo khimicheskogo analiza [Indicators of accuracy, correctness, the precision of the quantitative chemical analysis techniques. Assessment methods] Moscow, Standartinform, 2013. 53 p. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Svetlana P. Kalinkina PhD., department of physical and analytical chemistry, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, e-mail: kalinckina.svet@yandex.ru

Anna A. Kazakova student, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, anna.kazakova.94@mail.ru

Pavel T. Sukhanov Dc. Sci., professor, department of physical and analytical chemistry, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia, pavel.suhanov@mail.ru

Aleksandr N. Ilyin graduate student, department of physical and analytical chemistry, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia. santilla88@gmail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Светлана П. Калинкина предложила методику проведения эксперимента

Анна А. Казакова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнил расчёты

Павел Т. Суханов консультация в ходе исследования **Александр Н. Ильин** написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 13.04.2016

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 12.05.2016

CONTRIBUTION

Svetlana P. Kalinkina proposed a scheme of the experiment

Anna Kazakova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Paul T. Sukhanov consultation during the study **Alexander N. Ilyin** wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 4.13.2016

ACCEPTED 5.12.2016