

Определение антиоксидантной активности белого чая

Ольга В. Черноусова¹ byolval@list.ru
Алена И. Кривцова¹ sibiraychka555@mail.ru
Татьяна А. Кучменко¹ tak1907@mail.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. Антиоксиданты защищают организм от вредного воздействия свободных радикалов. Высокое содержание антиоксидантов характерно для красного вина, оливкового масла, чая. На сегодня в России хорошо изучена антиоксидантная активность черного и зеленого чая, но выбор сортов чая, встречающихся в продаже, намного шире. Целью работы было изучение антиоксидантной активности белого чая, а также ее сравнение с параметрами зеленого чая и напитка ройбуша. Проведено сравнение антиоксидантной активности водных экстрактов, выделенных из белого и зеленого чая, а также напитка ройбуша спектрофотометрически с помощью реакции аутоокисления адреналина в щелочной среде (pH 10,65). Правильность спектрофотометрического определения подтверждали на приборе «Цвет Яуза-01-АА» (Россия). В качестве стандарта использовали кверцетин. В начальный период времени (до 5 мин) экстракты чая «Ява», напиток ройбуша, чай «Эликсир бессмертия» одинаково влияют на значения оптической плотности. Через 10 мин оптическая плотность принимает отличные значения для различных экстрактов, поэтому это время рекомендовано для определения антиоксидантной активности. Наибольшей антиоксидантной активностью из четырех напитков обладает экстракт белого чая «Гринфилд». Антиоксидантная активность экстракта ройбуша сопоставима по значению с белым чаем «Эликсир бессмертия». Наименьшее значение у зеленого чая «Принцесса ЯВА». Также исследовали влияние температуры воды на антиоксидантную активность экстрактов. Наибольшее значение выявлено у чая «Гринфилд» при температуре заваривания 70 °С, которое снижается при повышении температуры до 100 °С. Меньше всего температура влияет на антиоксидантную активность водного экстракта напитка ройбуш, но при этом наблюдается небольшой максимум при температуре 80 °С. Минимальное значение у водного экстракта зеленого чая «Принцесса ЯВА», при этом оно возрастает с повышением температуры до 100 °С. В работе изучали зависимость содержания антиоксидантов от времени заваривания. Использовали прибор «Цвет Яуза-01-АА». Образцом служил экстракт белого чая «Эликсир бессмертия». Температуру выдерживали 100 °С. Найдено, что рекомендуемое время заваривания равно двум минутам.

Ключевые слова: спектрофотометрия, антиоксидантная активность, белый чай

The study of antioxidant activity of white tea

Olga V. Chernousova¹ byolval@list.ru
Alena I. Krivtsova¹ sibiraychka555@mail.ru
Tatyana A. Kuchmenko¹ tak1907@mail.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. Antioxidants protect the organism from the harmful effects of free radicals. High content of antioxidants is characteristic for red wine, olive oil, tea. Today in Russia is well studied the antioxidant activity of black and green tea, but the choice of teas found in the sale, much wider. The aim of the work was to study antioxidant activity of white tea, as well as its comparison with the parameters of green tea and rooibos. Spectrophotometrically compared the antioxidant activity of aqueous extracts white, green tea, drink rooibos using the adrenaline autooxidation reaction in alkaline medium (pH 10.65). The correctness of the spectrophotometric determination was confirmed on the device "Tsvet Yauza-01-AA" (Russia). As a standard used quercetin. In the initial period of time (up to 5 min) tea extracts "Java", «Elixir immortality» and rooibos are equally affect the values of optical density. After 10 min the optical density takes different values for different extracts, however this time is recommended to determine antioxidant activity. The highest antioxidant activity of the extract has white tea «Greenfield». Rooibos extract antioxidant activity could be compared with «Elixir of immortality» white tea activity. The lowest value of antioxidant activity of green tea «Princess JAVA». The effect of water temperature on the antioxidant activity of extracts was investigated. The highest value was found in tea «Greenfield» at a brewing temperature of 70 °C, which decreases with increasing temperature to 100 °C. The water temperature has a minimal effect on the antioxidant activity of the rooibos extract, but a small maximum at 80 °C is observed. The minimum value of antioxidant activity is the extract of green tea «Princess JAVA», but it increases with the temperature rise up to 100 °C. The study was conducted according to the content of antioxidants from the brewing time. For this, the device "Tsvet Yauza-01-AA" was used. To determine the selected white tea extract «Elixir of Immortality». The temperature was maintained at 100 °C. It is found that the recommended brewing time is two minutes.

Keywords: spectrophotometric method of analysis, antioxidant activity, white tea

Введение

В настоящее время много исследований посвящено изучению воздействия свободных радикалов на биологические молекулы, их взаимосвязи с причинами болезней человека, а также преждевременного старения. Известно,

что в результате воздействия радикалов могут повреждаться стенки сосудов, мембраны клеток, появляются сердечнососудистые, онкологические заболевания, диабет и многие другие болезни. Защищают клетки (точнее их мембраны) от вредного воздействия свободных радикалов –

Для цитирования

Черноусова О.В., Кривцова А.И., Кучменко Т.А. Определение антиоксидантной активности белого чая // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 1. С. 133–139. doi:10.20914/2310-1202-2018-1-133-139

For citation

Chernousova O.V., Krivtsova A.I., Kuchmenko T.A. The study of antioxidant activity of white tea. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 1. pp. 133–139. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-1-133-139

антиоксиданты [1]. Повышенное содержание антиоксидантов характерно для красного вина, оливкового масла, чая [2]. Известно, что общая антиоксидантная активность продуктов питания хорошо коррелирует с общим содержанием в них фенолов. Содержание фенолов в напитках по данным исследований [3] увеличивается в ряду: черный чай > кофе > красное вино > морковный сок > сок абрикоса > кофе по-турецки > виноградная меласса > шалфей > белые вина > сок винограда > свежая паприка > чернослив свежий > сок вишни.

Чай включает в себя различные вещества, в комплексе благотворно влияющие на организм человека [4]. Всего он содержит около 2000 химических соединений [5, 6]. Из растворимых веществ чая важными можно считать: дубильные вещества, эфирные масла, алкалоиды, аминокислоты и витамины. Считается, что антиоксидантами в чае выступают полифенолы (флавоноиды). Дубильные вещества представляют собой смесь более трех десятков полифенольных соединений (танинов, катехинов и их производных). Возникающие в ходе фабричного производства продукты окисления дубильных веществ чая – хиноны, влияют на другие вещества, что в итоге приводит к изменению состава ферментированного чая и его антиоксидантной активности. Интерес исследователей к чаю сильно возрос, когда выяснилось, что в нем много сильных природных антиоксидантов.

На сегодня в России подробно изучена антиоксидантная активность черного и зеленого чая [7–12], но выбор сортов чая, встречающихся в продаже, намного шире. Помимо черного существует несколько типов ферментации чая: зеленый, желтый, белый. Кроме того, встречаются и широко рекламируются достаточно экзотические напитки для России: ройбуш и мате. Исследование антиоксидантной активности этих напитков практически не проводилось и становится достаточно интересной задачей для изучения.

Целью работы было изучение антиоксидантной активности белого чая, а также ее сравнение с параметрами зеленого чая и напитка ройбуша.

Экспериментальная часть

Для определения антиоксидантной активности выбрали образцы, представленные в таблице 1.

Для подготовки пробы к анализу образцы чая растирали до порошкообразного состояния, после чего брали навеску 1,0000 г., заливали 50 мл бидистиллированной воды, нагретой до 100 °С. Выдерживали 5 минут, затем фильтровали.

Об антиоксидантной активности исследуемого чая судили по его способности ингибировать аутоокисление адреналина и тем самым предотвращать образование активных форм кислорода [13]. Для этого к 4 мл 0,2 М натрий-карбонатного буфера, pH = 10,65, добавляли 0,2 мл 0,1 % (5,46 мМ) аптечного раствора адреналина гидрохлорида, тщательно и быстро перемешивали, помещали в спектрофотометр КФК-3 КМ и определяли оптическую плотность каждые 30 сек в течение 10 мин при длине волны 347 нм в кювете толщиной 10 мм (A_1). Далее к 4 мл буфера добавляли 0,06 мл исследуемого экстракта и 0,2 мл 0,1 % адреналина гидрохлорида, перемешивали и измеряли оптическую плотность, как описано выше (A_2). Для учета влияния собственной окраски экстрактов, которые поглощают определенную длину волны в видимой части спектра, в качестве раствора сравнения использовали буферированный раствор экстракта, без адреналина. Антиоксидантную активность (АА) исследуемых экстрактов чая выражали в процентах ингибирования аутоокисления адреналина и вычисляли по формуле:

$$AA = \frac{A_1 - A_2}{A_1} \cdot 100\% \quad (1)$$

Величина АА более 10 % свидетельствует о наличии антиоксидантной активности [13–15].

Таблица 1.

Образцы чая

Table 1.

Samples of tea

№	Наименование Name	Тип ферментации Type of fermentation	Изготовитель, страна Manufacturer, country
1	Эликсир бессмертия Elixir of immortality	белый white	О'КЕЙ, Китай O'key, China
2	Гринфилд Greenfield	белый white	ООО «НЕП», Россия OJC "NEP", Russia
3	Ройбуш Rooibos	—	Русская чайная компания Russian tea company
4	Принцесса ЯВА Премиум индонезийский чай зеленый байховый Princess Java Premium Indonesian tea green	зеленый green	ООО «ОРИМИ», Россия OJC "ORIMY", Russia

Аутоокисление адреналина, попадающего в щелочную среду, инициируется супероксидными радикалами, возникающими в результате внутримолекулярных перестроек адреналина в ходе его превращения через адреналинхинон в адренохром (рисунок 1). Данный способ активно используется при исследованиях растительного сырья, в медицине для определения АА крови и слезной жидкости [13–17]. Спектрофотометрический метод с использованием адреналина и 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила использован, например, в работе [18] при изучении антиоксидантной активности продуктов из цикория.

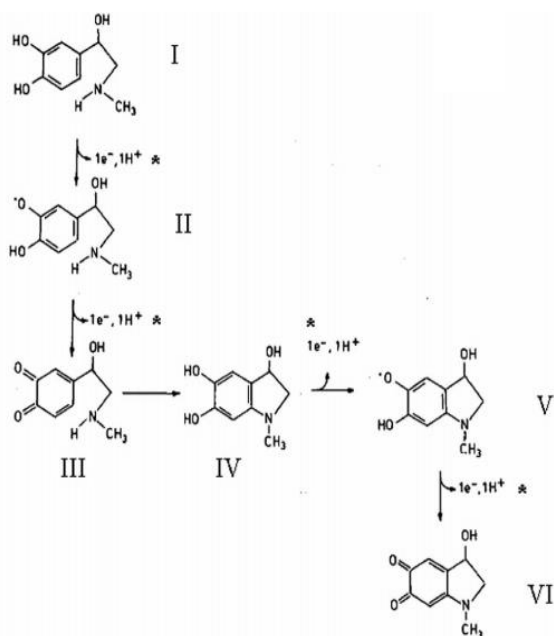


Рисунок 1. Образование адренохрома в процессе автоокисления адреналина [17]

Figure 1. The formation of adrenochrome in the adrenaline oxidation process [17]

Все исследования проводили при pH 10,65. На рисунке 2 представлены данные по влиянию различных величин pH 0.2 М карбонатного буфера на скорость реакции аутоокисления адреналина. Измерение проведено при длине волны 347 нм в начальный момент времени (2 мин). Из данных можно сделать вывод, что скорость реакции возрастает с увеличением кислотности среды, поэтому оптимальными для определения является значение pH не менее 10,6.

В таблице 2 представлены значения антиоксидантной активности (расчеты проводились по формуле (1). Условия получения водных экстрактов напитков: 5 минут заваривания, температура 100 °С. Для оценки влияния антиоксидантов чая на процесс аутоокисления адреналина сравнили значения через 3, 5 и 10 мин после начала реакции. Согласно исследованиям в этот период происходит наибольшее образование продукта реакции аутоокисления адреналина [13].

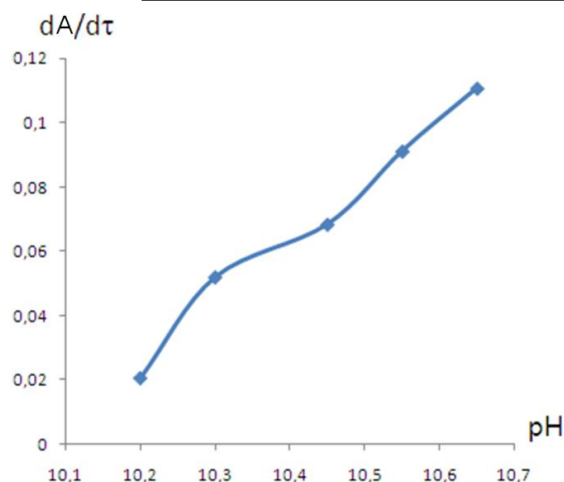


Рисунок 2. Влияние pH карбонатного буфера на скорость реакции аутоокисления адреналина

Figure 2. influence pH of the carbonate buffer on the rate adrenaline autooxidation reaction

На рисунке 3 представлено как изменялась оптическая плотность чая при реакции ингибирования аутоокисления адреналина. При этом учитывали влияние собственной окраски экстрактов. В начальный период времени (до 5 мин) экстракты чая «Ява», напиток ройбуша, чай «Эликсир бессмертия» одинаково влияют на значения оптической плотности. Через 10 мин оптическая плотность принимает отличные значения для различных экстрактов, поэтому данное время выбрали для расчета значений антиоксидантной активности.

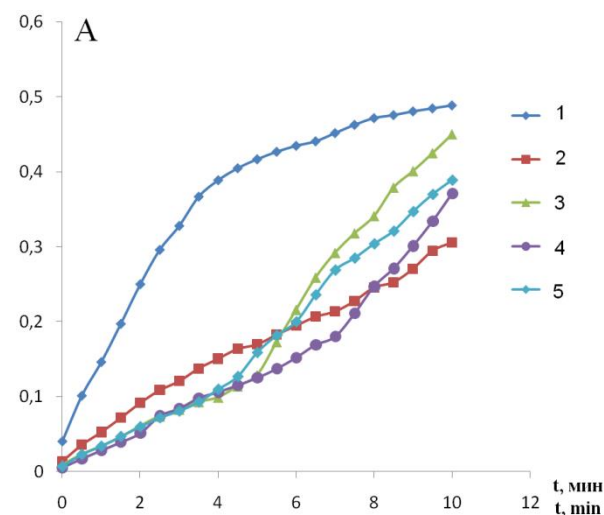


Рисунок 3. Зависимость оптической плотности от времени при реакции аутоокисления адреналина в отсутствие и в присутствии экстрактов напитков. 1 – адреналин, 2 – «Гринфилд», 3 – «Ява», 4 – ройбуш, 5 – «Эликсир бессмертия»

Figure 3. Dependence optical density on time at the adrenaline auto-oxidation reaction in the absence and in the presence of drinks extracts. 1 – adrenaline, 2 – "Greenfield", 3 – "Java", 4 – Rooibos, 5 – "Elixir of immortality"

Сравнивали влияние антиоксидантов чая на скорость процесса аутоокисления адреналина в различных экстрактах чая и изменение АА в течении 10 минут. У экстракта зеленого чая «Ява» АА изменяется наиболее резко с течением времени, а после 9,5 минут можно говорить об отсутствии антиоксидантной активности. Из рассмотренных образцов чая наименьшее изменение АА в течении 10 минут

наблюдается у экстракта белого чая «Грифилд», всего на 28%. Следовательно, антиоксидантная активность наиболее устойчиво проявляется именно у белого чая «Гринфилд», а кроме того имеет максимальное значение из изученных образцов. Экстракт напитка ройбуш и экстракт чая «Эликсир бессмертия» проявляют схожие изменения АА при процессе аутоокисления адреналина.

Таблица 2.
Антиоксидантная активность экстрактов чая (5 минут заваривания, температура 100 °С)

Table 2.

Antioxidant activity of tea extracts (5 minutes of brewing, temperature 100 °C)

Время, мин Time, min	Антиоксидантная активность, % Antioxidant activity, %			
	Гринфилд Greenfield	Ява Java	Ройбуш Rooibos	Эликсир бессмертия Elixir of immortality
3	63,11	74,70	74,39	75,30
5	59,23	69,06	70,02	61,87
10	37,42	7,98	24,10	20,45

Известно, что органолептические характеристики чая и подобных напитков зависят от температуры воды, используемой при заваривании. Рекомендуемая температура обычно находится в интервалах от 70 до 100 °С. Она зависит от типа ферментации чая и обычно указывается производителем на упаковке. Одной из задач работы являлось исследование влияния температуры воды на АА полученных экстрактов. В таблице 3 проведено сравнение значений антиоксидантной активности при разной температуре заваривания.

Наибольшее значение АА активности выявлено у чая «Гринфилд» при температуре заваривания 70 °С, которое снижается при повышении температуры до 100 °С. Меньше всего температура воды влияет на АА водного

экстракта напитка ройбуш, но при этом наблюдается небольшой максимум при температуре 80 °С. Минимальное значение АА у водного экстракта зеленого чая «Принцесса ЯВА», при этом оно возрастает с повышением температуры до 100 °С.

Результаты определения АА спектрофотометрически сопоставляли с результатами полученными на приборе «Цвет Яуза-01-АА» (Россия), который активно используется для исследования напитков [1, 19]. В качестве стандарта использовали кверцетин. Для сравнения изучили влияние температуры на антиоксидантную активность (АА, %) и содержание антиоксидантов (СА, мг/дм³) в экстракте напитка ройбуша (таблица 4).

Таблица 3.
Антиоксидантная активность в экстрактах чая при разных температурах заваривания

Table 3.

Antioxidant activity in tea extracts under different brewing temperatures

t, °C	Антиоксидантная активность, % Antioxidant activity, %			
	Гринфилд Greenfield	Ява Java	Ройбуш Rooibos	Эликсир бессмертия Elixir of immortality
70	53,58	4,91	23,52	16,77
80	46,01	6,34	25,97	17,38
100	37,42	7,98	24,10	20,45

Таблица 4.
Антиоксидантная активность экстрактов ройбуша

Table 4.

Antioxidant activity of Rooibos extracts

t, °C	Способ определения антиоксидантной активности The method of determining antioxidant activity	
	СФ*	АМ**
	АА, %	СА, мг/дм ³ CA, mg/dm ³
70	23,52	2,05
80	25,97	2,79
100	24,1	2,33

Примечание: * – спектрофотометрическое на основе реакции аутоокисления адреналина, ** – амперометрическое на приборе «Цвет Яуза-01-АА»

Note: * – spectrophotometric method based on the adrenaline autooxidation reaction, ** – amperometric method on the device "Tsvet Yauza-01-AA"

Из результатов параллельных измерений антиоксидантной активности экстракта ройбуша с помощью двух различных методов анализа видно, что характер зависимости от температуры одинаковый. Небольшой максимум АА проявляется при температуре 80 °С.

При разном времени заваривания меняются вкусовые и питательные свойства чая, поэтому одной из задач работы являлось изучение изменений антиоксидантной активности от времени заваривания. Исследовали зависимость содержания антиоксидантов (СА, мг/дм³) в экстрактах от времени заваривания (рисунок 4). В качестве образца выбрали белый чай «Эликсир бессмертия», температуру выдерживали равной 100 °С [20]. Исследование проводили на приборе «Цвет Яуза-01-АА». Из полученной зависимости следует, что наибольшая антиоксидантная активность для белого чая проявляется через 2 минуты после заваривания. Можно предположить, что в первые две минуты после заваривания происходит максимальное извлечение антиоксидантов, а последующий минимум связан с нестойкостью этих соединений.

Выводы

Наибольшей антиоксидантной активностью из рассмотренных обладает экстракт белого чая «Гринфилд». Антиоксидантная активность экстракта ройбуша сопоставима по значению с белым чаем «Эликсир бессмертия» и мало изменяется с температурой заваривания. Наименьшее значение антиоксидантной активности

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Яшин А.Я., Яшин Я.И., Черноусова Н.И., Пахомов В.П. Новый прибор для определения антиоксидантов в лекарственных препаратах, биологически активных добавках, пищевых продуктах и напитках ЦветЯуза-01-АА. М.: НПО «Химавтоматика», 2005. 100 с.
- 2 Шарафутдинова Е.Н., Иванова А.В., Матерн А.И., Брайнина Х.З. Качество пищевых продуктов и антиоксидантная активность // Аналитика и контроль. 2011. Т.15. № 3. С. 281–286.
- 3 Karakaya S., Ei S.N., Taş A.A. Antioxidant activity of some foods containing phenolic compounds // International journal of food sciences and nutrition. 2001. V. 52. № 6. P. 501–508.
- 4 Rietveld A., Wiseman S. Antioxidant effects of tea: evidence from human clinical trials // The Journal of nutrition. 2003. V. 133. № 10. P. 3285S–3292S.
- 5 Яшин Я.И., Яшин А.Я., Черноусова Н.И. Хромотография чая // Химия и жизнь. 2005. № 3. P. 50–53.
- 6 Мареева Д.О., Цюпко Т.Г., Милевская В.В., Темердашев А.З. Определение галловой кислоты, катехина, эпикатехина и кофеина в экстрактах черного чая // Аналитика и контроль. 2015. Т.19. № 4. С. 323–330. doi: 10.15826/analitika.2015.19.4.011

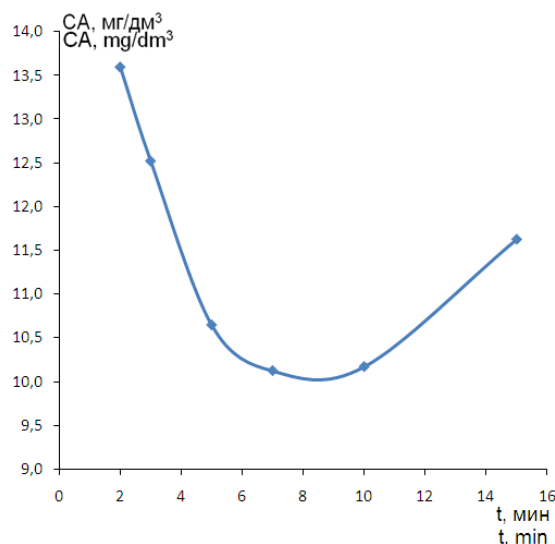


Рисунок 4. Зависимость антиоксидантной активности белого чая «Эликсир Бессмертия» от времени заваривания

Figure 4. Antioxidant activity dependence of white tea "Elixir of Immortality" from brewing time

у зеленого чая «Принцесса ЯВА». Температура заваривания оказывает наибольшее влияние на антиоксидантную активность белого чая «Гринфилд». Оптимальной для получения высокой антиоксидантной активности можно считать температуру 70 °С. Кроме того, установлено рекомендуемое время заваривания белого чая «Эликсир бессмертия» равное двум минутам.

- 7 Рябина Е.И., Зотова Е.Е., Пономарева Н.И., Мезенцева О.А. и др. Влияние ферментации и изменения кислотности среды на состав и антиоксидантную активность водных экстрактов чая // Химия растительного сырья. 2014. № 2. С. 169–175.
- 8 Зиятдинова Г.К., Низамова А.М., Айтуганова И.И., Будников Г.К. Вольтамперометрическая оценка антиоксидантной емкости чая на электродах, модифицированных многослойными углеродными нанотрубками // Журнал аналитической химии. 2013. Т. 68. № 2. С. 145–152.
- 9 Рябина Е.И., Зотова Е.Е., Пономарева Н.И. Танины чая и травяных экстрактов: природа, содержание, активность // Вестник ВГУ, Серия: химия, биология, фармация. 2014. № 4. С. 47–51.
- 10 Carloni P. et al. Antioxidant activity of white, green and black tea obtained from the same tea cultivar // Food research international. 2013. V. 53, № 2. P. 900–908.
- 11 Karori S.M. et al. Antioxidant capacity of different types of tea products // African Journal of Biotechnology. 2007. V.6. № 19.
- 12 Rusak G. et al. Phenolic content and antioxidative capacity of green and white tea extracts depending on extraction conditions and the solvent used // Food Chemistry. 2008. V.110. № 4. P. 852–858.

13 Патент РФ № 2144674 (приоритет от 24.02.1999.) Способ определения антиоксидантной активности супероксиддисмутазы и химических соединений / Сирота Т.В. Заявл.9910319214 (003673); Опубл. 20.01.2000, Бюлл. № 2.

14 Рябинина Е.И., Зотова Е.Е., Ветрова Е.Н., Пономарева Н.И. и др. Новый подход в оценке антиоксидантной активности растительного сырья при исследовании процесса аутоокисления адреналина // Химия растительного сырья. 2011. № 3. С. 117–121.

15 Рябинина Е.И., Зотова Е.Е., Ветрова Е.Н., Пономарева Н.И. Сравнение химико-аналитических методов определения танидов и антиоксидантной активности растительного сырья // Аналитика и контроль. 2011. Т.15. № 2. С. 202–208.

16 Гришук А.И., Сирота Т.В., Дравица Л.В., Крэдок Е.А. Оценка состояния антиоксидантной активности слезной жидкости // Биомедицинская химия. 2006. Т. 52. №6. С. 601–607.

17 Сирота Т.В. Новый подход в исследовании реакции аутоокисления адреналина: возможность поляро-графического определения активности супероксиддисмутазы и антиоксидантных свойств различных препаратов // Биомедицинская химия. 2012. Т.58. №1. С. 77–87.

18 Бадретдинова З.А., Канарский А.В., Шуваева Г.П. Сравнительная оценка антиоксидантной активности продуктов из цикория // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. № 1. С. 203–206. doi:10.20914/2310-1202-2016-1-203-206.

19 Родионова Н.С., Мануковская М.В., Коломникова Я.П., Серченя М.В. Исследование анти-оксидантной активности настоек из ежевики и клюквы, приготовленных методом ультразвукового экстрагирования // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2015. № 4. С. 98–103.

20 Суворина Т.А., Кривцова А.И., Черноусова О.В. Изменение антиоксидантной активности экстрактов чая в зависимости от условий // Материалы студенческой научной конференции за 2016 год: В 2 ч. Ч.I. Технические науки. Воронеж: ВГУИТ, 2016. С. 534

REFERENCES

1 Yashin A. Ya., Yashin Ya.I., Chernousova N.I., Pakhomov V.P. Novyy pribor dlya opredeleniya antioksidantov v lekarstvennykh preparatakh, biologicheski aktivnykh dobavkakh, pishchevykh produktakh i napitkakh [New device for the determination of antioxidants in medicinal preparations, biologically active additives, foodstuffs and beverages ColorYouza-01-AA] Moscow, NGO "Himavtomatika". 2005. 100 p. (in Russian)

2 Sharafutdinova E.N., Ivanova A.V., Matern A.I., Brainina Kh.Z. Foodstuffs quality and antioxidant activity. *Analitika I kontrol'* [Analytics and control] 2011, vol. 15, no. 3, pp. 281–286 (in Russian)

3 Karakaya S., Ei S.N., Taş A.A. Antioxidant activity of some foods containing phenolic compounds. *International journal of food sciences and nutrition*. 2001. vol. 52. no. 6. pp. 501–508.

4 Rietveld A., Wiseman S. Antioxidant effects of tea: evidence from human clinical trials. *The Journal of nutrition*. 2003. vol. 133. no. 10. pp. 3285S–3292S.

5 Yashin Ya.I., Yashin A. Ya., Chernousova N.I. Chromatography of tea. *Khimiya I zhizn'* [Chemistry and Life] 2005. no. 3, pp. 50–53. (in Russian)

6 Mareyeva D.O., Tsytko T.G., Milevskaya V.V., Temerdashev A.Z. HPLC determination and estimation of gallic acid, catechin, caffeine and epicatechin content in black tea extracts. *Analitika I kontrol'* [Analytics and control] 2015, vol. 19, no. 4. pp. 323–330. doi: 10.15826/analitika.2015.19.4.011 (in Russian)

7 Ryabina E.I., Zotova E.E., Ponomareva N.I., Mezentsева O.A. et al. Influence of fermentation and changes in the acidity of the medium on the composition and antioxidant activity of tea water extracts. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials] 2014. no. 2. pp.169–175. (in Russian)

8 Ziyatdinova G.K., Nizamova A.M., Aytuganova I.I., Budnikov H.C. Voltammetric evaluation of the antioxidant capacity of tea on electrodes modified with multi-walled carbon nanotubes. *Zhurnal analiticheskoi khimii* [Journal of Analytical Chemistry] 2013. vol. 68. no. 2. pp. 145–152. (in Russian)

9 Ryabinina E.I., Zotova E.E., Ponomareva N.I. Tannins of tea and herbal extracts: nature, content, activity. *Vestnik VGU* [Proceedings of VSU, Series: Chemistry, Biology, Pharmacy] 2014, no. 4, pp. 47–51. (in Russian)

10 Carloni P. et al. Antioxidant activity of white, green and black tea obtained from the same tea cultivar. *Food research international*. 2013. vol. 53. no. 2. pp. 900–908.

11 Karori S.M. et al. Antioxidant capacity of different types of tea products. *African Journal of Biotechnology*. 2007. vol. 6. no. 19.

12 Rusak G. et al. Phenolic content and antioxidative capacity of green and white tea extracts depending on extraction conditions and the solvent used. *Food Chemistry*. 2008. vol. 110. no. 4. pp. 852–858.

13 Sirota T.V. Sposob opredeleniya antioksidantnoi aktivnosti [Method for determining the antioxidant activity of superoxide dismutase and chemical compounds] Patent RF, no. 144674, 2000. (in Russian).

14 Ryabinina E.I., Zotova E.E., Vetrova E.N., Ponomareva N.I. et al. New approach in the evaluation of the antioxidant activity of plant raw materials in the study of adrenaline autoxidation process. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials] 2011. no. 3. pp.117–121. (in Russian)

15 Ryabinina E.I., Zotova E.E., Vetrova E.N., Ponomareva N.I. The comparison chemical analytical methods of determination of tanides and autoxidation activity of plant raw materials. *Analitika I kontrol'* [Analytics and control] 2011, vol. 15, no. 2, pp. 202–208 (in Russian)

16 Gritsuk A.I., Sirota T.V., Dravitsa L.V., Craddock E.A. The estimation of the antioxidant activity of lacrimal fluid. *Biomeditsinskaya khimiya* [Biomedicine Chemistry] 2006, vol.52, no. 6, pp.601–607 (in Russian)

17 Sirota T.V. A new approach to studying the autoxidation of adrenaline: possibility of the determination of superoxide dismutase activity and the antioxidant properties of various preparations by polarography. *Biomeditsinskaya khimiya* [Biomedicine Chemistry] 2012, vol.58, no. 1, pp. 77–87 doi: <http://dx.doi.org/10.18097/pbmc20125801077/> (in Russian)

18 Badretdinova Z.A., Kanarsky A.V., Shuvaeva G.P. Comparative assessment of antioxidant activity of chicory products. *Vestnik voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologij* [Proceedings of Voronezh state university of engineering technologies]. 2016. no. 1. pp. 203–206. doi:10.20914/2310-1202-2016-1-203-206. (in Russian)

19 Rodionova N.S., Manukovskaya M.V., Kolomnikova J.P., Serchenya M.V. Investigation of antioxidant activity of black-berry and cranberry liqueurs, prepared by the method of ultrasonic extraction. *Vestnik*

voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologij [Proceedings of Voronezh state university of engineering technologies]. 2015. no. 4. pp. 98–103. (in Russian)

20 Suvorina T.A., Krivtsova A.I., Chernousova O.V. Antioxidant activity change in the of tea extracts depending on the conditions. *Materialy studencheskoi nauchnoi konferentsii za 2016 god* [Materials of the student scientific conference for 2016: In 2 parts. Part I. Technical science] Voronezh, VGUIT, 2016. p. 534 (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ольга В. Черноусова к.х.н., доцент, кафедра физической и аналитической химии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, byolval@list.ru

Алена И. Кривцова студент, кафедра физической и аналитической химии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, sibiraychka555@mail.ru

Татьяна А. Кучменко д.х.н., профессор, кафедра физической и аналитической химии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, tak1907@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Ольга В. Черноусова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Алена И. Кривцова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, выполнила расчёты

Татьяна А. Кучменко консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 22.01.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 19.02.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Olga V. Chernousova Cand. Sci. (Chem.), associate professor, department of analytical and physical chemistry, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, byolval@list.ru

Alena I. Krivtsova student, department of analytical and physical chemistry, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, sibiraychka555@mail.ru

Tatyana A. Kuchmenko Dr. Sci. (Chem.), professor, department of analytical and physical chemistry, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, tak1907@mail.ru

CONTRIBUTION

Olga V. Chernousova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Alena I. Krivtsova review of the literature on an investigated problem, performed computations

Tatyana A. Kuchmenko consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.22.2018

ACCEPTED 2.19.2018