

Фундаментальная и прикладная химия, химическая технология

Оригинальная статья/Original article

УДК 543.068.8

DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-3-218-222>

Аналитическая значимость определения активности липазы для экспресс-анализа контаминации тяжелыми металлами семян подсолнечника

Юлия А. Дьяченко,¹ jesi-001@mail.ru

Аминет Д. Цикуниб² cikunib58@mail.ru

¹ НИИ Комплексных проблем, Адыгейский государственный университет, ул. Первомайская 208, г. Майкоп, 385000, Россия

² кафедра химии факультета естествознания, Адыгейский государственный университет, ул. Первомайская 208, г. Майкоп, 385000, Россия

Реферат. В последние десятилетия все более остро встает проблема химико-экологического мониторинга и производственного контроля содержания токсичных элементов в продовольственном сырье и пищевых продуктах. При этом существует необходимость в разработке экспресс-методов, информативных, интегральных, отражающих не только безопасность, но и экологическую чистоту продовольственного сырья. Предложен метод определения содержания токсичных элементов по активности собственной липазы *in situ* (АСЛ-метод) в семенах масличных культур, на примере подсолнечника. С этой целью была адаптирована система математической оценки аналитических критериев лабораторного теста, используемая в клинико-лабораторной диагностике. Объектом исследования послужили семена подсолнечника, в которых устанавливали содержание токсичных элементов: Cd, Pb, As, Hg, атомно-абсорбционным методом на приборе КВАНТ-Z.ЭТА. Далее пробы делили на чистые, в том числе высококачественные и экологически чистые, и загрязненные – естественно содержащие токсичные элементы и искусственно контаминированные. Определение активности липазы семян проводили общепринятым титриметрическим методом. Снижение активности фермента связывали с содержанием токсичных элементов. Исходя из полученных результатов, рассчитывали аналитическую значимость (чувствительность, специфичность, информативность и предсказательную ценность положительных и отрицательных результатов) определения уровня содержания токсичных элементов в семенах подсолнечника по АСЛ-методу. Установленные значения аналитической специфичности метода и предсказательной ценности положительного результата на уровне 77,3% и 71,4% соответственно, не позволяют использовать предлагаемый метод для количественного анализа, однако, аналитическая чувствительность на уровне 86,2% и предсказательная ценность отрицательного результата на уровне 89,5%, позволяют рекомендовать АСЛ-метод для скрининговых программ химико-экологического мониторинга и технологического контроля контаминации семян подсолнечника токсичными элементами.

Ключевые слова: аналитическая чувствительность, аналитическая специфичность, липаза подсолнечника, АСЛ-метод

Analytical importance of determination of lipase activity for the express analysis of contamination by heavy metals of sunflower seeds

Yulia A. Dyachenko,¹ jesi-001@mail.ru

Aminet D. Tsikunib² cikunib58@mail.ru

¹ institute of complex problems, Adyge state university, Pervomayskaya str., 208, Maikop, 385000, Russia

² chemistry department of natural sciences faculty, Adyge state university, Pervomayskaya str., 208, Maikop, 385000, Russia

Summary. During the last decades becoming more sharply there is a problem of chemical and environmental monitoring and industrial inspection the content of toxic elements in food raw materials and foodstuff. At the same time there is a need to develop rapid methods, informative, integral, reflecting not only the safety but also the ecological purity of food raw materials. The method of determination of content of toxic elements on activity of its own lipase of *in situ* (AOL-method) in seeds of oil-bearing crops, on the example of sunflower is offered. The system of mathematical assessment of analytical criteria of laboratory test used in clinical laboratory diagnostics was for this purpose adapted. Sunflower seeds in which established the maintenance of toxiferous elements served as an object of a research: Cd, Pb, As, Hg, by atomic absorption method on the KVANT-Z.ETA device. Further tests divided on clear, including high-quality and pollution-free, and polluted - naturally containing toxiferous elements and which are artificially contaminated. Definition of activity of a lipase of seeds was carried out by the standard titrimetric method. Decrease of the activity of enzyme was connected with the maintenance of toxiferous elements. Proceeding from the received results counted an analytical significance (sensitivity, specificity, and predictive value of descriptiveness the positive and negative results) of determination of level of maintenance of toxiferous elements in sunflower seeds by the AOL-method. The set values of analytical specificity of a method and predictive value of a positive take at the level of 77.3% and 71.4% respectively, do not allow to use the offered method for the quantitative analysis, however, analytical sensitivity at the level of 86.2% and the predictive value of the negative result at the level of 89.5%, allow to recommend the AOL-method for screening programs of chemical environmental monitoring and technological monitoring of a contamination of seeds of sunflower toxiferous elements.

Keywords: analytical sensitivity, analytical specificity, sunflower lipase, AOL-method

Для цитирования

Дьяченко Ю. А., Цикуниб А. Д. Аналитическая значимость АСЛ-метода в скрининговых программах химико-экологического мониторинга и технологического контроля // Вестник ВГУИТ. 2016. № 3. С. 218–222. doi:10.20914/2310-1202-2016-3-218-222

For citation

Dyachenko J. A., Tsikunib A. D. The analytical importance of determination of activity a lipase for the express analysis of contamination heavy metals of seeds of sunflower. *Vestnik V/SUET* [Proceedings of V/SUET]. 2016. no. 3. pp. 218–222. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2016-3-218-222

Введение

Проблема химико-экологического мониторинга и технологического контроля объектов окружающей среды в последние десятилетия становится все более актуальной из-за интенсивных и тревожных изменений в экологических системах, вызванных деятельностью человека [1]. Из большого числа вредных факторов наиболее опасным и распространённым, является загрязнение объектов окружающей среды, в том числе продовольственного сырья и пищевых продуктах, тяжёлыми металлами [2, 3]. Для определения токсичных элементов в различных объектах используются как физико-химические методы (атомно-абсорбционной (ААС), атомно-эмиссионной (АЭС), атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (ИСП АЭС), атомно-флуорисцентный (АФС) и т. д.), так и энзиматические на основе иммобилизованных ферментов (протеаз, амилаз, дегидрогеназ, пероксидаз, также ферментов липолитического действия как, например, липаза) [4]. Все эти методы являются высокочувствительными, но трудоёмкими и дорогостоящими: физико-химические методы требуют большого количества времени, соответствующего высокотехнологичного оборудования и обученного персонала, а энзиматические – трудоёмкой процедуры извлечения и иммобилизации фермента с сохранением его функциональной активности на необходимом уровне, поскольку даже частичная инактивация фермента в процессе извлечения и хранения полученного препарата ведет к неизбежным потерям в аналитической чувствительности и значимости исследований [5]. Исходя из этого, целью исследования явилось установление аналитической значимости определения активности собственной липазы *in situ*, названное нами – АСЛ-метод, в системе химико-экологического мониторинга и технологического контроля содержания токсичных элементов в живой растительной клетке, в частности семенах масличных культур.

1.1 Материалы и методы

Оценка аналитической значимости АСЛ-метода определения содержания тяжёлых металлов базировалась на предварительном установлении содержания токсичных элементов, нормируемых в семенах подсолнечника, таких как Cd, Pb, As, Hg, атомно-абсорбционным методом на приборе КВАНТ-Z.ЭТА, и определении активности собственной липазы (АСЛ) общепринятым титриметрическим методом [6]. АСЛ определяли в условиях *in situ* при pH 4,7 в семенах с влажностью не менее 6,5 % и не более 8 %, кислотным числом не более 0,8 мл КОН. Исследовано всего 73 пробы, из них 29 проб «чистых» семян, высококачественных (ВКСП) и экологически чистых

(ЭЧСП), выращенных на экологически чистой территории Ботанического сада АГУ, в которых содержание токсичных элементов не превышало 0,25 ПДК, а также 44 пробы, содержащие токсичные элементы на уровне от 0,5 ПДК до 1,0 ПДК, в том числе с естественным содержанием кадмия ($n = 19$), и контаминированных искусственно на уровне 1,0 ПДК солями свинца ($n = 9$), ртути ($n = 8$) и мышьяка ($n = 8$).

Количественные характеристики аналитической значимости АСЛ-метода определения содержания тяжёлых металлов в семенах подсолнечника устанавливали по следующим критериям: *аналитическая чувствительность* – доля (%) положительных результатов анализа АСЛ в пробах, не загрязнённых или содержащих токсичный элемент в концентрации менее 0,5 ПДК (**АЧ**), *аналитическая специфичность* – доля (%) отрицательных результатов АСЛ в пробах, содержащих 0,5 ПДК и более токсичных элементов (**АС**), *предсказательная ценность отрицательного результата теста (ПЦ-)* – вероятность того, что в пробе токсичный элемент содержится в концентрации 0,5 ПДК и более и активность фермента ниже установленной, т. е. отрицательный результат теста и *положительного результата (ПЦ+)* – вероятность того, что в пробе отсутствует токсичный элемент или содержится на уровне менее 0,5 ПДК и активность фермента соответствует референтному (оптимальному) значению, т. е. положительный результат теста. Для количественного определения значений перечисленных аналитических критериев использовали формулы, предложенные В.В. Меньшиковым [7]. Все полученные результаты (**Р**) распределяли на положительные (**Р+**) и отрицательные (**Р-**). В свою очередь, первые подразделяли на истинно положительные (**ИПР**) и ложноположительные (**ЛПР**), где

ИПР – это результаты анализа пробы, в которых тест показал положительную активность фермента на уровне максимальных значений референтной величины, при этом токсичные элементы в них отсутствуют или содержатся в концентрации менее 0,5 ПДК.

ЛПР – результаты анализа пробы, в которых активность фермента оказалась на высоком уровне, при содержании токсичных элементов более 0,5 ПДК. Отрицательные результаты анализа проб делили по тому же принципу – на истинно отрицательные (**ИОР**) и ложноотрицательные (**ЛОР**).

ИОР – характеризуются низкой активностью фермента при содержании токсичных элементов более 0,5 ПДК, а **ЛОР** – при такой же низкой активности фермента пробы не содержат токсичных элементов или содержат их менее 0,5 ПДК. Аналитическая чувствительность и аналитическая специфичность теста должны быть не менее 80 % [7].

Исследования опирались на комплекс научных идей, фундаментальных положений и методологических подходов аналитической химии, биохимии и биотехнологии, основанных на возможности использования иммобилизованных ферментов, в том числе ферментных электродов, в определении тяжёлых металлов в объектах окружающей среды [4, 8, 9]; денатурирующем действии тяжёлых металлов на активность SH-содержащих ферментов, к которым относится липаза [10, 11]; значении определения активности ферментов в аналитической практике диагностики состояния живых организмов [12];

методологии оценки диагностической значимости результатов аналитических лабораторных исследований в клинической биохимии [7, 13].

1.2 Результаты и их обсуждение

Определение активности липазы в семенах подсолнечника статуса ВКСП и ЭЧСП, в которых содержание токсичных элементов составило в среднем $0,02 \pm 0,01$ мг/кг (0,2 ПДК) для кадмия, $0,18 \pm 0,02$ мг/кг (0,18 ПДК) для свинца и менее чувствительности метода для ртути и мышьяка, позволило установить оптимальные (референтные) величины активности фермента (таблица 1).

Т а б л и ц а 1

Результаты исследования активности липазы семян подсолнечника, с разным уровнем загрязнения токсичными элементами

T a b l e 1

Results of research of activity of a lipase of seeds of sunflower, with the different level of pollution by toxic elements

| Наименование пробы Name of test | | Количество проб Number of tests | Активность липазы, см ³ КОН на 10 г. за 2 часа Activity of a lipase, cm ³ KOH the on 10 g in 2 hours | Доля положительных (P+) и отрицательных (P-) результатов Share positive (R+) and negative (R-) results | | | |
|---|---------------------------|------------------------------------|---|---|--------------|--------------|--------------|
| | | | | P + (R +) | | P - (R +) | |
| | | | | ИПР (TPR) | ЛПР (FPR) | ИОР (TNR) | ЛОР (FNR) |
| Чистые семена Pure seeds | ВКСП (HQSS) | 29 | 21,6 ± 0,9 | 25 | - | - | 4 |
| | ЭЧСП (EFSS) | | 23,2 ± 0,8 | | | | |
| Загрязненные семена подсолнечника The polluted sunflower seeds | Cd 0,5– 1 ПДК (MPC) | 44 | 13,5 ± 1,7* | - | 10 | 34 | - |
| | Pb1 ПДК (MPC) | | 8,01 ± 1,1 * | | | | |
| | As 1 ПДК (MPC) | | 6,9 ± 0,8* | | | | |
| | Hg 1 ПДК (MPC) | | 4,32 ± 1,2* | | | | |
| Всего In total | | 73 | | 35 | | 38 | |

Примечание: • достоверность различий с ВКСП и ЭЧСП $p \leq 0,05$
Note: • The validity of the discrepancies with HQSS and EFSS $p \leq 0,05$

Как видно из таблицы, в высококачественных и экологически чистых, т. е. «здоровых» семенах подсолнечника, активность липазы высокая и в тех условиях, в которых проводились исследования, была не менее 20 см^3 КОН на 10 г. за 2 часа. В присутствии Cd в естественных условиях в количестве $0,074 \pm 0,016$ мг/кг (0,74 ПДК), активность фермента достоверно ($*p \leq 0,05$) снижается на 37,5 % и 41,8 % в сравнении с ВКСП и ЭЧСП соответственно. Для семян искусственно загрязненных токсичными элементами на уровне 1,0 ПДК отмечается существенное снижение активности фермента по сравнению с ВКСП и ЭЧСП под действием свинца на 62,9 % и 65,5 %, мышьяка – 68 % и 70,3 % и ртути – 80 % и 81,4 % соответственно. При этом необходимо отметить большой разброс получаемых значений, что связано с разной величиной ингибирования металлов [14].

Как видно из полученных результатов, при исследовании семян подсолнечника, загрязненных токсичными элементами, ИПР и ЛОР не выявлено, а в результатах, полученных на чистых семенах, наоборот, отсутствуют ИОР и ЛПР. Используя полученные данные, рассчитана аналитическая значимость (чувствительность, специфичность, информативность и предсказательная ценность положительных и отрицательных результатов) определения уровня содержания токсичных элементов в семенах подсолнечника по АСЛ-методу.

Вероятность того, что в пробах, с содержанием токсичного элемента менее 0,5 ПДК, будет получен положительный результат теста (активность фермента на высоком уровне) свидетельствует аналитическая чувствительность, которая в нашем случае составила:

$$AЧ = \frac{ИПР}{ИПР + ЛОР} \times 100 = \frac{25}{25 + 4} \times 100 = 86,2\% \quad (1)$$

Найденное значение АЧ показывает, что положительный результат исследования, выявленный в 86,2 % проб, говорящий об отсутствии токсичных элементов, можно считать значимым, так как предсказательная ценность отрицательного результата теста более 80 %:

$$(ПЦ-) = \frac{ИОР}{ИОР + ЛОР} \cdot 100 = \frac{34}{34 + 4} \times 100 = 89,5\% \quad (2)$$

Аналитическая специфичность, характеризующая вероятность того, что в пробах, загрязнённых токсичными элементами на уровне 0,5 ПДК и более, будет получен отрицательный результат теста (снижение активности фермента) составила:

$$АС = \frac{ИОР}{ИОР + ЛПР} \cdot 100 = \frac{34}{34 + 10} \times 100 = 77,3\% \quad (3)$$

Предсказательная ценность положительного результата теста составила:

$$(ПЦ+) = \frac{ИПР}{ИПР + ЛПР} \cdot 100 = \frac{25}{25 + 10} \times 100 = 71,4\% \quad (4)$$

Полученные результаты показывают, что из 73 проб только 19,2 % дают недостоверный результат, при этом, предсказательная ценность положительного результата теста составляет 71,4 %, т. е. семена, исследуемые на содержание токсичных элементов с высокой долей вероятности, не содержат их, или содержат в концентрации менее 0,5 ПДК.

Тесты с высокой аналитической специфичностью и предсказательной ценностью положительного результата рекомендуется [7] использовать для количественного анализа, а тесты с высокой аналитической чувствительностью и предсказательной ценностью отрицательного результата – для выполнения скрининговых исследований. Сравнительный анализ показывает, что в нашем случае складывается вторая ситуация (рис. 1).

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Мыларщиков А.М. Систематизация методов оценки антропогенного воздействия на окружающую среду // Интернет-журнал Науковедение. 2012. № 3 (12). С. 8.
- 2 Теплая Г.А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы) // Астраханский вестник экологического образования. 2013. № 1 (23). С. 182–192.
- 3 Bortey-Sam N., Nakayama S.M.M., Akoto O. et al. Accumulation of Heavy Metals and Metalloid in Foodstuffs from Agricultural Soils around Tarkwa Area in Ghana, and Associated Human Health Risks // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2015. № 12(8). P. 8811–8827.
- 4 Muginova S.V., Myasnikova D.A., Polyakov A.E.,

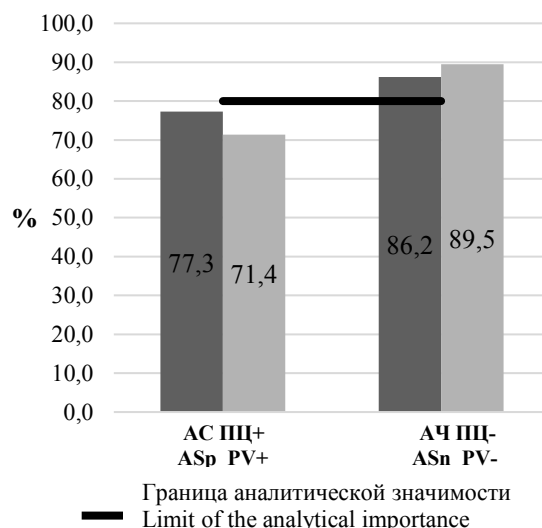


Рисунок 1. Сравнительная оценка аналитических критериев и предсказательной ценности АСЛ-метода
Figure 1. Comparative assessment of analytical criteria and predictive value of the AOL-method

Как видно из рисунка АСЛ-метод определения контаминации семян подсолнечника токсичными элементами, характеризуется высокими показателями АЧ и ПЦ – результата и более низкими значениями АС и ПЦ + результата, что позволяет, рекомендовать данный метод для скрининговых исследований большого количества образцов на возможность контаминации тяжёлыми металлами.

Выводы

Высокая аналитическая чувствительность на уровне 86,2 % и предсказательная ценность отрицательного результата на уровне 89,5 % позволяют рекомендовать предлагаемый АСЛ-метод для скрининговых программ химико-экологического мониторинга и технологического контроля контаминации масличных семян токсичными элементами.

Shekhovtsova T.N. Immobilization of plant peroxidases in cellulose–ionic liquid films // Mendeleev Communications. 2013. V. 23. № 2. P.74–75.

5 Новиков Д.А. Выделение и очистка продуктов биотехнологии. Методическое пособие. Минск.: БГУ, 2014. 256 с.

6 Щербаков В.Г., Лобанов В.Г. Биохимия и товароведение масличного сырья. М.: КолосС, 2012. 392 с

7 Меньшиков В.В. Критерии оценки методик и результатов клинических лабораторных исследований: справочное пособие. М.: Лабор, 2011. 328 с.

8 Шеховцова Т.Н., Мугинова С.В., Веселова И.А. Развитие ферментативных методов // Химический анализ: на пути к совершенству. 2015. С. 245–257.

9 Smimova D.V., Ugarova N.N. Bioanalytical systems based on bioluminescence resonance energy transfer using firefly luciferase // Combinatorial Chemistry and High

Throughput Screening. 2015. V. 18. № 10. P. 946–951.

10 Маршалл В. Дж., Бангерт С. К. Клиническая биохимия: пер. с англ. М.: Бином, 2016. 408 с.

11 Северин Е. С. Биохимия. М.: МГУ, 2016. 768 с.

12 Коваленко Г. А., Беклемишев А. Б. Перминова Л. В., Чуенко Т. В. и др. Имобилизация рекомбинантного штамма–продуцента термостабильной липазы из *Thermomyces lanuginosus* в нанокремниевые матрицы и свойства приготовленных биокатализаторов // Прикладная биохимия и микробиология. 2013. Т. 49. № 3. С. 1–11.

13 Дрыгин А. Н., Максимов Р. В. Диагностическая значимость показателей циклазной системы в лейкоцитах больных сахарным диабетом 1 и 2 типов // Клиническая больница. 2012. № 2–3 (2). С. 122–125.

14 Дьяченко Ю. А., Цикуниб А. Д. Влияние тяжелых металлов на активность липаз семян подсолнечника *in situ* // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2016. № 1. С. 64–68.

REFERENCES

1 Mylarshnikov A. M. Systematics of methods to assess human impacts on the environment. *Internet-zhurnal Naukovedenie*. [Online magazine Science of science] 2012, no. 3 (12), pp. 8. (in Russian).

2 Teplaja G. A. Heavy metals as a factor of environmental pollution (review) *Astrahanskij vestnik ekologicheskogo obrazovaniya*. [Astrakhan messenger of environmental education] 2013, no. 1 (23), pp. 182–192. (in Russian).

3 Bortey-Sam N., Nakayama S. M. M., Akoto O. et al. Accumulation of Heavy Metals and Metalloid in Foodstuffs from Agricultural Soils around Tarkwa Area in Ghana, and Associated Human Health Risks. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2015, no. 12(8), pp. 8811–8827.

4 Muginova S. V., Myasnikova D. A., Polyakov A. E., Shekhovtsova T. N. Immobilization of plant peroxidases in cellulose–ionic liquid films // *Mendelevovye Communications*. 2013. V. 23. № 2. P. 74–75.

5 Novikov D. A. Vydelenie i ochildka produktov

biotekhnologii. [Selection and cleaning of biotechnological products] Minsk, BGU, 2014. 256 p. (in Russian).

6 Shcherbakov V. G., Lobanov V. G. *Biokhimiya i tovarovedenie maslichnogo syr'ya* [Biochemistry and merchandizing of olive raw materials] Moscow, KolosS, 2012. 392 p. (in Russian).

7 Men'shikov V. V. Kriterii ocenki metodik i rezultatov klinicheskikh laboratornykh issledovanij [Criteria for evaluating the methods and results of clinical laboratory tests] Moscow, Labora, 2011. 328 p. (in Russian)

8 Shekhovtsova T. N., Muginova S. V., Veselova I. A. Development of enzymatic methods *Khimicheskij analiz: na puti k sovershenstvu*. [Chemical analysis: on the way to perfection.] 2015, pp. 245–257. (in Russian).

9 Smirnova D. V., Ugarova N. N. Bioanalytical systems based on bioluminescence resonance energy transfer using firefly luciferase. *Combinatorial Chemistry and High Throughput Screening*, 2015, vol. 18, no. 10, pp. 946–951.

10 Marshall V. Dzh., Bangert S. K. *Klinicheskaja biohimija*. [Clinical biochemistry] Moscow, Binom, 2016. 408 p. (in Russian).

11 Severina E. S. *Biokhimiya*. [Biochemistry] Moscow, MGU, 2016, 768 p. (in Russian).

12 Kovalenko G. A., Beklemishev A. B. Perminova L. V., Chuenko T. V. et al. Recombinant strain producing thermostable lipase from *Thermomyces lanuginosus* immobilized into nanocarbon-in-silica matrices and properties of the prepared biocatalysts *Prikladnaja biohimija i mikrobiologija*. [Applied Biochemistry and Microbiology] 2013, vol. 49, no. 3, pp. 1–11. (in Russian).

13 Drygin A. N., Maksimov R. V. Diagnostic significance of clinico-laboratory cyclase system indices in leukocytes of the patients suffering from diabetes mellitus type 1 and 2 *Klinicheskaja bol'nitsa*. [Clinical medicine] 2012, no. 2–3 (2), pp. 122–125. (in Russian).

14 D'yachenko Yu. A., Tsikunib A. D. Effect of heavy metals on activity of lipase sunflower seeds *in situ* *Vestnik VGU Serija: Himija. Biologija. Farmacija*. [Bulletin of VSU Series: Chemistry. Biology. Pharmacology] 2016, no 1, pp. 64–68. (in Russian).

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Yulia A. Dyachenko graduate student, chemistry department, institute for complex problems, Adyghe state university, Pervomayskaya str., 208, Maikop, 385000, Russia, jesi-001@mail.ru

Aminat D. Tsikunib doctor of biological science, professor, head of the chemistry department, Adyghe state university, Pervomayskaya str., 208, Maikop, 385000, Russia, cikunib58@mail.ru

CONTRIBUTION

Yulia A. Dyachenko review of the literature on an investigated problem, made experiment, has executed calculations wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism proposed a scheme of the experiment and organized production trials

Aminat D. Tsikunib adapted system of a mathematical assessment of analytical criteria of a laboratory test, used in clinical laboratory diagnostics, consultation during the study, correct it before filing.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.29.2016

ACCEPTED 8.18.2016

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Юлия А. Дьяченко аспирант, кафедра химии, НИИ Комплексных проблем, Адыгейский государственного университета, ул. Первомайская 208, г. Майкоп, 385000, Россия, jesi-001@mail.ru

Аминет Д. Цикуниб д. б. н, профессор, зав. каф. химии факультета естественных наук, Адыгейского государственного университета, ул. Первомайская 208, г. Майкоп, 385000, Россия, cikunib58@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Юлия А. Дьяченко провела обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты, написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат.

Аминет Д. Цикуниб адаптировала систему математической оценки аналитических критериев лабораторного теста, используемая в клинико-лабораторной диагностике, осуществляла консультацию в ходе исследования, корректировала рукопись.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 29.07.2016

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.08.2016