

## ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛОДОВ КАШТАНА КОНСКОГО ОБЫКНОВЕННОГО: ОПРЕДЕЛЕНИЕ САПОНИНОВ В СЕМЕНАХ И ОКОЛОПЛОДНИКАХ

С.О. Пустовит, канд. пед. наук, доцент

М.Д. Копытов, студент

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского  
(Россия, г. Калуга)

DOI:10.24412/2500-1000-2026-5-2-135-141

**Аннотация.** В публикации представлены результаты определения суммы сапонинов, применяемых в терапевтических целях, в плодах (семенах и околоплодниках) каштана конского обыкновенного. Авторами впервые проведено измерение данной группы сапонинов в околоплодниках выбранного объекта исследования. Установлено, что содержание сапонинов в околоплодниках превышает данное значение для семян в 1,2-1,3. Подтверждена гипотеза о возможности реализации комплексного подхода к использованию природного растительного сырья для извлечения сапонинов из разных частей плодов каштана конского обыкновенного для фармацевтических целей.

**Ключевые слова:** сапонины; природное растительное сырьё; фармацевтическая промышленность; плоды каштана конского обыкновенного.

Для медицинских целей применяют лекарственное растительное сырьё, богатое определёнными группами биологически активных веществ. Среди них особое место занимают сапонины. Они проявляют широкий спектр биологической активности: антиоксидантное, противовоспалительное действие, гемолитическая, антимикробная, противогрибковая активность и др. Поэтому лекарственные препараты на основе данной группы соединений широко применяют в медицине.

Растительное сырьё, применяемое для выделения сапонинов, является возобновляемым, но ограниченным ресурсом. Поэтому представленное исследование посвящено актуальной проблеме – направлено на изучение возможности комплексного использования плодов каштана конского обыкновенного, в том числе, в тех его частях, которые обычно относят к отходам, в частности, в околоплодниках.

При использовании природного растительного сырья для извлечения отдельных групп биологически активных веществ, применяемых в области фармации, всего используют отдельные части растений. Такой подход может быть обусловлен различными причинами, как экономическими, так и технологическими. Среди них – более низкое содержание ценного компонента в некоторых частях растения и

недостаточная изученность их химического состава. В то же время в связи с развитием научных технологий и изменением отношения к окружающей среде всё более востребованным является более полное выделение веществ из доступных источников при одновременном снижении отходов производства. Первым этапом такой работы является уточнение химического состава применяемого сырья на предмет содержания в нём определённых групп веществ.

**Цель работы:** подобрать оптимальные условия экстракции извлечения сапонинов из околоплодников каштана конского обыкновенного с последующим определением концентрации данной группы веществ в полученных экстрактах для оценки возможности использования данной части плодов для промышленного получения сапонинов.

### **Задачи исследования:**

- 1) подтвердить наличие сапонинов в объектах исследования;
- 2) выявить оптимальные условия экстракции сапонинов из околоплодника каштана конского обыкновенного;
- 3) определить содержание сапонинов в экстрактах, полученных из плодов и околоплодников каштана конского обыкновенного.

### **Материалы и методы исследования**

Исходные материалы для проведения исследования:

- плоды (семена и околоплодники) каштана конского обыкновенного (рис. 1), собранных в 2-х контрольных точках;



Рис. 1. Семена и околоплодники каштана конского обыкновенного

Исследуемое сырьё (объект исследования) представляет высушенные плоды каштана конского обыкновенного, собранные осенью 2024 и 2025 г. в 2-х местах: рядом со зданием КГУ им. К.Э. Циолковского (г. Калуга) и в районе железнодорожного вокзала (г. Обнинска). Данный объект исследования содержит повышенное количество сапонинов, в связи с чем его применяют для выделения данной группы веществ [1].

Предмет исследования: содержание сапонинов (в пересчёте на эсцигенин) в экстрактах, полученных из плодов и околоплодников каштана конского обыкновенного.

Методы исследования:

- теоретические – изучение научных публикаций, теоретический анализ и обобщение справочной и нормативно-технической литературы;

- экспериментальные – обнаружение сапонинов осуществлялось при помощи качественных реакций, предварительную оценку содержания сапонинов в сырье проводили на основе измерения пенного числа, количественное исследование выполняли методом фотометрии, расчёт содержания сапонинов выполняли с учётом влажности сырья, установленного автоматическим анализатором влагосодержания.

**Современное состояние проблемы исследования**

- исходные данные об особенностях химического строения, свойств, физиологическом действии, методах извлечения, качественного и количественного анализа растительного сырья на предмет содержания сапонинов.



Сапонины (от лат. *sapo* – «мыло») – сложные безазотистые органические соединения, представляющие собой гликозиды растительного происхождения с поверхностно-активными свойствами [5]. К физико-химическим свойства данной группы веществ относятся: поверхностная активность и пенообразование; стабилизация текстуры и вязкости растворов; амфифильная природа (гидрофобный агликон и гидрофильная сахарная часть). Поэтому для выделения сапонинов применяют водно-органические смеси, например, водно-спиртовые (экстрагенты – чаще всего водные растворы метанола и этанола) [3], а для их обнаружения – качественные реакции, в том числе, основанные на их физико-химических свойствах.

В составе различных частей каштана конского обыкновенного преобладает эсцин (рис. 2), который относится к группе тритерпеновых сапонинов [7]. Данный сапонин преобладает по содержанию в плодах каштана конского обыкновенного. Поэтому в представленном исследовании количественное исследование направлено на преимущественное извлечение данной группы веществ водно-этанольным раствором, а вычисления осуществляются в расчёте на производное эсцина – эсцигенин, образующийся после обработки извлечений раствором концентрированной серной кислоты.

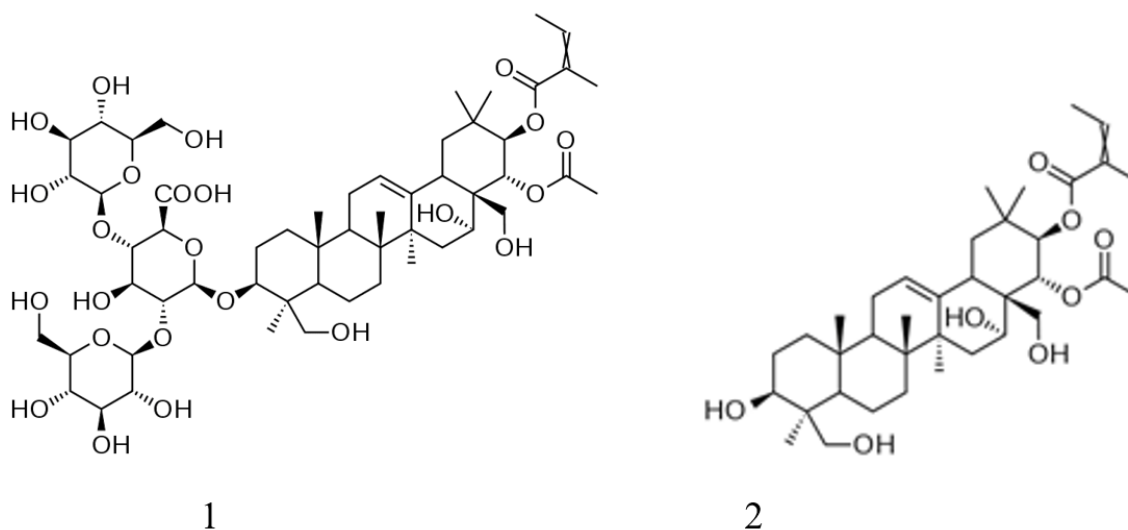


Рис. 2. Структурная формула эсцина (1) и эсцигенина (2) [8]

Для выявления сапонинов в сырье были получены водные извлечения из объектов исследования – из семян и околоплодников каштана конского обыкновенного. Для этого смесь измельченного сырья и экстрагента (соотношение «вода : сырьё» – 1:10) нагревали

на водяной бане в течение 10-15 мин., которую после охлаждения фильтровали через бумагу «синяя лента». С полученным раствором проводили качественные реакции [9] (рис. 3).

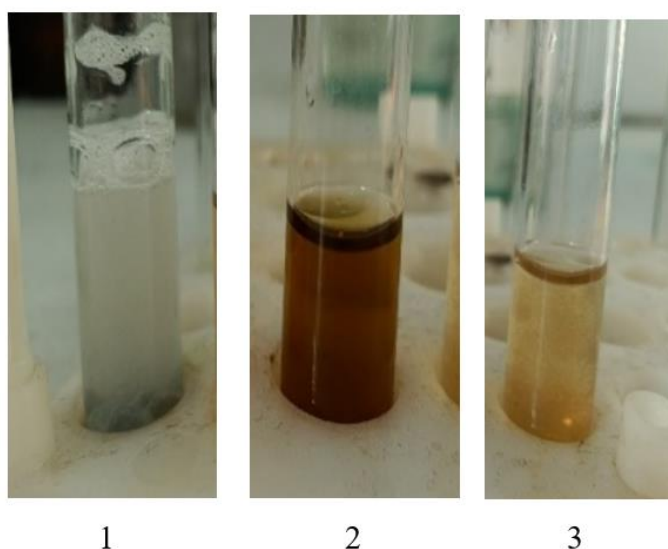


Рис. 3. Качественные реакции на сапонины:

1 – пенообразование; 2 – реакция Лафона; 3 – реакция с раствором ацетата свинца (II)

Методом Фонтан-Канделя (пенообразования) была определена химическая природа сапонинов. К 1 мл экстрактов в 2 пробирки добавили соответственно: в 1-ую – 0,5 н. раствор HCl, во 2-ую – 0,5 н. раствор NaOH. Содержимое пробирок сильно встряхнули. При этом тритерпеновые сапонины, содержащиеся

в извлечениях, образовали обильную стойкую пену как в щелочной, так и кислой средах.

Подтвердили содержание сапонинов в экстрактах реакцией Лафона: к 2 мл водного или водно-спиртового извлечения добавили 1 мл конц. раствора серной кислоты, 1 мл 96% водного раствора этилового спирта и 1 каплю 10% свежеприготовленного раствора сульфата

та железа (II). При нагревании появилось характерное для сапонинов сине-зелёное окрашивание.

Тритерпеновые сапонины осаждаются водным раствором ацетата свинца (II), что наблюдали в исследовании.

Далее было проведено определение пенного числа полученных экстрактов, которое представляет собой количественную характеристику пенообразующей способности раствора веществ (например, поверхностно-активных веществ). В настоящее время из-за низкой точности интерес к его определению

снизился, однако метод является наглядным для общей характеристики исследуемого сырья [6].

Для получения экстрактов в данном исследовании к 1,00 г сырья добавляли 100 мл воды, нагревали смесь на кипящей водяной бане в течение 15 мин., а затем охлаждали. Разбавление извлечений проводили в 2-50 раз.

Рассчитывается пенное число по формуле:  $\Pi = 100 \cdot K$ , где  $K$  – уровень разбавления [10] и оценивали его значение по шкале, приведённой ниже (табл. 1).

Таблица 1. Значения пенного числа для растворов сапонинов [10]

№ п/п	Значения пенного числа	Содержание сапонинов
1	< 2000	низкое
2	2000-5000	среднее
3	> 5000	высокое

При разбавлении в 50 раз все образцы давали пену, устойчивую в течение 1 мин. (рис. 4). Таким образом, было установлено: пенное число для извлечений для семян и

околоплодников в исследованных образцах превышает более 5000, что подтверждает повышенное содержание сапонинов в сырье.



Рис. 4. Определение пенного числа экстрактов

Далее было проведено уточнения условий предварительной подготовки растительного сырья для извлечения сапонинов из околоплодников: были установлены гидромодуль и время экстракции.

Количественное исследование проводили по следующей методике [11]. Растительное сырьё измельчали до порошкообразного состояния. Навеску сырья помещали в коническую колбу, добавляли к навеске 150 мл 40% водно-этанольного раствора. Коническую колбу закрывали обратным воздушным холо-

дильником и проводили экстракцию на водяной бане в течение 15, 30, 45 и 60 мин. (в соответствии с методикой). Экстракт фильтровали в мерные колбы объёмом 200 мл через бумажный фильтр марки «синяя лента». Аликвоту 10 мл выпаривали в фарфоровой чашке. Остаток растворяли в смеси для гидролиза Килиани и переносили в мерную колбу на 200 мл, нагревали её на водяной бане 2 ч. После смесь разбавляли в 2 раза водой, осадок отфильтровывали. Осадок на фильтре промывали водой, растворяли в горячем 40% водном

растворе этанола и переносили в мерную колбу на 25 мл. Измерение осуществляли с использованием фотометра КФК-3-01 ЗОМЗ ( $l = 10$  мм,  $\lambda = 325$  нм) в виду его доступности и простоте применения.

Расчёт концентрации тритерпеновых сапонинов ( $x$ , %) осуществляли в пересчёте на эсцигенин (рис. 5) (продукт кислотного гидролиза) по формуле:

$$x = \frac{D \cdot 200 \cdot 25 \cdot 5 \cdot 100\%}{225,45 \cdot a \cdot 10 \cdot 1 \cdot (100 - \omega)},$$

где:  $D$  – оптическая плотность исследуемых экстрактов;  $a$  – масса сырья, г;  $\omega$  – потеря в массе при высушивании, %.

Для определения гидромодуля в соответствии с приведённой выше методикой на аналитических весах брали навески сырья в 1,00, 2,00, 3,00 и 4,00 г. К ним добавляли по 150 мл экстрагента (40% водный раствор этанола).

Для первых 3-х навесок получили низкие значения оптической плотности – около 0,1 и

менее (табл. 2). Поэтому для них не осуществляли расчёт концентрации сапонинов. В области выполнения закона Бугера-Ламберта-Бера находится значение оптической плотности для навески в 4,00 г. Полученное значение гидромодуля (сырьё – экстрагент – 1 : 1,4) применили на следующих этапах эксперимента. Результаты показали, что лучший результат даёт 4 г, что соответствует соотношению –  $m$  (сырья) :  $V$ (экстрагента) = 1:4.

Таблица 2. Определение гидромодуля

№ п/п	Сухое сырьё, г	Экстрагент, мл	Значение гидромодуля	Оптическая плотность (A)	C (сапонинов), %
1	0,9201	150	1:2	0,097	- (значение A ниже пределов обнаружения, поэтому не подходит для эксперимента)
2	1,8410	150	1:8	0,114	
3	2,7603	150	1:5	0,127	
4	3,6831	150	1:4	0,538	1,62 (применяем в эксперименте)

Для определения времени экстракции получали извлечение из навески сырья (2024 г. сбора) в 4,00 г и 150 мл экстрагента, варьировали время экстракции: 15, 30, 45 и 60 мин. Оптимальным оказалось проведение процесса в течение 30 мин. (рис. 5), что соответствует времени экстракции сапонинов из семян.

Снижение концентрации сапонинов при более длительном нагревании приводит к окислению сапонинов (визуально сначала наблюдается снижение интенсивности окраски раствора, а затем – её усиление с одновременным изменением оттенка раствора (рис. 6).

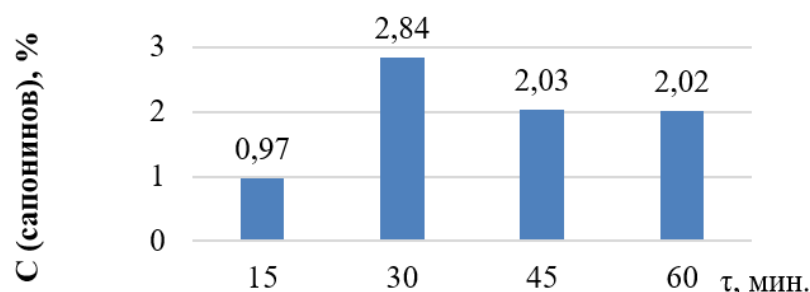


Рис. 5. Извлечение сапонинов в зависимости от времени экстракции

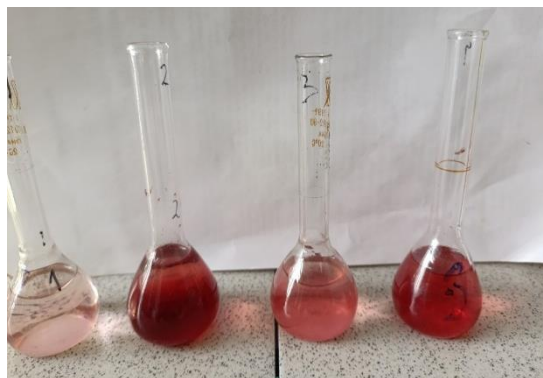


Рис. 6. Визуальная оценка интенсивности окраски экстрактов из околоплодников: нагревание в течение 15, 30, 45 и 60 мин. (слева – направо)

Результаты измерения сапонинов в семенах и околоплодниках (с одних и тех же мест сбора в 2025 г.) представлены на рисунке 7. В

плодах исследованных деревьев содержание сапонинов в околоплодниках больше, чем в семенах, соответственно, в 1,3 и 1,2 раза.

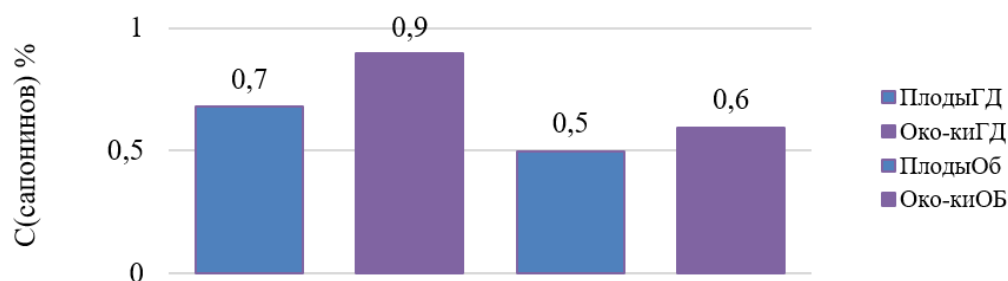


Рис. 7. Содержание сапонинов в семенах и околоплодниках, собранных в г. Калуге (ГД) и Обнинске (ОБ)

Среднее содержание сапонинов по литературным данным в семенах каштана конского обыкновенного – около 3% [2]. Данные по содержанию сапонинов в околоплоднике в научной литературе отсутствуют, однако отмечается, что содержание выше, чем в семенах. Исследованные экстракты отличаются значениями ниже среднего, что можно объяснить колебаниями температуры в летней сезон.

#### Результаты исследования

1. Качественным анализом подтверждено содержание сапонинов в семенах и околоплодниках каштана конского обыкновенного. Методом определения пенного числа установлено, что содержание сапонинов в около-

плодниках – более 5000 (по условной шкале – высокое).

2. Оптимальное время получения экстрактов из околоплодников – 30 мин., значение гидромодуля «сырьё : экстрагент» – 1:1,4.

3. Содержание сапонинов в экстрактах, полученных из плодов и околоплодников каштана конского обыкновенного, собранных в двух контрольных точках, составляет: в плодах – 0,5-1,9%, в околоплодниках – 0,8-2,7%, что ниже среднего содержания (около 3%), что обусловлено климатическими условиями места и года сбора сырья. Полученные результаты позволяют предположить возможность использования околоплодников каштана конского обыкновенного наряду с его семенами.

#### Библиографический список

1. Бутова С.Н. Перспективы использования сапонинов в пищевой и косметической промышленности (обзор) / С.Н. Бутова, В.А. Сальникова // Вестник РАЕН. – 2015. – Т. 15, № 1. – С. 82-84.

2. ФС.2.5.0117 Конского каштана обыкновенного семени. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/2/2-3/konskogo-kashtana-obyknovennogo-semena/>.

3. Сапонины: классификация, биологические свойства и перспективы использования в медицине / Е.Е. Курдюков, Ю.А. Селезнева, А.В. Митишев [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. – 2024. – № 9(147). – DOI 10.60797/IRJ.2024.147.2. – EDN ISHDWA.
4. Журов Д.О. Состав, биологические свойства, получение и применение сапонинов в ветеринарной медицине и животноводстве / Д.О. Журов, И.Н. Громов, А.В. Буйновская // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2025. – № 1(56). – С. 47-52. – EDN ATCLKS.
5. Сапонины. Википедия. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Сапонины>.
6. Фаттахова Г.А. Сапонины как биологически активные вещества растительного происхождения / Г.А. Фаттахова, А.В. Канарский // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17, № 3. – С. 196-202. – EDN RXMGEM.
7. Шерякова Ю.А. Идентификация и количественное определение тритерпеновых сапонинов синюхи методом ВЭЖХ / Ю.А. Шерякова, О.М. Хишова // Вестник фармации. – 2015. – № 1(67). – С. 69-77. – EDN TQSSIF.
8. Эсцин (Aescinum): описание. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rlsnet.ru/active-substance/escin-235>.
9. Качественный анализ сырья, содержащего сапонины. Раздел 2. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/17090755/page:2/>.
10. Химический анализ ЛРС, содержащего сапонины. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/1786071/page:30/>.
11. Спектрофотометрическое определение суммы сапонинов в плодах дерезы китайской *Lucium chinense mill* / Я.П. Моисеев, Е.Е. Курдюков, А.В. Митишев [и др.] // Химия растительного сырья. – 2021. – № 2. – С. 123-128. – DOI 10.14258/jcprm.2021028771. – EDN SKPNHG.

#### **ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF A COMPREHENSIVE THE USE OF HORSE CHESTNUT FRUITS: DETERMINATION OF SAPONINS IN SEEDS AND PERICARP**

**S.O. Pustovit**, *Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor*

**M.D. Копытов**, *Student*

**Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky**  
(Russia, Kaluga)

**Abstract.** *The publication presents the results of determining the amount of saponins used for therapeutic purposes in the fruits (seeds and pericarp) of the horse chestnut. For the first time, the authors measured this group of saponins in the pericarp of the selected study object. It was found that the saponin content in the pericarp exceeds this value for seeds by 1.2-1.3 times. The hypothesis about the possibility of implementing an integrated approach to the use of natural plant raw materials for the extraction of saponins from different parts of the horse chestnut fruit for pharmaceutical purposes has been confirmed.*

**Keywords:** *saponins; natural plant raw materials; pharmaceutical industry; horse chestnut fruits.*