Обзорная статья / Review article

УДК 615.322

https://doi.org/10.33380/2305-2066-2025-14-3-2024

Check for updates

CC BY 4.0

Дурнишник обыкновенный (*Xanthium strumarium* L.): химические компоненты и биологическая активность (обзор)

Н. С. Попков✉, В. Д. Замыслова, М. Н. Повыдыш

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБОУ ВО СПХФУ Минздрава России). 197022, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 14, литера А

✉ **Контактное лицо:** Попков Никита Сергеевич. **E-mail:** nikita.popkov@spcpu.ru

ORCID: Н. С. Попков – https://orcid.org/0009-0008-2103-4206;
В. Д. Замыслова – https://orcid.org/0009-0008-4869-3287;
М. Н. Повыдыш – https://orcid.org/0000-0002-7768-9059.

Статья поступила: 28.01.2025 **Статья принята в печать:** 27.06.2025 **Статья опубликована:** 27.06.2025

Резюме

Введение. Вопрос достаточности природных ресурсов лекарственных растений в настоящее время становится все более острым. Это является причиной исследования возможности применения инвазивных растений в качестве источников биологически активных веществ. *Xanthium strumarium* L. – растение семейства *Asteraceae*, сорное растение, распространенное практически по всему земному шару и обладающее многокомпонентным составом. Его применение в терапии различного рода патологий активно освещается в научной литературе. Проблема использования дурнишника обыкновенного в условиях современной доказательной медицины приобретает все большее значение.

Текст. В настоящей статье рассмотрен химический состав дурнишника обыкновенного на основе исследований, опубликованных с 2005 по 2022 гг. Подробно освещен состав эфирного масла, выступающего в качестве одного из основных компонентов, проведено сравнение компонентного состава эфирного масла различных хемотипов дурнишника, собранных в разных регионах мира. Рассмотрены данные о составе флавоноидов, фенилпропаноидов и стероидов, алкалоидов, жирных масел, смол, полисахаридов, аминокислот, витаминов, гликозидов и других соединений. Приведены структуры основных химических компонентов, характерных для дурнишника обыкновенного. В работе приведены данные об экспериментально подтвержденных видах биологической активности. Рассматривается опыт применения экстрактов дурнишника в исследованиях антибактериальной, противогрибковой, сколицидной и антитрипаносомной активности. Кроме того, представлена информация об экспериментально подтвержденных видах биологической активности: противодиабетической, противоопухолевой, противовоспалительной, антиоксидантной и обезболивающей.

Заключение. На основании данных литературы можно рассматривать *Xanthium strumarium* L. не только как инвазивный и сорный вид, активно распространившийся практически по всему земному шару, но и как потенциальное лекарственное растение с богатым химическим составом.

Ключевые слова: дурнишник обыкновенный, химические компоненты, биологическая активность, эфирное масло, флавоноиды

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. Н. С. Попков – сбор и обработка литературных данных, подготовка текста статьи. В. Д. Замыслова – сбор литературных данных. М. Н. Повыдыш – обсуждение результатов, разработка концепции исследования.

Для цитирования: Попков Н. С., Замыслова В. Д., Повыдыш М. Н. Дурнишник обыкновенный (*Xanthium strumarium* L.): химические компоненты и биологическая активность. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2025;14(3):60–70. https://doi.org/10.33380/2305-2066-2025-14-3-2024

Xanthium strumarium L.: chemical components and biological activity (review)

Nikita S. Popkov✉, Valeria D. Zamyslova, Maria N. Povydysh

Saint-Petersburg State Chemical and Pharmaceutical University. 14A, Prof. Popova str., Saint-Petersburg, 197022, Russia

© Попков Н. С., Замыслова В. Д., Повыдыш М. Н., 2025
© Popkov N. S., Zamyslova V. D., Povydysh M. N., 2025

✉ **Corresponding author:** Nikita S. Popkov. **E-mail:** nikita.popkov@spcpu.ru

ORCID: Nikita S. Popkov – https://orcid.org/0009-0008-2103-4206;
Valeria D. Zamyslova – https://orcid.org/0009-0008-4869-3287;
Maria N. Povydysh – https://orcid.org/0000-0002-7768-9059.

Received: 28.01.2025 **Accepted:** 27.06.2025 **Published:** 27.06.2025

Abstract

Introduction. The issue of the sufficiency of natural resources of medicinal plants is currently becoming more and more acute. This is the reason for investigating the possibility of using invasive plants as sources of biologically active substances. *Xanthium strumarium* L. is a plant of the *Asteraceae* family, weed plant that is widespread almost all over the globe and has a multicomponent composition. Its use in the treatment of various pathologies is actively covered in scientific literature. The problem of using Common Cocklebur in the context of modern evidence-based medicine is becoming increasingly important.

Text. This article examines the chemical composition of common cocklebur based on studies published from 2005 to 2022. The composition of the essential oil as one of the main components is described in detail, and the comparison of the essential oil component composition of various chemotypes of cocklebur collected in different regions of the world is considered. Data on the composition of flavonoids, phenylpropanoids and steroids, alkaloids, fatty oils, resins, polysaccharides, amino acids, vitamins, glycosides and other compounds is considered. The structures of the main chemical components characteristic of the common cocklebur are given. The article presents data on experimentally confirmed types of biological activity. The experience of using cocklebur extracts in studies of antibacterial, antifunginal, scolicidal and antitrypanosomal activities is considered. In addition, information is provided on experimentally confirmed types of biological activity: antidiabetic, antitumor, anti-inflammatory, antioxidant and analgesic.

Conclusion. Based on the literature date, *Xanthium strumarium* L. can be considered not only as an invasive and polluting species that has actively spread almost all over the globe, but also as a potential medicinal plant with a rich chemical composition.

Keywords: common cocklebur, chemical components, biological activity, essential oil, flavonoids

Conflict of interest. The authors declare that they have no obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Contribution of the authors. Nikita S. Popkov – collection and processing of literary data, preparation of the text of the article. Valeria D. Zamyslova – collection of literary data. Maria N. Povydysh – discussion of the results, development of research components.

For citation: Popkov N. S., Zamyslova V. D., Povydysh M. N. *Xanthium strumarium* L.: chemical components and biological activity. *Drug development & registration*. 2025;14(3):60–70. (In Russ.) https://doi.org/10.33380/2305-2066-2025-14-3-2024

ВВЕДЕНИЕ

Инвазивными в настоящее время принято называть виды растений, распространение которых за пределы мест естественного обитания угрожает биологическому разнообразию местных видов. Подобные растения способны конкурировать с местными растениями, а также подавлять прорастание их семян. Однако стоит отметить, что, несмотря на агрессивность распространения, такие виды могут содержать потенциально ценные биологически активные соединения. В таком случае их обильная биомасса становится преимуществом, поскольку представляет богатую ресурсную базу для получения природных соединений.

Одним из таких растений является дурнишник обыкновенный (*Xanthium strumarium* L.), распространившийся по большей части Евразии, а также встречающийся в северных частях Африки (на территории Египта) и на островах Океании. В Российской Федерации растение встречается как сорное в основном в южных и умеренных широтах, редко заходя на северные территории.

Xanthium strumarium относится к семейству астровых (*Asteraceae*) и является однолетним травянистым растением. Его родиной принято считать Центральную или Южную Америку [1]. Растение достигает в высоту 30–50 см [2] (в некоторых случаях до 140 см [3]), имеет прямостоячие ветвистые стебли, часто с пурпурными пятнами, опушенные короткими белыми волосками. Листья зеленые или серовато-зеленые, очередные, черешковые, длиной 5–20 см и шириной 4–16 см, трехлопастные и, подобно стеблю, шершаво-опушенные. Край лопастей надрезанно-зубчатый [4]. Цветки дурнишника трубчатые, мелкие, зеленоватые или желтоватые. Женские цветки собраны пучками и располагаются у оснований черешков листьев, тогда как мужские собраны в плотные шаро-

видные головки на концах ветвей. Плоды представляют собой гладкие овальные семянки, заключенные в твердую колючую оболочку. Цветение обычно наблюдается с июня по август.

Дурнишник обыкновенный издавна используется в традиционной китайской медицине. Он применялся для лечения лейкодермии, укусов ядовитых насекомых, эпилепсии, малярии, ревматизма, диареи, туберкулеза, артрита, проказы, различных бактериальных и грибковых инфекций, кожных заболеваний и др. [5].

Химические компоненты

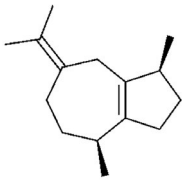
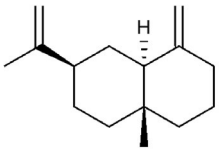
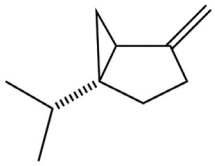
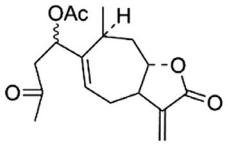
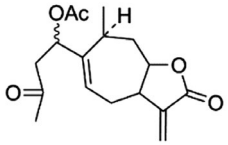
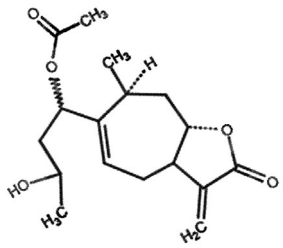
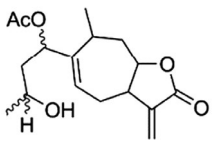
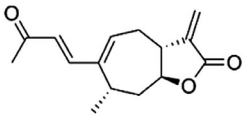
Подобное обилие эффектов возможно объяснить богатым химическим составом данного растения. В дурнишнике, согласно литературным данным, были найдены эфирное масло, алкалоиды, фенолкарбоновые кислоты, сапонины, стероиды, флавоноиды, витамин С, жирные масла, дубильные вещества, полисахариды, свободные аминокислоты, смолы, гликозиды, тиазиды. Сообщается о наличии в некоторых частях растения йода [2, 6].

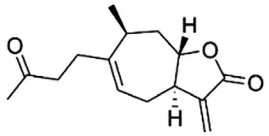
Эфирное масло дурнишника обыкновенного, собранного в различных регионах, подвергали анализу с применением газовой хроматографии и масс-спектрометрии. Было показано, что основными компонентами масла образцов из Ирана являются цис-β-гвайен (34,2 %), лимонен (20,3 %), борнеол (11,6 %), борнилацеатат (4,5 %), β-кубебен (3,8 %), сабинен (3,6 %), фитол (3,1 %), β-селинен (2,8 %), камфен (2,2 %), α-кубебен (2,4 %), β-кариофиллен (1,9 %), α-пинен (1,8 %) и ксантинин (1,04 %). Доминирующим компонентом образцов эфирного масла из Бразилии также является цис-β-гвайен (79,6 %), тогда как другое исследование «иранского» масла свидетельствовало, что оно содержит в наибольших количествах борнилацетат (19,5 %), лимонен (15,0 %) и β-селинен (10,1 %) [6–9]. Кроме того, доминирующими сесквитерпеновыми лактонами являются гваяковые и секогваяковые, важным активным компонентам которых являются ксантанолиды. Исследователями были обнаружены ксантинин, ксантумин, ксантанол, ксантанола ацетат, изоксантанол, ксантуманол, ксантатин, ксантинозин и другие производные данных соединений (таблица 1).

При исследовании эфирного масла дурнишника, собранного в Египте, было выявлено, что оно по химическому составу наиболее близко к бразильскому образцу, поскольку в обоих образцах сесквитерпеноиды были доминирующим классом соединений (72,4 % в египетском образце и 88,13 % в бразильском) [10]. Таким образом, показано, что состав эфирного масла сильно варьирует в зависимости от региона произрастания, что объясняется главным образом различными условиями окружающей среды, в том числе сменой сезонов, возрастом и стадией развития растений, температурой и влажностью, атмосферным давлением и др.

Таблица 1. Наименования и структурные формулы некоторых компонентов эфирного масла дурнишника

Table 1. Names and structural formulas of some components of cocklebur essential oil

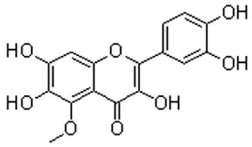
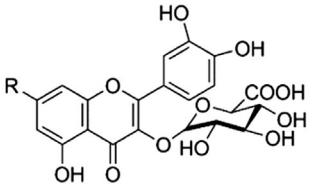
Наименование Name	Формула Formula
β-гвайен β-guaiene	
β-селинен β-selinene	
Сабинен Sabinene	
Ксантинин Xanthinin	
Ксантумин Xanthumin	
Ксантанол Xanthanol	
Ксантуманол Xanthumanol	
Ксантатин Xanthatin	

Наименование Name	**Формула** Formula
Ксантинозин Xanthinosin	

В траве дурнишника обыкновенного были обнаружены такие флавоноиды, как ононин, кверцетин, аллопатулетин, патулетин-3-глюкуронид, кверцетин-3-О-глюкуронид, формононетин (таблица 2) [11].

Таблица 2. Наименование и структурные формулы флавоноидов дурнишника обыкновенного

Table 2. Name and structural formulas of the flavonoids of Common cocklebur

Наименование Name	**Структурная формула** Structural formula
Аллопатулетин Allopatuletin	
Патулетин-3-глюкуронид R=OH Patuletin-3-glucuronide R=OH	

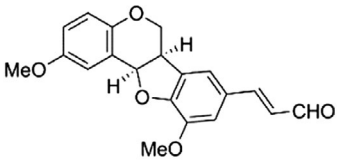
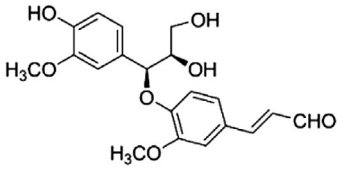
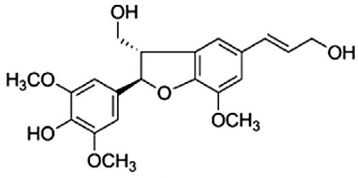
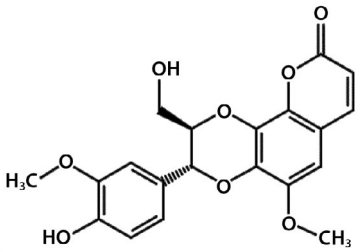
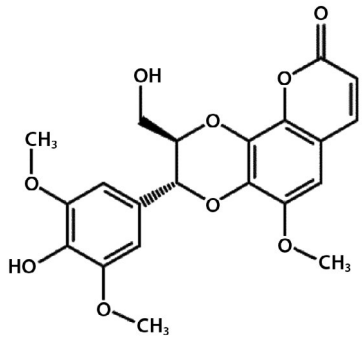
В литературе упоминается также наличие в траве дурнишника лигнанов и кумаринов. Так, были выявлены лигнаны диоспирозин, баланофонин А, сирингарезинол, пинорезинол, (-)-симуланол и др. С их наличием авторы связывают проявление в эксперименте противовоспалительного эффекта экстрактов дурнишника. Также из сырья впервые были изолированы 4 кумарина: скополетин, ятроцин В, клеомискозин А и клеомискозин С (таблица 3) [11].

Некоторые исследования также указывают на наличие в дурнишнике стероидных соединений. Так, в 2010 г. были получены β-ситостенон, β-ситостерол, даукостерол и другие [11, 12]. Позднее, в дополнение к вышеуказанным соединениям, были идентифицированы стигмастерол, эргостерол, тараксастерилацетат и другие [11].

Среди химических соединений, обнаруженных в дурнишнике обыкновенном, есть также и фенилпропаноиды. Из фенольных кислот обнаружены кофейная, феруловая, протокатехиновая, хлорогеновая и др. Кроме того, выделены тринадцать кофеилхинных кислот, в том числе 1,3,5-три-О-кафеилхинная, 1,5-ди-О-кофеилхинная кислота, метиловый эфир неохлорогеновой кислоты, 1,3-ди-О-кофеилхинная кислота и другие соединения. В дополнение к вышеуказанным обнаружены фенилпропаноиды ксантиумнолы A, B, C, D и E [11].

Таблица 3. Некоторые формулы лигнанов и кумаринов

Table 3. Formulas of lignans and coumarins

Наименование Name	**Формула** Formula
Диоспирозин Diospyrosin	
Баланофонин А Balanophonin A	
(-)-симуланол (-)-simulanol	
Клеомискозин А Cleomiscosin A	
Клеомискозин С Cleomiscosin C	

Как упоминалось выше, исследователи находили еще и тиазиды. Таковыми оказались ксантиазон, 2-гидроксиксантиазон и другие [6, 13].

В двадцатом веке из сырья дурнишника был получен токсичный гликозид, вначале получивший наименование «AA_2», а затем названный атрактилозид. Позднее к нему добавился еще один токсичный ком-

понент – карбоксиатрактилозид [11]. Из-за вышеуказанных компонентов применение дурнишника в лечебных целях ограничено. Для снижения содержания атрактилозида и карбоксиатрактилозида было предложено применять нагревание сырья при постоянном перемешивании. Однако при чрезмерном нагревании уменьшается не только содержание токсичных компонентов, но и целевых БАВ [11, 14].

В соответствии с китайской фармакопеей обработку сырья следует продолжать до момента изменения его цвета на желтый. При подобном подходе судить о качестве обработки сырья возможно только исходя из навыков конкретных специалистов. Следует понимать, что цвет сырья является весьма субъективной органолептической характеристикой, что может привести к ошибке, связанной с человеческим фактором. Поэтому некоторые исследователи предлагают использование компьютерного зрения для более точной и полной очистки. В соответствии с таким исследованием было определено, что при обработке в течение 7 мин улетучивается максимальное количество токсических компонентов при наименьших потерях целевых соединений [14].

Биологическая активность

Как упоминалось выше, дурнишник обыкновенный проявляет весьма широкий спектр фармакологических эффектов вследствие разнообразия биологически активных компонентов, содержащихся в сырье. Некоторые экспериментально подтвержденные виды биологической активности следует рассмотреть подробнее.

Прежде всего важный вклад в фармакологическую активность сырья дурнишника вносит эфирное масло. Было показано антибактериальное и противогрибковое действие, а также сколицидная активность эфирного масла. Для анализа применяли метод диффузии в агар. Компоненты эфирного масла дурнишника значительно ингибировали развитие как грамм-положительных (*Staphylococcus aureus* и *Bacillus subtilis*), так и грамм-отрицательных (*Klebsiella pneumoniae*) бактерий. Минимальная ингибирующая концентрация для *S. aureus, B. subtilis* и *K. pneumoniae* составила $0,5 \pm 0,1$ мкг/мл, $1,3 \pm 0,0$ и $4,8 \pm 0,0$ мкг/л соответственно, что говорит о наибольшей чувствительности *S. aureus*. При этом минимальная ингибирующая концентрация для *Pseudomonas aeruginosa* оказалась весьма большой ($20,5 \pm 0,3$ мкг/л), что свидетельствует об устойчивости данного микроорганизма к компонентам эфирного масла. В плане противогрибковой активности масло показало высокую эффективность против *Aspergillus niger* и *Candida albicans*, при воздействии на которые минимальная ингибирующая концентрация составила $34,3 \pm 0,0$ и $35,2 \pm 0,0$ мкг/мл соответственно [6, 15]. Схожие выводы об эффективности экстрактов дурнишника делают и другие авторы [16, 17].

При анализе действия эфирного масла на протосколии *Echinococcus granulosus* было выявлено, что процент смертности прямо пропорционален времени воздействия и концентрации эфирного масла. Так, наибольшая смертность наблюдалось при концентрации 20 мкг/мл и воздействии в течение 60 мин [6].

Другие исследования (Шерер и др., 2010) демонстрируют, что при испытаниях экстрактов и эфирного масла дурнишника на *S. aureus, Escherichia coli, P. aeruginosa, Salmonella typhimurium* и *Clostridium perfringens* наибольшую резистентность продемонстрировали последние два вида, в то время как наибольшую чувствительность проявили бактерии вида *S. aureus* [7, 18].

При изучении действия эфирного масла и экстрактов *X. strumarium* против метицилин-чувствительных (MSSA) и метицилин-устойчивых (MRSA) *S. aureus* обе субстанции оказались эффективными в обоих случаях, однако большее подавление проявилось у метицелин-чувствительных клеток [19].

Согласно исследованиям E. Nibret и др. (2011), *X. strumarium* проявлял эффекты и в отношении внеклеточного паразита *Trypanosoma brucei brucei* – подвида возбудителя такого опасного заболевания человека, как африканский трипаносомоз (сонная болезнь) или трипаносомоз животных (нагану). Данный подвид вызывает лишь болезни животных. Анализ действия индивидуальных БАВ, выделенных из листьев дурнишника, выявил наибольший трипаноцидный эффект у ксантатина с $IC_{50} = 2,63$ мкг/мл. К тому же было выявлено, что, в отличие от стандартных фармакологических средств против животного трипаносомоза – диминазенацетурата и этидия бромида, ксантатин не влияет на структуры ДНК паразита, что свидетельствует об отличном механизме действия и иной мишени воздействия [20].

Рядом авторов проводились исследования влияния экстрактов дурнишника обыкновенного на уровень сахара в крови и массу тела животных с аллоксаниндуцированным диабетом. При испытании экстрактов в дозах 250 и 500 мг/кг веса мышей было выявлено существенное снижение веса у особей с диабетом при отсутствии значимых изменений в массе тела здоровых мышей. Такой эффект авторы связывают с действием флавоноидной и/или терпеноидной фракции водного экстракта дурнишника вследствие их потенцирования действия инсулина и увеличения поглощения глюкозы клетками. Исследование также показало значительное снижение уровня глюкозы в крови животных с аллоксаниндуцированным диабетом при действии экстрактов дурнишника обеих концентраций. При этом значимое снижение уровня глюкозы у здоровых мышей наблюдалось лишь при введении экстрактов в высоких дозах (500 мг/кг). Авторы выдвигают предположение, что такие эффекты экстракта могут быть связаны с сесквитерпеновым лактоном, предположительно ксантанолидом,

механизм действия которого может быть схож с механизмом действия глибенкламида – лекарственного средства, применяемого в стандартной терапии сахарного диабета второго типа. Таким образом, экстракт дурнишника демонстрирует дозозависимый гипогликемический эффект, что объясняет его активное применение в китайской медицине при лечении диабета [21]. Опыты других исследователей также показали значительное снижение уровня глюкозы в крови под влиянием экстрактов дурнишника [22].

Согласно литературным данным, *X. strumarium* демонстрирует противоопухолевую активность. Так, Ирвинг Рамирез-Эроза и др. [23] исследовали активность гексанового, метанольного экстрактов, а также двух водных экстрактов (один был получен при комнатной температуре, другой – при кипячении) против трех различных линий клеток рака человека: WiDr ATCC (толстый кишечник), MDA-MB-231 ATCC (молочная железа) и NCI-417 (легкие). В исследовании оценивалась активность различных частей растения, в том числе плодов дурнишника. Для линии клеток WiDr наибольшую цитотоксичность проявили гексановый и хлороформный экстракты *X. strumarium*, а наименьшую – водный экстракт, показав процент смертности клеток 99,1; 95,7 и 40,6 % от общего числа соответственно. В отношении MDA-MB-231 наиболее эффективными оказались также гексановый (99,1 %) и хлороформный (95,8 %) экстракты, а наименее – также водный экстракт (2,7 %). Против линии NCI-417 эффективными оказались также гексановый (99,2 %) и хлороформный (95,0 %) экстракты, при этом водный экстракт оказался наиболее эффективен среди трех линий клеток (76,7 %). Таким образом наибольшую цитотоксичность проявили хлороформный и гексановый экстракты. При этом для хлороформного экстракта дурнишника обыкновенного IC_{50} составила 3,3; 6,2 и 0,1 мкг/мл для WiDr, MDA-MB-231 и NCI-417 соответственно. При изучении активности индивидуальных химических компонентов сырья дурнишника – ксантантина и ксантинозина была выявлена IC_{50}, составившая для линии клеток рака толстого кишечника $6,15 \pm 0,07$ и $2,65 \pm 0,07$ мкг/мл соответственно и для линии клеток рака молочной железы – $13,9 \pm 1,13$ и $4,8 \pm 0,56$ мкг/мл соответственно.

Анализ противораковой активности этанольного и хлороформного экстрактов дурнишника обыкновенного, собранного на Кубе, показал, что в целом хлороформное извлечение проявляет значительно большую эффективность по сравнению с этанольным в отношении линий CT26 (мышиная карцинома толстой кишки), MDA MB 231 (клеточная линия рака молочной железы человека), MCF7 (эпителиоподобная клеточная линия, полученная из инвазивной аденокарциномы протоков молочной железы человека) и A549 (аденокарциномные альвеолярные базальные эпителиальные клетки человека). Наибольшую цитотоксичность оба извлечения проявили в отношении клеток линии CT26 ($IC_{50} = 58,9 \pm 3,2$ и $25,3 \pm 1,4$ мкг/мл для этанольного и хлороформного экстрактов соответственно). Следует отметить, что в данной работе IC_{50} для MDA MB 231 составила $61,2 \pm 1,0$ и $53,3 \pm 2,3$ мкг/мл для этанольного и хлороформного извлечений соответственно [24].

В других работах проводили исследование активности экстрактов *X. strumarium* в отношении клеточной линии раковой опухоли печени HepG2 (HB-8065). Клетки подвергались воздействию экстрактов в четырех концентрациях: 40, 60, 80 и 100 мкг/мл. Показано, что экстракт снижал процент выживаемости раковых клеток при повышении концентрации, а IC_{50} составила 81,69 мкг/мл, что в сравнении с лекарственным средством камптотецином (ингибитор топоизомеразы, применяющийся для лечения различных видов рака) является весьма слабым показателем ($IC_{50} = 0,079$ мкг/мл). Через 60 ч воздействия экстракта на раковые клетки наблюдались признаки апоптоза с изменением морфологии клетки. Вышеуказанные результаты свидетельствуют о наличии у *X. strumarium* противораковой активности [25]. Результаты представленного исследования подтверждаются и другими учеными [26, 27].

Другая область фармакологического действия дурнишника относится к противовоспалительным свойствам. Так, изучен характер действия метанольного экстракта дурнишника обыкновенного на клетки, в которых продукция одного из медиаторов воспаления – оксида азота (II) (NO) – была индуцирована воздействием липополисахаридов. В результате эксперимента выявлено, что при значительном увеличении продукции NO в результате воздействия липополисахаридов метанольный экстракт ингибировал его продукцию, демонстрируя дозозависимый эффект. IC_{50} при вышеуказанных условиях составила 67,32 мг/мл [28]. Оксид азота II синтезируется тремя различными формами нитрооксидсинтазы: нейрональной, эндотелиальной и индуцибельной (макрофагальной) (iNOS), причем первые две экспрессируются конститутивно, в то время как индуцибельная экспрессируется в ответ на интерферон G, липополисахариды и ряд провоспалительных цитокинов [28, 29]. В данном случае увеличение содержания индуцибельной нитрооксидсинтазы свидетельствует о протекающем воспалительном процессе, а снижение ее уровня – о подавлении воспалительного процесса. В результате метанольный экстракт *X. strumarium* продемонстрировал активность в подавлении данного фермента [28, 30].

Подобно вышеуказанным эффектам, метанольный экстракт продемонстрировал высокую ингибирующую способность в отношении PGE_2 и ЦОГ-2 как основных медиаторов воспаления, синтезированных в ответ на действие липополисахаридов. Эффект был дозозависимым [28]. Метанольный экстракт дурнишника также значительно снижал вызванный каррагинаном отек задних лап у крыс [28]. Кроме того, есть

данные о снижении активности другого фермента, отвечающего за синтез медиаторов воспаления, – 5-липооксигеназы – под действием ксантатина [20]. В других работах с использованием ингибирования липополисахаридов и моделирования воспаления на животных метанольный экстракт из листьев *X. strumarium* проявил противовоспалительный эффект как *in vivo*, так и *in vitro* [31]. Также описан ингибирующий эффект метанольного экстракта корней дурнишника в отношении ядерного фактора кВ (NF-кВ) и преобразователя сигнала и активатора транскрипции 3 (STAT 3) в мышиных макрофагах [32]. В 2015 г. было показано, что водный экстракт плодов дурнишника обыкновенного способен подавлять активацию NF-кВ, ингибировать фосфорилирование таких элементов сигнальных путей воспаления, как митогенактивирующие протеинкиназы (MAPK), N-концевые (терминальные) киназы c-Jun, а также усиливать экспрессию HO-1 (гемоксигеназы-1), которая значительно снижает активность индуцибельной нитрооксидсинтазы, тем самым уменьшая воспаление [33, 34]. Позднее было обнаружено новое соединение – производное фенилпропаноидов ксантиумнол Е, проявлявшее активное ингибирующие действие на продукцию оксида азота, индуцированную липополисахаридами [35].

Аллергический ринит в настоящее время является одним из самых распространенных заболеваний развивающихся и развитых стран, которое проявляется заложенностью носа, чиханием, зудом в носу, ринореей и вызывается реакциями, опосредованными иммуноглобулином Е [36]. В целом ряде исследований изучалась эффективность извлечений из дурнишника обыкновенного против данного заболевания. Так, в одном из исследований проводили тест пассивной кожной анафилаксии и тест Шульца – Дейла, в результате которых была выявлена высокая эффективность экстракта из плодов *X. strumarium*, содержащего кофеилхинные кислоты. При этом извлечения данного растения оказались способны снизить проявление симптомов аллергического ринита у крыс и ингибировать высвобождение гистамина в тучных клетках костного мозга, что позволяет говорить о высоком потенциале применения дурнишника в терапии симптомов аллергического ринита [37].

Кроме противовоспалительных эффектов, метанольные экстракты дурнишника в эксперименте проявляли обезболивающий эффект. Эксперименты проводили *in vivo* (на мышах) с применением двух тестов: теста на сокращение мышц брюшной полости при воздействии уксусной кислоты и теста «Горячая пластина». Результаты выявили корреляцию «доза – эффект» при дозах 100 и 200 мг/кг, а тест «Горячая пластина» продемонстрировал значительное увеличение латентности реакции мышей (прыжок) при применении экстракта в тех же дозах. Указанные результаты могут свидетельствовать о периферических или центрально опосредованных обезболивающих свойствах [28].

В результате оценки антиоксидантных свойств эфирного масла дурнишника была выявлена весьма низкая способность к удалению радикалов DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил), IC_{50} = 321,93 мкл/л (для сравнения: у аскорбиновой кислоты IC_{50} = 35,07 мкл/л). Столь слабая активность может быть связана с отсутствием способности терпеноидов выступать донорами водорода, а также с содержанием монотерпеноидов и сесквитерпеноидов в качестве основных компонентов масла [10]. В другой работе проводился анализ различных экстрактов (гексановый, хлороформный, водный, этилацетатный и суммарный неочищенный) на наличие антиоксидантной активности как *in vitro*, так и *in vivo*. В отношении радикалов DPPH наибольшую эффективность показал этилацетатный экстракт (IC_{50} = 0,017 ± 0,0004 мг/мл), за которым следуют водный, неочищенный экстракты. Самый слабый эффект показал хлороформный экстракт (IC_{50} = 0,234 ± 0,017 мг/мл), при этом неочищенный экстракт показал себя на одном уровне эффективности с синтетическим антиоксидантом бутилатгидрокситолуолом (BHT), использованным в качестве препарата сравнения (IC_{50} составила 0,084 ± 0,0004 мг/мл для экстракта и 0,087 ± 0,001 мг/мл для BHT). В ходе испытания в системе β-каротин / линолевая кислота наибольшую антиоксидантную активность продемонстрировал неочищенный экстракт (76,66 %), близкую к нему активность продемонстрировал этилацетатный экстракт (71,66 %), наименьшую активность, подобно предыдущему анализу, продемонстрировал хлороформный экстракт (22,06 %). Эти же исследователи оценили восстанавливающую активность вышеперечисленных экстрактов, в результате чего выявили картину, идентичную первому опыту с DPPH: наибольшую эффективность проявлял этилацетатный экстракт, за ним следовали водный, неочищенный и хлороформный. При этом эффективная концентрация EC_{50} этилацетатной фракции оказалась близка к значению для аскорбиновой кислоты, использовавшейся в качестве стандарта (0,017 ± 0,00015 и 0,015 ± 0,0004 мг/мл соответственно), что свидетельствует о весьма высокой восстанавливающей способности соединений данного экстракта [38]. Значимый эффект в отношении уровня DPPH также оказал метанольный экстракт [39, 40].

В той же работе проводилось исследование антиоксидантной активности *in vivo*, причем маркерами выступали каталазная активность, содержание малонового диальдегида (МДА) (как результат перекисного окисления липидов) и глютатиона (GSH) (используется в качестве ко-субстрата для удаления перекиси водорода). Было показано, что лишь при высоких концентрациях неочищенного экстракта дурнишника (400 и 600 мг/кг) проявлялась каталазная активность, близкая к аскорбиновой кислоте (стандарт), а также провоцировалось снижение

концентрации МДА и увеличивалось содержание глутатиона [38]. Все вышеуказанные результаты свидетельствуют о потенциально высокой антиоксидантной активности сырья *X. strumarium*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учитывая проанализированные данные литературы, можно рассматривать *Xanthium strumarium* L. не только как инвазивный и сорный вид, активно распространившийся практически по всему земному шару, но и как потенциальное лекарственное растение с богатым химическим составом. Число классов химических соединений, обнаруженных в дурнишнике, объясняет обилие исследований в области фитохимии данного вида, а также заинтересованность научного сообщества в осуществлении дальнейших фитохимических исследований. Кроме того, наличие флавоноидов, сесквитерпеновых лактонов, эфирного масла, алкалоидов, фенолкарбоновых кислот и ряда других соединений открывает значительный фармакологический потенциал сырья дурнишника как противомикробного, противовоспалительного, противоаллергического и противоопухолевого средства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ullah R., Khan N., Hewitt N., Ali K., Jones D. A., Khan M. E. H. Invasive Species as Rivals: Invasive Potential and Distribution Pattern of *Xanthium strumarium* L. *Sustainability*. 2022;14(12):7141. DOI: 10.3390/su14127141.
2. Морозова Л. В. Дурнишник обыкновенный, колючий и беловатый: ботаническое описание и перспективы их применения в фармации. В сб.: Конференция «Инновации и перспективы современной науки. Естественные науки». 09–31 января 2018. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет»; 2018. С. 222–225.
3. Масляков В. Ю., Зайко Л. Н., Гудкова Н. Ю., Кунакова Н. А., Журба О. В., Фадеев Н. Б. Полевые экспедиционные исследования лекарственных растений в ВИЛАРЕ (2008–2015). В сб.: Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию ВИЛАР «Биологические особенности лекарственных и ароматических растений и их роль в медицине». 23–25 июня 2016. Москва: Щербинская типография; 2016. С. 118–125.
4. Бушуева Г. Р. Дурнишник обыкновенный (Xanthium strumarium) –перспективный источник биологически активных соединений (обзор). Вопросы обеспечения качества лекарственных средств. 2017;2:36–46.
5. Chavan S. T., Kulkarni A. U. Morphological and Phytochemical Studies on Xanthium strumarium L. *Plantae Scientia*. 2021;4(6):287–290. DOI: 10.32439/ps.v4i6.287-290.
6. Sharifi-Rad J., Hoseini-Alfatemi S., Sharifi-Rad M., Sharifi-Rad M., Iriti M., Sharifi-Rad M., Sharifi-Rad R., Raeisi S. Phytochemical compositions and biological activities of essential oil from Xanthium strumarium L. *Molecules*. 2015;20(4):7034–7047. DOI: 10.3390/molecules20047034.
7. Scherer R., Wagner R., Meireles M. A. A., Godoy H. T., Duarte M. C. T., Filho J. T. Biological activity and chemical composition of hydrodistilled and supercritical extracts of *Xanthium strumarium* L. leaves. *Journal of Essential Oil Research*. 2010;22(5):424–429. DOI: 10.1080/10412905.2010.9700363.
8. Esmaeili A., Rustaiyan A., Akbari M. T., Moazami N., Masoudi S., Amiri H. Composition of the essential oils of *Xanthium strumarium* L. and *Cetaurea solstitialis* L. from Iran. *Journal of Essential Oil Research*. 2006:18(4):427–429. DOI: 10.1080/10412905.2006.9699131.
9. Shkondrov A., Krasteva I., Kozuharova E., Ionkova I. Chemical composition of essential oil in fruits of *Xanthium strumarium* L. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*. 2021;35(1):1474–1479. DOI: 10.1080/13102818.2021.1986426.
10. El-Gawad A. A., Elshamy A., El Gendy A. E.l-N., Gaara A., Assaeed A. Volatiles profiling, allelopathic activity, and antioxidant potentiality of Xanthium strumarium leaves essential oil from Egypt: Evidence from chemometrics analysis. *Molecules*. 2019;24(3):584. DOI: 10.3390/molecules24030584.
11. Fan W., Fan L., Peng C., Zhang Q., Wang L., Li L., Wang J., Zhang D., Peng W., Wu C. Traditional uses, botany, phytochemistry, pharmacology, pharmacokinetics and toxicology of *Xanthium strumarium* L.: A review. *Molecules*. 2019;24(2):359. DOI: 10.3390/molecules24020359.
12. Kan S., Chen G., Han C., Chen Z., Song X., Ren M., Jiang H. Chemical constituents from the roots of *Xanthium sibiricum*. *Natural Product Research*. 2011;25(13):1243–1249. DOI: 10.1080/14786419.2010.539182.
13. Yen P. H., Hoang N. H., Trang D. T., Huong P. T. T., Tai B. H., Nhiem N. X., Kiem P. V. A New Thiazinedione Glycoside From the Fruits of *Xanthium strumarium* L. *Natural Product Communications*. 2021;16(7):1934578X211032082. DOI: 10.1177/1934578X211032082.
14. Fan W. Xu Q., Wang L., Li L., Wang J., Wei Z., Fan L., Zhang D., Peng W., Wu C. Prediction of chemical component contents of the fruit of *Xanthium strumarium* L. during processing based on a computer vision system combined with a support vector machine. *Analytical Methods*. 2019;11(25):3260–3268. DOI: 10.1039/C9AY00637K.
15. Ghahari S., Alinezhad H., Nematzadeh G. A., et al. Biochemical composition, antioxidant and biological activities of the essential oil and fruit extract of Xanthium strumarium Linn. from Northern Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 2017;19(7):1603–1616.
16. Beyatli A. Phytochemical analysis and antioxidant, antimicrobial, and cytotoxic activities of *Xanthium strumarium* L. (Asteraceae). *Turkish Journal of Biology*. 2025;49(1):127–137. DOI: 10.55730/1300-0152.2730.
17. Zazharskyi V. V., Brygadyrenko V. V., Boyko O. O., Bilan M. V., Zazharska N. M. Antibacterial and anthelmintic activities of Xanthium strumarium (Asteraceae) extracts. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2024;15(1):129–133. DOI: 10.15421/022419.
18. Sharifi-Rad J., Soufi L., Ayatollahi S. A. M., Iriti M., Sharifi-Rad M., Varoni E. M., Shahri F., Esposito S., Kuhestani K., Sharifi-Rad M. Anti-bacterial effect of essential oil from Xanthium strumarium against shiga toxin-producing Escherichia coli. *Cellular and Molecular Biology*. 2016;62(9):69–74.
19. Rad J. S., Alfatemi S. M. H., Rad M. S., Iriti M. In-vitro antioxidant and antibacterial activities of Xanthium strumarium L. extracts on methicillin-susceptible and methicillin-resistant Staphylococcus aureus. *Ancient Science of Life*. 2013;33(2):109–113.

20. Nibret E., Youns M., Krauth-Siegel R. L., Wink M. Biological activities of xanthatin from Xanthium strumarium leaves. *Phytotherapy Research*. 2011;25(12):1883–1890. DOI: 10.1002/ptr.3651.
21. Mouhamad R., Allami R. H., Qader K. O., Faraj I. M., Aa S. Evaluate the influence of Xanthium strumarium L. Extract on blood sugar levels in healthy and diabetic mice. *Journal of Clinical Cases & Reports*. 2022;2:72-81. DOI: 10.46619/joccr.2022.5-2.1109.
22. Shaheen A., Akram S., Sharif S., Rashid A., Adnan A., Mushtaq M. Fractionation of *Xanthium strumarium* L. foliage phenolics, *in-vitro* antioxidant activities, and *in-vivo* anti-diabetic potential. *Frontiers in Chemistry*. 2023;11:1279729. DOI: 10.3389/fchem.2023.1279729.
23. Ramírez-Erosa I., Huang Y., Hickie R. A., Sutherland R. G., Barl B. Xanthatin and xanthinosin from the burs of *Xanthium strumarium* L. as potential anticancer agents. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*. 2007;85(11):1160–1172. DOI: 10.1139/Y07-104.
24. Ferrer J. P., Zampini I. C., Cuello A. S., Francisco M., Romero A., Valdivia D., Gonzalez M., Salas C., Sanchez Lamar A., Isla M. I. Cytotoxic compounds from aerial organs of Xanthium strumarium. *Natural Product Communications*. 2016;11(3):371–374.
25. Ly H. T., Truong T. M., Nguyen T. T. H., Nguyen H. D., Zhao Y., Le V. M. Phytochemical screening and anticancer activity of the aerial parts extract of Xanthium strumarium L. on HepG2 cancer cell line. *Clinical Phytoscience*. 2021;7:14. DOI: 10.1186/s40816-021-00252-w.
26. Tong C., Chen R.-H., Liu D.-C., Zeng D.-S., Liu H. Chemical constituents from the fruits of *Xanthium strumarium* and their antitumor effects. *Natural Product Communications*. 2020;15(8):1934578X20945541. DOI: 10.1177/1934578X20945541.
27. Al-Mekhlafi F. A., Abutaha N., Mashaly A. M. A., Nasr F. A., Ibrahim K. E., Wadaan M. A. Biological activity of *Xanthium strumarium* seed extracts on different cancer cell lines and *Aedes caspius*, *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2017;24(4):817–821. DOI: 10.1016/j.sjbs.2016.07.003.
28. Kim I.-T., Park Y.-M., Won J.-H., Jung H.-J., Park H.-J., Choi J.-W., Lee K.-T. Methanol extract of *Xanthium strumarium* L. possesses anti-inflammatory and anti-nociceptive activities. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*. 2005;28(1):94–100. DOI: 10.1248/bpb.28.94.
29. Абатуров А. Е., Волосовец А. П., Борисова Т. П. Активированные азотсодержащие метаболиты организма человека при заболеваниях органов дыхания. Генераторы и генерация (часть 1). *Теоретическая медицина*. 2015;6(66):147–152.
30. Khuda F., Iqbal Z., Khan A., Zakiullah, Shah Y., Ahmad L., Nasir F., Hassan M., Ismail, Shah W. A. Evaluation of anti-inflammatory activity of selected medicinal plants of Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2014;27(2):365–368.
31. Hossen M. J., Cho J. Y., Kim D. PDK1 in NF-κB signaling is a target of Xanthium strumarium methanolic extract-mediated anti-inflammatory activities. *Journal of Ethnopharmacology*. 2016;190:251–260. DOI: 10.1016/j.jep.2016.06.019.
32. Ju A., Cho Y.-C., Cho S. Methanol extracts of Xanthium sibiricum roots inhibit inflammatory responses via the inhibition of nuclear factor-κB (NF-κB) and signal transducer and activator of transcription 3 (STAT3) in murine macrophages. *Journal of Ethnopharmacology*. 2015;174:74–81. DOI: 10.1016/j.jep.2015.07.038.
33. Yeom M., Kim J.-H., Min J.-H., Hwang M. K., Jung H.-S., Sohn Y. Xanthii fructus inhibits inflammatory responses in LPS-stimulated RAW 264.7 macrophages through suppressing NF-κB and JNK/p38 MAPK. *Journal of Ethnopharmacology*. 2015;176:394–401. DOI: 10.1016/j.jep.2015.11.020.
34. Jiang H., Jiang H., Yang L., Xing X. D., Yan M. L., Guo X. Y., Su X. L., Sun Y. P., Yang B. Y., Wang Q. H., Kuang H. X. Chemical constituents of terpenoids from *Xanthium strumarium*. *Chinese Traditional Patent Medicine*. 2018;40:2461–2466.
35. Hossen M. J., Kim M.-Y., Cho J. Y. MAPK/AP-1-targeted anti-inflammatory activities of *Xanthium strumarium*. *The American Journal of Chinese Medicine*. 2016;44(6):1111–1125. DOI: 10.1142/S0192415X16500622.
36. Bousquet J., Anto J. M., Bachert C., Baiardini I., Bosnic-Anticevich S., Canonica G. W., Melén E., Palomares O., Scadding G. K., Togias A., Toppila-Salmi S. Allergic rhinitis. *Nature Reviews Disease Primers*. 2020;6(1):95. DOI: 10.1038/s41572-020-00227-0.
37. Peng W., Han P., Yu L., Chen Y., Ye B., Qin L., Xin H., Han T. Anti-allergic rhinitis effects of caffeoylquinic acids from the fruits of *Xanthium strumarium* in rodent animals *via* alleviating allergic and inflammatory reactions. *Revista Brasileira de Farmacognosia*. 2019;29(1):46–53. DOI: 10.1016/j.bjp.2018.10.004.
38. Guemmaz T., Zerargui F., Boumerfeg S., Arrar L., Aouachria S., Khennouf S., Charef N., Baghiani A. Anti-hemolytic, anti-lipid peroxidation, antioxidant properties and acute toxicity of Xanthium strumarium leaves extracts. *Annual Research & Review in Biology*. 2018;24(3):1–12. DOI: 10.9734/ARRB/2018/40024.
39. Ingawale A. S., Sadiq M. B., Nguyen L. T., Ngan T. B. Optimization of extraction conditions and assessment of antioxidant, α-glucosidase inhibitory and antimicrobial activities of *Xanthium strumarium* L. fruits. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2018;14:40–47. DOI: 10.1016/j.bcab.2018.02.004.
40. Malpani M. O., Rajput P. R., Chinchole K. V., Kapse S. S., Ambarkar K. S. Phytochemical screening and antioxidant activity of extracts of Xanthium strumarium, Chrysanthemum and their mixture. *Rasayan Journal of Chemistry*. 2019;12(4):1901–1908. DOI: 10.31788/RJC.2019.1245447.

REFERENCES

1. Ullah R., Khan N., Hewitt N., Ali K., Jones D. A., Khan M. E. H. Invasive Species as Rivals: Invasive Potential and Distribution Pattern of *Xanthium strumarium* L. *Sustainability*. 2022;14(12):7141. DOI: 10.3390/su14127141.
2. Morozova L. V. Common, prickly and whitish cocklebur: botanical description and prospects of their use in pharmacy. In: Conference "Innovations and Prospects of Modern Science. Natural Sciences". 9–31 January 2018. Astrakhan: Publishing House "Astrakhanskii universitet"; 2018. P. 222–225. (In Russ.)
3. Maslyakov V. Yu., Zaiko L. N., Gudkova N. Yu., Kunakova N. A., Zhurba O. V., Fadeev N. B. Field expeditionary studies of medicinal plants in VILAR (2008–2015). In: Collection of scientific papers of the International scientific and practical conference dedicated to the 85th anniver-

sary of VILAR "Biological features of medicinal and aromatic plants and their role in medicine". 23–25 June 2016. Moscow: Shcherbinskaya tipografiya; 2016. P. 118–125. (In Russ.)
4. Bushueva G. R. Xanthium strumarium – a promising source of biologically active compounds (review). *Voprosy obespecheniia kachestva lekarstvennykh sredstv*. 2017;2:36–46. (In Russ.)
5. Chavan S. T., Kulkarni A. U. Morphological and Phytochemical Studies on Xanthium strumarium L. *Plantae Scientia*. 2021;4(6):287–290. DOI: 10.32439/ps.v4i6.287-290.
6. Sharifi-Rad J., Hoseini-Alfatemi S., Sharifi-Rad M., Sharifi-Rad M., Iriti M., Sharifi-Rad M., Sharifi-Rad R., Raeisi S. Phytochemical compositions and biological activities of essential oil from Xanthium strumarium L. *Molecules*. 2015;20(4):7034–7047. DOI: 10.3390/molecules20047034.
7. Scherer R., Wagner R., Meireles M. A. A., Godoy H. T., Duarte M. C. T., Filho J. T. Biological activity and chemical composition of hydrodistilled and supercritical extracts of *Xanthium strumarium* L. leaves. *Journal of Essential Oil Research*. 2010;22(5):424–429. DOI: 10.1080/10412905.2010.9700363.
8. Esmaeili A., Rustaiyan A., Akbari M. T., Moazami N., Masoudi S., Amiri H. Composition of the essential oils of *Xanthium strumarium* L. and *Cetaurea solstitialis* L. from Iran. *Journal of Essential Oil Research*. 2006:18(4):427–429. DOI: 10.1080/10412905.2006.9699131.
9. Shkondrov A., Krasteva I., Kozuharova E., Ionkova I. Chemical composition of essential oil in fruits of *Xanthium strumarium* L. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*. 2021;35(1):1474–1479. DOI: 10.1080/13102818.2021.1986426.
10. El-Gawad A. A., Elshamy A., El Gendy A. E.l-N., Gaara A., Assaeed A. Volatiles profiling, allelopathic activity, and antioxidant potentiality of Xanthium strumarium leaves essential oil from Egypt: Evidence from chemometrics analysis. *Molecules*. 2019;24(3):584. DOI: 10.3390/molecules24030584.
11. Fan W., Fan L., Peng C., Zhang Q., Wang L., Li L., Wang J., Zhang D., Peng W., Wu C. Traditional uses, botany, phytochemistry, pharmacology, pharmacokinetics and toxicology of *Xanthium strumarium* L.: A review. *Molecules*. 2019;24(2):359. DOI: 10.3390/molecules24020359.
12. Kan S., Chen G., Han C., Chen Z., Song X., Ren M., Jiang H. Chemical constituents from the roots of *Xanthium sibiricum*. *Natural Product Research*. 2011;25(13):1243–1249. DOI: 10.1080/14786419.2010.539182.
13. Yen P. H., Hoang N. H., Trang D. T., Huong P. T. T., Tai B. H., Nhiem N. X., Kiem P. V. A New Thiazinedione Glycoside From the Fruits of *Xanthium strumarium* L. *Natural Product Communications*. 2021;16(7):1934578X211032082. DOI: 10.1177/1934578X211032082.
14. Fan W. Xu Q., Wang L., Li L., Wang J., Wei Z., Fan L., Zhang D., Peng W., Wu C. Prediction of chemical component contents of the fruit of *Xanthium strumarium* L. during processing based on a computer vision system combined with a support vector machine. *Analytical Methods*. 2019;11(25):3260–3268. DOI: 10.1039/C9AY00637K.
15. Ghahari S., Alinezhad H., Nematzadeh G. A., et al. Biochemical composition, antioxidant and biological activities of the essential oil and fruit extract of Xanthium strumarium Linn. from Northern Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 2017;19(7):1603–1616.
16. Beyatli A. Phytochemical analysis and antioxidant, antimicrobial, and cytotoxic activities of *Xanthium strumarium* L. (Asteraceae). *Turkish Journal of Biology*. 2025;49(1):127–137. DOI: 10.55730/1300-0152.2730.
17. Zazharskyi V. V., Brygadyrenko V. V., Boyko O. O., Bilan M. V., Zazharska N. M. Antibacterial and anthelmintic activities of Xanthium strumarium (Asteraceae) extracts. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2024;15(1):129–133. DOI: 10.15421/022419.
18. Sharifi-Rad J., Soufi L., Ayatollahi S. A. M., Iriti M., Sharifi-Rad M., Varoni E. M., Shahri F., Esposito S., Kuhestani K., Sharifi-Rad M. Anti-bacterial effect of essential oil from Xanthium strumarium against shiga toxin-producing Escherichia coli. *Cellular and Molecular Biology*. 2016;62(9):69–74.
19. Rad J. S., Alfatemi S. M. H., Rad M. S., Iriti M. In-vitro antioxidant and antibacterial activities of Xanthium strumarium L. extracts on methicillin-susceptible and methicillin-resistant Staphylococcus aureus. *Ancient Science of Life*. 2013;33(2):109–113.
20. Nibret E., Youns M., Krauth-Siegel R. L., Wink M. Biological activities of xanthatin from Xanthium strumarium leaves. *Phytotherapy Research*. 2011;25(12):1883–1890. DOI: 10.1002/ptr.3651.
21. Mouhamad R., Allami R. H., Qader K. O., Faraj I. M., Aa S. Evaluate the influence of Xanthium strumarium L. Extract on blood sugar levels in healthy and diabetic mice. *Journal of Clinical Cases & Reports*. 2022;2:72-81. DOI: 10.46619/joccr.2022.5-2.1109.
22. Shaheen A., Akram S., Sharif S., Rashid A., Adnan A., Mushtaq M. Fractionation of *Xanthium strumarium* L. foliage phenolics, *in-vitro* antioxidant activities, and *in-vivo* anti-diabetic potential. *Frontiers in Chemistry*. 2023;11:1279729. DOI: 10.3389/fchem.2023.1279729.
23. Ramírez-Erosa I., Huang Y., Hickie R. A., Sutherland R. G., Barl B. Xanthatin and xanthinosin from the burs of *Xanthium strumarium* L. as potential anticancer agents. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*. 2007;85(11):1160–1172. DOI: 10.1139/Y07-104.
24. Ferrer J. P., Zampini I. C., Cuello A. S., Francisco M., Romero A., Valdivia D., Gonzalez M., Salas C., Sanchez Lamar A., Isla M. I. Cytotoxic compounds from aerial organs of Xanthium strumarium. *Natural Product Communications*. 2016;11(3):371–374.
25. Ly H. T., Truong T. M., Nguyen T. T. H., Nguyen H. D., Zhao Y., Le V. M. Phytochemical screening and anticancer activity of the aerial parts extract of Xanthium strumarium L. on HepG2 cancer cell line. *Clinical Phytoscience*. 2021;7:14. DOI: 10.1186/s40816-021-00252-w.
26. Tong C., Chen R.-H., Liu D.-C., Zeng D.-S., Liu H. Chemical constituents from the fruits of *Xanthium strumarium* and their antitumor effects. *Natural Product Communications*. 2020;15(8):1934578X20945541. DOI: 10.1177/1934578X20945541.
27. Al-Mekhlafi F. A., Abutaha N., Mashaly A. M. A., Nasr F. A., Ibrahim K. E., Wadaan M. A. Biological activity of *Xanthium strumarium* seed extracts on different cancer cell lines and *Aedes caspius*, *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2017;24(4):817–821. DOI: 10.1016/j.sjbs.2016.07.003.
28. Kim I.-T., Park Y.-M., Won J.-H., Jung H.-J., Park H.-J., Choi J.-W., Lee K.-T. Methanol extract of *Xanthium stru-*

marium L. possesses anti-inflammatory and anti-nociceptive activities. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*. 2005;28(1):94–100. DOI: 10.1248/bpb.28.94.

29. Abaturov A. E., Volosovets A. P., Borysova T. P. Activated nitrogen-containing metabolites of the human body in respiratory diseases. Generators and generation (part 1). *Theoretical Medicine*. 2015;6(66):147–152. (In Russ.)
30. Khuda F., Iqbal Z., Khan A., Zakiullah, Shah Y., Ahmad L., Nasir F., Hassan M., Ismail, Shah W. A. Evaluation of anti-inflammatory activity of selected medicinal plants of Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2014;27(2):365–368.
31. Hossen M. J., Cho J. Y., Kim D. PDK1 in NF-κB signaling is a target of Xanthium strumarium methanolic extract-mediated anti-inflammatory activities. *Journal of Ethnopharmacology*. 2016;190:251–260. DOI: 10.1016/j.jep.2016.06.019.
32. Ju A., Cho Y.-C., Cho S. Methanol extracts of Xanthium sibiricum roots inhibit inflammatory responses via the inhibition of nuclear factor-κB (NF-κB) and signal transducer and activator of transcription 3 (STAT3) in murine macrophages. *Journal of Ethnopharmacology*. 2015;174:74–81. DOI: 10.1016/j.jep.2015.07.038.
33. Yeom M., Kim J.-H., Min J.-H., Hwang M. K., Jung H.-S., Sohn Y. Xanthii fructus inhibits inflammatory responses in LPS-stimulated RAW 264.7 macrophages through suppressing NF-κB and JNK/p38 MAPK. *Journal of Ethnopharmacology*. 2015;176:394–401. DOI: 10.1016/j.jep.2015.11.020.
34. Jiang H., Jiang H., Yang L., Xing X. D., Yan M. L., Guo X. Y., Su X. L., Sun Y. P., Yang B. Y., Wang Q. H., Kuang H. X. Chemical constituents of terpenoids from *Xanthium strumarium*. *Chinese Traditional Patent Medicine*. 2018;40:2461–2466.
35. Hossen M. J., Kim M.-Y., Cho J. Y. MAPK/AP-1-targeted anti-inflammatory activities of *Xanthium strumarium*. *The American Journal of Chinese Medicine*. 2016;44(6):1111–1125. DOI: 10.1142/S0192415X16500622.
36. Bousquet J., Anto J. M., Bachert C., Baiardini I., Bosnic-Anticevich S., Canonica G. W., Melén E., Palomares O., Scadding G. K., Togias A., Toppila-Salmi S. Allergic rhinitis. *Nature Reviews Disease Primers*. 2020;6(1):95. DOI: 10.1038/s41572-020-00227-0.
37. Peng W., Han P., Yu L., Chen Y., Ye B., Qin L., Xin H., Han T. Anti-allergic rhinitis effects of caffeoylquinic acids from the fruits of *Xanthium strumarium* in rodent animals *via* alleviating allergic and inflammatory reactions. *Revista Brasileira de Farmacognosia*. 2019;29(1):46–53. DOI: 10.1016/j.bjp.2018.10.004.
38. Guemmaz T., Zerargui F., Boumerfeg S., Arrar L., Aouachria S., Khennouf S., Charef N., Baghiani A. Anti-hemolytic, anti-lipid peroxidation, antioxidant properties and acute toxicity of Xanthium strumarium leaves extracts. *Annual Research & Review in Biology*. 2018;24(3):1–12. DOI: 10.9734/ARRB/2018/40024.
39. Ingawale A. S., Sadiq M. B., Nguyen L. T., Ngan T. B. Optimization of extraction conditions and assessment of antioxidant, α-glucosidase inhibitory and antimicrobial activities of *Xanthium strumarium* L. fruits. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2018;14:40–47. DOI: 10.1016/j.bcab.2018.02.004.
40. Malpani M. O., Rajput P. R., Chinchole K. V., Kapse S. S., Ambarkar K. S. Phytochemical screening and antioxidant activity of extracts of Xanthium strumarium, Chrysanthemum and their mixture. *Rasayan Journal of Chemistry*. 2019;12(4):1901–1908. DOI: 10.31788/RJC.2019.1245447.