

УДК 664

## Химический состав и антиоксидантная активность хмелепродуктов

Канд. техн. наук А. А. ДЕРКАНОСОВА<sup>1</sup>, А. А. ОРИНИЧЕВА<sup>2</sup>,  
канд. техн. наук А. С. МУРАВЬЕВ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>aa-derk@yandex.ru, <sup>2</sup>StaisyN@rambler.ru, <sup>3</sup>79204104299@yandex.ru

Воронежский государственный университет инженерных технологий  
394036, г. Воронеж, пр. Революции, 19

*Представлены результаты исследований химического состава и антиоксидантной активности хмелепродуктов. Основным материалом исследования служили, произведенные в странах Европы, сорта гранулированного хмеля «Saaz», «Spalter», «Magnum», «Perle» и водные экстракты соплодий и листьев хмеля сорта «Обыкновенный», выращенного в России. Проведены измерения ряда параметров исследуемых образцов: влажности экспресс-методом на влагомере FD-610, количественное содержание  $\alpha$ -кислот методом кондуктометрии, содержание общих фенолов на анализаторе жидкости «Флюорат-02», содержание смол, антиоксидантная активность на анализаторе ЦветЯуза-01-АА. По качественному химическому составу образцы идентичны. Различие наблюдается в количественном содержании исследуемых химических соединений. Наименьшее количество ценных веществ содержится в листьях хмеля. Значения антиоксидантной активности водных экстрактов из соплодий хмеля «Обыкновенного» — 3,9 мг/г, из листьев хмеля «Обыкновенного» — 2,5 мг/г, из гранул хмеля «Saaz» — 6,5 мг/г, из гранул хмеля «Perle» — 5,5 мг/г, из гранул хмеля «Spalter» — 7,1 мг/г, из гранул хмеля «Magnum» — 5,3 мг/г. Полученные показатели антиоксидантной активности в образцах экстрактов хмелепродуктов позволяют рассматривать все исследуемые образцы как рецептурные компоненты для расширения сырьевой базы в производстве продуктов функционального назначения.*

**Ключевые слова:** антиоксидантная активность, хмель, листья.

### Информация о статье

Поступила в редакцию 03.10.2016, принята к печати 24.10.2016

doi: 10.21047/1606-4313-2016-15-4-19-22

### Ссылка для цитирования

Дерканосова А. А., Ориничева А. А., Муравьев А. С. Химический состав и антиоксидантная активность хмелепродуктов // Вестник Международной академии холода. 2016. № 4. С. 19–22.

## Chemical composition and antioxidant activity of hop products

Ph. D. A. A. DERKANOSOVA, A. A. ORINICHEVA, Ph. D. A. S. MURAVYEV

Voronezh state university of engineering technologies  
394036, Russia, Voronezh, avenue Revolyutsii, 19

*Chemical composition and antioxidant activity of hop products are investigated. Four varieties of the granulated hop made in European countries (Saaz, Spalter, Magnum, Perle) and Obyknovenny whole hop made in Russia (water extracts of its fruits and leaves) are the main material of the research. The humidity of samples is measured by express method with the use of FD-610 hydrometer, quantitative content of  $\alpha$ -acids — by a conductometry method, content of general phenols — by Flyuorat-02 analyzer for liquids, the content of pitches and antioxidant activity — by Tsvet-Yauza-01-AA analyzer. In terms of the chemical composition quality the samples are identical. Distinction is observed in quantitative content of the chemical compounds being analyzed. The smallest amount of valuable substances is contained in hop leaves. The value of antioxidant activity for the water extracts from the fruits of Obyknovenny hop is 3.9 mg/g, from the leaves of Obyknovenny hop — 2.5 mg/g, from the granules of Saaz hop — 6.5 mg/g, from the granules of Perle hop — 5.5 mg/g, from the granules of Spalter hop — 7.1 mg/g, from the granules of Magnum hop — 5.3 mg/g. The received indicators of antioxidant activity in samples of hop product extracts allow considering all analyzed samples as the components for formulas to expand raw materials range for functional products.*

**Keywords:** antioxidant activity, hop, leaves.

Хмель — лекарственное растение, обладающее противовоспалительным, болеутоляющим и антиаллергическим действием. Шишки хмеля содержат эфирное масло, горькие  $\alpha$ - и  $\beta$ -кислоты, фенольные соединения (флавоно-

ды, катехины), витамины группы В и токоферолы. В совокупности активные вещества хмеля оказывают на человека успокаивающее действие, улучшают пищеварение, а также обладают бактерицидным эффектом [1, 2].

В литературных источниках представлена информация об антибактериальных и противовирусных свойствах хмелепродуктов. Существуют методики химио-профилактики раковых заболеваний с применением хмеля.

Природные антиоксиданты являются ценными рецептурными компонентами из-за высокой пищевой и терапевтической эффективности.

Настоящее исследование направлено на изучение листьев хмеля обыкновенного, который является отходом производства солодового хмеля. Направление исследования актуально и перспективно, поскольку антиоксиданты относятся к классу биологически активных веществ, которые связывают излишние свободные радикалы, препятствуют ускоренному окислению липидов и образованию нежелательных продуктов окисления.

Определению антиоксидантной активности (АОА) хмеля посвящен ряд работ отечественных и зарубежных ученых [3–6], их критический анализ показывает, что в них недостаточно широко освещен вопрос определения химического состава и применения листьев хмеля — вторичного продукта при выработке гранулированного хмеля с точки зрения источника антиоксидантных веществ.

Целью работы являлось исследование качественного и количественного химического состава хмелепродуктов; оценка значений АОА образцов хмеля и хмелепродуктов; изучение возможности использования хмелепродуктов для обогащения биологически активными веществами пищевые продукты.

## Материалы и методы

В качестве объектов исследований были выбраны четыре сорта гранулированного хмеля произведенных в странах Европы («Saaz», «Spalter», «Magnum», «Perle») и шишковый хмель «Обыкновенный» произведенный в России (водные экстракты соплодий и листьев хмеля «Обыкновенный»).

Измерение влажности образцов проводилось экспресс-методом на влагомере FD-610.

Количественное определение  $\alpha$ -кислоты проводилось методом кондуктометрии по рекомендациям, согласно ГОСТ 21948–76.

Общие фенолы определяли на анализаторе жидкости «Флюорат-02». Флуориметрический метод измерения массовой концентрации фенолов основан на извлечении фенолов из водного раствора бутилацетатом, реэкстракции их в водный раствор гидроксида натрия и измерении их содержания по интенсивности флуоресценции фено-

лов после подкисления реэкстракта. В процессе измерения происходит возбуждение флуоресценции фенолов, ее регистрация и автоматическое вычисление массовой концентрации фенола при помощи градуировочной характеристики, заложенной в памяти анализатора.

Пробы для исследования антиоксидантной активности хмелепродуктов готовили следующим образом: измельченные листья, соплодия, гранулы хмеля отдельно помещали в конические колбы, заранее нагретые на водяной бане, затем добавляли воду комнатной температуры, количество определяли с учетом коэффициента водопоглощения образцов, закрывали крышкой колбы и выдерживали на кипящей водяной бане в течение 15 мин. Затем конические колбы выдерживали при комнатной температуре в течение 45 мин, после чего полученные экстракты фильтровали. Соотношение сырья и воды при изготовлении экстрактов составляло 1:10 [7, 12].

Для определения АОА экстрактов соплодий и листьев, гранул хмеля был использован анализатор ЦветЯуза-01-АА, который позволяет проводить прямые количественные измерения АОА исследуемых проб. В ячейке детектора на поверхности рабочего электрода происходит электрохимическое окисление молекул исследуемого вещества, что способствует возрастанию электрического тока между двумя электродами. При определении АОА цифровой сигнал регистрируется на дисплее компьютера в виде дифференциальных выходных кривых [8]. С помощью специального программного обеспечения автоматически производится расчет площадей пиков анализируемых веществ.

Калибровочный график кверцетина приведен на рис. 1 [9–11].

После приготовления образцов растворов анализируемых объектов, проводили по пять последовательных измерений сигналов (площади выходной кривой) исследуемых растворов. За результат принимали среднее арифметическое значение из 5 измерений (СКО не превышало 5%).

## Результаты и обсуждение

В ходе исследования был изучен химический состав четырех коммерческих сортов гранулированного хмеля производства стран Европы [13–15] и отечественного шишкового хмеля (в соплодиях и листьях), данные сведены в табл. 1.

По качественному химическому составу образцы идентичны. Различие наблюдается в количественном содержании исследуемых химических соединений. Наименьшее количество ценных веществ содержится в листьях хмеля.

Таблица 1

Химический состав хмеля и хмелепродуктов

Химический состав	Сорта хмеля					
	Saaz	Perle	Spalter	Magnum	Обыкновенный	
					Соплодия	Листья
Влажность, %	7,0 ± 0,3	7,1 ± 0,3	8,2 ± 0,3	7,9 ± 0,3	10,1 ± 0,3	8,2 ± 0,3
Смолы, %	16,31 ± 0,01	16,02 ± 0,01	18,37 ± 0,01	31,41 ± 0,01	15,1 ± 0,01	6,9 ± 0,01
$\alpha$ -кислоты, %	3,55 ± 0,27	2,59 ± 0,27	5,45 ± 0,27	14,10 ± 0,27	9,15 ± 0,27	—
Общее содержание фенолов	182,7 ± 6,5	137,5 ± 2,8	190,8 ± 4,6	127,0 ± 5,3	95,7 ± 2,2	87,2 ± 3,7

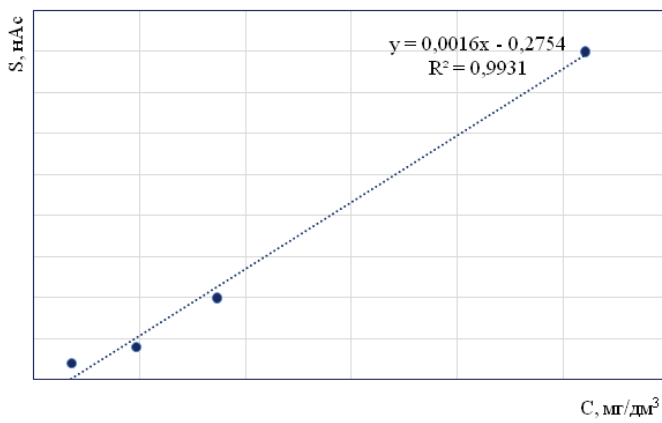


Рис. 1 Калибровочный график

Таблица 2

**Значения антиоксидантной активности**

Наименование экстракта	Значение АОА, мг/г
из соплодий хмеля «Обыкновенного»	3,9±0,2
из листьев хмеля «Обыкновенного»	2,5±0,2
из гранул хмеля «Saaz»	6,5±0,2
из гранул хмеля «Perle»	5,5±0,2
из гранул хмеля «Spalter»	7,1±0,2
из гранул хмеля «Magnum»	5,3±0,2

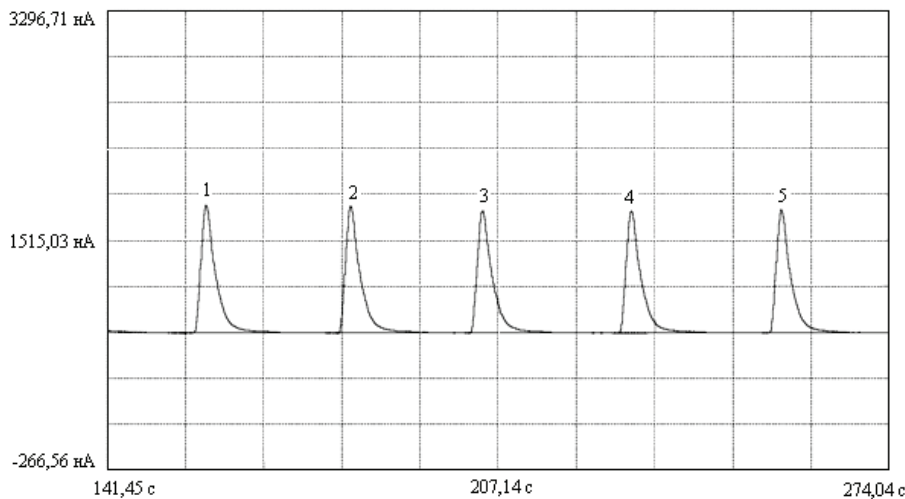


Рис. 2. Хроматограмма экстракта листьев хмеля

Получены статистически сходимые результаты определения АОА в ряде опытов ( $p < 0,05$ ) (табл. 2).

Сравнение значений АОА (табл. 2) позволяет выявить очевидную зависимость — наиболее высокие значения наблюдались у сортов хмеля европейского производства.

В качестве визуализации процесса анализа пиков прибором ЦветЯуза-01-АА на рис. 2 представлена запись хроматограммы для одного из исследуемых образцов экстракта листьев хмеля, как определяющего компонента в данном исследовании.

В соответствии с целью работы отметим, что полученные показатели АОА в образцах экстрактов хмелепродуктов позволяют дать критическую оценку и показать состоятельность рассматриваемых образцов листьев хмеля как рецептурных компонентов для расширения сырьевой базы в производстве продуктов функционального назначения [16].

**Заключение**

В результате исследования и анализа полученных данных видно, что экстракты листьев хмеля обладали значениями АОА, достаточной для их дальнейшего использования как источника активных веществ.

Выбор данного направления исследований обусловлен поиском сырья для пищевого производства, содержащего биологически активные вещества, влияющие на физиологические возможности человека. По качественному химическому составу изученные образцы идентичны. Различие наблюдается в количественном соотношении исследуемых компонентов.

В связи с недостаточным и нерациональным использованием отходов перерабатывающих предприятий, особое внимание следует уделить разработке и созданию экологически безопасных, натуральных, конкурентоспособных, доступных биологически активных компонентов пищевых продуктов.

Разработка технологий производства пищевых продуктов с внесением листьев хмеля представляет наибольший интерес с точки зрения экономической эффективности и для решения проблем комплексной переработки отходов перерабатывающих производств.

**Литература (References)**

1. Srečec S., Zechner-Krpan V., Petravić-Tominac V., Košir I. J., Čerenak A., Importance of Medical Effects of Xanthohumol, Hop (*Humulus Lupulus L.*) Bioflavonoid in Restructuring of

- World Hop Industry. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 2012. Vol. 20. No 2. P. 61–67.
2. Olšovska J., Cermak P., Bostikova V., Bostik P., Dusek M., Mikyska A., Jandovska V., Bogdanova K., Kolar M., *Humulus lupulus* L. (Hops) — a valuable source of compounds with bioactive effects for future therapies. *Mil. Med. Sci. Lett. (Voj. Zdrav. Listy)*. 2016. Vol. 85. No 1. P. 19–30.
  3. Wang X., Yang L., Yang X., Tian Y., In vitro and in vivo antioxidant and antimutagenic activities of polyphenols extracted from hops (*Humulus lupulus* L.). *Journal of the science of food and agriculture*. 2014. Vol. 94. No 8. P. 1693–1700.
  4. Paunović D. Đ., Mitić S. S., Stojanović G. S., Mitić M. N., Stojanović B. T., Stojković M. B., Kinetics of the Solid-Liquid Extraction Process of Phenolic Antioxidants and Antioxidant Capacity from Hop (*Humulus lupulus* L.). *Separation Science and Technology*. 2015. Vol. 50. No 11. P. 1658–1664.
  5. Плиева А. Ф., Кусова Р. Д. Исследования компонентного состава свободных аминокислот в соплодиях хмеля обыкновенного // Успехи современного естествознания. 2011. № 8. С. 228. [Plieva, A. F., Kusova, R. D., Study of component composition of free amino acids in stems hop ordinary. *Uspehi sovremenogo estestvoznaniya* [The success of modern science]. 2011. No 8. p. 228. (in Russian)]
  6. Сорокина А. А., Рудакова И. П., Самылина И. А. Разработка проекта общей фармакопейной статьи «Настои» // Фармация. 2010. № 4. С. 3–6. [Sorokina A. A., Rudakov I. P., Samylin I. A. soplodiyasorokina. Development of the draft of the general pharmacopoeyn article «Infusions». *Pharmacy*. 2010. No. 4. pp. 3–6. (in Russian)]
  7. Магомедов Г. О., Шахов С. В., Магомедов М. Г., Саранов И. А. Исследование гигроскопических свойств порошкообразных полуфабрикатов концентрата квасного сула, солодового экстракта ячменя и экстракта цикория. // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2015. № 4. С.17–21. DOI:10.20914/2310-1202-2015-4-17-21 [Magomedov G. O., Shahov S. V., Magomedov M. G., Saranov I. A. Investigation of hygroscopic properties of powder of semifinished kvass wort concentrate, malt extract of barley and chicory extract. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2015; (4):17–21. (In Russian)]
  8. Яшин А. Я., Яшин Я. И. Применение жидкостных хроматографов «ЦветЯуза» с электрохимическими детекторами в медицине, экологии и для контроля пищевых продуктов // Приборы. 2009. № 9. [Yashin A. Ya., Yashin Ya. I., Use of liquid Tsvetyauza chromatographs with electrochemical detectors in medicine, ecology and for control of foodstuff. *Pribory*. 2009. No 9. (in Russian)]
  9. Латыпова Г. М., Аюпова Г. В., Бубенчикова В. Н., Галимова Д. Ф., Батырова Е. Д., Шафикова С. Ф. Исследования по содержанию горьких кислот сырья хмеля обыкновенного // Научные ведомости БелГУ. Серия: Медицина. Фармация. 2012. № 10. С. 65–69. [Latypova, G. M., Ayupova, G. V., Bubenchikova, V. N., Galimova, D. F., Baty'rova, E. D., Shafikova, S. F., Studies on the content of bitter acids of hops ordinary raw materials. *Nauchny'e vedomosti BelGU* [Scientific sheets of BelSU]. 2012. No 10. pp. 65–69. (in Russian)]
  10. Федина П. А., Яшин А. Я., Черноусова Н. И. Определение антиоксидантов в продуктах растительного происхождения амперометрическим методом // Химия растительного сырья. 2010. № 2. С. 91–97. [Fedina, P. A., Yashin, A. Ya., Chernousova, N. I. Determination of antioxidants in foods of plant origin amperometric method. *Himiya rastitel'nogo sy'r'ya* [Chemistry of vegetable raw materials]. 2010. No 2. pp. 91–97. (in Russian)]
  11. Латыпова Г. М., Шафикова С. Ф., Галимова Д. Ф. Сравнительный анализ качественного состава полифенольных соединений листьев и соплодий хмеля обыкновенного. // Традиционная медицина. 2011. № 5 (28). С. 243–248. [Latypova G. M., Shafikov S. F., Galimov D. F. Relative analysis of qualitative structure of polyphenolic connections of leaves and soplodiya of hop ordinary. *Tradicionnaja medicina* [Traditional medicine]. 2011. No. 5 (28). pp. 243–248. (in Russian)]
  12. ГОСТ 21948–76. Хмель-сырец и хмель прессованный. Методы испытаний. [GOST 21948–76. The hop raw and hop pressed. Test methods. (in Russian)]
  13. Mudura E., Tofana M., Paucean A., Socaci S. The evaluation of antioxidant capacity of Romanian hops. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*. 2010. No 16 (2). P. 262–264.
  14. Gorjanovic S., F. T. Pastor, Vasic R., Novakovic M., Simonovic M., Milic S., Suznjevic D. Electrochemical versus Spectrophotometric Assessment of Antioxidant Activity of Hop (*Humulus lupulus* L.) Products and Individual Compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2013. No 61. P. 9089–9096.
  15. Abram V., Ceh B., Vidmar M. ets. A comparison of antioxidant and antimicrobial activity between hop leaves and hop cones. *Industrial crops and products*. 2015. No 64. P. 124–134.
  16. Родионова Н. С., Белокурова Е. В., Северчук А. А. Изучение возможностей использования хмелевого экстракта в технологии тестовых заготовок для пиццы // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2012. № 1. С. 96–97. [Rodionova N. S., Belokurov E. V., Severchuk A. A., Studying of opportunities of use of hop extract in technology of test procurements for pizza, *Vestnik of Voronezh State University of engineering technologies*. 2012. No. 1, pp. 96–97. (in Russian)]