

УДК 577.13

## ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКСТРАКТА *URTICA DIOICA* L. И ИЗУЧЕНИЕ ЕГО АНТИОКСИДАНТНЫХ СВОЙСТВ

© *А.В. Борисова\**, *Д.Р. Червоткина*

*Самарский государственный технический университет,  
ул. Молодогвардейская, 244, Самара, 443100, Россия,  
anna\_borisova\_63@mail.ru*

Целью представленной работы являлся подбор оптимальных условий и разработка технологии получения экстракта крапивы, который в дальнейшем можно будет использовать в пищевых технологиях. Крапиву заготавливали в мае до появления соцветий. Место сбора растения – лес рядом с поселком Львовка Шигонского района Самарской области. Была проведена математическая оптимизация условий получения водно-спиртового экстракта крапивы двудомной. Экстракцию крапивы проводили традиционным способом, с обработкой ультразвуком, с обработкой токами сверхвысокой частоты. Для получения экстракта с наибольшим выходом экстрактивных веществ рекомендуется применять 75%-ный этиловый спирт в качестве экстрагента при жидкостном модуле 10, температуру в интервале от 45 до 55 °С, а также время экстракции – 2 ч. Кроме того, для получения экстракта возможно использование ультразвукового излучения или СВЧ-обработки, которые способствуют повышению выхода растворимых сухих веществ. Наибольшую антиоксидантную активность проявил экстракт крапивы, приготовленный с помощью токов сверхвысокой частоты. Такой экстракт содержит 1309.9 мг галловой кислоты и 322.9 мг катехина на 100 г исходного сырья, а его антирадикальная активность составляет 2.5 мг/мл. При этом с помощью СВЧ-поля экстракт можно получить за минимальное время.

*Ключевые слова:* оптимизация, математическое моделирование, фенольные вещества, флавоноиды, ультразвук, СВЧ, крапива.

---

**Для цитирования:** Борисова А.В., Червоткина Д.Р. Оптимизация условий получения экстракта *Urtica dioica* L. и изучение его антиоксидантных свойств // Химия растительного сырья. 2024. №1. С. 276–283. DOI: 10.14258/jcprm.20240112199.

---

### **Введение**

Крапива двудомная (*Urtica dioica* L.) – многолетнее травянистое растение семейства Крапивные (*Urticaceae*) высотой до 170 см с мощным корнем и яйцевидно-продолговатыми листьями, усаженное жгучими волосками. Цветки мелкие, зеленоватые, собранные в большом числе в прерывистые колосовидные соцветия. Распространена в Европе и Азии, встречается в Америке и Австралии. В России растет повсеместно во всех областях Средней полосы, в меньшей части – в Западной и Восточной Сибири, на Дальнем Востоке. Произрастает по сорным и тенистым местам, лесным оврагам, пустырям и запущенным садам, а также между кустарниками, около жилья и дорог [1–3].

Крапива – ценное пищевое и лекарственное растение, имеющее важное хозяйственное значение. Ее листья, собранные во время цветения, используют в виде настоев при различных заболеваниях органов пищеварения, дыхательных путей, мочеполовой системы и кожных покровов в качестве кровоостанавливающего, противовоспалительного, бактериостатического, регенерирующего, иммуномодулирующего и противоопухолевого средства [4].

Несмотря на широкое распространение растения, его качественный и количественный состав были установлены не так давно. Листья крапивы богаты витаминами, в частности, каротином, витамином К, пантотеновой и аскорбиновой кислотами, рибофлавином. Велико содержание органических кислот – щавелевой, муравьиной, яблочной, молочной и янтарной, а также аминокислот – серина и треонина, составляющих

---

\* Автор, с которым следует вести переписку.

43% от общего числа аминокислот в растении. В крапиве обнаружено 4 макро- и 18 микроэлементов, дубильные, белковые и пектиновые вещества, минеральные соли, крахмал, а также фитонциды и хлорофилл (до 5%). Кроме того, крапива содержит большое количество фенольных соединений, среди которых галловая, кофейная и хлорогеновая кислоты, рутин, эскулетин и многие другие [3, 5, 6].

Органические кислоты в крапиве обладают противовоспалительными свойствами, положительно сказываются на работе желудочно-кишечного тракта, способствуют заживлению ожогов [7]. Макро- и микроэлементы участвуют стимуляции биосинтеза вторичных метаболитов в растительном организме. Микроэлементы, содержащиеся в растении, образуют с биологически активными веществами комплексы органической природы, которые эффективнее усваиваются в организме человека, чем препараты на основе неорганических соединений [8]. Большую роль в составе *U. dioica* L. играют такие макроэлементы, как кальций и магний. Изменение концентрации водорастворимого кальция в листьях крапивы приводит к заметным скачкам в содержании фенольных соединений в растении. Увеличение концентрации водорастворимого магния также приводит к варьированию в содержании биологически активных веществ [9].

В свою очередь, хлорофилл, являющийся основным растительным пигментом, способствует активации обменных процессов, стимулирует регенерацию клеток человека, а также применяется как биологически активная добавка к пище для ускорения процессов заживления язв, эрозий и стимуляции иммунитета [10]. Основу фармакологической активности крапивы двудомной, по мнению ряда ученых, составляют лектины и стерины, входящие в ее состав [11].

Благодаря наличию биофлавоноидов, аскорбиновой кислоты, рутина,  $\alpha$ -токоферола,  $\beta$ -каротина и других биологически активных добавок крапива проявляет высокие антиоксидантные свойства [12, 13]. Изучению этих свойств, а также получению экстрактов из крапивы двудомной посвящено немало работ разных авторов [14–20].

Так, в одной из них была предложена методика получения крапивного экстракта, а также проведена идентификация его липофильных веществ с помощью тонкослойной хроматографии и спектрофотометрии [14]. Установлено, что отрицательный редокс-потенциал характерен для настоев некоторого лекарственно-технического растительного сырья, в том числе крапивы двудомной. Ученые выяснили, что такой показатель редокс-потенциала позволяет судить о наличии антиоксидантных свойств исследуемых растений [15]. Введение порошка крапивы в плавленые сыры позволяет не только придать им зеленоватый оттенок, но и продлить их срок хранения, благодаря антиоксидантной активности растения [16]. А наибольшее содержание антиоксидантов в экстракте наблюдается при использовании в качестве экстрагента 96%-ного этанола [17].

Цель представленной работы – подбор подходящих условий и разработка технологии получения крапивного экстракта, который в дальнейшем можно будет использовать в пищевых технологиях.

### **Экспериментальная часть**

Крапиву заготавливали в мае до появления соцветий, когда она имеет максимальное количество полезных свойств. Место сбора растения – лес рядом с поселком Львовка Шигонского района Самарской области. Были отобраны растения без заметных внешних повреждений листьев. Крапиву сушили в естественных условиях, в хорошо вентилируемом помещении, не допуская контакта с солнечными лучами. Влажность конечного продукта составила 5.5%. Для приготовления растительного экстракта крапиву измельчали в лабораторной мельнице до порошкообразного состояния. В качестве экстрагента использовали 75%-ный этанол.

В работе было исследовано три способа получения экстракта. Традиционный способ получения экстракта проводили путем смешивания крапивы с экстрагентом и выдерживанием при определенной температуре при постоянном перемешивании на магнитной мешалке с подогревом.

Оценку совместного влияния технологических параметров приготовления крапивного экстракта на количество в нем растворимых сухих веществ проводили методами математического моделирования. Для обработки результатов эксперимента использовали программный пакет для статистического анализа – Statistica 10.0. В качестве плана эксперимента выбран трехуровневый полный факторный эксперимент, позволяющий оценить совместное влияние нескольких факторов при минимальном числе опытов.

В качестве факторов, влияющих на количество растворимых сухих веществ, выбраны температура (25–55 °C с шагом 15 °C), жидкостный модуль – соотношение сырья к экстрагенту (1 : 10 (10), 1 : 50 (50) и 1 : 100 (100)), время (60–120 мин с шагом 30 мин). Значения факторов приведены в таблице 1. Откликом

служила массовая доля сухих растворимых веществ в растительном экстракте, которую определяли с помощью рефрактометра.

После определения оптимальных условий получения экстракта крапивы традиционным способом (жидкостного модуля, температуры, времени) было изучено влияние ультразвука и токов сверхвысокой частоты на извлечение биологически активных компонентов крапивы двудомной. Для этого от 2 до 5 г порошка измельченных сухих листьев крапивы соединяли с 75%-ным этанолом в соотношении 1 : 10. После смешивания компонентов экстракт выдерживали в ультразвуковой ванне Elmasonic S15-H с частотой 37 кГц и автоматическим поддержанием температуры 45 °С в течение 2 ч. Экстракт под воздействием токов сверхвысокой частоты получали в микроволновой печи Midea в поле токов сверхвысокой частоты 2450 МГц в течение 35 с. В полученных экстрактах определяли общее содержание фенольных веществ, флавоноидов, антирадикальную активность.

Содержание общих фенольных веществ в объектах оценивали с помощью модифицированной версии метода Фолин-Чокалтеу [21]. Галловую кислоту использовали в качестве стандарта, водный раствор галловой кислоты (200 мг в 1000 мл) разбавляли дистиллированной водой, чтобы получить соответствующие концентрации для калибровочной кривой. Для анализа взяли 0.50 мл анализируемого объекта или стандарта галловой кислоты, 4.00 мл дистиллированной воды, 0.25 мл реактива Фолин-Чокалтеу и 0.25 мл насыщенного водного раствора карбоната натрия. Образцы встряхнули и выдержали в темноте 30 мин при комнатной температуре. Коэффициент поглощения определяли при 725 нм на спектрофотометре. Результаты выражали в мг эквивалента галловой кислоты в 100 г сухого веса. Эксперимент проводился в трехкратном повторении.

Содержание флавоноидов в объектах измеряли с использованием модифицированного метода [22]. Анализируемый объект или стандартный раствор катехина в объеме 0.50 мл добавляли в мерную пробирку объемом 10 мл. Затем добавляли 2.50 мл дистиллированной воды, в нулевой момент времени добавляли 0.15 мл 5% раствора нитрита натрия, через 5 мин – 0.30 мл 10% раствора хлорида алюминия и выдержали еще 5 мин. Коэффициент поглощения измеряли при 510 нм. Содержание флавоноидов выражали в мг эквивалентов катехина в 100 г сухого веса. Эксперимент проводился в трехкратном повторении.

Антирадикальная активность образцов измерялась в соответствии с методом DPPH [21]. Методика основана на способности антиоксидантов исходного сырья связывать стабильный хромоген-радикал 2,2'-дифенил-1-пикрилгидразида (DPPH). DPPH (4 мг) растворяли в 100 мл этанола. Аликвоты исследуемого объекта (0.05, 0.10, 0.40, 0.80, 1.00 и 5.00 мл) растворяли в 100 мл дистиллированной воды. Затем 0.2 мл каждого раствора добавляли к 2.0 мл раствора DPPH при 20 °С и выдерживали в темноте в течение 30 мин. Определяли коэффициент пропускания при 517 нм. Антирадикальную активность выражали в виде концентрации исходного объекта в мг/мл, при которой происходило связывание 50% радикалов. Эксперимент проводился в трехкратном повторении.

Таблица 1. Значения экспериментальных факторов

| № опыта | Температура, °С (X <sub>1</sub> ) | Жидкостный модуль (X <sub>2</sub> ) | Время, мин (X <sub>3</sub> ) | Растворимые сухие вещества, % (Y) | № опыта | Температура, °С (X <sub>1</sub> ) | Жидкостный модуль (X <sub>2</sub> ) | Время, мин (X <sub>3</sub> ) | Растворимые сухие вещества, % (Y) |
|---------|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|---------|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1       | 25                                | 10                                  | 60                           | 21.8±1.1                          | 15      | 40                                | 50                                  | 120                          | 22.8±1.1                          |
| 2       | 25                                | 10                                  | 90                           | 23.0±1.2                          | 16      | 40                                | 100                                 | 60                           | 19.0±0.9                          |
| 3       | 25                                | 10                                  | 120                          | 23.2±1.2                          | 17      | 40                                | 100                                 | 90                           | 19.0±0.9                          |
| 4       | 25                                | 50                                  | 60                           | 21.4±1.1                          | 18      | 40                                | 100                                 | 120                          | 19.0±0.9                          |
| 5       | 25                                | 50                                  | 90                           | 21.8±1.1                          | 19      | 55                                | 10                                  | 60                           | 23.0±1.2                          |
| 6       | 25                                | 50                                  | 120                          | 22.4±1.1                          | 20      | 55                                | 10                                  | 90                           | 23.8±1.2                          |
| 7       | 25                                | 100                                 | 60                           | 18.8±0.9                          | 21      | 55                                | 10                                  | 120                          | 24.0±1.2                          |
| 8       | 25                                | 100                                 | 90                           | 19.0±0.9                          | 22      | 55                                | 50                                  | 60                           | 22.4±1.1                          |
| 9       | 25                                | 100                                 | 120                          | 19.0±0.9                          | 23      | 55                                | 50                                  | 90                           | 22.8±1.1                          |
| 10      | 40                                | 10                                  | 60                           | 21.5±1.1                          | 24      | 55                                | 50                                  | 120                          | 23.6±1.1                          |
| 11      | 40                                | 10                                  | 90                           | 22.2±1.1                          | 25      | 55                                | 100                                 | 60                           | 19.0±0.9                          |
| 12      | 40                                | 10                                  | 120                          | 23.6±1.2                          | 26      | 55                                | 100                                 | 90                           | 19.0±0.9                          |
| 13      | 40                                | 50                                  | 60                           | 21.6±1.1                          | 27      | 55                                | 100                                 | 120                          | 19.0±0.9                          |
| 14      | 40                                | 50                                  | 90                           | 22.2±1.1                          |         |                                   |                                     |                              |                                   |

### Результаты и их обсуждение

В результате обработки экспериментальных данных влияния температуры ( $X_1$ ), жидкостного модуля ( $X_2$ ) и времени выдержки ( $X_3$ ) на выход растворимых сухих веществ ( $Y$ ) в экстракте крапивы, полученном традиционным методом, была выведена математическая зависимость, выражаемая следующим уравнением:

$$Y=0.2243-0.0004 X_2+0.0002 X_3$$

Температурный фактор не был учтен в конечном уравнении регрессии. Уровень значимости  $p$  не должен превышать значения 0.05, а в нашем случае для температуры он составил 0.06. Поэтому регрессионный анализ был проведен повторно и на основании новых данных составлено уравнение регрессии. Коэффициент детерминации  $R^2$  равен 0.84, что является хорошим результатом и подтверждает работу полученной модели (если  $R^2 < 0.3$ , модель, вероятнее всего, не работает).

Для проверки адекватности регрессионного уравнения воспользуемся нормальным вероятностным графиком распределения остатков регрессии (рис. 1) и диаграммой рассеяния (рис. 2).

Большинство точек на вероятностном графике лежит вблизи кривой регрессии, следовательно, остатки можно считать нормально распределенными.

На диаграмме представлено соотношение остатков и предсказанных значений. Направление движения точек хаотично, системность отсутствует, таким образом, остатки не зависят от предсказанных значений. Это в очередной раз подтверждает адекватность полученной модели.

Графическая интерпретация математической модели представлена на рисунках 3–5.

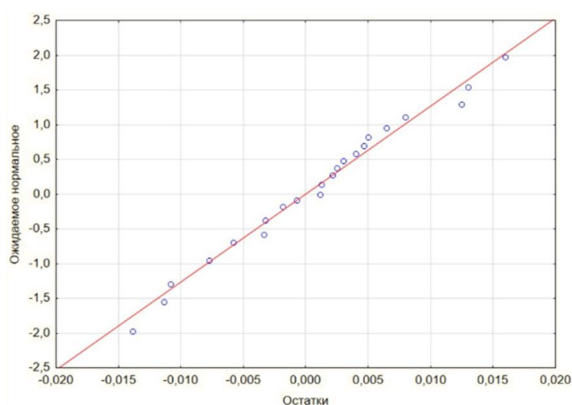


Рис. 1. Нормальный вероятностный график распределения остатков регрессии

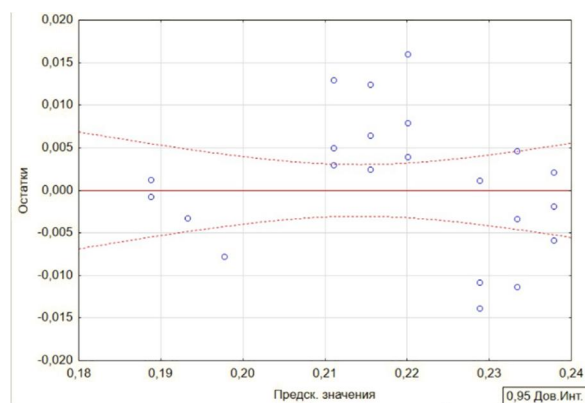


Рис. 2. Диаграмма рассеяния

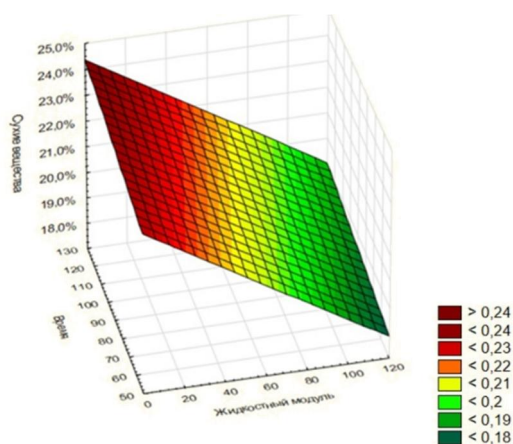


Рис. 3. Зависимость содержания растворимых сухих веществ от жидкостного модуля и времени

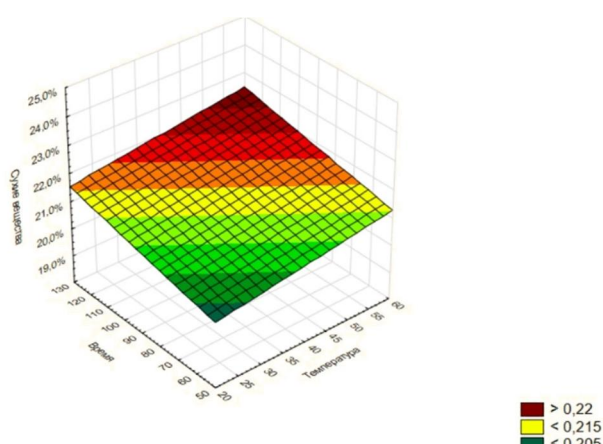


Рис. 4. Зависимость содержания растворимых сухих веществ от температуры и времени экстрагирования

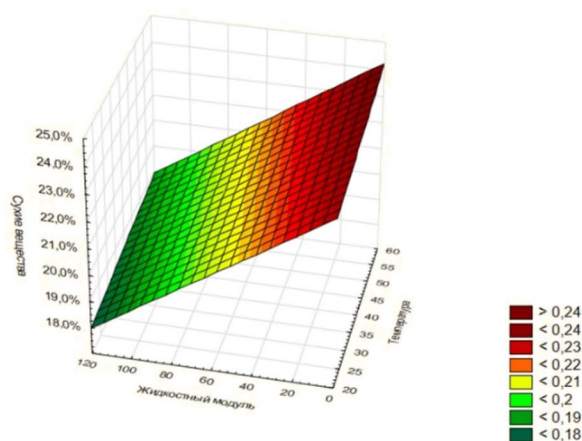


Рис. 5. Зависимость содержания растворимых сухих веществ от температуры и жидкостного модуля

Из полученной поверхности отклика видно, что содержание растворимых сухих веществ увеличивается с ростом жидкостного модуля и времени выдержки экстракта. Более высокие показатели достигаются при максимальном времени приготовления экстракта (2 ч) и жидкостном модуле 1 : 10.

Такое значительное влияние жидкостного модуля на выход растворимых сухих веществ объясняется тем, что разность концентраций является движущей силой процесса диффузии [23]. Перемешивание экстракта на магнитной мешалке способствует поддержанию максимальной разности концентраций. Наибольшее количество растворимых сухих веществ достигается при жидкостном модуле 10. Оптимальная температура для приготовления крапивного экстракта, согласно рисунку 5, лежит в интервале от 40 до 60 °С. Согласно литературным данным, повышение температуры ускоряет диффузный процесс за счет увеличения скорости движения молекул. Однако температуры выше 60 °С разрушают биологически активные вещества, входящие в состав экстрактивных веществ [24]. Поэтому было принято решение в дальнейшем применять для получения экстракта температуру из указанного диапазона, равную 40 °С. Оптимальное время для приготовления крапивного экстракта составило 2 ч, поскольку чем дольше происходит контакт между сырьем и экстрагентом, тем выше выход экстрактивных веществ.

Далее было изучено влияние интенсивных способов воздействия, таких как ультразвук и СВЧ-обработка, на выход биологически активных компонентов из крапивы двудомной. Для сравнения использовали экстракт, полученный традиционным методом при температуре 40 °С, жидкостном модуле 10 и времени выдержки 2 ч. Условия получения экстрактов с применением ультразвука и СВЧ-обработки указаны выше.

Во всех трех экстрактах были измерены содержание растворимых сухих веществ, количество фенольных соединений и флавоноидов, антирадикальная активность. Результаты представлены в таблице 2.

Как следует из таблицы 2, СВЧ-обработка способствует повышению выхода растворимых сухих веществ. При воздействии токов сверхвысокой частоты происходит одновременный нагрев всей массы обрабатываемого материала. Следовательно, использование такого облучения повышает экстрактивность за короткий промежуток времени (35 с), в отличие от других способов, рассматриваемых в данной статье. Однако под влиянием СВЧ возможно значительное разрушение многочисленных биологически активных веществ, входящих в состав крапивы, поэтому приготовление растительного экстракта с помощью этой технологии требует дальнейшего изучения.

Применение ультразвукового излучения дает минимальные результаты выхода растворимых сухих веществ по сравнению с СВЧ-обработкой и перемешиванием на магнитной мешалке. Ультразвук оказывает механическое воздействие на экстракт, что приводит к разрушению клеточных структур и высвобождению из них растворимых сухих веществ. В связи с этим возникает массоперенос между твердой и жидкой фазами, который и увеличивает выход экстрактивных веществ [25].

Таблица 2. Химический состав и антирадикальная активность экстрактов

| Экстракт              | Массовая доля растворимых сухих веществ, % | Общее содержание фенольных веществ, мг галловой кислоты/100 г исходного сырья | Общее содержание флавоноидов, мг катехина/100 г исходного сырья | Антирадикальная активность, Eс <sub>50</sub> , мг/мл |
|-----------------------|--|---|---|--|
| Традиционным способом | 23.6±1.2                                   | 1242.8±99.4   | 330.8±26.5  | 8.5±0.4  |
| С ультразвуком        | 22.6±1.1                                   | 1248.5±74.9   | 315.6±25.2  | 6.7±0.3  |
| С СВЧ-обработкой      | 23.1±1.1                                   | 1309.9±65.5   | 322.9±25.8  | 2.5±0.1  |

Экстракт, полученный с помощью обработки в СВЧ-поле, содержал наибольшее количество фенольных соединений и проявил высшую антирадикальную активность. Антирадикальную активность измеряли в показателе  $E_{C50}$ , который определяет концентрацию экстракта вещества, необходимую для ингибирования 50% концентрации свободного радикала 2,2'-дифенил-1-пикрилгидразила.

### **Выводы**

Таким образом, была разработана технология получения водно-спиртового экстракта крапивы двудомной. Важную роль в получении экстракта играют жидкостный модуль и время экстракции. При варьировании этих параметров можно получить максимально возможный выход экстрактивных веществ. Для этого нами рекомендуется применять 75%-ный этиловый спирт в качестве экстрагента при жидкостном модуле 10, температуру 40 °С, а также время экстракции – 2 ч.

Кроме того, для получения экстракта возможно использование ультразвукового излучения или СВЧ-обработки, которые также способствуют повышению выхода сухих веществ.

Наибольшую антиоксидантную активность проявил крапивный экстракт, приготовленный с помощью СВЧ. В двух анализах из трех он показал наилучшие результаты. Такой экстракт содержит 1309.9 мг галловой кислоты и 322.9 мг катехина на 100 г исходного сырья, а его антиоксидантная активность составляет 2.5 мг/мл. При этом с помощью СВЧ-поля экстракт можно получить за минимальное время.

### **Финансирование**

*Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Самарского государственного технического университета. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.*

### **Конфликт интересов**

*Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.*

### **Открытый доступ**

*Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник и предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.*

### **Список литературы**

1. Губанов И.А., Киселева К.В., Новиков В.С., Тихомиров В.Н. Иллюстрированный определитель растений Средней России. Т. 2: Покрытосеменные (двудольные: раздельнолепестные). М., 2003. 665 с.
2. Гаммерман А.Ф., Гром И.И. Дикорастущие лекарственные растения СССР. М., 1976. 288 с.
3. Сечин В.А., Каракулев В.В., Громов А.А. и др. Лекарственные растения и их применение в животноводстве: учебное пособие. Оренбург, 2006. 312 с.
4. Попов А.И., Шпанько Д.Н., Черкасова Е.А. Некоторые товароведческие показатели сырья крапивы двудомной и крапивы коноплевидной // Техника и технология пищевых производств. 2009. №3. С. 54–58.
5. Яцок В.Я., Чалый Г.А., Сошникова О.В. Биологически активные вещества травы крапивы двудомной // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2006. Т. 14, №1. С. 25–29. DOI: 10.17816/PAVLOVJ2017130-41.
6. Николаева Ю.Н. Крапива, лопух, подорожник, зверобой. Лекарства от 100 болезней. М., 2011. 192 с.
7. Пех А.А., Темираев Р.Б. Содержание органических кислот в листьях крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.), произрастающей в Алагирском и Пригородном районах РСО–Алания // Вестник научных трудов молодых ученых, аспирантов и магистрантов ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет». 2021. №58. С. 46–48.
8. Дьякова Н.А. Особенности накопления макро- и микроэлементов листьями крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.) // Ульяновский медико-биологический журнал. 2022. №2. С. 139–147. DOI: 10.34014/2227-1848-2022-2-139-147.
9. Корожан Н.В. Влияние содержания кальция и магния в листьях крапивы двудомной на накопление в них фенольных соединений // Вестник фармации. 2019. №2(84). С. 29–33.
10. Назарова Ю.В., Михайлова И.В., Карманова Д.С. Анализ содержания магния и хлорофилла в *Urtica dioica*, произрастающей на территории Оренбургской области // Научные исследования: теория, методика и практика: материалы Междунар. науч.-практ. конф. В 2 т. Чебоксары, 2017. Т. 1. С. 35–38.
11. Балагозян Э.А., Куркин В.А., Правдивцева О.Е. Содержание стеринов в сырье крапивы двудомной // Химия растительного сырья. 2016. №2. С. 67–71. DOI: 14258/jcrpm.2016021120.
12. Дзедзев Х.Т., Пех А.А. Определение фитотерапевтических свойств крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.), произрастающей на территории РСО–Алания // Достижения науки – сельскому хозяйству: материалы Всероссийской научно-практической конференции (заочной). 2017. Т. II. С. 55–57.
13. Буркова В.Н., Боев С.Г., Венгеровский А.И., Юдина Н.В., Арбузов А.Г. Противовоспалительное и анальгетическое действие экстрактов из *Urtica dioica* (Urticaceae) // Растительные ресурсы. 2011. Т. 47, №2. С. 136–143.
14. Лупинская С.М., Орехова С.В., Васильева О.Г. Изучение биологически активных веществ липы, крапивы и душицы и сывороточных экстрактов на их основе // Химия растительного сырья. 2010. №3. С. 143–145.
15. Крукович О.В., Масанский С.Л. Управление процессом сбраживания настоя из листьев крапивы двудомной по показателю его редокс-потенциала // Вестник МГУП. 2021. №1(30). С. 20–30.

16. Евдокимов Н.С., Иванова Т.Н. Крапива двудомная – источник антиоксидантных веществ // Функциональное питание и проблема специфических заболеваний. II Международная научно-практическая конференция: сборник докладов. Владикавказ, 2018. С. 154–156.
17. Тринеева О.В., Сливкин А.И., Сафонова Е.Ф. Определение антиоксидантной активности извлечений из листьев крапивы двудомной различными методами // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2020. Т. 9, №3. С. 59–66. DOI: 10.33380/2305-2066-2020-9-3-59-66.
18. Богданова О.А., Иванова Т.Н., Сибирская Е.В. Антимикробные свойства растительных экстрактов для безалкогольных напитков // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2014. №1 (24). С. 103–107.
19. Минуллина Л.И., Абржина А.А., Бурмасова М.А., Сысоева М.А. Получение сухих экстрактов из крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.) // Пищевые технологии и биотехнологии: материалы XVII Всероссийской конференции молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием, посвященная Году науки и технологий в РФ. Казань, 2021. С. 344–348.
20. Potoroko I.U., Kalinina I.V., Naumenko N.V., Fatkullin R.I., Shaik S., Sonawane S.H., Ivanova D., Kiselova-Kaneva Y., Tolstykh O., Paymulina A.V. Possibilities of regulating antioxidant activity of medicinal plant extracts // Human. Sport. Medicine. 2017. Vol. 17, no. 4. Pp. 77–90. DOI: 10.14529/hsm170409.
21. Wei F., Chen Q., Du Y., Han C., Fu M., Jiang H., Chen X. Effects of hulling methods on the odor, taste, nutritional compounds, and antioxidant activity of walnut fruit // LWT – Food Science and Technology. 2020. Vol. 120. Article 108938. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.108938.
22. Dhingra N., Kar A., Sharma R., Bhasin S. In-vitro antioxidative potential of different fractions from *Prunus dulcis* seeds: Vis a vis antiproliferative and antibacterial activities of active compounds // South African Journal of Botany. 2017. Vol. 108. Pp. 184–192. DOI: 10.1016/j.sajb.2016.10.013.
23. Агдади Р.К., Каухова И.Е., Вайнштейн В.А., Минина С.А., Яковлева М.В., Власенко М.А., Кутлушина А.У. Разработка технологии сухого экстракта моринды цитрусолистной корней // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2017. №3(20). С. 94–97.
24. Колядич Е.С., Лилишенцева А.Н., Шрамченко О.В., Лавриненко Н.И. Изучение свойств экстрактов из лекарственного и пряно-ароматического сырья // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2008. №1. С. 83–87.
25. Еремеева Н.Б., Макарова Н.В. Использование ультразвукового излучения для экстракции антиоксидантов из ягод // Пищевая промышленность. 2016. №5. С. 63–65.

Поступила в редакцию 7 декабря 2022 г.

После переработки 1 июня 2023 г.

Принята к публикации 13 сентября 2023 г.

*Borisova A.V.\**, *Chervotkina D.R.* OPTIMIZATION OF CONDITIONS FOR OBTAINING *URTICA DIOICA* L. EXTRACT AND THE STUDY OF ITS ANTIOXIDANT PROPERTIES

*Samara State Technical University, Molodogvardeyskaya st., 244, Samara, 443100, Russia,  
e-mail: anna\_borisova\_63@mail.ru*

The purpose of the presented study was to select optimal conditions and develop a technology for obtaining nettle extract, which in the future can be used in food technologies. Nettles were harvested in May before the appearance of inflorescences. The place where the plant is collected is a forest near the village of Lvovka in the Shigonsky district of the Samara region. Mathematical optimization of the conditions for obtaining water-alcohol extract of nettle dioecious was carried out. Nettle extraction was carried out in the traditional way, with ultrasound treatment and ultrahigh frequency currents. To obtain an extract with the highest yield of extractives, it is recommended to use 75% ethyl alcohol as an extractant at a hydromodule of 1 : 10, a temperature in the range from 45 to 55 °C, and an extraction time of 2 hours. In addition, it is possible to use ultrasonic radiation or microwave processing to obtain the extract, which also contribute to an increase in the yield of dry substances. Nettle extract, prepared with the help of ultrahigh frequency currents, showed the greatest antioxidant activity. This extract contains 1309.9 mg of gallic acid and 322.9 mg of catechin per 100 g of feedstock, and its antioxidant activity is 2.5 mg/ml. At the same time, with the help of a microwave field, the extract can be obtained in a minimum time.

*Keywords:* optimization, mathematical modeling, total phenolic content, flavonoids, ultrasound, microwave, nettle.

**For citing:** Borisova A.V., Chervotkina D.R. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2024, no. 1, pp. 276–283. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20240112199.

### References

1. Gubanov I.A., Kiseleva K.V., Novikov V.S., Tikhomirov V.N. *Illyustrirovannyi opredelitel' rasteniy Sredney Rossii. T. 2: Pokrytosemnyye (dvudol'nyye: razdel'nolepестnyye)*. [Illustrated guide to plants of Central Russia. Vol. 2: Angiosperms (dicots: dioecytes)]. Moscow, 2003, 665 p. (in Russ.).

\* Corresponding author.

2. Gammerman A.F., Grom I.I. *Dikorastushchiye lekarstvennyye rasteniya SSSR*. [Wild medicinal plants of the USSR]. Moscow, 1976, 288 p. (in Russ.).
3. Sechin V.A., Karakulev V.V., Gromov A.A. et al. *Lekarstvennyye rasteniya i ikh primeneniye v zhivotnovodstve: uchebnoye posobiye*. [Medicinal plants and their use in animal husbandry: textbook]. Orenburg, 2006, 312 p. (in Russ.).
4. Popov A.I., Shpan'ko D.N., Cherkasova Ye.A. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*, 2009, no. 3, pp. 54–58. (in Russ.).
5. Yatsyuk V.Ya., Chalyy G.A., Soshnikova O.V. *Rossiyskiy mediko-biologicheskiy vestnik imeni akademika I.P. Pavlova*, 2006, vol. 14, no. 1, pp. 25–29. DOI: 10.17816/PAVLOVJ2017130-41. (in Russ.).
6. Nikolayeva Yu.N. *Krapiva, lopukh, podorozhnik, zveroboy. Lekarstva ot 100 bolezney*. [Nettle, burdock, plantain, St. John's wort. Medicines for 100 diseases]. Moscow, 2011, 192 p. (in Russ.).
7. Pekh A.A., Temirayev R.B. *Vestnik nauchnykh trudov molodykh uchenykh, aspirantov i magistrantov FGBOU VO «Gorskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet»*, 2021, no. 58, pp. 46–48. (in Russ.).
8. D'yakova N.A. *Ul'yanovskiy mediko-biologicheskiy zhurnal*, 2022, no. 2, pp. 139–147. DOI: 10.34014/2227-1848-2022-2-139-147. (in Russ.).
9. Korozhan N.V. *Vestnik farmatsii*, 2019, no. 2(84), pp. 29–33. (in Russ.).
10. Nazarova Yu.V., Mikhaylova I.V., Karmanova D.S. *Nauchnyye issledovaniya: teoriya, metodika i praktika: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. V 2 t.* [Scientific research: theory, methodology and practice: materials of the International scientific-practical conf. In 2 volumes]. Cheboksary, 2017, vol. 1, pp. 35–38. (in Russ.).
11. Balagozyan E.A., Kurkin V.A., Pravdivtseva O.Ye. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2016, no. 2, pp. 67–71. DOI: 14258/jcprm.2016021120. (in Russ.).
12. Dzedayev Kh.T., Pekh A.A. *Dostizheniya nauki – sel'skomu khozyaystvu. Materialy Vse-rossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (zaочноy)*. [Achievements of science - agriculture. Materials of the All-Russian scientific and practical conference (correspondence)]. 2017, vol. II, pp. 55–57. (in Russ.).
13. Burkova V.N., Boyev S.G., Vengerovskiy A.I., Yudina N.V., Arbizov A.G. *Rastitel'nyye resursy*, 2011, vol. 47, no. 2, pp. 136–143. (in Russ.).
14. Lupinskaya S.M., Orekhova S.V., Vasil'yeva O.G. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2010, no. 3, pp. 143–145. (in Russ.).
15. Krukovich O.V., Masanskiy S.L. *Vestnik MGUP*, 2021, no. 1(30), pp. 20–30. (in Russ.).
16. Yevdokimov N.S., Ivanova T.N. *Funktsional'noye pitaniye i problema spetsificheskikh zabolevaniy. II Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya: Sbornik dokladov*. [Functional nutrition and the problem of specific diseases. II International Scientific and Practical Conference: Collection of reports]. Vladikavkaz, 2018, pp. 154–156. (in Russ.).
17. Trineyeva O.V., Slivkin A.I., Safonova Ye.F. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv*, 2020, vol. 9, no. 3, pp. 59–66. DOI: 10.33380/2305-2066-2020-9-3-59-66. (in Russ.).
18. Bogdanova O.A., Ivanova T.N., Sibirskaya Ye.V. *Tekhnologiya i tovarovedeniye innovatsionnykh pishchevykh produktov*, 2014, no. 1 (24), pp. 103–107. (in Russ.).
19. Minullina L.I., Abrzhina A.A., Burmasova M.A., Sysoyeva M.A. *Pishchevye tekhnologii i biotekhnologii. Materialy XVII Vserossiyskoy konferentsii molodykh uchenykh, aspirantov i studentov s mezhdunarodnym uchastiyem, posvyashchennaya Godu nauki i tekhnologii v RF*. [Materials of the XVII All-Russian Conference of Young Scientists, Post-graduates and Students with International Participation, dedicated to the Year of Science and Technology in the Russian Federation]. Kazan, 2021, pp. 344–348. (in Russ.).
20. Potoroko I.U., Kalinina I.V., Naumenko N.V., Fatkullin R.I., Shaik S., Sonawane S.H., Ivanova D., Kiselova-Kaneva Y., Tolstykh O., Paymulina A.V. *Human. Sport. Medicine*, 2017, vol. 17, no. 4, pp. 77–90. DOI: 10.14529/hsm170409.
21. Wei F., Chen Q., Du Y., Han C., Fu M., Jiang H., Chen X. *LWT – Food Science and Technology*, 2020, vol. 120, article 108938. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.108938.
22. Dhingra N., Kar A., Sharma R., Bhasin S. *South African Journal of Botany*, 2017, vol. 108, pp. 184–192. DOI: 10.1016/j.sajb.2016.10.013.
23. Agbadi R.K., Kaukhova I.Ye., Vaynshteyn V.A., Minina S.A., Yakovleva M.V., Vlasenko M.A., Kutlushina A.U. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv*, 2017, no. 3(20), pp. 94–97. (in Russ.).
24. Kolyadich Ye.S., Lilishentseva A.N., Shramchenko O.V., Lavrinenko N.I. *Pishhevaya promyshlennost': nauka i tekhnologii*, 2008, no. 1, pp. 83–87. (in Russ.).
25. Yeremeyeva N.B., Makarova N.V. *Pishhevaya promyshlennost'*, 2016, no. 5, pp. 63–65. (in Russ.).

Received December 7, 2022

Revised June 1, 2023

Accepted September 13, 2023

#### Сведения об авторах

Борисова Анна Викторовна – кандидат технических наук, доцент, anna\_borisova\_63@mail.ru  
 Червоткина Дарья Романовна – студент,  
 dcher02@yandex.ru

#### Information about authors

Borisova Anna Viktorovna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, anna\_borisova\_63@mail.ru  
 Chervotkina Daria Romanovna – student,  
 dcher02@yandex.ru