

УДК 664.681.2

Профессор Н.С. Родионова, доцент М. В. Мануковская,  
доцент Я.П. Коломникова, студент М.В. Серченя  
(Воронеж. гос. ун. инж. техн.) кафедра сервиса и ресторанного бизнеса.  
тел. (473) 255-37-72  
E-mail: manukowskaj@mail.ru

Professor N.S. Rodionova, associate professor M.V. Manukovskaya,  
associate professor J.P. Kolomnikova, student M.V. Serchenya  
(Voronezh state university of engineering technologies) Department of service and restaurant  
business. phone (473) 255-37-72  
E-mail: manukowskaj@mail.ru

## **Исследование антиоксидантной активности настоек из ежевики и клюквы, приготовленных методом ультразвукового экстрагирования**

## **Investigation of antioxidant activity of blackberry and cranberry liqueurs, prepared by the method of ultrasonic extraction**

*Реферат.* В статье представлены экспериментальные результаты определения антиоксидантной активности ягодных настоек, приготовленных с применением метода ультразвукового экстрагирования в сравнении с настойками, полученными традиционным методом. В качестве объектов исследования были выбраны ягоды ежевики и клюквы, характеризующиеся высоким содержанием антиоксидантов. В рамках данной экспериментальной работы был исследован метод ультразвукового экстрагирования, при помощи которого были приготовлены настойки из ежевики и клюквы. В качестве экспериментальной установки использовали экстрактор с ультразвуковым погружным излучателем. Процесс проводили в диапазоне частот 20-20,5 кГц при температуре 20-22 °С. В соответствии с традиционной технологией приготовления ягодной настойки клюкву и чернику выдерживали длительное (более 2 месяцев) время в 40 % растворе этилового спирта в соотношении ягоды-экстрагент 1:5. Технология ультразвукового экстрагирования предполагает кратковременный контакт ягод и экстрагента (до 15 минут) при наложении ультразвуковых колебаний. В процессе исследований экспериментально установлены режимные параметры процесса экстрагирования. С увеличением времени воздействия выход биологически активных веществ увеличивается до достижения равновесного состояния, соответствующего наиболее полному истощению сырья. Было установлено оптимальное время экстрагирования, за которое происходит максимально возможный переход сухих веществ в экстракт. Ультразвуковой способ экстрагирования позволяет значительно сократить длительность процесса и обеспечить более полное извлечение веществ. При воздействии ультразвуковых волн нарушается пограничный диффузионный слой, улучшается проникновение экстрагента в материал. Всё это приводит к значительному ускорению процесса перехода действующих веществ из сырья в экстрагент и получение продукта с антиоксидантной активностью, превышающей в 2 раза традиционный продукт.

*Summary.* Experimental results of antioxidant activity of berry liqueurs prepared by the method of ultrasonic extraction in comparison with liqueurs, obtained by the traditional method are presented in the article. Blackberries and cranberries, characterized by a high content of antioxidants were chosen as the research subjects. Ultrasonic extraction method with which cranberry and blackberry liqueurs were prepared was studied in terms of the given experimental work. An extractor with submersible ultrasonic transducer was used as an experimental device. The process was carried out in the frequency range of 20 - 20.5 kHz at 20-22° C. In accordance with the traditional technology of preparation of berry liqueur cranberry and blueberry were kept for a long-term (more than 2 months) in 40% ethanol solution at a ratio of berries to extractant of 1: 5. Ultrasonic extraction involves brief contact of berries and extractant (up to 15 minutes) with the application of ultrasonic vibrations. Operating parameters of extraction were determined experimentally in the research process. With the increase in exposure time, the yield of biologically active substances increases to reach an equilibrium state corresponding to the most complete raw materials depletion. The optimum extraction time during which the maximum possible transfer of solids in the extract occurs was determined. Ultrasonic extraction method can significantly reduce the processing time and provide a more complete extraction of substances. Diffusion boundary layer is disrupted, the penetration of the extractant in the material is improved during the application of ultrasonic waves. All this leads to a significant acceleration of transition of the active ingredients from the raw material into extractant and to obtaining a product with antioxidant activity greater than the traditional product by 2 times.

*Ключевые слова:* антиоксидантная активность, настойка, ежевика, клюква, ультразвуковое экстрагирование, экстракт.

*Keywords:* antioxidant activity, liqueur, blackberry, cranberry, ultrasonic extraction, extractant.

---

© Родионова Н.С., Мануковская М. В.,  
Коломникова Я.П., Серченя М.В., 2015

Сегодня большое значение уделяют изучению вопроса антиоксидантной активности продуктов и напитков различной функциональной направленности.

Действие антиоксидантов заключается в способности ликвидировать окислительный стресс, защищать организм человека на клеточном уровне от различных влияний свободных радикалов, предотвращать появление онкологии и задерживать старение организма. По происхождению антиоксиданты могут быть природными и синтетическими. Природные антиоксиданты содержатся в продуктах питания.

Большое количество антиоксидантов содержится в следующих ягодах и фруктах: чернике, клюкве, винограде, черноплодной рябине, смородине, сливах, вишне, ежевике, малине, землянике [1, 2].

В качестве объектов исследования были выбраны ягоды ежевики и клюквы, характеризующиеся наиболее высоким содержанием антиоксидантов. Углеводный состав ежевики представлен моно- и дисахаридами, что делает ее приемлемой в питании людей с сахарным диабетом. В ягодах ежевики содержатся полифенолы, являющиеся сильнейшими антиоксидантами.

Ягоды ежевики содержат (в 100 г): белки - 1,39 г, углеводы - 9,61 г, жиры - 0,49 г, витамины: А (бета - каротин) - 17 мг, В1 (тиамин) - 0,01 мг, В2 (рибофлавин) - 0,05 мг, В3 (никотиновую кислоту) - 0,04 мг, В5 (пантотеновую кислоту) - 0,24 мг, В6 (пиридоксин) - 0,058 мг, В9 (фолиевую кислоту) - 4 мг, С (аскорбиновую кислоту) - 15 мг, Е (токоферол) - 1,2 мг, марганец - 1,29 мг, железо - 1 мг, цинк - 0,27 мг, селен - 0,6 мг, медь - 0,14 мг, кальций - 30 мг, калий - 208 мг, фосфор - 32 мг, магний - 29 мг, натрий - 21 мг. Содержание антиоксидантов в 100 г ежевики - 2,036 мг/дм<sup>3</sup>.

Клюква содержит (в 100 г): белки - 0,5 г, жиры - 0,2 г, углеводы - 3,7 г, моно- и дисахариды - 3,7 г, пищевые волокна - 3,3 г, органические кислоты - 3,1 г, золу - 0,3 г. витамины: А - 0,02 мг, В1 - 0,02 мг, В2 - 0,02 мг, В6 - 0,08 мг, В9 - 1,0 мкг, С - 15,0 мг, РР - 0,2 мг, железо - 0,6 мг, калий - 119,0 мг, кальций - 14,0 мг, магний - 8,0 мг, натрий - 12,0 мг, фосфор - 11,0 мг.

Ягода клюквы тонизирует, освежает, повышает умственные и физические способности. Богата эллаговой кислотой, которая эффективно разрушает канцерогены и предотвращает развитие сердечно - сосудистых заболеваний. Клюква обладает антибактериальными свойствами, повышает иммунитет, нормализует артериальное давление, устраняет изжогу [3, 4].

Для приготовления настоек из ежевики и клюквы были выбраны два метода: традиционный и метод ультразвукового экстрагирования [5].

Известно, что в зависимости от растительных компонентов, входящих в рецептуры, настойки оказывают различное полезное воздействие на организм человека. Они положительно влияют на иммунитет и улучшают работу сердечнососудистой системы. Рекомендуется употреблять настойки при ишемической болезни, атеросклерозе и лейкомии. При употреблении в небольших количествах напитков выводит вредные вещества из организма. Самое главное в употреблении любых настоек - это дозировка.

В настоящее время для приготовления безалкогольных и алкогольных напитков широко используются современные методы экстрагирования продуктов. Наиболее перспективными сегодня являются методы приготовления с применением ультразвука. В рамках данной экспериментальной работы был исследован метод ультразвукового экстрагирования, при помощи которого были приготовлены настойки из ежевики и клюквы.

В качестве экспериментальной установки использовали экстрактор с ультразвуковым погружным излучателем. Сущность его работы заключается в следующем. Смесь водки и растительного субстрата в различных соотношениях загружали в емкость с излучателем, после чего включали ультразвуковой генератор. Колебания ультразвуковой частоты, возбуждали высокочастотные механические колебания, под воздействием которых в обрабатываемой смеси формировались зоны интенсивной кавитации и диффузного растворения клеточных субстратов в экстрагент [6].

Традиционная технология приготовления ягодной настойки предполагает длительное (более 2 месяцев) выдерживание ягод в 40 % растворе этилового спирта в соотношении ягоды-экстрагент 1:5.

Технология ультразвукового экстрагирования предполагает кратковременный контакт ягод и экстрагента (до 15 минут) при наложении ультразвуковых колебаний.

В процессе экспериментально установлены режимные параметры процесса экстрагирования. Важное значение для осуществления вышеуказанного процесса имеет продолжительность ультразвукового воздействия. С увеличением времени воздействия, выход биологически активных веществ увеличивается. Однако такое увеличение происходит до момента истощения сырья. Полное истощение сырья отмечали при воздействии ультразвука в пределах, указанных на рисунках 1, 2.

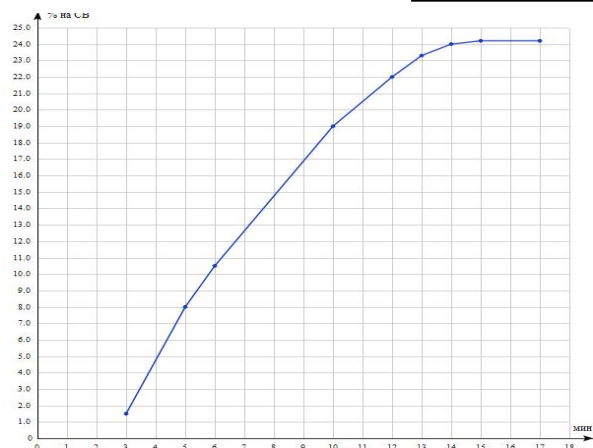


Рисунок 1. Выход экстрактивных веществ из ежевики при ультразвуковом экстрагировании

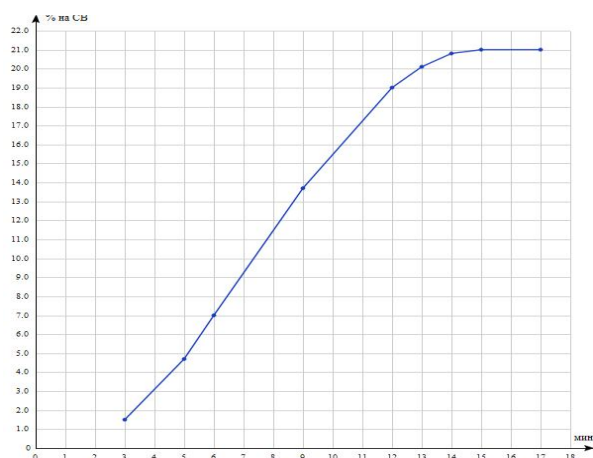


Рисунок 2. Выход экстрактивных веществ из клюквы при ультразвуковом экстрагировании

Также был исследован выход биологически активных веществ в настойках, приготовленных традиционным методом (рисунки 3, 4).

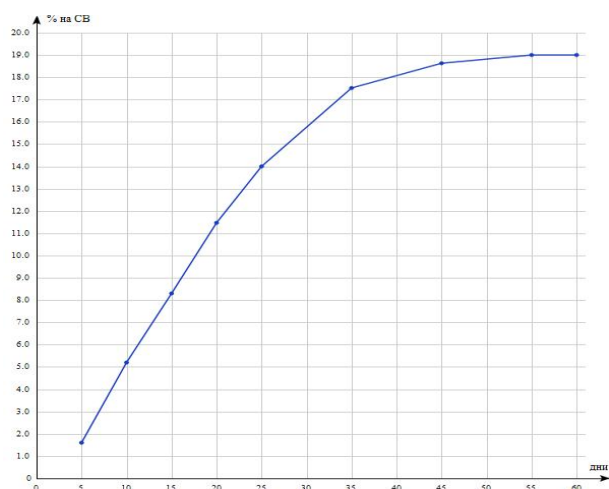


Рисунок 3. Выход экстрактивных веществ из ежевики при традиционном экстрагировании

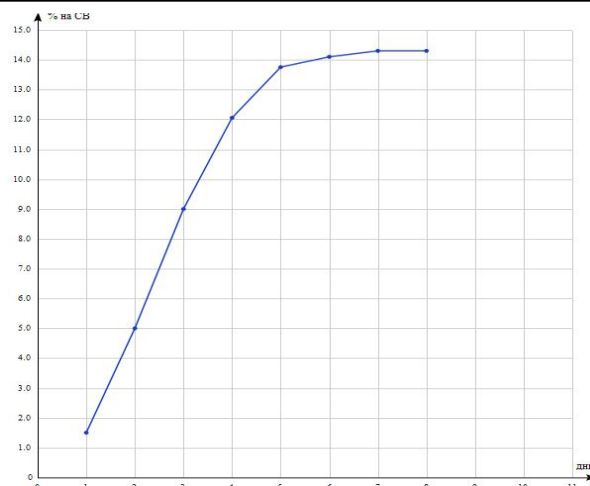


Рисунок 4. Выход экстрактивных веществ из клюквы при традиционном экстрагировании

Таким образом, было установлено, что оптимальное время экстрагирования с использованием ультразвука 15 минут. За это время происходит не только полное истощение сырья, но и удается получить продукт с более высоким содержанием СВ за более короткий срок (таблица 1).

Т а б л и ц а 1

Содержание СВ в исследуемых ягодных настойках

| Настойка                           | % СВ | Время экстрагирования |
|------------------------------------|------|-----------------------|
| Настойка из ежевики ультразвуковая | 24,2 | 15 мин                |
| Настойка из ежевики традиционная   | 19,0 | 60 дней               |
| Настойка из клюквы ультразвуковая  | 21,0 | 15 мин                |
| Настойка из клюквы традиционная    | 14,3 | 7 дней                |

Для определения антиоксидантной активности был использован прибор ЦветЯуза-01-АА, который позволяет проводить прямые количественные измерения антиоксидантной активности исследуемых проб, причем, варьируя полярность и величины приложенных потенциалов можно определять не только суммарную антиоксидантную активность, но и активность отдельных классов биологически активных соединений.

В ячейке детектора на поверхности рабочего электрода происходит электрохимическое окисление молекул исследуемого вещества, что способствует возрастанию электрического тока между двумя электродами [7].

После приготовления образцов растворов анализируемых объектов, проводили по пять последовательных измерений сигналов

(площади выходной кривой) исследуемых растворов. За результат принимали среднее арифметическое значение из 4 измерений (СКО не превышает 3 %). При определении антиоксидантной активности сигнал регистрируется в виде дифференциальных выходных кривых. С помощью специального программного обеспечения производится расчет площадей или высот пиков анализируемого и стандартного веществ. Полученные экспериментальные данные представлены на рисунках 5,6,7,8 в виде графических зависимостей.

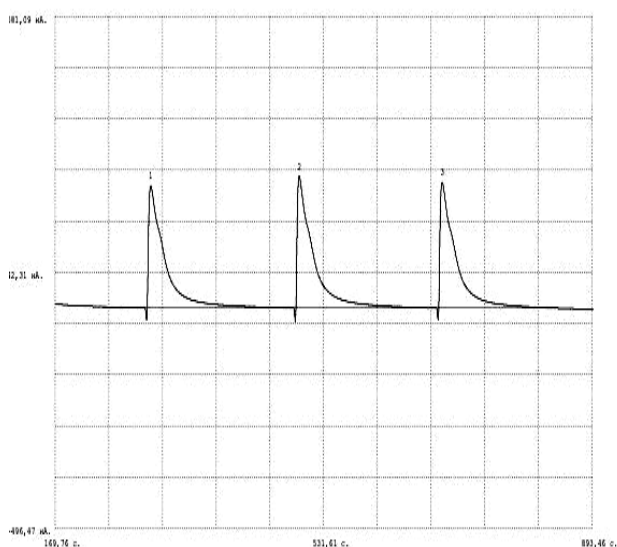


Рисунок 5. Дифференциальная кривая электрохимического окисления настойки из ежевики традиционной

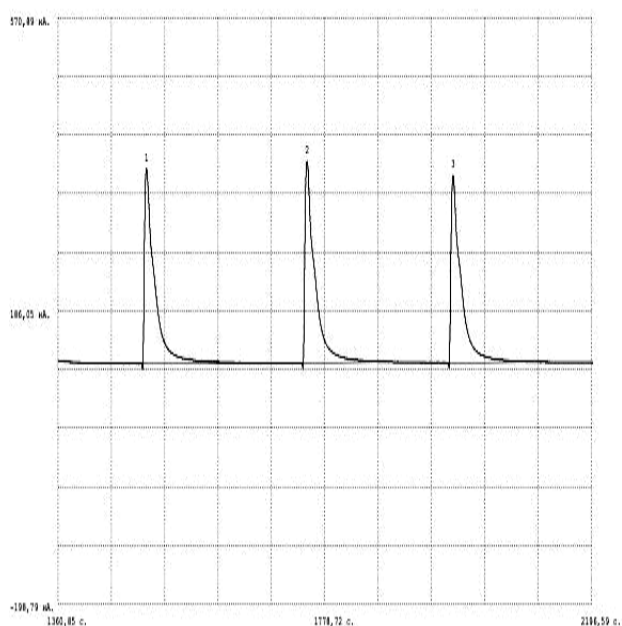


Рисунок 6. Дифференциальная кривая электрохимического окисления настойки из ежевики ультразвуковой.

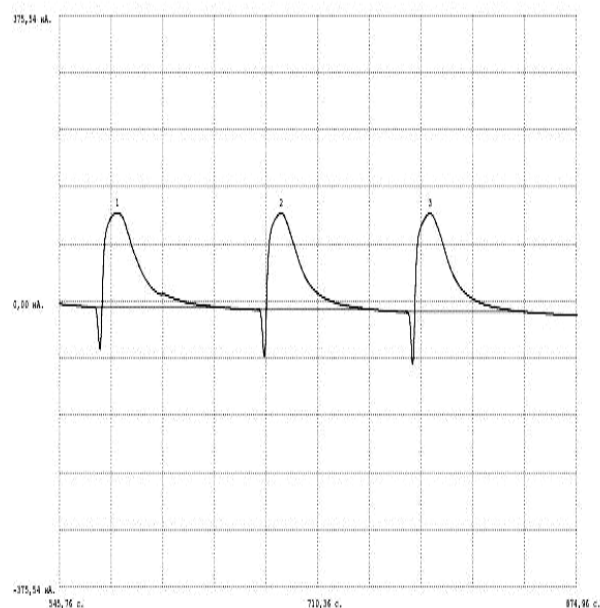


Рисунок 7. Дифференциальная кривая электрохимического окисления настойки из клюквы традиционной

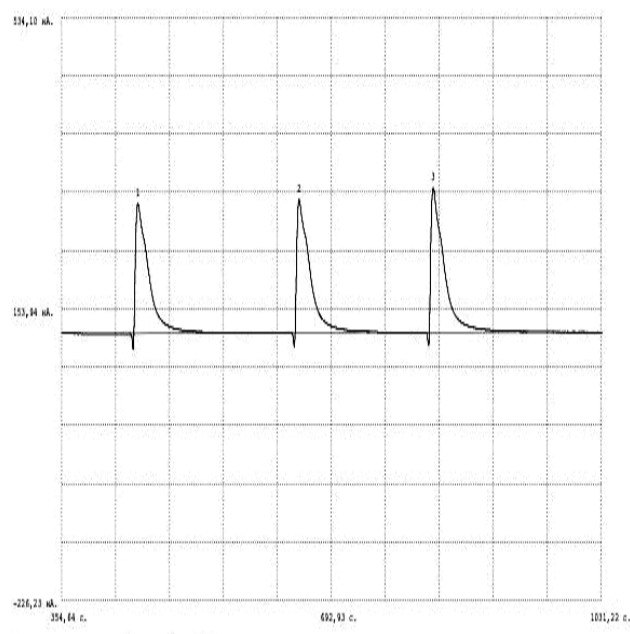


Рисунок 8. Дифференциальная кривая электрохимического окисления настойки из клюквы ультразвуковой

Расчет суммарной антиоксидантной активности (СА, мг/дм<sup>3</sup>) исследуемого образца проводили по формуле:

$$CA = CA_{гр} \cdot N; \quad (1)$$

где СА<sub>гр</sub> - величина антиоксидантной активности кверцетина по калибровочному графику, мг/дм<sup>3</sup>; N - разбавление анализируемого образца.

Результаты анализа значений антиоксидантной активности настоек приведены в (таблица 2).

Т а б л и ц а 2

Значение антиоксидантной активности исследуемых настоек

| Наименование настойки                      | Значение АОА, мг/дм <sup>3</sup> |
|--------------------------------------------|----------------------------------|
| Настойка из ежевики (ультразвуковой метод) | 10,3                             |
| Настойка из ежевики (традиционный метод)   | 6,1                              |
| Настойка из клюквы (ультразвуковой метод)  | 9,92                             |
| Настойка из клюквы (традиционный метод)    | 5,76                             |

Из графиков (рисунки 9, 10, 11, 12) следует, что антиоксидантная активность настоек, приготовленных ультразвуковым методом увеличивается в 2 раза по сравнению с настояками, приготовленными традиционно, при значительном сокращении длительности процесса экстрагирования.

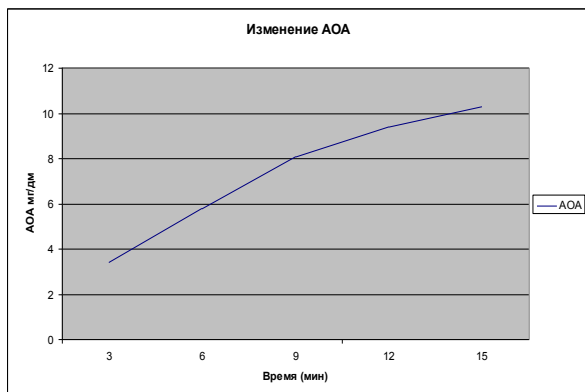


Рисунок 9. Изменение антиоксидантной активности настойки из ежевики ультразвуковой

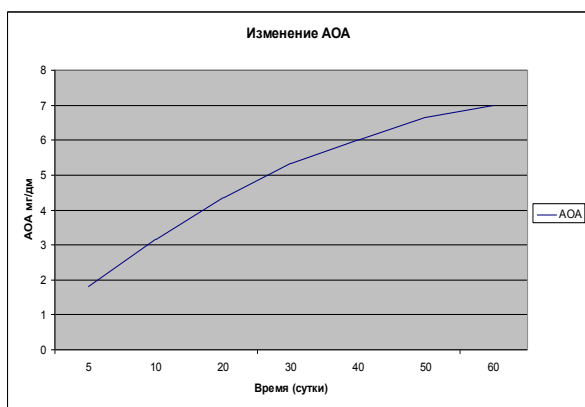


Рисунок 10. Изменение антиоксидантной активности настойки из ежевики традиционной

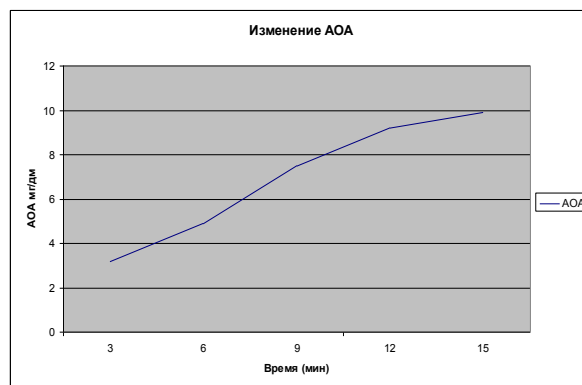


Рисунок 11. Изменение антиоксидантной активности настойки из клюквы ультразвуковой

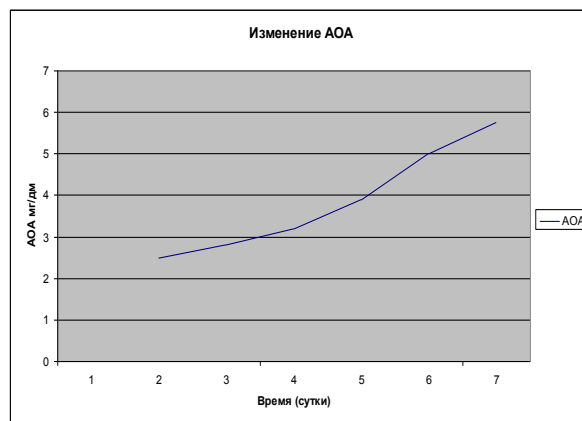


Рисунок 12. Изменение антиоксидантной активности настойки из клюквы традиционной

Это доказывает, что применение ультразвука – один из наиболее перспективных методов интенсификации экстрагирования растительного сырья. Ультразвуковой способ экстрагирования позволяет значительно сократить длительность процесса и обеспечить более полное извлечение веществ. При воздействии ультразвуковых волн нарушается пограничный диффузионный слой, улучшается проникновение экстрагента в материал. В результате сырьё набухает гораздо быстрее, возникают турбулентные и вихревые потоки, способствующие переносу масс, растворению веществ. Происходит интенсивное перемешивание содержимого даже внутри клетки (чего невозможно достичь другими способами экстрагирования). Всё это приводит к значительному ускорению процесса перехода действующих веществ из сырья в экстрагент и получение продукта с антиоксидантной активностью, превышающей в 2 раза традиционный продукт.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Донченко Г.В., Кричковская Л.В., Чернышов С.И., Никитченко Ю.В. и др. Природные антиоксиданты (биотехнологические, биологические и медицинские аспекты): монография. Харьков: «Модель Вселенной», 2011.
- 2 Макарова Н.В. Современные аспекты научных исследований антиоксидантных свойств цитрусовых фруктов, ягод и косточковых плодов: монография. Самара: Самар, гос. техн. ун-т, 2013.
- 3 Скурихин И.М. Химический состав пищевых продуктов. М.: Агропромиздат, 1987.
- 4 Оуэн С. Источник силы. СПб: Амфора, 2012. С. 16, 41.
- 5 Мануовская М.В., Серченя М.В. Использование современных технологий в приготовлении настоек // Экономика. Инновации. Управление качеством. 2015. №2. 130-133.
- 6 Многофункциональные ультразвуковые аппараты и их применение в условиях малых производств, сельском и домашнем хозяйстве. Барнаул: АлтГТУ, 1997.
- 7 Яшин А.Я., Яшин Я.И. Применение жидкостных хроматографов «ЦветЯуза» с электрохимическими детекторами в медицине, экологии и для контроля пищевых продуктов // Приборы. 2009.
- 8 Неповинных Н.В., Птичкина Н.М. Исследование физико-химических свойств замороженных десертов специального назначения // Вестник Международной академии холода. 2015. №2. С. 28-31.

REFERENCES

- 1 Donchenko G.V., Krachkovskaya L.V., Chernyshov S.I., Nikitchenko Yu.V. et al. Prirodnye antioksidanty [Natural antioxidants (biotechnological, biological and medical aspects): monograph]. Khar'kov, Model' vselennoi, 2011. (In Russ.).
- 2 Makarova N.V. Sovremennye aspekty nauchnykh issledovaniy antioksidantnykh svoistv [Modern aspects of research of antioxidant properties of citrus fruits, berries and stone fruit: monograph]. Samara, SSTU, 2013. (In Russ.).
- 3 Skurikhin I.M. Khimicheskii sostav pishchevykh produktov [Chemical composition of food products]. Moscow, Agropromizdat, 1987. (In Russ.).
- 4 Source of power/ Sarah Owen; [Text] - SPb: mphora. Tempora, 2012-P. 16, 41. (In Russ.).
- 5 Manuovskaya M.V., Serechenya M.V. Use of modern technology in the preparation of tinctures. Ekonomika. Innovatsii. Upravlenie kachestvom. [Economics. Innovation. Quality management], 2015, no. 2, pp. 130-133. (In Russ.).
- 6 Mnogofunktsional'nye ul'trazvukovye apparaty i ikh primeneniye v usloviyakh malykh proizvodstv [Multifunctional ultrasonic devices and their application in small production, agriculture and at home]. Barnaul, AltGTU, 1997. (In Russ.).
- 7 Yashin A. Ya., Yashin Ya. I. the Use of liquid chromatographs "Tsvetyauza" electrochemical detectors in medicine, ecology and control of food products. Pribory. [Devices], 2009. (In Russ.).
- 8 Nepovinnykh N.V., Ptichkina N.M. Physicochemical properties of frozen desserts for special purposes. Vestnik Mezhdunarodnoi Akademii Kholoda. [Bulletin of the International Academy of Refrigeration.], 2015, no. 2, pp. 28-31. (In Russ.).