

ЛИТЕРАТУРА

1. Микотоксины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/mycotoxins>. – Дата доступа: 19.02.2024.
2. Тутельян В.А., Кравченко Л.В. Микотоксины (медицинские и биологические аспекты). – М. : Медицина, 1985. – 320 с.
3. Бирюк, Е.Н. Микотоксины. контроль качества продуктов питания / Е.Н. Бирюк // Сб. науч. тр. РУП «Институт мясо-молочной промышленности». – Мн. : РУП «Институт мясо-молочной промышленности», 2011. – Вып. 5: Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. – С. 239-247
4. Рекомендация коллегии евразийской экономической комиссии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=F01900281>. – Дата доступа: 19.02.2024.

АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА КЫСТ-АЛЬ-ХИНДИ ANTIBACTERIAL PROPERTIES OF *SAUSSUREA COSTUS*

С. А. Барута, Н. В. Богданова
S. A. Baruta, N. V. Bogdanova

Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
г. Минск, Республика Беларусь
sveta.image-dragons22@yandex.ru

*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus*

В работе представлены выводы о биологической активности кыст-аль-хинди с уклоном на антибактериальные свойства и действие основных активных химических соединений, таких как сесквитерпеновые лактоны, флавоноиды, фенолы и терпеноиды на определенные виды бактерий. Для определения состава и оценки активности в исследованиях используются различные методики и экстракты *S. Costus*. Наиболее употребляемыми для определения состава являются водные, спиртовые и гексан-хлороформные экстракты, каждый из которых обладает индивидуальным методом к ингибированию роста и размножения бактерий, а для оценки антибактериального действия используется метод дисковой диффузии с различными концентрациями экстрактов. Самыми эффективными оказались экстракты с концентрациями 200 и 500 мг/мл. Глубокое изучение *S. Costus* позволит использовать его в разработке новых фармакологических препаратов.

This work includes conclusions about the biological activity of *Saussurea costus* with a focus on antibacterial properties and the effect of the main active chemical compounds such as sesquiterpene lactones, flavonoids, phenols and terpenoids on certain types of bacteria. Various methods and extracts of *S.* are used to determine the composition and to evaluate the activity of *S. Costus* in the study. The most commonly used for determining the composition are aqueous, alcoholic and hexane-chloroform extracts, each of which has an individual method to inhibit bacterial growth and reproduction, and the disk diffusion method with different concentrations of extracts is used to assess antibacterial activity. Extracts with concentrations of 200 and 500 mg/ml were the most effective.

Ключевые слова: кыст-аль-хинди, биологическая активность, сесквитерпеновые лактоны, флавоноиды, фенольные соединения, антибактериальная активность, экстракты

Keywords: *Saussurea costus*, biological activity, sesquiterpene lactones, flavonoids, phenolic compounds, antibacterial activity, extracts

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-1-346-349>

Кыст-аль-хинди (*Saussurea costus*) - это прямостоячее, опушенное многолетнее растение, корневище темно-коричневое, длиной до 40 см. Относится к лекарственным растениям. Основными активными химическими соединениями, содержащиеся в кыст-аль-хинди являются алкалоиды, фенолы/полифенолы, терпеноиды, хинины, флавоноиды, сесквитерпеновые лактоны, к которым относятся костунолид, дегидрокостус лактон, хеленин, цинаропикрин, лаппадилактон, а также лауриновая, пальмитиновая, линолевая кислоты. Данные биологические соединения обладают гиполипидемическим, гипогликемическим, иммуномодулирующим, противовоспалительным и противопаразитарным лечебным действием [1].

К основным соединениям, содержащимся в экстрактах относятся галловая, элагическая, кофеиновая, гентизиновая, коричная кислоты, катехины, кверцетин, гесперидин, дигидродегидрокостус лактон, гумулен, рейнозин,

тимол, которые, проявляют противовоспалительные, цитотоксические, кардиотонические, противораковые, антибактериальные, ларвицидные, ранозаживляющие свойства.

Рассмотрим подробнее антибактериальные свойства со стороны этих соединений.

Сесквитерпеновые лактоны являются классом соединений, обладающих многообразными биологическими свойствами. Обладают активностью против различных видов бактерий, включая грамположительные и грамотрицательные, а также некоторые патогенные штаммы.

В путь действия этих соединений на бактерии может входить разрушение клеточной мембраны, что объясняется действием полярных групп на эти антибактериальные соединения, разрушающие фосфолипидную мембрану, инактивацию важных ферментов, необходимых для роста и размножения бактерий или подавление синтеза микробных белков. Сесквитерпеновые лактоны могут воздействовать на иммунную систему, активируя или усиливая ее защитные механизмы против бактерий. Это может включать активацию макрофагов и нейтрофилов, а также усиление продукции цитокинов и антимикробных пептидов. Некоторые виды бактерий, на которые сесквитерпеновые лактоны могут проявлять активность, включают: *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Streptococcus pneumoniae*.

Костунолид (Рис. 1) - это тритерпеноид, который обладает различными фармакологическими свойствами, включая антибактериальную активность. Механизм действия костунолида связан с его способностью нарушать целостность клеточных стенок бактерий и повреждать мембраны. Это приводит к уменьшению жизнеспособности и смерти бактерий.

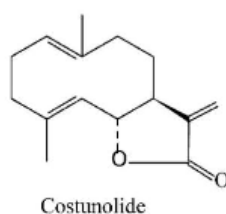


Рисунок 1 – Костунолид

Дегидрокостус лактон ($C_{15}H_{18}O_2$) (Рис. 2) - является одним из основных биологически активных соединений, содержащихся в *Saussurea Costus*. Он обладает различными медицинскими свойствами, такими как противовоспалительное, антимикробное и противоаллергическое действие.

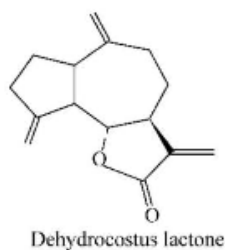


Рисунок 2 – Дегидрокостус лактон

Дигидродегидрокостус лактон (DHDCL) - это основной биологически активный компонент различных видов растений, присутствует в *Saussurea costus*. У него известны различные фармакологические свойства, включая антиоксидантные, противовоспалительные, противомикробные, антираковые и иммуномодулирующие свойства. DHDCL проявляет антибактериальное действие против некоторых видов бактерий, таких как *Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli*. DHDCL может влиять на физиологические и биохимические процессы в бактериальных клетках, вызывая их гибель или ингибируя их рост.

Цинаропикрин (Рис. 3) – это лекарственное средство, которое содержит комбинацию цинхоны и пикриновой кислоты. Он известен своими медицинскими свойствами, включая антибактериальные эффекты.

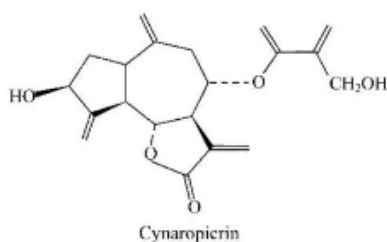


Рисунок 3 – Цинаропикрин

Флавоноиды имеют лучшую корреляцию с антибактериальным потенциалом против *Pseudomonas aeruginosa* и могут предотвращать синтез нуклеиновых кислот и функцию цитоплазматических мембран бактерий.

Кверцетин - это один из наиболее распространенных флавоноидов. Обладает антибактериальной активностью против различных патогенных бактерий, включая *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Helicobacter pylori* и *Salmonella*. Путь действия антибактериальных свойств включает несколько основных механизмов: взаимодействие с клеточной мембраной, ингибирование ферментов, разрушение ДНК.

Катехины - эти соединения обычно обнаруживаются во многих растениях и имеют сильные антиоксидантные свойства. Они известны своими многочисленными физиологическими свойствами, включая противовоспалительные, антикардиотоксические, антираковые и антибактериальные свойства. Несколько исследований показали, что катехины обладают сильным антибактериальным действием против различных видов бактерий, включая *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Streptococcus mutans*. Они могут убивать бактерии либо препятствовать их росту. Катехины и флавоны, могут быть предпочтительнее цефуроксима и гентамицина при лечении инфекций, вызванных *Staphylococcus aureus* и метронидазола при лечении инфекций, вызванных *Bacillus subtilis*.

Гесперидин - это флавоноид у которого известны различные физиологические свойства, включая антиоксидантные, противовоспалительные, антираковые и антибактериальные свойства. Гесперидин обладает активностью против определенных видов бактерий, таких как *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* и *Helicobacter pylori*.

Элагическая, галовая, кофеиновая, гентизиновая и коричная кислоты относятся к одному классу - фенольным соединениям. Элагическая кислота - это одно из ключевых соединений в *S. Costus*. Все эти кислоты обладают антибактериальной активностью против различных патогенных бактерий, включая *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Streptococcus pneumoniae*, *Klebsiella pneumoniae* и *Salmonella*.

Тимол - это органическое соединение, которое обладает сильными антибактериальными свойствами. Он активно используется как антисептик и антибиотик для борьбы с различными видами бактерий и способен уничтожать бактерии путем разрушения их клеточных стенок. Он эффективен против различных патогенных микроорганизмов, включая стафилококки, к примеру, *Staphylococcus aureus*, стрептококки, эшерихии и псевдомонады.

Saussurea costus обладает разнообразной биологической активностью. Для определения состава и оценки биологической активности используются различные экстракты кыст-аль-хинди. Извлечение активных соединений из корней *S. Costus* происходит с помощью водного, спиртовых и гексан-хлороформного экстрактов. Метанольный экстракт *S. Costus* эффективен против роста и кислотообразующей активности *S. Mutans*. Кроме этого, метанольный экстракт может снижать адгезию *S. Mutans* в зависимости от концентрации, а также ингибирует биосинтез нерастворимого в воде глюкана, внеклеточного полисахаридного вещества, продуцируемого *S. Mutans* [2].

Для оценки антибактериальной активности экстрактов *S. Costus* используется метод дисковой диффузии. Стерилизованные пустые диски пропитывают разными концентрациями приготовленных исходных растворов экстрактов. Для приготовления исходных растворов берут разный объем каждого экстракта и растворяют их в одном мл соответствующих растворителей. Для органических и водных экстрактов используют диметилсульфоксид (ДМСО) и дистиллированную воду соответственно, для получения конечных концентраций [3]. Разные объемы необходимы для получения сравнительных характеристик и данных об антибактериальном действии экстрактов, которые впоследствии можно использовать в качестве основы для разработки новых фармацевтических препаратов.

S. Costus обладает умеренной или хорошей антибактериальной активностью в отношении грамположительных бактерий, к которым относятся: *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Streptococcus mutans*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Streptococcus pneumoniae*. Активность считается умеренной или хорошей, если зона ингибирования роста бактерий составляет от 10 мм до 12 мм и выше 12 мм соответственно. Грамположительные бактерии более чувствительны к антибактериальной активности этанольных экстрактов и водных экстрактов корней *S. costus*. Это может быть связано с тем, что «клеточная стенка у грамположительных бактерий состоит из одного слоя, тогда как граммотрицательная клеточная стенка представляет собой многослойную структуру, ограниченную внешней клеточной мембраной, которая действует как барьер для различных химических веществ, что делает их менее восприимчивыми к различным экстрактам. Это объясняет, почему граммотрицательные бактерии не подавляются *S. Costus*. Однако грамположительные бактерии обладают более толстым слоем пептидогликана, который хорошо проницаем для широкого спектра химических веществ.

В различных исследованиях наиболее используемыми концентрациями водного, метанольного, этанолового и гексан-хлороформного экстрактов были 50 мг/мл, 100 мг/мл, 200 мг/мл и 500 мг/мл.

При 50 мг/мл наименее чувствительными к действию водного экстракта оказались почти все бактерии, кроме *Bacillus subtilis*, к спиртовым были устойчивы все граммотрицательные и некоторые грамположительные бактерии, кроме *Bacillus subtilis* и *Staphylococcus aureus* с зонами ингибирования 14 ± 0.26 и 18 мм соответственно. При действии гексан-хлороформного экстракта почти все штаммы исследуемых культур оказались чувствительными, кроме *Pseudomonas aeruginosa* и *Klebsiella pneumoniae*.

При увеличении концентрации до 100 мг/мл чувствительность бактерий к действию экстрактов увеличивалась. Водный экстракт подавлял рост *Bacillus subtilis*, *Streptococcus pneumoniae* и *Staphylococcus aureus* с зонами ингибирования 11 ± 0.2 , 16 мм и 7 мм соответственно. При воздействии спиртовыми экстрактами наиболее чувствительными оказались *Streptococcus pneumoniae*, *Staphylococcus aureus* и *Bacillus subtilis* с соответствующими зонами ингибирования в 17, 20 и 15 ± 0.62 мм.

В исследованиях действия водных и спиртовых экстрактов наиболее действенными оказались 200 и 500 мг/мл, так как их действие подавляло рост и грамположительных, и грамотрицательных бактерий, которые при воздействии концентрациями 50 мг/мл и 100 мг/мл не подавлялись. Действие этих концентраций и бактерии, подвергшиеся их воздействию представлены в таблице: Sa – *Staphylococcus aureus*, Ec – *Escherichia coli*, Pa – *Pseudomonas aeruginosa*, Kp – *Klebsiella pneumoniae*.

Таблица

Антимикробная активность водного, этанолового и метанолового экстрактов корней *S. costus* в отношении различных микроорганизмов

Испытываемое соединение	Средние зоны ингибирования (мм)			
	Грамположительная бактерии	Грамотрицательные бактерии		
	Sa	Ec	Pa	Kp
Водный экстракт (200 мг/мл)	11.6±2.3	-	-	-
Этаноловый экстракт (200 мг/мл)	20	-	-	-
Метанольный экстракт (200 мг/мл)	11±2	-	-	-
Водный экстракт (500 мг/мл)	9.01±0.01	-	-	-
Этаноловый экстракт (500 мг/мл)	11.5±0.5	8.5±0.5	7.5±0.5	12.04±0.04
Метанольный экстракт (500 мг/мл)	11±0.5	8.5±0.5	9.5±0.5	12

Этаноловый экстракт содержит почти вдвое больше соединений, чем водный, потому что некоторые активные вещества могут быть растворимы в спирте и нерастворимы в воде, при этом высвобождаемых активных веществ больше. Поэтому спиртовые экстракты обладают несколько хорошей антибактериальной активностью по сравнению с водными [4].

На основании вышеуказанных данных и из таблицы можно сделать вывод, что увеличение зоны ингибирования происходит за счет увеличения концентрации экстрактов и это указывает на прямую зависимость между концентрациями экстрактов и показателями зоны ингибирования.

В связи с быстрым увеличением распространенности резистентных патогенных микроорганизмов к антибиотикам и побочными эффектами современных противобактериальных препаратов изучение химически активных веществ, содержащихся в растениях, является одной из главных задач для использования их в лечении этих патогенов. *S. Costus* можно рассматривать как потенциальный природный источник противобактериальных препаратов и использование его экстрактов в качестве замены антибиотиков из-за большого содержания разнообразных химических соединений, способных ингибировать и уничтожать размножение патогенов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Abdallah, E. M. Evaluation of some biological properties of *Saussurea costus* crude root extract / E. M. Abdallah, K. A. Qureshi // Biosci. Biotech. Res. Comm. – 2017. – Vol. 10, № 4. – P. 601–611.
2. Ahmed, S. Investigation of antibacterial and antifungal activity of *Saussurea costus* root extracts / S. Ahmed, S. Coskun // Anais da Academia Brasileira de Ciencias. – 2023. – Vol. 95, № 1. – P. 5-22.
3. Pandey, M. M. *Saussurea costus*: Botanical, chemical and pharmacological review of an ayurvedic medicinal plant / M. M. Pandey, S. Rastogi, A. K. Rawat // Journal of Ethnopharmacology. – 2017. – Vol.110, № 2. – P. 379–390.
4. Akoul, M. A. Antimicrobial activity of *Saussurea costus* extracts against *Streptococcus penumoniae* and *Escherichia coli* / M. A. Akoul, M. R. Ghreeb // Revis Bionatura. – 2022. – Vol. 7, iss. 2. – P. 33–36.

СРАВНЕНИЕ И ОСОБЕННОСТИ СИНТЕТИЧЕСКИХ И НАТУРАЛЬНЫХ ВИТАМИНОВ НА ПРИМЕРЕ B1, B2 И B12

COMPARISON AND FEATURES OF SYNTHETIC AND NATURAL VITAMINS ON THE EXAMPLE OF B1, B2 AND B12

С. А. Барута, А. В. Лукашенок, С. Н. Чигурь
S. A. Baruta, A. V. Lukashonok, S. N. Chigir

Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
 г. Минск, Республика Беларусь
 sveta.imagine-dragons22@yandex.ru

International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
 Minsk, Republic of Belarus