

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ TECHNOLOGY OF THE FOODSTUFF

УДК 544.773.432:547.485.5
ГРНТИ 65

Горбунова Н.В., аспирант;
Евтеев А. В., аспирант;
Банникова А.В., канд.техн.наук,
Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова,
г. Саратов, Саратовская область, Россия;
E-mail: gelladriel@gmail.com;
Решетник Е.И., д-р техн. наук, профессор,
Дальневосточный государственный аграрный университет,
г. Благовещенск, Амурская область, Россия
E-mail: soia-28@yandex.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОДУКТОВ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТЕНИЕВОДСТВА В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКОВ ПОЛУЧЕНИЯ АНТИОКСИДАНТОВ

В современных пищевых продуктах все чаще используются красители природного происхождения, тем не менее, многие природные пигменты обладают ярко выраженной антиоксидантной активностью, и могут применяться не только как краситель, но и как функциональный ингредиент в витаминно-минеральных премиксах. Одним из таких природных компонентов являются беталаины, которые можно эффективно извлекать из надземной части овощей рода амарантовых. Целью настоящей научной работы стало изучение полноты извлечения экстракта из растительного сырья путем применения различных методов экстракции, включая ультразвуковой, в совокупности с использованием 4 различных видов экстрагентов. При этом оценивалась антиоксидантная активность полученных экстрактов при различных методах экстракции и применении экстрагентов. Также в рамках данного исследования была изучена полнота экстракции и количество извлеченных антоцианов из образцов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ОТНОСИТЕЛЬНАЯ АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ, ЭКСТРАКТ, УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ЭКСТРАКЦИЯ, ВТОРИЧНАЯ ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ

UDC 544.773.432:547.485.5

Gorbunova N.V, postgraduate;
Evtsev A.V., postgraduate;
Bannikova A.V., Cand. Tech. Sci., Associate Professor;
Saratov State Agrarian University;
Saratov, Saratov region, Russia;
Reshetnik E.I., Dr Tech.Sci., Professor,
Far Eastern State Agrarian University,
Blagoveshchensk, Amur region, Russia
E-mail: soia-28@yandex.ru

PROSPECTS OF USING COMPLEX PROCESSING PRODUCTS OF CROP PRODUCTION AS SOURCES OF OBTAINING ANTIOXIDANTS

In modern food, dyes of natural origin are increasingly used, however, many natural pigments have a pronounced antioxidant activity, and can be used not only as a dye, but also as a functional ingredient in vitamin-mineral premixes. One of such natural components is betalain,

*which can be effectively extracted from the aboveground part of vegetables of the genus *Amaranth*, by using ultrasonic extraction. The purpose of this scientific work was to study the completeness of extract extraction from plant raw materials by applying various extraction methods in combination with the use of 4 different types of extractants. At the same time, such a factor as the relative antioxidant activity was evaluated, which, as it turned out, was influenced, among other things, by the extraction method. Also within the framework of this study, the completeness of extraction of anthocyanins from the samples was studied.*

KEY WORDS: RELATIVE ANTIOXIDANT ACTIVITY, EXTRACT, ULTRASONIC EXTRACTION, SECONDARY RECYCLING OF AGRICULTURAL RAW MATERIALS

Одним из самых важных показателей качества пищевых продуктов является их цвет. Однако известно, что при воздействии различных внешних факторов многие пищевые продукты меняют свой цвет и становятся менее привлекательными для потребителя. В этой связи возникает необходимость использования красителей в производстве пищевых продуктов. Несмотря на то, что натуральные красители менее стабильны, чем синтетические, и являются более дорогими, производители все чаще избегают применения синтетических красителей и используют в рецептурах натуральные пигменты, считая их безвредными для здоровья. Природа производит различные соединения, которыми можно окрашивать пищевые продукты, такие как водорастворимые антоцианы, беталаины, карминовая кислота, каротиноиды и хлорофиллы [2].

Наиболее широко были изучены такие пигменты, как каротиноиды, чьи антиоксидантные свойства были широко изучены и научно обоснованы. Беталаины представлены в природе не так широко и практически не были исследованы в качестве биологически активных соединений, тем не менее, в некоторых исследованиях они показали свой потенциал как пигменты, обладающие высокой антиоксидантной активностью [3, 4].

В настоящее время все большее внимание уделяется такому понятию, как окислительный стресс, способствующего развитию ряда дегенеративных заболеваний, таких как злокачественные образования и болезни сердца. Вместе с тем антиоксидантные молекулы обладают потенциалом к снижению воздействия негативного

фактора [6, 8, 9]. Ряд научных работ показал, что беталаины, полученные из сахарной свеклы, являются мощными антиоксидантами и входят в десятку веществ, обладающих наивысшей антирадикальной и антиоксидантной активностью [5, 7, 9, 10].

Таким образом, целью настоящей работы является подбор способов получения экстрактов, содержащих значительное количество беталаинов и антоцианов, из продуктов комплексной переработки растительного сырья и изучение их антиоксидантной активности.

Объекты и методы исследования

Для проведения исследований использовали свекольную ботву, полученную из свеклы *Beta vulgaris* L. сорта Цилиндра. В качестве экстрагентов использовали 70%-й спирт, дистиллированную воду, 2%-ную муравьиную кислоту, гидроксид натрия

Спиртовая экстракция: Аналитическая проба. 0,5 г измельченного сырья помещали в колбу, прибавляли 50 мл 70% этилового спирта, настаивали 15 мин. Экстрагировали центрифугированием при 40 000 об./мин. – 60 мин, выпаривали под вакуумом при 40 °С.

Экстракция водой: Аналитическая проба. 0,5 г измельченного сырья помещали в колбу, прибавляли 50 мл дистиллированной воды, настаивали 15 мин. Экстрагировали центрифугированием при 40 000 об./мин. – 60 мин, выпаривали под вакуумом при 40 °С.

Щелочная экстракция: Аналитическая проба. 0,5 г измельченного сырья помещали в колбу, прибавляли 50 мл раствора гидроксида натрия с рН=10, настаивали

вали 15 мин. Экстрагировали центрифугированием при 40 000 об./мин. – 60 мин, выпаривали под вакуумом при 40 °С. Далее проводили вакуумную сушку.

Экстракция муравьиной кислоты: Аналитическая проба. 0,5 г измельченного сырья помещали в колбу, прибавляли 50 мл 2-% муравьиной кислоты, настаивали 15 мин. Экстрагировали центрифугированием при 40 000 об./мин. – 60 мин, выпаривали под вакуумом при 40 °С.

Для сравнения вместо центрифугирования также проводили экстракцию с применением ультразвука при 35 кГц, 450 Вт 60 мин. В заключение проводили вакуумную сушку.

Выход сухого вещества определяли после высушивания путем взвешивания сухого остатка.

Определение антоцианов: раствор А: 0.025 М КС1, рН 1.0. Навеску КС1 массой 0.465 г растворяли в 240 мл дистиллиро-

ванной воды в химическом стакане. Доводили значение рН до 1.0 раствором концентрированной соляной кислоты. Переносили полученный раствор в мерную колбу вместимостью 250 мл и доводили до метки дистиллированной водой с последующим контролем рН.

Раствор Б: 0.4 М CH_3COONa , рН 4.5. Навеску $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ массой 13.6 г растворяли в 240 мл дистиллированной воды в химическом стакане. Доводили рН до 4,5 раствором концентрированной соляной кислоты. Переносили полученный раствор в мерную колбу вместимостью 250 мл и доводили до метки дистиллированной водой, повторно контролируя рН. Аликвотные объемы анализируемого экстракта V_a и доводили до метки растворами А или Б.

Концентрацию антоцианов (моль/л) рассчитывали по формуле:

$$c = n * \frac{[A_{\max}(pH = 1) - A_{700}(pH = 1)] - [A_{\max}(pH = 4,5) - A_{700}(pH = 4,5)]}{(\epsilon_{st} * l)}$$

где $A_{\max}(pH=1)$, $A_{700}(pH=1)$, $A_{\max}(pH=4,5)$, $A_{700}(pH=4,5)$ – оптическая плотность растворов в максимуме абсорбции для образцов с рН=1 и рН=4,5, соответственно; n – степень разбавления исходного раствора; ϵ_{st} – коэффициент экстинкции, 26900 л*моль⁻¹*см⁻¹ в случае пересчета на цианидин-3-глюкозида хлорид; l – длина оптического пути, см.

Содержание антоцианов в растительном сырье выражали в г/100 исходного материала:

$$m = c * \frac{100}{m} * M,$$

где $M=484,8$ г/моль – молярная масса хлорида цианидин-3-глюкозида; m – масса навески источника антоцианов, г.

Антиоксидантную активность определяли на кулометре «Эксперт – 006-антиоксиданты», разработанного и серийно выпускаемого НПК ООО «Эконикс-Эксперт», г. Москва, №23192-02 в Госреестре СИ РФ. Принцип работы анализатора основан на использовании закона Фарадея, согласно которому масса анализируемого вещества определяется количеством электричества, израсходованного на проведение реакции. Анализатор регистрирует время электролиза и рассчитывает, согласно закону Фарадея, количество определяемого вещества n , содержащегося во

введенной в кулометрическую ячейку пробе. Величина n прямо пропорционально количеству электричества Q , проходящего через электролит [1]:

$$n = \frac{M * Q}{z * F} = \frac{M * \int I dt}{z * F},$$

где: M – молекулярная масса определяемого вещества; I – сила тока, А; t – время электролиза, с; z – количество электронов, переходящих в ходе электрохимической реакции; F – константа Фарадея (96485,3415 ± 0,0039), Кл/моль.

Результаты исследований и их обсуждение. Экстракция представляет собой процесс, позволяющий выделять растворимые вещества из нерастворимых в целом материалов. Процесс экстракции заключается в том, что растительное сырье обрабатывают экстрагентом, в который и переходят из растительного сырья извлекаемые вещества. Несмотря на разнообразие методов выделения экстракции, каждый из них

обладает своими достоинствами и недостатками. Традиционные методы экстракции (перколяция и мацерация) являются очень длительными и трудоемкими. Одним из перспективных методов является использование метода ультразвуковой экстракции. Преимуществами ультразвуковой экстракции по сравнению с другими способами являются минимальное применение ручного труда; сокращение времени технологического процесса; удаление вредных примесей; увеличение выхода экстрактивных веществ. Высокая эффективность ультразвуковых воздействий на различные технологические процессы подтверждена многочисленными исследованиями и опытом более чем тридцатилетнего применения на ряде предприятий раз-

личных отраслей промышленности. Однако в литературе недостаточно сведений о применении ультразвука для экстракции антиоксидантов и продуктов комплексной переработки сельскохозяйственного сырья.

Исследования, проведенные с целью выявления наиболее качественного вида экстракции антиоксидантов в рамках настоящего экспериментального протокола, показали, что наилучшим экстрагентом является спирт, выход сухого вещества при его применении увеличивается примерно в 1,5 раза, по сравнению с другими экстрагентами (рис. 1). Вместе с тем следует отметить, что при использовании ультразвукового воздействия выход экстракта увеличился на 40% по сравнению с центрифугированием.

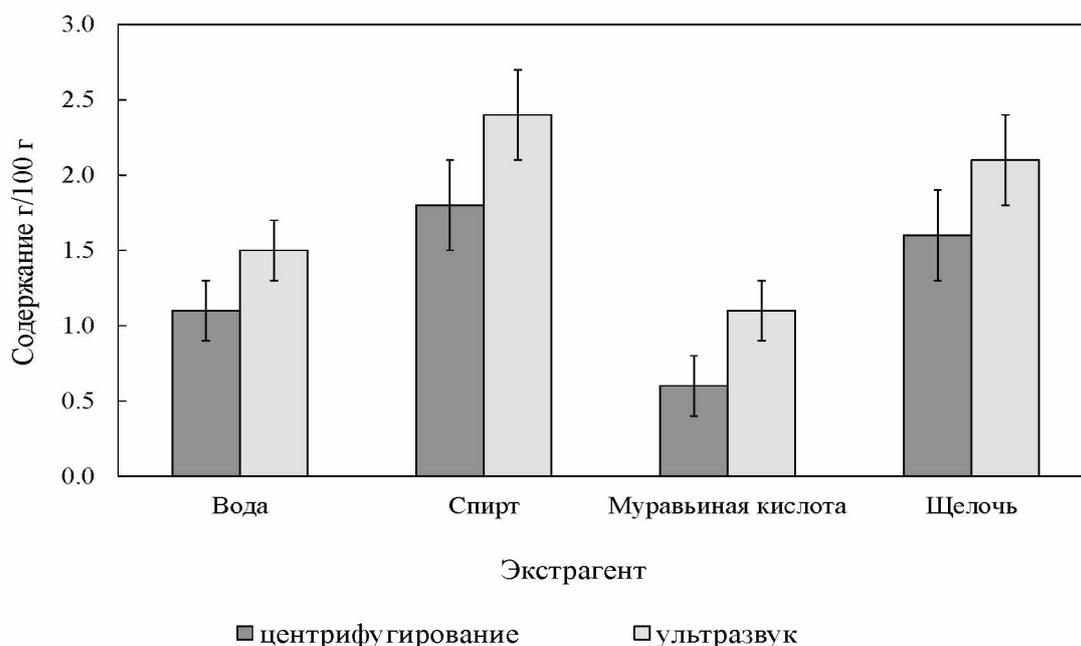


Рис. 1. Полнота экстракции в зависимости от вида экстрагента и способа экстракции

Как показано в таблице 1, экстракция, проведенная с использованием спирта, привела к увеличенной антиоксидантной активности полученных экстрактов, по сравнению с другими видами экстракции. Предположительно такая разница в антиоксидантной активности может объясняться

большой степенью извлечения антиоксидантов из образцов.

На рисунке 2 приведена диаграмма антиоксидантной активности в зависимости от метода экстракции и вида экстрагента относительно принятого нами стандарта аскорбиновой кислоты.

Таблица 1

Значение антиоксидантной активности при использовании различных методов экстракции и экстрагентов

№/№	Наименование	АОА, мг/мл, метод центрифугирования	АОА, мг/мл (г) ультразвуковое воздействие
1.	Вода	0,107	0,219
2.	Спирт	0,274	0,345
3.	Щелочь	0,091	0,287
4.	Муравьиная кислота	0,080	0,144

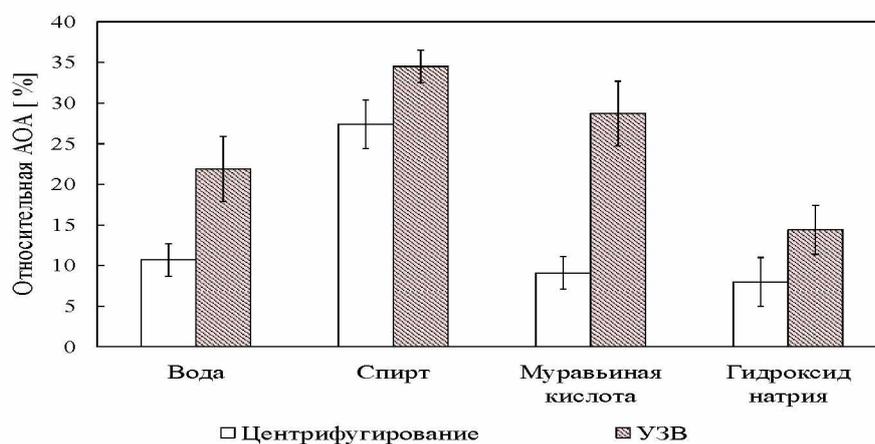


Рис. 2. Сравнительная диаграмма антиоксидантной активности экстрактов относительно условно принятого стандарта аскорбиновой кислоты (1 мг/мл)

Известно, что под действием ультразвуковых колебаний происходит более быстрое и активное разрушение внутриклеточных тканей растительного сырья, что приводит к интенсификации процесса экстракции и дает возможность увеличить содержание биологически активных соединений в растворе. Следовательно, на

следующем этапе исследования была поставлена задача определения суммарного количества антоцианов в полученных экстрактах. Результат изменения интенсивности абсорбции антоцианов в экстрактах в зависимости от вида экстрагента и метода экстракции в максимуме поглощения представлен на рисунке 3.

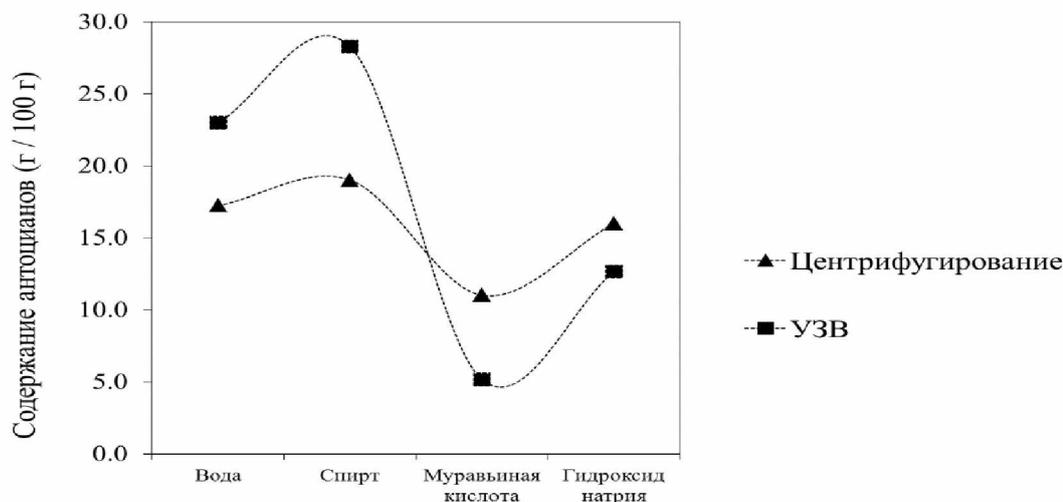


Рис. 3. Содержание антоцианов в полученных экстрактах

Анализируя полученные данные, представляется возможным сделать вывод о том, что использование спирта и воды в совокупности с ультразвуковым воздействием позволяет более полно извлечь антоцианы из растительного сырья. Напротив, использование центрифугирования, щелочной и кислой среды снижают процент экстракции антоцианов из проб. Результаты исследования показывают, что использование ультразвукового воздействия позволит получать экстракты с максимальной биологической ценностью и использовать их для обогащения биологически активными веществами пищевых продуктов, как массового ассортимента, так и специализированных, способствующих повышению статуса питания населения. Кроме этого, применение данных технологий позволит создать технологии комплексной и глубокой переработки растительного сырья с получением функциональных ингредиентов для активно развивающегося сельского хозяйства Российской Федерации.

Выводы. Согласно полученным данным ультразвуковое воздействие в совокупности с использованием спирта в качестве экстрагента является наиболее перспективной технологией экстракции. Все исследованные образцы обладают в той или иной степени антиоксидантной активностью, однако проба, полученная с помощью экстракции на спирту и подвергнутая ультразвуковому воздействию, обладает наиболее ярко выраженной суммарной антиоксидантной активностью (в 1,5 – 2 раза), по сравнению с другими исследуемыми образцами. Таким образом, результаты исследования показывают перспективы применения ультразвукового воздействия с целью наиболее полного извлечения биологически активных веществ для создания продуктов функционального и специализированного назначения, а также освоения новых технологий комплексной и глубокой переработки продукции растениеводства.

Список литературы

1. Хасанов, В. В. Методы исследования антиоксидантов / В. В. Хасанов, Г. Л. Рыжова, Е. В. Мальцева / Химия растительного сырья. – 2004 - № 3. – С. 63–95.
2. Яшин, Я. И. Природные антиоксиданты. Содержание в пищевых продуктах и их влияние на здоровье и старение человека / Я. И. Яшин, В. Ю. Рыжнев, Н. И. Черноусова. – М.: Издательство «ТрансЛит», 2009. – 212 с.
3. Akita, T., Hina, Y. & Nishi, T. Production of betacyanins by a cell suspension culture of table beet (*Beta vulgaris* L.). *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 2000, 64, 1807–1812.
4. Attoe, E.L. & von Elbe, J.H. Photochemical degradation of betanin and selected anthocyanins. *Journal of Food Science*, 1981, 46, 1934–1937.
5. Cai, Y. & Corke, H. Amaranthus betacyanin pigments applied in model food systems. *Journal of Food Science*, 1999, 64, 869–873.
6. Gentile, C., Tesoriere, L., Allegra, M., Livrea, M.A. & D'Alessio, P. Antioxidant betalains from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) inhibit endothelial ICAM-1 expression. *Signal Transduction and Communication in Cancer Cells*, 2004, 1028, 481–486.
7. Kanner, J., Harel, S. & Granit, R. Betalains - a new class of dietary cationized antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2001, 49, 5178–5185.
8. Pedren˜o, M.A. & Escribano, J. Correlation between antiradical activity and stability of betanin from *Beta vulgaris* L. roots under different pH, temperature and light conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2001, 81, 627–631.
9. Wettasinghe, M., Bolling, B., Plhak, L., Xiao, H. & Parkin, K. Phase II enzyme-inducing and antioxidant activities of beetroot (*Beta vulgaris* L.) extracts from phenotypes of different pigmentation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2002, 50, 6704–6707.
10. Wu, L., Hsu, H.W., Chen, Y.C., Chiu, C.C., Lin, Y.I. & Ho, J.A. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. *Food Chemistry*, 2006, 95, 319–327.

Reference

1. Khasanov V. V. Methods of studying antioxidants / Ryzhova GL, Maltseva EV / Chemistry of plant raw materials. - 2004 - No. 3. - P. 63-95.
2. Yashin Ya.I. Natural antioxidants. The content in food products and their influence on human health and aging / Ryzhnev V. Yu., Yashin A. Ya., Chernousova N. I - M.: - 2009 - 212.

3. Akita, T., Hina, Y. & Nishi, T. Production of betacyanins by a cell suspension culture of table beet (*Beta vulgaris* L.). *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 2000, 64, 1807–1812.
4. Attoe, E.L. & von Elbe, J.H. Photochemical degradation of betanine and selected anthocyanins. *Journal of Food Science*, 1981, 46, 1934–1937.
5. Cai, Y. & Corke, H. Amaranthus betacyanin pigments applied in model food systems. *Journal of Food Science*, 1999, 64, 869–873.
6. Gentile, C., Tesoriere, L., Allegra, M., Livrea, M.A. & D'Alessio, P. Antioxidant betalains from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) inhibit endothelial ICAM-1 expression. *Signal Transduction and Communication in Cancer Cells*, 2004, 1028, 481–486.
7. Kanner, J., Harel, S. & Granit, R. Betalains - a new class of dietary cationized antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2001, 49, 5178–5185.
8. Pedren˜o, M.A. & Escribano, J. Correlation between antiradical activity and stability of betanine from *Beta vulgaris* L. roots under different pH, temperature and light conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2001, 81, 627–631.
9. Wettasinghe, M., Bolling, B., Plhak, L., Xiao, H. & Parkin, K. Phase II enzyme-inducing and antioxidant activities of beetroot (*Beta vulgaris* L.) extracts from phenotypes of different pigmentation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2002, 50, 6704–6707.
10. Wu, L., Hsu, H.W., Chen, Y.C., Chiu, C.C., Lin, Y.I. & Ho, J.A. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. *Food Chemistry*, 2006, 95, 319–327.

УДК 663.051.4

ГРНТИ 65.55.37

Кох Ж.А., канд. техн. наук;
ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ,
г. Красноярск, Красноярский край, Россия,
E-mail: jannetta-83@mail.ru

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА ЯГОД *RIBES RUBRUM* В ПОЛУЧЕНИИ КОНЦЕНТРИРОВАННОГО ЭКСТРАКТА

*Возможности широкого применения в народном хозяйстве растительного сырья обусловлены его химическими свойствами. Дикорастущие растения являются основной сырьевой базой для функциональных продуктов питания и биологически активных добавок. Известно, что их плоды и ягоды, по сравнению с культурными, содержат больше биологически активных веществ, многие из которых являются антиоксидантами. На базе уникального химического состава дикоросов возможно создание достаточного ассортимента функциональных продуктов питания и биологически активных добавок, в том числе и специализированного направления. В этой связи перспективным с научной и практической точек зрения являются ягоды красной смородины (*Ribes rubrum*). Известно, что ягоды, листья, цветы *Ribes rubrum* применяются в народной и научной медицине. Ягоды красной смородины - ценный пищевой продукт. Из ягод готовят джем, повидло, варенье, высококачественное желе, начинки, соки, используют как сырье в виноделии. Ягоды *Ribes rubrum* были собраны в Курагинском районе Красноярского края, в августе, в сухую погоду, при полном созревании. Исследование химического состава ягод *Ribes rubrum* проводили по методикам, принятым в биохимии растений. В статье приведены результаты по химическому составу и содержанию биологически активных веществ *Ribes rubrum*. В ягодах *Ribes rubrum* установлено значительное количество витамина С (379,4 мг%), антоцианов (2,98 мг%), органических кислот (3,60 мг%), дубильных веществ (1,64 мг%), пектиновых веществ (1,25 мг%), витамина Р (1,63 мг%), флавоноидов (2,83 мг%). Одним из наиболее распространенных способов получения экстрактов, богатых биологически активными веществами, является процесс экстракции с помощью различных экстрагентов. Для получения наиболее полного по химическому составу экстракта из ягод *Ribes rubrum* подобраны оптимальные условия экстрагирования, при которых сохранены все вкусоароматические свойства сырья и наименьшие потери биологически активных веществ.*