

УДК 674.031.772.324.2; 636.085.16+66.061.34

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИЗВЛЕЧЕНИЯ БАВ ИЗ КОРОБОЧЕК И ПЛОДОВ КАШТАНА КОНСКОГО \*

© *А.Д. Тайворба<sup>1</sup>, С.Д. Пожидаева<sup>1\*\*</sup>, К.Ф. Янкив<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Юго-Западный государственный университет, ул. 50 лет Октября, 94,  
Курск, 305040, Россия, [pozhideeva\\_kursk@mail.ru](mailto:pozhideeva_kursk@mail.ru)

<sup>2</sup> Российский государственный социальный университет, ул. Вильгельма  
Пика, 4/1, Москва, 129226, Россия

Проведенный авторами анализ показал, что часть фитомассы конского каштана, представленная коробочками, исследована мало и не используется. Приведены результаты извлечения методом непрерывной циклической экстракции на аппарате Сокслета каротиноидов, витамина С и витаминов ВВ из коробочек плодов и самих плодов каштана конского с использованием методов и приемов химической кинетики для выявления оптимальных показателей.

Полученные результаты выявили возможность использования зеленых коробочек конского каштана в качестве источников функциональных ингредиентов. Кинетические кривые накопления каротиноидов, витамина С и витаминов Р показали, что свежее сырье более эффективно для извлечения каротиноидов и витамина С, что же касается витамина Р, то более целесообразно проводить его извлечение только из высушенных коробочек каштана конского. Вид кинетических кривых позволил предположить, что извлечение каротиноидов и витамина С из коробочек происходит по общему механизму с возрастанием эффективности по мере накопления компонента в жидкой фазе. Полученные кривые можно использовать для оценки оптимального времени извлечения, а рассчитанные из них константы – для характеристики степени извлечения компонентов из сырья.

*Ключевые слова:* каротиноиды, витамины, конский каштан, экстракция, аппарат Сокслета, скорость извлечения.

---

**Для цитирования:** Тайворба А.Д., Пожидаева С.Д., Янкив К.Ф. Сравнительная характеристика извлечения БАВ из коробочек и плодов каштана конского // Химия растительного сырья. 2026. №1. С. 249–256. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20260116935>.

---

### *Введение*

Дикорастущие деревья и растения являются незаменимым естественным источником веществ с антиоксидантной активностью: витамина С, Р и каротиноидов, что позволяет их рассматривать как сырьевую базу для производства функциональных ингредиентов [1]. Каротиноиды, как активные предшественники витамина А, образуются во всех зеленых растениях, способных к фотосинтезу. Невитаминные каротиноиды принимают участие в антиоксидантной защите организма в отношении алкоксильных и перекисных радикалов, синглетного кислорода, NO-радикалов и пероксинитрита, что делает их важным элементом защиты генома клеток от окислительных повреждений [2, 3].

Конский каштан обыкновенный, произрастающий обширно в Центральном Черноземье, представляет собой ценный источник сырья и исследован достаточно широко (табл. 1).

Для извлечения ингредиентов авторы используют как традиционные, основанные на способности веществ растворяться в растворителях и их смесях, методы до специфических (под действием ультразвука, ферментов, микроволнового излучения, в сверхкритических условиях) [4–10]. Выбор последних ограничивается экономической целесообразностью и квалификацией персонала [11], поэтому при поиске новых компонентов и разработке методов их идентификации предпочтение отдается варианту периодической экстракции (табл. 2) при разном исполнении.

---

\* Данная статья имеет электронный дополнительный материал (приложение), который доступен читателям на сайте журнала. DOI: 10.14258/jcprm.20260116935s

\*\* Автор, с которым следует вести переписку.

Таблица 1. Обзор извлекаемых из конского каштана компонентов

| Вид сырья               | Извлекаемый компонент   | Содержание, %                                  |
|-------------------------|---|--|
| Семена                  | Тритерпеновые сапонины [12, 13]   | >3% в пересчете на эсцин                       |
|                         | Флавоноидные гликозиды [14]   | 0.13   |
|                         | Дубильные вещества [15]   | 0.9  |
|                         | Жирные масла [16]   | 5–7  |
|                         | Белки [17]  | 11   |
|                         | Крахмал [14]  | до 49.5  |
| Цветы                   | БАВ: эпикатехин, кемпферол, жирные кислоты и их эфиры, кверцетин и их гликозилированные производные, спирты, $\gamma$ -ситостерол и др [18] | 0.19 г/мл сухих веществ в этанольном экстракте |
|                         | Полисахариды [14]<br>Дубильные вещества [14]  | идентифицированы                               |
| Листья                  | Вещества флавоноидной природы, в том числе производные кверцетина и кемпферола [14, 19]   | идентифицированы                               |
|                         | Сапонины [20]   |  |
|                         | Полисахариды (пектины) [20]<br>Каротиноиды [16]   |  |
|                         | Дубильные вещества [21]   | 1.54–10.39                                     |
| Кора                    | Кумарины, оксикумарины [14]   | идентифицированы                               |
|                         | Дубильные вещества [14]   |  |
|                         | Фитостерол [14]   |  |
|                         | Жирные масла [14]   | 2.5–7.0  |
|                         | Полисахариды [14]   | 9  |
|                         | Витамины [16]   | идентифицированы                               |
| Почки                   | Флаванойды [22]   | (1.24±0.01)–(2.31±0.03)                        |
| Оболочки плодов каштана | Полисахариды [23]   | 15.98±0.25                                     |
|                         | Нейтральные моносахариды [23]   | 35.29±0.53                                     |
|                         | Кислые моносахариды [23]  | 26.33±0.46                                     |
|                         | Дубильные вещества [21]   | 1.54–10.39                                     |

Таблица 2. Обзор методов и условий извлечения компонентов из конского каштана обыкновенного

| Вид сырья | Условия извлечения |       |     |            |   |                       |        |        |
|-----------|--------------------|-------|-----|------------|---|-----------------------|--------|--------|
|           | этапы экстракции   |       |     | экстрагент |   | Сырье :<br>экстрагент | Т, °С  |        |
|           | количество         | τ, ч  |     | Природа    | С, %  |                       |        |        |
| 1         |                    | 2     | 3   |            |   |                       |        |        |
| Семена    | 2 [13]             | 4     | 0.5 |            | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH  | 60                    | 1 : 7  | 22     |
|           | 2 [24]             | 1     | 1   |            | CH <sub>3</sub> OH  | 50                    | 1 : 4  | 22     |
|           | 1 [25]             | 5     |     |            | вода  |                       |        | 20–40  |
|           | 2 [13]             | 1.5   | 3.5 |            | 1 этап CH <sub>3</sub> COOH<br>2 этап CH <sub>3</sub> OH (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH, (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO) | 2<br>70               |        | 22     |
|           | 1 [13]             | 24–48 |     |            | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH  | 35–65                 |        | 30–40  |
|           | 3 [26]             | 1     | 1   | 1          |   | 70                    | 1 : 5  | (60±5) |
|           | 1 [27]             | 4–6   |     |            |   | 35–45                 | 1 : 10 | 40     |
| 2 [13]    |                    |       |     |            | 70  | 1 : 7                 |        |        |
| Цветы     | 1 [18]             | 2     |     |            |   | 70                    | 1 : 10 | 35     |

τ – продолжительность этапа.

Обоснование и подбор условий вариантов экстракции, влияя на степень извлечения, вносят коррективы в полученные экспериментальные данные. Использование методов и приемов кинетики позволяет оптимизировать подбора условий. Так, авторами [23] выявлены показатели, влияющие на выход полисахаридов из оболочек каштана, и извлечение флавоноидов из листьев конского каштана [28].

### Объекты и материалы

Объектом для исследования служили коробочки и семена Конского каштана обыкновенного (лат. *Aesculus hippocastanum* L. (сем. конскокаштановые – Hippocastanaceae), собранные автором в Курской области в окрестностях Курска в фазе созревания плодов в августе – сентябре с 10 деревьев под кроной. Зеленые коробочки (Ø 30–50 мм, шаровидные, с кожистым перикарпием, шипами и коротким коническим носиком) собраны в сентябре. Высушенные коробочки после созревания – в октябре. Для сравнения исследовали

семена каштана коричневого цвета, блестящие, с беловатым или серовато-желтым рубцом, немного приплюснутые, 20–40 мм в поперечнике.

**Пробоподготовка сырья.** Зеленые коробочки использовались сразу, высушенные подвергали дополнительной сушке при 50 °С до постоянного веса. Перед экстракцией плоды и коробочки измельчали до размера частиц, проходящих сквозь сито с отверстиями 2 мм, перемешивали и отбирали среднюю пробу. Для каждого анализа измерения проводили по три раза с усреднением результата.

Свежие зеленые коробочки экстрагировали 60%-ным этиловым спиртом (V/V 1 : 5), для получения экстракта из сушеных коробочек использовали 70%-ый спирт (V/V 1 : 10), для экстракции компонентов из семян конского каштана применяли 70, 80, 90%-ный этиловый спирт (V/V 1 : 5).

**Получение извлечений из сырья.** Получение извлечений из сырья производили методом непрерывной циклической экстракции на аппарате Сокслета. Для получения экстракта навеску растительного сырья загружали в гильзу из фильтровальной бумаги и помещали в центр аппарата. В колбу со шлифом вместимостью 500 мл прибавляли 350 мл этилового спирта, присоединяли к аппарату Сокслета и включали нагрев. Экстракцию повторяли 3 цикла.

Метод определения каротиноидов и витаминов в растворе этилового спирта проводили по стандартным методикам [29, 30]. *Метрологическую обработку* результатов экспериментов осуществляли с помощью программы Microsoft Excel.

## Результаты

Цель данной работы – определение и изучение возможности извлечения каротиноидов, витамина С и витамина Р в составе коробочек плодов и самих плодов каштана конского методами кинетики. Предварительные результаты качественного анализа витаминов в экстрактах (таблица 1 электронного приложения) предопределили выбор объектов изучения – это витамин С, Р и каротиноиды.

Экстракция с использованием аппарата Сокслета представляет собой непрерывный автоматизированный процесс с высокой эффективностью [6, 9, 10], чем и был обоснован выбор такого варианта. Кинетические кривые накопления изучаемых БАВ (рис. 1–3) показали эффективность использования зеленых коробочек конского каштана в качестве источников функциональных ингредиентов.

По S-образному виду полученных кинетических кривых можно сказать, что извлечение каротиноидов и витамина С из коробочек происходит по общему механизму с возрастанием эффективности по мере накопления компонента в жидкой фазе. Спирт, проникая в поры твердых кусочков коробочек каштана, растворяет извлекаемый компонент с последующей диффузией к поверхности материала. Это медленная стадия, лимитирующая процесс. При поступлении раствора в основную массу жидкости, скорость процесса резко увеличивается, что характеризуется резким ростом кинетической кривой.

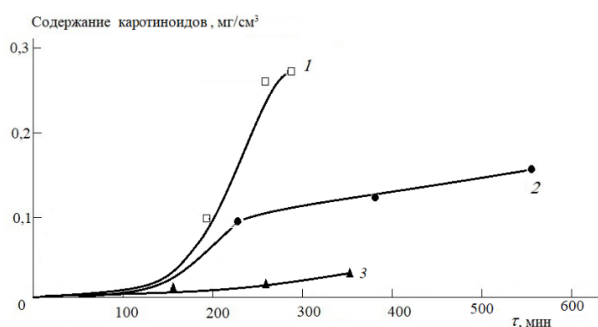


Рис. 1. Кинетические кривые накопления каротиноидов в экстракте из свежих (1) и высушенных (2, 3) коробочек конского каштана в этиловом (1, 2) и изопропиловом спирте (3) по итогам трех циклов в аппарате Сокслета; отсчет времени от момента контакта сырья с растворителем; концентрация этилового спирта, % 1 – 60; 2 – 70

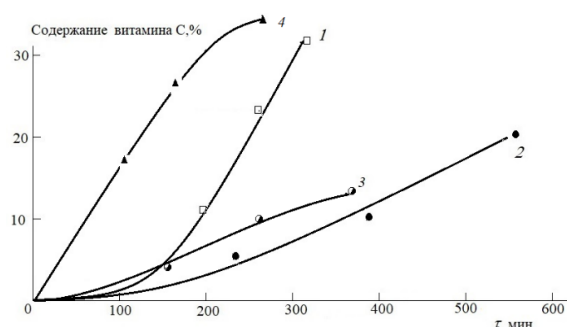


Рис. 2. Кинетические кривые накопления витамина С в экстракте из свежих (1) и высушенных (2, 3) коробочек и семян (4) конского каштана в этиловом (1, 2, 4) и изопропиловом спирте (3) по итогам трех циклов в аппарате Сокслета; отсчет времени от момента контакта сырья с растворителем; концентрация этилового спирта, % 1 – 60; 2, 4 – 70

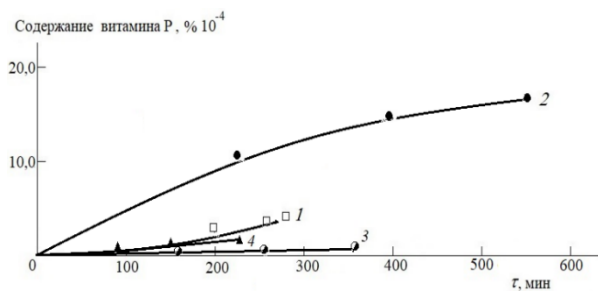


Рис. 3. Кинетические кривые накопления витамина Р в экстракте из свежих (1) и высушенных (2, 3) коробочек и семян (4) конского каштана в этиловом (1, 2, 4) и изопропиловом спирте (3) по итогам трех циклов в аппарате Сокслета; отсчет времени от момента контакта сырья с растворителем; концентрация этилового спирта, % 1 – 60; 2 – 70

Как видно из рисунков 1 и 2, использование свежего сырья для извлечения каротиноидов и витамина С оказалось более эффективно: из них удалось извлечь наибольшее количество каротиноидов, и содержание витамина С в коробочках близко к содержанию этого компонента в плодах. Как видно из кривых 2, 3 рисунка 1 и 2, дальнейшее увеличение длительности процесса с использованием высушенных коробочек нецелесообразно, так же, как и замена этилового спирта на изопропиловый. Повышение температуры способствует разрушению (витамин С и каротиноиды разрушаются [31]), ухудшению растворимости и испарению некоторых веществ [32]. Различие в форме кривых 1 и 4 (рис. 2) объясняется различием в анатомическом (гистологическом) строении семян и коробочек

Что же касается витамина Р, то, как следует из рисунка 3, целесообразно проводить его извлечение только из высушенных коробочек каштана конского, что возможно связано с накоплением его с внутренней стороны кожуры и в междольковой части плодов [33].

Для неосложненных на границе раздела фаз химической реакцией процессов экстрагирования скорость экстракции определяются в основном скоростью молекулярной диффузии целевого компонента и находится в линейной зависимости от концентрации реагента (первый порядок по реагенту). Для уравнения

$$M = \beta(C_s - C_1)S\tau,$$

где  $M$  – масса растворяющейся частицы;  $\beta$  – коэффициент конвективной диффузии;  $C_s$  – концентрация насыщения;  $C_1$  – концентрация в растворе;  $S$  – поверхность частицы;  $\tau$  – время. Если принять, что  $M/\tau$  – скорость процесса  $W$ , а произведение  $\beta \cdot S \sim k$ , то

$$W = k \cdot C = k(C_s - C_1) = dC/D\tau,$$

а при  $\Delta C = \text{const}$ , что наблюдается при быстрой стадии экстракции, в структуру кинетического уравнения для реакции нулевого порядка типа  $W = k_{\text{эф}}$ , что получено на практике (линейные участки на кинетических кривых).

Рассчитанные из кинетических кривых значения констант можно использовать для характеристики степени извлечения компонентов из сырья (табл. 2 электронного приложения).

### Выводы

1. Используемые методы кинетики расширяют возможности изучения экстракции функциональных ингредиентов из дикорастущего сырья.

2. Полученные новые экспериментальные данные позволили выявить следующие закономерности:  
– коробочки конского каштана можно использовать в качестве источников функциональных ингредиентов;

– свежее сырье более эффективно для извлечения каротиноидов и витамина С, что же касается витамина Р, то более целесообразно проводить его извлечение только из высушенных коробочек каштана конского;

– извлечение каротиноидов и витамина С из коробочек происходит по общему механизму с возрастанием эффективности по мере накопления компонента в жидкой фазе;

– кинетические кривые можно использовать для оценки оптимального времени извлечения, а рассчитанные константы – для характеристики степени извлечения компонентов из сырья.

**Дополнительная информация**

В электронном приложении к статье (DOI: <https://www.doi.org/10.14258/jcprm.20260116935s>) приведен дополнительный экспериментальный материал, раскрывающий основные положения, изложенные в статье.

**Финансирование**

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Юго-Западного государственного 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. Овчаренко А.С., Расулова Е.А., Кондакова О.Э., Иванова О.В. Функциональные ингредиенты плодов дикорастущих растений // Пищевая промышленность. 2017. №12. С. 53–57.
2. Никитенко Е.И., Королев А.А., Кирпиченкова Е.В. Невитаминные каротиноиды: методика изучения частоты употребления // Вопросы питания. 2016. Т. 85, №2. С. 208.
3. Чупахина Г.Н., Масленников П.В., Скрышник Л.Н. и др. Антиоксидантные свойства культурных растений Калининградской области. Калининград, 2016. 145 с.
4. Аверьянова Е.В., Рожнов Е.Д., Школьникова М.Н. Оценка эффективности экстракционных методов извлечения флавоноидов из облепихового шрота при масштабировании в малых объемах // Индустрия питания. 2021. Т. 6, №4. С. 93–101. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2021-6-4-10>.
5. Соколова Е.Н., Юраскина Т.В., Борщева Ю.А. и др. Влияние биотехнологических факторов на выход биологически активных соединений из *Sorbus aucuparia* // Химия растительного сырья. 2021. №3. С. 291–300. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2021037439>.
6. Патент №2813186 (РФ). Способ выделения флавоноидов из лекарственного растительного сырья / Н.А. Ковалева, О.В. Тринеева, Н.А. Дьякова, И.В. Чувилова. – 2024.
7. Смирягин Е.А., Горчакова Л.Д., Евдокимова С.А., Шакир И.В. Перспективность выделения полисахаридов инулинового типа из плодов желудей // Успехи в химии и химической технологии. 2022. Т. 36, №12(261). С. 109–111.
8. Нехорошева А.В., Нехорошев С.В., Дренин А.А. и др. Влияние процесса ферментации на химический состав растительного сырья, получаемого из листьев осины обыкновенной // Химия растительного сырья. 2019. №2. С. 251–259. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2019024341>.
9. Козлова О.В., Величкович Н.С., Фасхутдинова Е.Р. и др. Методы экстракции иммуномодуляторов растительного происхождения // Техника и технология пищевых производств. 2023. Т. 53, №4. С. 680–688. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-4-2468>.
10. Бровко О.С., Слобода А.А., Жильцов Д.В. и др. Выделение биологически активных веществ фенольной природы из лишайника *Hypogymnia physodes* // Химия растительного сырья. 2023. №4. С. 155–164. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20230412826>.
11. Мусифулина В.М., Омаров М.М. Сравнительная характеристика методов экстрагирования растительного сырья // Вестник Инновационного Евразийского университета. 2021. №4(84). С. 107–112. <https://doi.org/10.37788/2021-4/107-112>.
12. Чистякова А.С., Дунилин А.Д., Гудкова А.А. и др. Изучение экстрактивных веществ каштана конского обыкновенного цветков различных способов консервирования сырья // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2023. №3. С. 130–136.
13. Патент №2310465 (РФ). Способ получения жидкого экстракта конского каштана из семян конского каштана обыкновенного / Е.Н. Жукович, С.Ю. Бокарева, Т.Ф. Прибыткова и др. – 2007.
14. Белов П.В., Куркин В.А., Рыжов В.М. Комплексное исследование каштана конского обыкновенного (*Aesculus hippocastanum* L.) как источника биологически активных веществ // Современные тенденции развития технологий здоровьесбережения: сборник трудов. М., 2019. Т. 12. С. 163–169.
15. Зурабян С.Э. Номенклатура природных соединений: справочное пособие. М., 2008. 204 с.
16. Куцик Р.В., Зузук Б.М., Дьячок В.В. Каштан конский (*Aesculus hippocastanum* L.). Аналитический обзор // Провизор. 2002. №4. С. 12–18.
17. Жарова О.Г. Стандартизация конского каштана обыкновенного (*Aesculus hippocastanum* L.) семян и экстракта сухого на их основе: автореф. дис. ... канд. фарм. наук. М., 2009. 27 с.

18. Курченко В.П., Сушинская Н.В., Майорова К.И. и др. Состав биологически активных веществ каштана конского (*Aesculus hippocastanum* L.) // Экобиотех. 2021. Т. 4, №1. С. 33–39. <https://doi.org/10.31163/2618-964X-2021-4-1-33-39>.
19. Белов П.В., Куркин В.А., Рыжов В.М. и др. Исследование петиолярной анатомии листьев каштана конского как перспективного источника биологически активных соединений // Аспирантский вестник Поволжья. 2019. №1-2. С. 6–12. <https://doi.org/10.17816/2072-2354.2019.19.1.6-12>.
20. Постюк Н.А. Фармакогностическое изучение и стандартизация каштана конского обыкновенного листьев (*Aesculus hippocastanum* L.) и экстракта сухого на его основе: дис. ... канд. фарм. наук. М., 2013. 171 с.
21. Алябышева Ю.С. Изучение дубильных веществ в вегетативных и генеративных органах каштана конского обыкновенного в условиях Республики Марий Эл // Студенческая наука и XXI век. 2018. №2-1. С. 19–21.
22. Куркин В.А., Белов П.В., Рыжов В.М. Количественное определение суммы флавоноидов в почках каштана конского обыкновенного // Химико-фармацевтический журнал. 2019. Т. 53, №2. С. 47–51. <https://doi.org/10.30906/0023-1134-2019-53-2-47-51>.
23. Филатова А.В., Тураев А.С., Джурабаев Д.Т., Азимова Л.Б. Оптимизация процесса экстракции полисахаридов каштана конского (*Aesculus hippocastanum* L.) // Химия растительного сырья. 2024. №1. С. 329–337. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20240112503>.
24. Patent 3238190 (US). Aescn recovery / H. Erbring, W. Winkler. – 1966.
25. Patent WO1999018984A1 (DE). Method for producing medicinal plant extracts / R. Steiner, A. Hauk, W. Tratz. – 1999.
26. Патент №2665630 (РФ). Способ получения сухого экстракта семян каштана конского обыкновенного / А.Ф. Азаркова, А.И. Мешков, О.П. Шейченко и др. – 2018.
27. Патент №2290189 (РФ). Средство, обладающее венотонизирующим, противовоспалительным и капилляропротекторным действием, и способ его получения / И.Ю. Макаров. – 2006.
28. Постюк Н.А., Маркарян А.А., Даргаева Т.Д., Сокольская Т.А. Изучение стадии экстрагирования при получении сухого экстракта каштана конского // Фармация. 2012. №4. С. 32–33.
29. ГОСТ Р 54058-2010. Продукты пищевые специализированные и функциональные. Метод определения. М., 2019. 13 с.
30. Шлык А.А. Определение хлорофилла и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // Биохимические методы в физиологии растений. М., 1971. С. 154–170.
31. Хожиев Р.М., Атаханов Ш.Н., Мамаджанов Л., Мирабдуллаев Н.Х. Изучение влияния уровня измельчения и тепловой обработки на полифенольные комплексы вторичного сырья яблока и моркови // Universum: технические науки. 2021. №3-2(84). С. 87–90.
32. Дубашинская Н.В., Хишова О.М., Шимко О.М. Некоторые особенности экстрагирования лекарственного растительного сырья (часть I) // Вестник фармации. 2006. №4(34). С. 62–72.
33. Tuchowska A., Janda-Milczarek K. Plant hydrolates – Antioxidant properties, chemical composition and potential applications // Biomedicine & Pharmacotherapy. 2021. Vol. 142. 112033. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.112033>.

Поступила в редакцию 22 февраля 2025 г.

После переработки 16 марта 2025 г.

Принята к публикации 15 января 2026 г.

Tayvorba A.D.<sup>1</sup>, Pozhidayeva S.D.<sup>1\*</sup>, Yankiv K.F.<sup>2</sup> COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE EXTRACTION OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES FROM THE CAPSULE AND SEED OF HORSE CHESTNUT

<sup>1</sup> Southwestern State University, st. 50 Let Oktyabrya, 94, Kursk, 305040, Russia, [pozhideva\\_kursk@mail.ru](mailto:pozhideva_kursk@mail.ru)

<sup>2</sup> Russian State Social University, st. Wilhelma Piecka, 4/1, Moscow, 129226, Russia

The analysis carried out by the authors showed that a part of the phytomass of horse chestnut, represented by the capsule, has been little studied and is not used. The results of the extraction of carotenoids, vitamin C and vitamins BB from the fruit pods and the horse chestnut fruits themselves by continuous cyclic extraction using a Soxlet apparatus are presented. The authors use methods and techniques of chemical kinetics to identify optimal parameters.

The results revealed the possibility of using green horse chestnut capsule as sources of functional ingredients. The kinetic curves of accumulation of carotenoids, vitamin C and vitamins P have shown that the fresh raw materials are more effective for extracting carotenoids and vitamin C. And it is more advisable to extract vitamin P only from dried capsules. The type of the kinetic curves suggested that the extraction of carotenoids and vitamin C from the capsules occurs by the common mechanism with increasing efficiency as the component accumulates in the liquid phase. The obtained curves can be used to estimate the optimal extraction time, and the constants calculated from its can characterize the degree of the extraction of the components from the raw materials.

**Keywords:** carotenoids, vitamins, horse chestnut, extraction, Soxlet apparatus, extraction rate, capsule and seed.

**For citing:** Tayvorba A.D., Pozhidayeva S.D., Yankiv K.F. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2026, no. 1, pp. 249–256. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20260116935>.

### References

- Ovcharenko A.S., Rasulova Ye.A., Kondakova O.E., Ivanova O.V. *Pishchevaya promyshlennost'*, 2017, no. 12, pp. 53–57. (in Russ.).
- Nikitenko Ye.I., Korolev A.A., Kirpichenkova Ye.V. *Voprosy pitaniya*, 2016, vol. 85, no. S2, p. 208. (in Russ.).
- Chupakhina G.N., Maslennikov P.V., Skrypnik L.N. i dr. *Antioksidantnyye svoystva kul'turnykh rasteniy Kaliningradskoy oblasti*. [Antioxidant properties of cultivated plants of the Kaliningrad region]. Kaliningrad, 2016, 145 p. (in Russ.).
- Aver'yanova Ye.V., Rozhnov Ye.D., Shkol'nikova M.N. *Industriya pitaniya*, 2021, vol. 6, no. 4, pp. 93–101. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2021-6-4-10>. (in Russ.).
- Sokolova Ye.N., Yuraskina T.V., Borshcheva Yu.A. i dr. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2021, no. 3, pp. 291–300. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2021037439>. (in Russ.).
- Patent 2813186 (RU). 2024. (in Russ.).
- Smiryagin Ye.A., Gorchakova L.D., Yevdokimova S.A., Shakir I.V. *Uspekhi v khimii i khimicheskoy tekhnologii*, 2022, vol. 36, no. 12(261), pp. 109–111. (in Russ.).
- Nekhorosheva A.V., Nekhoroshev S.V., Drenin A.A. i dr. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2019, no. 2, pp. 251–259. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2019024341>. (in Russ.).
- Kozlova O.V., Velichkovich N.S., Fashutdinova Ye.R. i dr. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*, 2023, vol. 53, no. 4, pp. 680–688. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-4-2468>. (in Russ.).
- Brovko O.S., Sloboda A.A., Zhil'tsov D.V. i dr. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2023, no. 4, pp. 155–164. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20230412826>. (in Russ.).
- Musifulina V.M., Omarov M.M. *Vestnik Innovatsionnogo Yevraziyskogo universiteta*, 2021, no. 4(84), pp. 107–112. <https://doi.org/10.37788/2021-4/107-112>. (in Russ.).
- Chistyakova A.S., Dunilin A.D., Gudkova A.A. i dr. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya*, 2023, no. 3, pp. 130–136. (in Russ.).
- Patent 2310465 (RU). 2007. (in Russ.).
- Belov P.V., Kurkin V.A., Ryzhov V.M. *Sovremennyye tendentsii razvitiya tekhnologiy zdorov'yesberezeniya: sbornik trudov*. [Modern trends in the development of health-preserving technologies: collection of works]. Moscow, 2019, vol. 12, pp. 163–169. (in Russ.).
- Zurabyan S.E. *Nomenklatura prirodnykh soyedineniy: spravochnoye posobiye*. [Nomenclature of natural compounds: a reference guide]. Moscow, 2008, 204 p. (in Russ.).
- Kutsik R.V., Zuzuk B.M., D'yachok V.V. *Provizor*, 2002, no. 4, pp. 12–18. (in Russ.).
- Zharova O.G. *Standartizatsiya konskogo kashtana obyknovennogo (Aesculus hippocastanum L.) semyan i ekstrakta sukhogo na ikh osnove: avtoref. dis. ... kand. farm. nauk*. [Standardization of common horse chestnut (Aesculus hippocastanum L.) seeds and dry extract based on them: author's abstract. dis. ... candidate of pharmaceutical sciences]. Moscow, 2009, 27 p. (in Russ.).
- Kurchenko V.P., Sushinskaya N.V., Mayorova K.I. i dr. *Ekobiotekh*, 2021, vol. 4, no. 1, pp. 33–39. <https://doi.org/10.31163/2618-964X-2021-4-1-33-39>. (in Russ.).
- Belov P.V., Kurkin V.A., Ryzhov V.M. i dr. *Aspirantskiy vestnik Povolzh'ya*, 2019, no. 1-2, pp. 6–12. <https://doi.org/10.17816/2072-2354.2019.19.1.6-12>. (in Russ.).
- Postoyuk N.A. *Farmakognosticheskoye izucheniye i standartizatsiya kashtana konskogo obyknovennogo list'yev (Aesculus hippocastanum L.) i ekstrakta sukhogo na yego osnove: dis. ... kand. farm. nauk*. [Pharmacognostic study and

\* Corresponding author.

- standardization of horse chestnut leaves (*Aesculus hippocastanum* L.) and dry extract based on it: diss. ... Cand. of Pharmacological Sciences]. Moscow, 2013, 171 p. (in Russ.).
21. Alyabysheva Yu.S. *Studencheskaya nauka i XXI vek*, 2018, no. 2-1, pp. 19–21. (in Russ.).
  22. Kurkin V.A., Belov P.V., Ryzhov V.M. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal*, 2019, vol. 53, no. 2, pp. 47–51. <https://doi.org/10.30906/0023-1134-2019-53-2-47-51>. (in Russ.).
  23. Filatova A.V., Turayev A.S., Dzhurabayev D.T., Azimova L.B. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2024, no. 1, pp. 329–337. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20240112503>. (in Russ.).
  24. Patent 3238190 (US). 1966.
  25. Patent WO1999018984A1 (DE). 1999.
  26. Patent 2665630 (RU). 2018. (in Russ.).
  27. Patent 2290189 (RU). 2006. (in Russ.).
  28. Postoyuk N.A., Markaryan A.A., Dargayeva T.D., Sokol'skaya T.A. *Farmatsiya*, 2012, no. 4, pp. 32–33. (in Russ.).
  29. *GOST R 54058-2010. Produkty pishchevyye spetsializirovannyye i funktsional'nyye. Metod opredeleniya*. [GOST R 54058-2010. Specialized and functional food products. Determination method]. Moscow, 2019, 13 p. (in Russ.).
  30. Shlyk A.A. *Biokhimicheskiye metody v fiziologii rasteniy*. [Biochemical methods in plant physiology]. Moscow, 1971, pp. 154–170. (in Russ.).
  31. Hozhiyev R.M., Atakhanov Sh.N., Mamadzhyanov L., Mirabdullayev N.Kh. *Universum: tekhnicheskiye nauki*, 2021, no. 3-2(84), pp. 87–90. (in Russ.).
  32. Dubashinskaya N.V., Khishova O.M., Shimko O.M. *Vestnik farmatsii*, 2006, no. 4(34), pp. 62–72. (in Russ.).
  33. Tuchowska A., Janda-Milczarek K. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 2021, vol. 142, 112033. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.112033>.

Received February 22, 2025

Revised March 16, 2025

Accepted January 15, 2026

#### Сведения об авторах

Тайворба Анастасия Дмитриевна – магистрант,  
anastasiatajvorba67@gmail.com

Пожидаетева Светлана Дмитриевна – доцент,  
Pozhidaeva\_kursk@mail.ru

Янкив Карине Феликсовна – доцент, kari1508@mail.ru

#### Information about authors

Tayvorba Anastasia Dmitrievna – master's student,  
anastasiatajvorba67@gmail.com

Pozhidaeva Svetlana Dmitrievna – associate professor,  
Pozhidaeva\_kursk@mail.ru

Yankiv Karine Feliksovna – associate professor,  
kari1508@mail.ru