

Животноводство и кормопроизводство. 2026. Т. 109. № 3. С. 240-266.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2026. Vol. 109. No. 3. P. 240-266.

Обзорная статья
УДК 633.88(4/5)
doi: 10.33284/2658-3135-109-3-240

Фитобиотический потенциал лекарственных растений северной Евразии

Елена Анатольевна Букарева¹, Людмила Викторовна Власенко², Ксения Сергеевна Инчагова³,
Татьяна Андреевна Климова⁴, Виталий Александрович Рязанов⁵

^{1,2,3,4,5}Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

¹elenka_rs@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1622-1284>

²lv.efremova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3790-2783>

³ksenia.inchagova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1111-8293>

⁴klimovat91@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4298-1663>

⁵vita7456@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0903-9561>

Аннотация. Бесконтрольное применение антибактериальных препаратов привело к глобальному распространению антибиотико-резистентных штаммов бактерий. В представленном обзоре рассмотрены преимущества применения фитобиотиков по сравнению с кормовыми антибиотиками в животноводстве. Фитобиотики не вызывают формирования устойчивости у микроорганизмов, не накапливаются в тканях животных и положительно влияют на микрофлору кишечника, в том числе поддерживая рост полезных лактобактерий, что в совокупности положительно отражается на продуктивных качествах птицы и сельскохозяйственных животных. Фитобиотики демонстрируют многофакторное действие на организм: прямое подавление патогенов (алкалоиды, терпены, полифенолы нарушают синтез ДНК и целостность мембран бактерий), ингибирование системы бактериальной коммуникации (*quorum sensing*) и усиление эффективности пробиотиков. В работе обобщены данные о распространении, фитохимическом составе, биологической активности и опыте использования некоторых лекарственных растений северной Евразии в птицеводстве и животноводстве. Определены перспективы дальнейшей разработки и расширенного применения фитобиотиков в сельском хозяйстве (ввиду различной эффективности и недостаточной изученности механизмов действия), а также принципы их поэтапной разработки (от скрининга *in vitro* до валидации *in vivo*). В работе также описаны возможные проблемы в использовании фитобиотиков и возможные пути их преодоления.

Ключевые слова: фитобиотики, лекарственные растения, сельскохозяйственные животные

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР на 2025-2027 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (FNWZ-2025-0003).

Для цитирования: Фитобиотический потенциал лекарственных растений северной Евразии (обзор) / Е.А. Букарева, Л.В. Власенко, К.С. Инчагова, Т.А. Климова, В.А. Рязанов // Животноводство и кормопроизводство. 2026. Т. 109. № 3. С. 240-266. [Bukareva EA, Vlasenko LV, Inchagova KS, Klimova TA, Ryazanov VA. Phytobiotic potential of medicinal plants of Northern Eurasia (review). Animal Husbandry and Fodder Production. 2026;109(3):240-266. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-109-3-240>

Review article

Phytobiotic potential of medicinal plants of Northern Eurasia**Elena A Bukareva¹, Lyudmila V Vlasenko², Kseniya S Inchagova³, Tatyana A Klimova⁴, Vitaly A Ryazanov⁵**^{1,2,3,4,5}Federal Research Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia¹elena_rs@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1622-1284>²lv.efremova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3790-2783>³ksenia.inchagova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1111-8293>⁴klimovat91@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4298-1663>⁵vita7456@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0903-9561>

Abstract. Uncontrolled use of antibacterial drugs has led to the global spread of antibiotic-resistant bacterial strains. This review examines the advantages of using phytobiotics compared to feed antibiotics in livestock farming. Phytobiotics do not induce resistance in microorganisms, do not accumulate in animal tissues, and have a positive effect on intestinal microflora, including supporting the growth of beneficial lactobacilli, which collectively improves the performance of poultry and livestock. Phytobiotics exhibit multifactorial effects on the body: direct suppression of pathogens (alkaloids, terpenes, and polyphenols disrupt DNA synthesis and bacterial membrane integrity), inhibition of bacterial quorum sensing, and enhanced probiotic efficacy. In this paper, we summarize data on the distribution, phytochemical composition, biological activity, and experience with the use of several medicinal plants from northern Eurasia in poultry and livestock farming. We identified prospects for the further development and expanded use of phytobiotics in agriculture (due to varying effectiveness and insufficient understanding of their mechanisms of action), as well as principles for their step-by-step development (from *in vitro* screening to *in vivo* validation). The paper also describes possible challenges in the use of phytobiotics and potential solutions.

Keywords: phytobiotics, medicinal plants, farm animals

Acknowledgments: the work was performed in accordance to the plan of research works for 2025-2027 FSSI FRC BST RAS (No. FNWZ-2025-0003).

For citation: Bukareva EA, Vlasenko LV, Inchagova KS, Klimova TA, Ryazanov VA. Phytobiotic potential of medicinal plants of Northern Eurasia (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2026;109(3):240-266. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-109-3-240>

Введение.

Использование антибиотиков в кормлении сельскохозяйственных животных в России запрещено с 2006 года, в связи с чем встает острая необходимость поиска новых соединений, которые по эффекту не уступали бы традиционно применяемым антимикробным средствам. В последнее время особое внимание исследователей направлено на изучение биологической активности растительных экстрактов и компонентов, входящих в их состав, более известных как фитобиотики. Фитобиотики представляют собой широкую группу биологически активных соединений растительного происхождения, обладающих антибактериальными, антипаразитарными, антиоксидантными, противовоспалительными, иммуномодулирующими и другими полезными свойствами (Kikusato M, 2021). Интерес исследователей в отношении фитобиотиков соответствует требованию современного экологически чистого производства животноводческой продукции, сопровождающегося меньшим воздействием на окружающую среду, а также отсутствием антибиотиков и других химических соединений в конечном продукте (Skoufos I et al., 2020).

Цель исследования.

Проанализировать и обобщить имеющиеся в научной литературе данные о применении лекарственных растений северной Евразии в качестве фитобиотиков в современном животноводстве.

Материалы и методы исследования.

Поиск источников проводили в библиографических базах данных, в научных электронных библиотеках с поисковыми системами: Pubmed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>); Web of Science (<http://www.webofscience.com>); Elsevier (<https://www.elsevier.com>); Scopus (<https://www.scopus.com>); Springer (<https://www.springer.com>); Google Scholar (<https://scholar.google.com>); КиберЛенинка (<https://cyberleninka.ru>); ЦНСХБ (<http://www.cnshb.ru>); Научная электронная библиотека eLibrary (<https://elibrary.ru>). Базы данных «Список растений» (<http://www.theplantlist.org>) использовались для предоставления научных названий и подвидов растений.

Результаты исследования и их обсуждение.

Современные представления о фитобиотиках. Фитобиотики как альтернатива кормовым антибиотикам при разведении сельскохозяйственных животных. Важным отличием фитобиотиков от традиционно применяемых антибактериальных средств является тот факт, что на сегодняшний день в доступной литературе нет данных о способности микроорганизмов приобретать устойчивость к растительным веществам. Также было показано, что при кормлении сельскохозяйственных животных и птицы фитобиотиками не отмечается характерная для антибиотиков аккумуляция в органах и тканях (Goto T et al., 2005), либо они присутствуют в них в незначительных количествах (Дерябин Д.Г. и др., 2023). Известно, что фитобиотики способствуют сокращению количества патогенных и условно-патогенных бактерий в организме, что положительно влияет на показатели продуктивности животного. Более того, во многих работах отмечается, что при использовании растительных соединений не происходит сокращения числа лактобактерий (Gilani SMH et al., 2021; Fresno Rueda A et al., 2021). В свою очередь, при применении антибиотиков в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы также наблюдается сокращение патогенных и условно-патогенных бактерий, однако вместе с тем происходит снижение числа *Lactobacillus* spp. (Lin J et al., 2013). Одним из параметров повышения продуктивности сельскохозяйственных животных и птицы является поддержание оптимального кислотно-щелочного равновесия в желудочно-кишечном тракте. При проведении экспериментов по скармливанию корма в композиции с фитодобавками наблюдалось снижение pH среды кишечника цыплят-бройлеров, что положительно отразилось на качестве тушки (Torok VA et al., 2011; Ripon MMR et al., 2019). В то же время при внесении в рацион цыплят-бройлеров антибиотиков не было отмечено изменения pH в зобах, двенадцатиперстной и слепой кишке бройлеров (Basit MA et al., 2020). В другой работе, в экспериментах на свиньях pH среды в терминальном отделе пищеварения подвздошной кишки также был относительно стабильным и сохранялся на слабощелочном уровне после кормления свиней (Pi Y et al., 2019). В работе Zanu НК с коллегами (2020) наблюдалась тенденция к более высокому значению pH, зарегистрированному в подвздошной и слепой кишке. Однако авторы связывают этот факт с добавлением костной муки в рацион цыплят-бройлеров. Также в упомянутых выше работах приведены данные об увеличении глубины и площади ворсинок кишечника при добавлении в рацион как фитобиотиков, так и антибиотиков, что положительно сказывается на усвояемости потребляемого корма. Обобщенные данные действия фитобиотиков и антибиотиков представлены в таблице 1.

В целом современная литература обладает достаточно большим массивом данных об использовании фитобиотиков в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы. Так, в одном из исследований авторами было показано, что применение чесночного порошка при кормлении морских свинок во время беременности повышает продуктивность потомства, причем наилучший результат был достигнут при добавлении 0,5 % порошка к основному рациону. Кроме того, смертность молодняка при рождении и смертность до отъема при кормлении фитодобавкой были значительно ниже ($P \leq 0,05$) по сравнению с контрольным рационом (Tatang M et al., 2023). В другой работе при исследовании влияния смеси фитобиотиков на основе нескольких тропических растений и эфирных масел на показатели роста поросят-отъемышей не наблюдались увеличение массы тела животных, среднесуточный прирост, потребление корма, эффективность корма и переваримость питательных веществ, однако был отмечен положительный эффект на некоторые липидные про-

фили, иммунные реакции и микрофлору кишечника поросят (Samanta AK et al., 2021). В эксперименте на цыплятах-бройлерах было показано, что пищевые фитобиотики по эффективности могут сравниться с добавлением в рацион антибиотика авиламицина для поддержания показателей роста и улучшения мясных характеристик птицы, зараженной *Salmonella typhimurium* (Aljumaah MR et al., 2020).

Таблица 1. Сравнение свойств антибиотиков и фитобиотиков
 Table 1. Comparison of the properties of antibiotics and phytobiotics

Признак / Sign	Антибиотики / Antibiotics	Фитобиотики / Phytobiotics
Развитие резистентности микроорганизмов к препарату / Development of microbial resistance to the drug	+	–
Присутствие в продуктах животного происхождения / Presence in animal products	+	–
Положительное влияние на микрофлору кишечника животного в целом / Positive effect on the animal's intestinal microflora in general	+	+
Положительное влияние на количество <i>Lactobacillus spp.</i> в кишечнике животного / Positive effect on the number of <i>Lactobacillus spp.</i> in the animal's intestines	–	+
Изменение pH в кислую сторону / pH change to the acidic side	–	+
Увеличение глубины и площади ворсинок кишечника / Increase in the depth and area of intestinal villi	+	+
Снижение смертности молодняка / Reduction of mortality of young animals	+	+

Лекарственные растения, используемые российской традиционной (народной) медициной и ветеринарией как перспективные антибиотики. Биологические активности лекарственных растений, обосновывающие их использование, как альтернативы антибиотикам: прямое антибактериальное действие, воздействие на системы плотностно-зависимой коммуникации патогенных бактерий, пробиотическая активность. Известно, что лекарственные растения играют важную роль в здоровье человека и использовались с доисторических времен до наших дней. В настоящее время возрастает популярность лекарственных средств растительного происхождения. Сегодня на отечественном фармацевтическом рынке существует большое количество лекарственных препаратов, имеющих различное происхождение – синтетическое, полусинтетическое, природное. В современной научной медицине используются свыше 250 видов лекарственных растений, важнейшие из которых внесены в Государственную фармакопею РФ. Благодаря своему мягкому действию, низкой токсичности и достаточно высокой эффективности, фитопрепараты могут использоваться при длительном применении в терапии хронических заболеваний, а также в качестве профилактических средств. Источником получения фитопрепаратов служат дикорастущие и культивируемые растения. В рамках реализации государственной стратегии развития фармацевтической промышленности Российской Федерации на период до 2020 г. приоритетным направлением для создания лекарственных препаратов является использование сырья отечественного производства. В связи с этим поиск перспективных лекарственных растений, произрастающих и культивируемых на территории РФ, – актуальное направление в создании новых лекарственных средств (Куляк О.Ю. и др., 2019).

Особое значение имеют дикорастущие растения, которые используются в официальной и народной медицине для получения различных лекарственных препаратов. Например: иван-чай уз-

колистный, пион уклоняющийся, родиола розовая, сабельник болотный, фиалка трехцветная (Сапарклычева С.Е. и др., 2020). Лекарственные растения имеют большое значение для сельского хозяйства из-за ценности их вторичных метаболитов (Süntar I, 2020). Однако они также производят широкий спектр фитохимических веществ (вторичных метаболитов), которые участвуют во взаимодействиях между организмами. Фитосоединение – химическое вещество, вырабатываемое растениями первичными и/или вторичными путями метаболизма, обладающее фармакологической активностью, и может быть использовано для лечения различных заболеваний.

Экстракты многих лекарственных растений могут быть перспективными усилителями продуктивности сельскохозяйственных животных, а также служить альтернативой ветеринарным препаратам, поскольку обладают противомикробными, противовирусными, противопаразитарными, антиоксидантными, противовоспалительными и иммуностимулирующими свойствами (Skoufos I et al., 2020). Растительные экстракты в настоящее время все чаще используются в животноводстве из-за растущей обеспокоенности по поводу безопасности пищевых продуктов и патогенов, устойчивых к антибиотикам. Большинство лекарственных растений недороги и менее токсичны, чем антибиотики. Вторичные метаболиты растений обладают широким спектром биологической активности, включая усиление пролиферации иммунных клеток, защиту клеток от окислительного стресса, повышение титра антител (Alagbe J, 2019). Эфирные масла растений уже сотни лет используются в качестве природного средства для борьбы с различными инфекциями. Эфирные масла, выделенные из растений, обладают антиоксидантной и антибактериальной активностью (Huong LT et al., 2024).

Есть данные о некоторых лекарственных растениях России с примерами антибактериальной активности. Крапива обыкновенная (*Urtica dioica* L.) – является одним из примеров лекарственных растений России. Зарубежные ученые изучали антибактериальную активность этилацетатного экстракта *Urtica dioica* против *Salmonella typhi*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* и *Aeromonas hydrophila* (Ghaima KK et al., 2013).

Важно отметить, что фитобиотики демонстрируют многофакторные механизмы противомикробного действия. Прямой антибактериальный эффект обусловлен компонентами, входящими в состав фитобиотиков, которые на основе их химической структуры можно разделить на несколько основных групп: алкалоиды, серосодержащие соединения, терпеноиды и полифенолы.

Считается, что большинство алкалоидов обладают способностью блокировать эффлюксную помпу бактерий. Представители данной группы также могут влиять на РНК-полимеразу, гиразу и топоизомеразу IV, приводя к гибели бактериальной клетки. Кроме того, алкалоиды способны ингибировать ферменты топоизомеразы II типа и, следовательно, ингибировать репликацию ДНК бактерий.

Серосодержащие соединения, такие как аллицин, аджонен, диалкенил и диалкилсульфиды и т. д. проявляют антибактериальную и противогрибковую активности. Сообщалось о механизме антимикробной активности аллицина, который был обусловлен ингибированием сульфгидрилзависимых ферментов, включая алкогольдегидрогеназу, тиоредоксинредуктазу и РНК-полимеразу.

Аллицин и другие сероорганические соединения чеснока подавляют рост грамположительных и грамотрицательных бактерий, включая *Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli*, за счет ингибирования синтеза клеточной стенки и ДНК (Abdallah EM et al., 2023).

Фенольные соединения также способны блокировать работу эффлюксной помпы бактерий. Одним из изученных механизмов ингибирования эффлюксного насоса фенолами является снижение экспрессии белка NrgA. Однако важно отметить, что антимикробная активность природных фенольных соединений не ограничивается их способностью ингибировать эффлюксный насос. Кроме того, фенолы способны влиять на клеточную мембрану и клеточную стенку бактерий: уменьшать текучесть мембраны, взаимодействовать с ферментами, необходимыми для биосинтеза фосфолипидов, напрямую взаимодействовать с пептидогликаном и ингибировать биосинтез клеточной стенки. Фенольные соединения способны ингибировать биосинтез факторов вирулентности бактерий (например, уреазы). Кумарины также способны ингибировать эффлюксную помпу и воздействовать на ДНК-гиразу (ДНК-топоизомеразу II типа).

Терпеноиды или терпены могут влиять на клеточную мембрану и оказывать повреждающее воздействие на клеточную стенку (Khameneh B et al., 2019; Abdallah EM et al., 2023). Ученые выделили и идентифицировали из смолы *Commiphora* терпеноиды, обладающие хорошим антибактериальным действием против чувствительных и резистентных изолятов *Mycobacterium tuberculosis* (Zhu CZ et al., 2019).

Фитобиотики обладают также способностью подавлять чувство кворума патогенных бактерий. Чувство кворума (*quorum sensing*, QS) – эволюционный механизм, позволяющий бактериям координировать поведение в зависимости от плотности популяции. Через химическую коммуникацию микроорганизмы синхронизируют действия, которые эффективны только при массовом участии, что повышает их выживаемость и адаптацию. Бактерии выделяют сигнальные молекулы – аутоиндукторы, концентрация которых растет с увеличением численности колонии. При достижении порогового уровня эти молекулы связываются с рецепторами на поверхности или внутри клеток, активируя каскад генетических реакций. С помощью QS регулируется биопленкообразование и выработка факторов вирулентности, что играет существенную роль в формировании антибиотикорезистентности. К основным механизмам подавления чувства кворума относятся: блокада синтеза аутоиндукторов (например, куркумин, ресвератрол); разрушение сигнальных молекул (ферменты растений могут гидролизовать ацилгомосеринлактоны); конкурентное ингибирование рецепторов (например, EGCG имитирует аутоиндукторы, занимая сайты связывания) (Nazzaro F et al., 2013).

Кроме того, необходимо отметить, что фитобиотики могут усиливать положительный эффект пробиотических микроорганизмов. Механизм действия пробиотиков основывается на подавлении роста патогенных и условно патогенных микроорганизмов, а также на иммунной модуляции. Пробиотики синтезируют полезные ферменты, органические кислоты, витамины и нетоксичные антибактериальные вещества. Преимущества пробиотиков включают улучшение общего состояния здоровья, коэффициентов конверсии корма и темпов роста, а также повышение устойчивости к болезням, надоев молока и производства яиц. Фитобиотики, в свою очередь, способны потенцировать эти, несомненно полезные, свойства пробиотиков. Так, например, есть данные, что растительные экстракты и *Lactobacillus* spp. могут использоваться в качестве альтернативы антибиотикам-стимуляторам роста для улучшения показателей роста бройлерных цыплят (Rasouli M et al., 2017).

Фитохимический анализ и биологическая активность лекарственных растений северной Евразии. В настоящем обзоре мы предприняли попытку систематизации современных научных данных по изучаемому вопросу, в частности путем описания ареала (или зоны произрастания) лекарственных растений северной Евразии, основных групп (и наиболее часто встречающихся компонентов) фитохимических веществ, идентифицированных в них, и известных биологических эффектов, проявляемых экстрактами растений.

Солодка голая, лакрица (*Glycyrrhiza glabra*, *Glycyrrhiza glabra* L.) – многолетнее травянистое растение, произрастающее на плодородной глинистой или песчаной почве у рек и ручьев. Наиболее важными частями растения являются корни, которые используются отдельно или в сочетании с другими травами для лечения заболеваний пищеварительной системы и дыхательных путей. Корни *Glycyrrhiza glabra* содержат биологически активные соединения, включая сапонины (глицирризин, глицирризиновая кислота), флавоноиды (ликвиртин, рамноликвирилин, ликвиритигенин, глюколиквирилин апиозид, ликопиранокумарин, канзонол R, ликоарилкумарин), фенольные соединения (изоангустон А, семиликоизофлавонол В, ликорифенол и 1-метоксифицифолинол) и летучие компоненты (гераниол, пентанол, гексанол, терпинен-4-ол и α -терпинеол) (El-Saber Batiha G et al., 2020).

Донник белый (*Melilotus albus*, *Melilotus albus* Medik.) – травянистое растение с крепким корнем, тройчатыми листьями и белыми цветками, растущее преимущественно на солнце или в полутени на известняковых и суглинистых почвах. Методом жидкостной хроматографии и масс-спектрометрии в экстракте *Melilotus albus* выявлено значительное содержание фенолов (99,99 %), при этом основными компонентами выделены: хлорогеновая кислота, катехин/эпикатехин, кверцетин-3-О-глюкуроновая кислота, нарингин и п-гидроксibenзойная/салициловая кислота (Ed-Dahmani I et al., 2024).

Пустырник пятилопастный (*Leonurus quinquelobatus*, *Leonurus quinquelobatus* Gilib.) – многолетнее травянистое растение с мощным корневищем, пяти-семи пальчатораздельными листьями и розово-фиолетовыми цветками. Растет преимущественно на пустырях, вдоль дорог, на выгонах и пастбищах, по залежам, обрывам и на берегах рек. Согласно данным литературы, экстракт *Leonurus quinquelobatus* содержит: фенольные соединения (хлорогеновая кислота, эфир кофейной и яблочной кислот, тетрозодипентозид кофеилхинной кислоты, тетрозопентозид кофеилхинной кислоты), флавоноиды (рутин, кверцетин, гиперозид, изомеры квинквелозида), сапонины, дубильные и другие вещества (Загурская Ю.В., 2014).

Цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus*, *Cichorium intybus* L.) – многолетнее травянистое растение с мясистым стержневым корнем, крупными прикорневыми листьями и цветками голубого цвета (Street RA et al., 2013). Произрастает на лугах, пустошах, залежах, пастбищах и тропинках (Janda K et al., 2021). Фитохимический анализ показал, что различные части растения содержат инулин, производные кофейной кислоты (железистая кислота, кафтаровая кислота, цикориновая кислота, хлорогеновая кислота), гидроксикумарины (эскулетин, эскулин), флавоноиды (лютеолин, изокверцетин, терпеноиды, сесквитерпеновые лактоны (например, крепидиазид А), алкалоиды, стероиды, масла, летучие соединения и витамины (Birsá ML and Sarbu LG., 2023). Основным компонентом метанольного экстракта *C. Intybus* является цикориевая кислота (Janda K et al., 2021).

Зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum*, *Hypericum perforatum* L.) – многолетнее травянистое растение с крепкими корнями, продолговато-овальными листьями и крупными ярко-желтыми цветками. Растет зверобой вдоль опушек хвойных лесов, лесных дорог, на лугах. В своем составе содержит разнообразные биологически активные соединения: флороглюцинолы (гиперфорин, гиперидин и псевдогиперидин), флавоноиды (гиперозид, кверцетин, кверцитрин, изокверцитрин, рутин), сапонины, каротин, никотиновую, аскорбиновую, коричную кислоты, фенолкарбоновые кислоты (кофейная, хлорогеновая, галловая), витамины Р (Постараш И.Ю., 2021; Nobakht SZ et al., 2022).

Тимьян ползучий (*Thymus serpyllum*, *Thymus serpyllum* L.) – многолетний полукустарник с небольшими розово-фиолетовыми цветками, побеги которого стелятся по земле. Растение произрастает на рыхлой, песчаной, каменистой почве при умеренной или низкой влажности (Salaria D et al., 2023). Согласно результатам фитохимического анализа, содержание эфирных масел в тимьяне не превышает 1 %, поэтому его компоненты (тимол, карвакрол) являются второстепенными. Большую часть занимают фенольные кислоты (розмариновая, феруловая, галловая, кофейная и хлорогеновая кислоты) и флавоноиды (гликозиды лютеолина, апигенина и их производные). Считается, что эти вещества в значительной степени определяют лечебные (при заболеваниях дыхательных путей и желудочно-кишечного тракта) и профилактические свойства растения (Salaria D et al., 2023; Jalil B et al., 2024).

Подорожник большой (*Plantago major*, *Plantago major* L.) – многолетнее травянистое растение с коротким корневищем, широкоовальными листьями, собранными в розетку, и мелкими коричневатозелеными цветками на длинных цветоносах. Растет преимущественно в районах с уплотненной почвой (обочины дорог, рядом с тропами). Наиболее активными веществами в составе *Plantago major* являются фенольные соединения (производные кофейной кислоты – плантамайозид и актеозид), флавоноиды (лютеолин, апигенин, байкалеин, гиспидулин, плантагин, скутеллярин), алкалоиды (индикаин и плантагонин), терпеноиды (олиолид, урсоловая кислота, олеаноловая кислота, ситостериновая кислота), иридоидные гликозиды (акубин) и другие соединения (жирные кислоты, полисахариды и витамины) (Zhakipbekov K et al., 2023).

Биологическая активность экстрактов лекарственных растений определяется присутствием в их составе разных групп соединений, проявляющих антибактериальное, противогрибковое, антиоксидантное, антипролиферативное, противовирусное, противовоспалительное, цитотоксическое действие, а также способность подавлять образование биопленок бактерий (Salaria D et al., 2023; Sharifi-Rad J et al., 2021; Sowa-Borowiec P et al., 2025).

Опыт использования фитобиотиков в сельском хозяйстве. Согласно данным литературы, добавление в рацион птицы и крупного рогатого скота различных растений, содержащих множество биоактивных компонентов, может привести к изменениям физиологических параметров животных и их продуктивных качеств (табл. 2).

Таблица 2. Опыт использования фитобиотиков в сельском хозяйстве
Table 2. Experience of using phytobiotics in agriculture

Растение (латинское, научное, тривиальное название) / Plant (Latin, scientific, common name)	Объект исследования / Object of study	Достигнутые эффекты / Achieved effects	Литература / Reference
1	2	3	4
Солодка голая, лакрица (Glycyrrhiza glabra, Glycyrrhiza glabra L.)	Цыплята-бройлеры кросса Росс 308 / Broiler chickens cross Ross 308	Улучшение показателей роста и физиологического состояния (при добавлении в рацион экстракта в количестве 2 и 3 г на кг корма) / Improvement of growth rates and physiological condition (when the extract is added to the diet at a rate of 2 and 3 g per kg of feed)	Toson E et al., 2023
	Цыплята-бройлеры Кадакнат / Broiler chickens Kadaknath	Улучшение показателей роста, липидного профиля сыворотки крови и состояние кишечника (при добавлении в рацион экстракта 0.1 %-0.7 %) / Improvement of growth performance, serum lipid profile and intestinal health (with the addition of 0.1%-0.7% extract to the diet)	Gowthaman V et al., 2024
	Цыплята-бройлеры кросса Cobb500 / Broiler chickens cross Cobb500	Улучшение показателей роста и коэффициента конверсии корма; значительное увеличение длины и ширины кишечных ворсинок; повышение экспрессии генов, связанных с ростом и генов, отвечающих за липидный обмен в печени (при добавлении в питьевую воду в дозировке 0.4 и 0.8 г солодки на литр) / Improved growth rates and feed conversion ratios; significant increase in the length and width of intestinal villi; increased expression of growth-related genes and genes responsible for lipid metabolism in the liver (when added to drinking water at a dosage of 0.4 and 0.8 g of licorice per liter)	Abo-Samaha MI et al., 2022
	Куры-несушки / Laying hens	Снижение потребления корма и повышение общей антиоксидантной активности крови (при увеличении дозировки с 0,5 % до 2,0 %) / Reduced feed consumption and increased overall blood antioxidant activity (when the dosage is increased from 0.5% to 2.0%)	Canogullari Dogan S et al., 2018

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
	Куры-несушки, цыплята-бройлеры / <i>Laying hens, broiler chickens</i>	Повышение продуктивности, улучшение показателей конверсии корма (при добавлении в питьевую воду 450 мг/л лакрицы) и органолептических свойств тушек (при добавлении в питьевую воду в дозировке 1, 2 и 4 мг на 1 кг массы тела), уменьшение количества абдоминального жира (при добавлении в корм 2 г/кг или в питьевую воду в количестве 0,3 г/л) / <i>Increased productivity, improved feed conversion rates (when 450 mg/L of licorice is added to drinking water), and improved organoleptic properties of carcasses (when 1, 2, and 4 mg per 1 kg of body weight is added to drinking water), as well as reduced abdominal fat (when 2 g/kg is added to feed or 0.3 g/L is added to drinking water)</i>	Alagawany M et al., 2019
	КРС / <i>Cattle</i>	Положительное влияние на физико-химические свойства продуктов животного происхождения (молоко, сыр) (добавление 20 г экстракта корня солодки, 30 дней) / <i>Positive effect on the physical and chemical properties of animal products (milk, cheese) (addition of 20 g of liquorice root extract, 30 days)</i>	Bernato F et al., 2019
Донник белый (<i>Melilotus albus</i> , <i>Melilotus albus</i> Medik.)	КРС / <i>Cattle</i>	Увеличение животноводческой продукции (молока) при скормливании травосмесей с донником (согласно расчетам) / <i>Increase in livestock production (milk) when feeding a mixture of grasses with sweet clover (according to calculations)</i>	Скалозуб О.М., 2016
Пустырник пятилопастный (<i>Leonurus quinquelobatus</i> , <i>Leonurus quinquelobatus</i> Gilib.)	Нет данных / <i>No data</i>		
Цикорий обыкновенный (<i>Cichorium intybus</i> , <i>Cichorium intybus</i> L.)	Цыплята-бройлеры / <i>Broiler chickens</i>	Улучшение продуктивных качеств, характеристики тушек и показателей крови (при добавлении 500 мг на кг рациона) / <i>Improvement of productive qualities, carcass characteristics and blood parameters (when 500 mg per kg of diet is added)</i>	Gazvi HSS et al., 2022

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
	Цыплята-бройлеры кросса Росс 308 / <i>Broiler chickens</i> cross Ross 308	Улучшение показателей роста, снижение массы абдоминального жира, подавление роста <i>Escherichia coli</i> и стимуляция роста бактерий рода <i>Lactobacillus</i> (кормление базовым рационом с 0,10 %, 0,15 %, 0,20 % цикория) / <i>Improvement of growth performance, reduction of abdominal fat mass, suppression of Escherichia coli growth and stimulation of Lactobacillus growth in the intestine (feeding with basal diet with 0.10%, 0.15%, 0.20% chicory)</i>	Khoobani M et al., 2019
	Цыплята-бройлеры кросса Росс 308 / <i>Broiler chickens</i> cross Ross 308	Увеличение показателей роста при улучшении переваривания и усвоения корма в результате модификации гистоморфометрии тощей кишки (кормление базовым рационом и порошком из корня цикория 0,1 % и 0,3 % - 10 и 30 кг на 1 т рациона) / <i>Increased growth rates with improved digestion and absorption of feed as a result of modified histomorphometry of the jejunum (feeding with a basic diet and chicory root powder at 0.1% and 0.3% - 10 kg and 30 kg per 1 ton of diet)</i>	Izadi H et al., 2013
	Клетки млекопитающих (Vero), <i>Caenorhabditis elegans</i> / <i>Mammalian cells (Vero), Caenorhabditis elegans</i>	Антигельминтное действие in vitro против <i>Caenorhabditis elegans</i> при низкой цитотоксичности в отношении клеток млекопитающих / <i>In vitro antihelminthic activity against Caenorhabditis elegans with low cytotoxicity to mammalian cells</i>	Peña-Espinoza M et al., 2020
Зверобой продырявленный (Hypericum perforatum, Hypericum perforatum L.)	Цыплята-бройлеры кросса Росс 308 / <i>Broiler chickens</i> cross Ross 308	Улучшение биохимических показателей сыворотки крови, жирового обмена и иммунного статуса (при добавлении 0,1 %, 0,5 %, 1 % и 1,5 % зверобоя) / <i>Improvement of blood serum biochemical parameters, fat metabolism, and immune status (when 0.1%, 0.5%, 1%, and 1.5% St. John's wort are added)</i>	Belmoozilak MA et al., 2025

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
	Цыплята-бройлеры кросса Росс 308 / <i>Broiler chickens cross Ross 308</i>	Положительное влияние на показатели роста, микрофлору кишечника (увеличение количества молочнокислых бактерий и снижение количества бактерий <i>Enterococcus</i> spp.) и иммунитет птиц (при добавление в корм 1,5 мг/кг, 3 мг/кг, 4,5 мг/кг зверобоя) / <i>Positive effect on growth rates, intestinal microflora (increased number of lactic acid bacteria and decreased number of Enterococcus spp. bacteria), and bird immunity (when 1.5 mg/kg, 3 mg/kg, and 4.5 mg/kg of St. John's wort are added to the feed)</i>	İlhan Z et al., 2024
	Цыплята-бройлеры (Росс 308) / <i>Broiler chickens cross Ross 308</i>	Увеличение коэффициента конверсии корма и титра антител против вируса птичьего гриппа, но отсутствие положительного влияния на показатели роста / <i>Increased feed conversion ratio and antibody titer against avian influenza virus, but no positive effect on growth performance</i>	Landy N et al., 2012
	Цыплята-бройлеры / <i>Broiler chickens</i>	Увеличение массы тушки, снижение уровня брюшного жира, модуляция микробиома кишечника (снижение численности <i>Escherichia coli</i> и увеличение численности <i>Lactobacillus</i>), снижение процента осложнений и смертности (при добавлении в питьевую воду 100 мг/л, 150 мг/л, 200 мг/л экстракта) / <i>Increased carcass weight, reduced abdominal fat levels, modulation of the gut microbiome (reduced Escherichia coli and increased Lactobacillus), and reduced complications and mortality rates (when 100 mg/L, 150 mg/L, or 200 mg/L of extract is added to drinking water)</i>	Davoodi SM et al., 2014
Тимьян ползучий (<i>Thymus serpyllum</i> , <i>Thymus serpyllum</i> L.)	Цыплята-бройлеры / <i>Broiler chickens</i>	Положительное влияние на продуктивные характеристики (увеличение массы тушки, низкий уровень смертности) и биохимические показатели крови (при добавлении в рацион смеси трав с тимьяном) / <i>Positive effect on productive characteristics (increased carcass weight, low mortality rate) and biochemical blood analysis (when a mixture of herbs with thyme is added to the diet)</i>	Popović S et al., 2018

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
	КРС / Cattle	Возможность управления окислительным стрессом в переходный период. Согласно данным вычислительного анализа: хорошие фармакокинетические параметры (нетоксичность, неканцерогенность, высокая желудочно-кишечная абсорбция) (при добавлении 100 мкг/мл тимьяна) / <i>The ability to manage oxidative stress during the transition period. According to computational analysis data, good pharmacokinetic parameters (non-toxicity, non-carcinogenicity, high gastrointestinal absorption) (when adding 100 µg/mL of thyme)</i>	Azhar J et al., 2024
	Поросята / Pigs	Увеличение среднесуточного прироста и улучшение коэффициента конверсии корма (как результат улучшения гистологии тонкого кишечника и лучшей усвояемости оснoвных питательных веществ); стимуляция иммунных процессов (при добавлении в рацион 3 % тимьяна) / <i>Increased average daily growth and improved feed conversion ratio (as a result of improved small intestine histology and better absorption of essential nutrients); stimulation of immune processes (when 3% thyme is added to the diet)</i>	Czech A et al., 2023
Подорожник большой (<i>Plantago major</i> , <i>Plantago major</i> L.)	Цыплята-бройлеры (Росс 308) / <i>Broiler chickens cross Ross 308</i>	Увеличение массы тушки и конверсии корма, снижение уровня холестерина и триглицеридов в сыворотке; улучшение работы иммунной системы, изменение микробиома подвздошной кишки (увеличение численности бактерий рода <i>Lactobacillus</i> и снижение бактерий <i>Escherichia coli</i>) / <i>Increased carcass weight and feed conversion; reduced serum cholesterol and triglyceride levels; improved immune system function; altered ileal microbiome (increased Lactobacillus bacteria and reduced Escherichia coli bacteria)</i>	Mazhari M et al., 2016

Перспективы дальнейшей разработки и расширенного применения фитобиотиков в сельском хозяйстве. Принципы создания и испытания новых фитобиотиков в системах *in vitro* и *in vivo*. В настоящее время продовольственная безопасность является серьезной проблемой во всем мире. Перспективы дальнейшей разработки и расширенного применения новых эффективных, натуральных экологически безопасных препаратов растительного происхождения (фитобиотиков) в сельском хозяйстве в качестве альтернативы антибиотикам (Suresh G et al., 2018) продолжает оставаться одной из актуальных задач современной биологической науки.

Начальным этапом разработки новых фитобиотиотических препаратов является первичный скрининг химических соединений, полученных из растений (рис. 1).

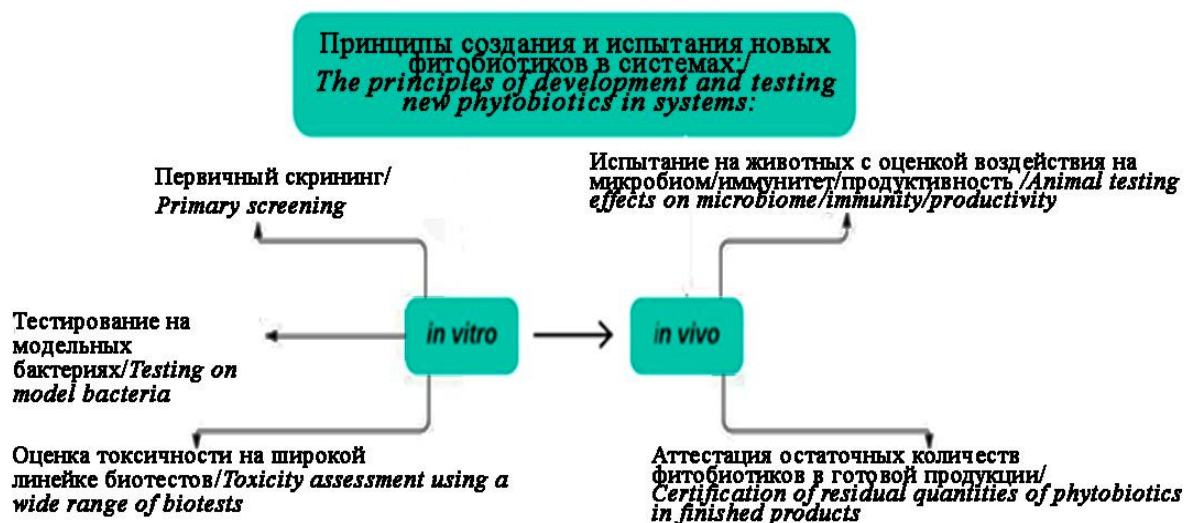


Рисунок 1. Принципы создания и испытания новых фитобиотиков
 Figure 1. The principles of development and testing new phytobiotics

Царство растений включает большое количество видов, производящих разнообразные биологически активные соединения (флавоноиды, липиды, фенольные соединения, полисахариды, белки, сапонины, сахара, дубильные вещества и др.) с различными химическими каркасами. Хроматографический анализ растительных компонентов с помощью УВЭЖХ-МС является мощным и широко используемым методом анализа, для идентификации фитохимических веществ. По предыдущим оценкам, только 6 % существующих видов растений систематически исследовались фармакологически и только около 15 % – фитохимически, а 10 % доходят до стадии биологического скрининга (Cragg GM and Newman DJ, 2013). Сегодня процент более хорошо охарактеризованных видов, вероятно, выше из-за продолжающихся исследовательских усилий, все же можно предположить, что существует огромное количество растительных соединений, которые недостаточно изучены фармакологически в примерно 310 000 описанных к настоящему времени видах растений. Потенциальным источником биоактивных соединений является повторное исследование метаболитов, ранее считавшихся неактивными, которые составляют ~60 % известных из них (Berdy J, 2012). Например, было обнаружено, что нафтифин, противогрибковый препарат, одобренный Управлением по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (U.S. Food and Drug Administration, FDA), является ведущим соединением среди мощных ингибиторов диапофитоендесатуразы (CrtN) и снижает вирулентность различных клинических изолятов *S. aureus*, включая устойчивые к метициллину *S. aureus* (MRSA) на моделях заражения мышей (Chen F et al., 2016). Общее количество продаваемых лекарств, используемых в терапии человека, оценивается примерно в 3500 соединений, что составляет менее 0,01 % всех известных химических соединений (Berdy J, 2012).

Проведенные ранее исследования по оценке токсичности фитогенных соединений на модельных бактериях в условиях *in vitro* в полной мере не отражают весь спектр результатов анализа из-за различий в методах тестирования, анализируемых бактериальных штаммах. В связи с этим возникает необходимость перехода на широкую линейку биотестов с целью оценки токсичности фитобиотиков. Для обеспечения экологической безопасности новых синтезированных фитобиотических добавок, предназначенных для использования в качестве биологически активных веществ, необходима экотоксикологическая оценка, включающая изучение влияния их действия на тест-объекты, в качестве которых используются простейшие (реснички, жгутики), кишечнopolостные (гидры), черви (планарии, пиявки), моллюски (пластинчатожаберные, брюхоногие), ракообразные (дафнии), рыбы, а также представители различных групп водорослей. Среди тест-параметров чаще всего используют смертность, выживаемость, плодовитость, подавление ферментативной активности и других функций (Ulrich EV et al., 2020). Рачки цериодафнии хорошо растут, размножаются и представляют собой экобиоценоз, в соответствии с которым можно изучить общую токсичность водных растворов фитобиотических добавок. В исследованиях Basharat S (2014) выживаемость цериодафний (*Ceriodaphnia affinis*) варьировала от 91,0 до 94,5 % (± 5 %) при тестировании экстрактов *Sarepta mustard* (*Brassica juncea* L.), Stinging nettle (*Urtica dioica*), Safflower leuzea (*Rhapon-ticum carthamoides* (Willd.)), Mountain ash (*Sorbus aucuparia*), Jerusalem artichoke (*Helianthus tu-berosus*), Thyme (*Thymus serpyllum* L.), Sowing garlic (*Allium sativum*), Rosehip (*Rosa*), Echinacea pur-purea (*Echinacea*), Wild camomile (*Chamomilla recutita* L.), Milk Thistle (*Silybum marianum* L.), Calen-dula officinalis (*Calendula officinalis* L.).

Несмотря на ряд преимуществ в условиях *in vitro*, эти испытания обладают серьезными ограничениями. Наиболее важно то, что системы клеточных культур могут дать только приближенное представление о новом продукте, так как они не моделируют сложные физиологические процессы в живом организме. Одностороннее использование испытаний *in vitro* в ходе токсикологической оценки может привести к переоценке или недооценке токсикологических свойств. Поэтому существует необходимость окончательной оценки на живых системах, в условиях *in vivo* (рис. 1). В большинстве случаев сообщается про высокие показатели эффективности в условиях культуральной среды (*in vitro*), но соответствующие экспериментальные данные в условиях практического животноводства (*in vivo*) ограничены (Kiczorowska B et al., 2017). Однако анализ литературных данных и результаты собственных исследований по изучению эффективности применения фитобиотиков в различных отраслях животноводства свидетельствуют о перспективности производства и применения в животноводстве фитобиотиков, об их высокой востребованности и целесообразности включения в рационы кормления животных и птицы в связи с их выраженным положительным влиянием на продуктивность (Murugesan GR et al., 2015), неспецифическую резистентность (Vetrano AM et al., 2005) и физиологическое состояние животных и птицы (Vispute MM et al., 2019). Кроме того, обосновано их использование в целях получения экологически чистой (органической) продукции и повышения экономической эффективности производства продуктов животноводства. Целесообразно применение фитобиотиков в комплексе с пробиотиками (Yadav S and Jha R, 2019), а также производство многофункциональных препаратов, которые имеют потенциал для улучшения производственных показателей продуктивности. В условиях интенсивных технологий животноводства фитобиотики нивелируют такие явления, как снижение иммунного и антиоксидантного статуса животных, обеспечивая повышение всех видов продуктивности, примерно на 2-4 % (Mashayekhi H et al., 2018). В перспективе следует расширить исследования по изучению механизмов действия фитобиотиков на микрофлору желудочно-кишечного тракта, секреторную активность поджелудочной железы, процессы всасывания питательных веществ корма, иммунитет, репродуктивные способности, качество производимой продукции с учетом физиологических особенностей организма, специфики кормления и технологии содержания различных половозрастных групп сельскохозяйственных животных и птицы. Как известно на сегодняшний день, механизмы действия фитобиотиков заключаются в стимулировании роста микробиоты кишечника (Carrasco JMD et al., 2018), повышении эффективности использования корма и активации генов, связанных с имму-

нитетом, для производства противомикробных препаратов (Abd El-Naby AS et al., 2023). В зависимости от механизма действия фитобиотики оказывают благотворное влияние на сельскохозяйственных животных, включая укрепление иммунной системы, повышение антиоксидантной активности, улучшение показателей роста и стимуляцию устойчивости к болезням.

Все кормовые добавки, включая растительные субстанции и их действующие вещества, должны соответствовать правилам безопасности. Помимо эффективности применение фитогенных кормовых добавок должно быть безопасным для животного, пользователя, потребителя продукта животного происхождения и окружающей среды. Переход к масштабному использованию фитобиотиков и их химически синтезированных аналогов в системах кормления сельскохозяйственных животных, наряду с демонстрацией положительных эффектов, требует и доказательств отсутствия накопления данных соединений в готовой продукции, способного дискредитировать предлагаемый подход по аналогии с кормовыми антибиотиками (в процессе использования антибиотиков обнаружались существенные недостатки, в первую очередь связанные с возможностью миграции кормовых антибиотиков по пищевым цепям и определяемым этим риском возникновения и распространения устойчивости бактериальных патогенов к антимикробным препаратам). В то же время большинство описанных в литературе методик разрабатывалось для определения подобных аналитов в растительном сырье (Hao M and Beta T, 2012) и не учитывало возможность их дальнейших метаболических превращений. Немногочисленными известными примерами являются печеночный метаболизм кверцетина, приводящий к образованию его глюкуронидированной, метилированной и сульфурированной форм (Paulke A et al., 2012), конъюгирование ванилина с глюкуроновой кислотой (Yu J et al., 2013), а также трансформация 7-гидроксикумарина в 7-гидроксикумарин-глюкоронид (Bogan DP and O'Kennedy R, 1996). Однако приведенные данные связаны исключительно с определением названных аналитов в организме человека, в то время как аналогичные исследования птицы, в том числе на фоне кормления с использованием малых молекул растительного происхождения, в доступной литературе встречаются редко, среди них количественное определение кверцетина, ванилина и умбеллиферона в тканях цыплят-бройлеров, получавших эти соединения в рационе кормления (Дерябин Д.Г. и др., 2023). Совокупность полученных данных свидетельствуют о низкой вероятности накопления кверцетина, ванилина, умбеллиферона и продуктов их глюкоронидирования в мышцах и печени бройлеров. Результат проведенного исследования свидетельствует в пользу безопасности кормового использования названных малых молекул растительного происхождения, исключаяющей их дальнейшую миграцию по пищевым цепям.

Таким образом, фитогенные соединения относятся к наиболее перспективному классу заменителей антибиотиков благодаря широкому спектру активных компонентов. Тем не менее их применение в животноводстве ограничено из-за их различной эффективности и недостаточной изученности механизмов действия. Для дальнейшей разработки и расширенного применения фитобиотиков в экологически чистом и экономически жизнеспособном животноводческом производстве необходимо более глубокое понимание воздействия фитогенных молекул и механизмов их действия.

Подводя итог, можно сказать, что, описанные выше перспективы использования фитобиотиков в сельском хозяйстве и принципы их поэтапной разработки (от скрининга *in vitro* до валидации *in vivo*) создают прочную основу для внедрения этих агентов в практику животноводства и растениеводства. Однако при переходе от контролируемых экспериментальных условий к реальному производству исследователи сталкиваются с рядом фундаментальных ограничений. Ключевым является природная вариабельность химического состава растительного сырья, которая ставит под сомнение воспроизводимость биологических эффектов.

Возможные проблемы в использовании фитобиотиков и пути их преодоления. Нестабильность химического состава растительного сырья и необходимость его стандартизации в системе химических и биологических тестов. Несмотря на ряд преимуществ, применение фитобиотиков в кормлении сельскохозяйственных животных связано с определенными рисками. Растения подвержены воздействию различных факторов окружающей среды (температура, влажность, свет и т.

д.), что может приводить к изменению химического состава растительного сырья. Как следствие, токсикологический прогноз таких добавок становится непредсказуемым. Эфирные масла, входящие в их состав, способны проявлять токсичность даже в минимальных количествах, а побочные эффекты могут затрагивать дыхательную систему и состояние слизистых оболочек за счет накопления токсических веществ в органах и тканях животного.

Ключевым путем решения данной проблемы выступает стандартизация растительного сырья. Она позволяет исключить возможность использования некачественных или опасных компонентов, что может привести к негативным последствиям для здоровья животных. Контроль качества сырья включает в себя проведение химических и биологических тестов, которые позволяют определить химический состав и биологическую активность используемых компонентов. Химические тесты позволяют определить наличие и концентрацию различных биологически активных веществ в растительном сырье. Биологические тесты, в свою очередь, позволяют оценить его биологическую активность, то есть способность оказывать определенное воздействие на организм. Знание этих показателей гарантирует, что фитобиотики будут обладать стабильным составом и эффективностью, независимо от условий выращивания и сбора растений (Kikusato M, 2021). Тем не менее существует необходимость в проведении дополнительных исследований для подтверждения безопасности и эффективности фитобиотиков. Отмечается, что данные добавки могут содержать различные биологически активные вещества, способные оказывать как положительное, так и отрицательное воздействие на организм сельскохозяйственных животных. Ситуация осложняется тем, что фитогенные кормовые добавки сильно варьируются в зависимости от ботанического происхождения, технологической обработки и химического состава. Это делает их сложными для количественной оценки и стандартизации из-за непостоянного и неидентифицированного состава. На химический состав наиболее важных компонентов растений влияют местоположение, тип почвы, сезон выращивания растения, условия окружающей среды, время и технология сбора урожая. Особое значение в определении безопасности имеют методы, длительность хранения, способы экстракции растений, а также возможные синергические или антагонистические эффекты действующих веществ. Кроме того, важно контролировать наличие в фитобиотиках примесей антипитательных веществ и микробного загрязнения – все эти факторы могут существенно снижать эффективность применения фитогенных кормовых добавок.

Заключение.

Лекарственные растения и их фракции могут эффективно заменять кормовые антибиотики в животноводстве. В отличие от синтетических препаратов растения предлагают многокомпонентный подход к борьбе с инфекциями, сочетая прямое антимикробное действие, модуляцию QS и поддержку пробиотической микрофлоры. Дальнейшие исследования должны быть направлены на стандартизацию фитобиотиков и проведение клинических испытаний в ветеринарной практике, где сокращение использования синтетических антибиотиков особенно актуально в связи с ростом резистентности и законодательными ограничениями.

Список источников

1. Вербена лекарственная (*Verbena officinalis* L.): обзор фитохимических и фармакологических исследований / О.Ю. Куляк, Г.В. Адамов, А.И. Радимич, О.Л. Сайбель // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2019. Т. 22. № 11. С. 9-18. [Kulyak OYu, Adamov GV, Radimich AI, Saibel OL. Verbena medicinal (*Verbena Officinalis* L.): review of phytochemical and pharmacological studies. Problems of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry. 2019;22(11):9-18. (In Russ.)]. doi: 10.29296/25877313-2019-11-02
2. Загурская Ю.В. Систематика, морфология и лекарственные свойства растения *Leonurus quinquelobatus* Gilib // Успехи современного естествознания. 2014. № 12-2. С. 56-59. [Za-

gurskaya YV. Taxonomy, morphology and medicinal properties of plants *Leonurus Quinquelobatus* Gilib. Advances in Current Natural Sciences. 2014;12-2:56-59. (In Russ.).

3. Количественное определение кверцетина, ванилина и умбеллиферона в тканях цыплят-бройлеров, получавших эти соединения в рационе кормления / Д.Г. Дерябин, Е.Н. Гончарова, А.А. Комаров, Г.К. Дускаев // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2023. Т. 26. № 11. С. 32-39. [Deryabin DG, Goncharova EN, Komarov AA, Duskaev GK. Quercetin, vanillin and umbelliferon quantification in the tissue of broiler chickens dietary supplemented with these compounds. Problems of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry. 2023;26(11):32-39. (In Russ.).] doi: 10.29296/25877313-2023-11-06

4. Постраш И.Ю. Трава зверобоя продырявленного: химический состав, свойства, применение // Вестник АПК Верхневолжья. 2021. № 1 (53). С. 57-63. [Postrash IYu. *Hypericum perforatum* grass: chemical composition, properties, use. Vestnik APK Verkhnevolzhya. 2021;1(53):57-63. (In Russ.).] doi: 10.35694/YARCX.2021.53.1.010

5. Сапарклычева С.Е., Чапалда Т.Л., Чулкова В.В. Биологические особенности и фармакологические свойства дикорастущих эфиросодержащих растений // Вестник биотехнологии. 2020. № 2(23). С. 14. [Saparlycheva SE, Chapalda TL, Chulkova VV. Biological features and pharmacological properties of wild ether-containing plants. Vestnik biotekhnologii. 2020;2(23):14. (In Russ.).]

6. Скалозуб О.М. Донник белый – компонент травосмеси // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 5 (139). С. 29-33. [Skalozub OM. *Melilotus albus* descr. As a grass mix component. Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2016;(5):29-33. (In Russ.).]

7. Abd El-Naby AS, El Asely AM, Hussein MN, Fawzy RM, Abdel-Tawwab M. Stimulatory effects of dietary chia (*Salvia hispanica*) seeds on performance, antioxidant-immune indices, histopathological architecture, and disease resistance of Nile tilapia. Aquaculture. 2023;563:738889. doi: 10.1016/j.aquaculture.2022.738889

8. Abdallah EM, Alhatlani BY, de Paula Menezes R, Martins CHG. Back to nature: medicinal plants as promising sources for antibacterial drugs in the post-antibiotic era. Plants. 2023;12(17):3077. doi: 10.3390/plants12173077

9. Abo-Samaha MI, Alghamdi YS, El-Shobokshy SA, Albogami S, El-Maksoud EMA, Farag F, Soliman MM, Shukry M, El-Hack MEA. Licorice extract supplementation affects antioxidant activity, growth-related genes, lipid metabolism, and immune markers in broiler chickens. Life (Basel). 2022;12(6):914. doi: 10.3390/life12060914

10. Alagawany M, Elnesr SS, Farag MR. Use of liquorice (*Glycyrrhiza glabra*) in poultry nutrition: Global impacts on performance, carcass and meat quality. World's Poultry Science Journal. 2019;75(2):293-304. doi: 10.1017/S0043933919000059

11. Alagbe J. Growth performance and haemato-biochemical parameters of broiler chicken fed different levels of *Parkia biglobosa* leaf extracts. Academic J Life Sci. 2019;5(12):107-115. doi: 10.32861/ajls.512.107.115

12. Aljumaah MR, Suliman GM, Abdullatif AA, Abudabos AM. Effects of phytobiotic feed additives on growth traits, blood biochemistry, and meat characteristics of broiler chickens exposed to *Salmonella typhimurium*. Poult Sci. 2020;99(11):5744-5751. doi: 10.1016/j.psj.2020.07.033

13. Azhar J, Nadeem A, Javed M, Ahmad HI, Hassan FU, Shah FS. Evaluation of phytochemicals from *Thymus serpyllum* as potential drug candidates to manage oxidative stress in transition dairy cows. J Biomol Struct Dyn. 2024;42(6):2897-2912. doi: 10.1080/07391102.2023.2209190

14. Basharat S. Antioxidative potential of phytochemicals. Feed Strategy. 2014. Available from: <https://www.feedstrategy.com/animal-feed-additives-ingredients/feed-additives/article/15437240/antioxidative-potential-of-phytochemicals> (cited 2026 May 07)

15. Basit MA, Kadir AA, Loh TC, Abdul Aziz S, Salleh A, Zakaria ZA, Banke Idris S. Comparative efficacy of selected phytobiotics with halquinol and tetracycline on gut morphology, ileal digesti-

bility, cecal microbiota composition and growth performance in broiler chickens. *Animals* (Basel). 2020;10(11):2150. doi: 10.3390/ani10112150

16. Behroozilak MA, Moftakharzadeh SA, Behroozlak M, Vahedi V, Bakhshalizadeh S. The influence of ethanolic extract of *Hypericum perforatum* (St. John's wort) on growth performance, serum metabolites, fat deposition, immunity, and lipid peroxidation in broiler chickens. *Vet Med Sci*. 2025;11(5):e70507. doi: 10.1002/vms3.70507

17. Bennato F, Ianni A, Innosa D, Martino C, Grotta L, Pomilio F, Verna M, Martino G. Influence of licorice root feeding on chemical-nutritional quality of cow milk and straciated cheese, an Italian traditional fresh dairy product. *Animals*. 2019;9(12):1153. doi: 10.3390/ani9121153

18. Berdy J. Thoughts and facts about antibiotics: Where we are now and where we are heading. *J Antibiot*. 2012;65:385-395. doi: 10.1038/ja.2012.27

19. Birsa ML, Sarbu LG. Health benefits of key constituents in *Cichorium intybus* L. *Nutrients*. 2023;15(6):1322. doi: 10.3390/nu15061322

20. Bogan DP, O'Kennedy R. Simultaneous determination of coumarin, 7-hydroxycoumarin and 7-hydroxycoumarin glucuronide in human serum and plasma by high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications*. 1996;686(2):267-273. doi: 10.1016/s0378-4347(96)00234-4

21. Canogullari Dogan S, Baylan M, Erdoğan Z, Küçükgül A, Bulancak A. The effects of licorice (*Glycyrrhiza glabra*) root on performance, some serum parameters and antioxidant capacity of laying hens. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*. 2018;20(4):699-706. doi: 10.1590/1806-9061-2018-0767

22. Carrasco JMD, Redondo EA, Viso NDP, Redondo LM, Farber MD, Miyakawa MEF. Tannins and bacitracin differentially modulate gut microbiota of broiler chickens. *BioMed Res Int*. 2018;2018(4):1879168. doi: 10.1155/2018/1879168

23. Chen F, Di H, Wang Y, Cao Q, Xu B, Zhang X, Yang N, Liu G, Yang C-G, Xu Y. Small-molecule targeting of a diapophytoene desaturase inhibits *S. aureus* virulence. *Nat Chem Biol*. 2016;12:174-179. doi: 10.1038/nchembio.2003

24. Cragg GM, Newman DJ. Natural products: a continuing source of novel drug leads. *Biochim Biophys Acta*. 2013;1830(6):3670-3695. doi: 10.1016/j.bbagen.2013.02.008

25. Czech A, Klimiuk K, Sembratowicz I. The effect of thyme herb in diets for fattening pigs on their growth performance and health. *PLoS One*. 2023;18(10):e0291054. doi: 10.1371/journal.pone.0291054

26. Davoodi SM, Kheiri F, Rahimian Y. Effect of poultry feed supplemented with *Hypericum perforatum* extract and virginiamycin on growth performance, some immune responses and intestinal microbial population of broilers. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2014;12(36):27-33. doi: 10.18551/rjoas.2014-12.04

27. Ed-Dahmani I, El Fadili M, Kandsi F, Conte R, El Atki Y, Kara M, Assouguem A, Touijer H, Lfitat A, Nouioura G, Slighoua M, Ullah R, Al-Tamimi JH, Taleb M, Abdellaoui A. Phytochemical, antioxidant activity, and toxicity of wild medicinal plant of *Melilotus albus* extracts, *In Vitro* and *In Silico* approaches. *ACS Omega*. 2024;9(8):9236-9246. doi: 10.1021/acsomega.3c08314

28. El-Saber Batiha G, Magdy Beshbishy A, El-Mleeh A, Abdel-Daim MM, Prasad Devkota H. Traditional uses, bioactive chemical constituents, and pharmacological and toxicological activities of *Glycyrrhiza glabra* L. (Fabaceae). *Biomolecules*. 2020;10(3):352. doi: 10.3390/biom10030352

29. Fresno Rueda A, Samuel R, St-Pierre B. Investigating the effects of a phytobiotics-based product on the fecal bacterial microbiome of weaned pigs. *Animals* (Basel). 2021;11(7):1950. doi: 10.3390/ani11071950

30. Gazwi HSS, Mahmoud ME, Toson EMA. Analysis of the phytochemicals of *Coriandrum sativum* and *Cichorium intybus* aqueous extracts and their biological effects on broiler chickens. *Sci Rep*. 2022;12(1):6399. doi: 10.1038/s41598-022-10329-2

31. Ghaima KK, Hashim NM, Ali SA. Antibacterial and antioxidant activities of ethyl acetate extract of nettle (*Urtica dioica*) and dandelion (*Taraxacum Officinale*). J Appl Pharm Sci. 2013;3(5):096-099. doi: 10.7324/JAPS.2013.3518
32. Gilani SMH, Rashid Z, Galani S, Ilyas S, Sahar S, Zahoor-UI-Hassan, Al-Ghanim K, Zehra S, Azhar A, Al-Misned F, Ahmed Z, Al-Mulham N, Mahboob S. Growth performance, intestinal histomorphology, gut microflora and ghrelin gene expression analysis of broiler by supplementing natural growth promoters: A nutrigenomics approach. Saudi J Biol Sci. 2021;28(6):3438-3447. doi: 10.1016/j.sjbs.2021.03.008
33. Goto T, Ito Y, Yamada S, Matsumoto H, Oka H. High-throughput analysis of tetracycline and penicillin antibiotics in animal tissues using electrospray tandem mass spectrometry with selected reaction monitoring transition. J Chromatogr A. 2005;1100(2):193-9. doi: 10.1016/j.chroma.2005.09.056
34. Gowthaman V, Sharma D, Deo C, Tiwari AK, Biswas A. Production performance, serum lipid profile and gut health in Indian native Kadaknath chickens fed diet incorporated with liquorice root powder. Heliyon. 2024;10(22):e40230. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e40230
35. Hao M, Beta T. Qualitative and quantitative analysis of the major phenolic compounds as antioxidants in barley and flaxseed hulls using HPLC/MS/MS. J Sci Food Agric. 2012;92(10):2062-2068. doi: 10.1002/jsfa.5582
36. Huong LT, Thinh BB, Hung NH, Phu HV, Hieu NC, Dai DN. Chemical composition, antimicrobial and larvicidal activities of essential oils of two *Syzygium* species from Vietnam. Braz J Biol. 2024;84:e270967. doi: 10.1590/1519-6984.270967
37. İlhan Z, Zengin M, Bacaksız OK, Demir E, Ekin İH, Azman MA. *Hypericum perforatum* L. (St. John's Wort) in broilers diet improve growth performance, intestinal microflora and immunity. Poult Sci. 2024;103(12):104419. doi: 10.1016/j.psj.2024.104419
38. Izadi H, Arshami J, Golian A, Raji MR. Effects of chicory root powder on growth performance and histomorphometry of jejunum in broiler chicks. Vet Res Forum. 2013;4(3):169-74.
39. Jalil B, Pischel I, Feistel B, Suarez C, Blainski A, Spreemann R, Roth-Ehrang R, Heinrich M. Wild thyme (*Thymus serpyllum* L.): a review of the current evidence of nutritional and preventive health benefits. Front Nutr. 2024;11:1380962. doi: 10.3389/fnut.2024.1380962
40. Janda K, Gutowska I, Geszke-Moritz M, Jakubczyk K. The common cichory (*Cichorium intybus* L.) as a source of extracts with health-promoting properties-a review. Molecules. 2021;26(6):1814. doi: 10.3390/molecules26061814
41. Khameneh B, Iranshahy M, Soheili V, Bazzaz BSF. Review on plant antimicrobials: a mechanistic viewpoint. Antimicrobial Resistance & Infection Control. 2019;8:118. doi: 10.1186/s13756-019-0559-6
42. Khoobani M, Hasheminezhad SH, Javandel F, Nosrati M, Seidavi A, Kadim IT, Laudadio V, Tufarelli V. Effects of dietary chicory (*Chicorium intybus* L.) and probiotic blend as natural feed additives on performance traits, blood biochemistry, and gut microbiota of broiler chickens. Antibiotics (Basel). 2019;9(1):5. doi: 10.3390/antibiotics9010005
43. Kiczorowska B, Samolińska W, Al-Yasiry ARM, Kiczorowski P, Winiarska-Mieczan A. The natural feed additives as immunostimulants in monogastric animal nutrition – a review. Annals of Animal Science. 2017;17(3):605-625. doi: 10.1515/aoas-2016-0076
44. Kikusato M. Phytobiotics to improve health and production of broiler chickens: functions beyond the antioxidant activity. Anim Biosci. 2021;34(3):345-353. doi: 10.5713/ab.20.0842
45. Landy N, Ghalamkari GH, Toghyani M. Evaluation of St John's Wort (*Hypericum perforatum* L.) as an antibiotic growth promoter substitution on performance, carcass characteristics, some of the immune responses, and serum biochemical parameters of broiler chicks. Journal of medicinal plants research. 2012;6(3):510-515. doi: 10.5897/JMPR11.1371
46. Lin J, Hunkapiller AA, Layton AC, Chang YJ, Robbins KR. Response of intestinal microbiota to antibiotic growth promoters in chickens. Foodborne Pathog Dis. 2013;10(4):331-337. doi: 10.1089/fpd.2012.1348

47. Mashayekhi H, Mazhari M, Esmaeilipour O. Eucalyptus leaves powder, antibiotic and probiotic addition to broiler diets: Effect on growth performance, immune response, blood components and carcass traits. *Anima*. 2018;12(10):2049-2055. doi: 10.1017/S1751731117003731
48. Mazhari M, Esmaeilipour O, Mirmahmoudi R, Badakhshan Y. Comparison of antibiotic, probiotic and great plantain (*Plantago major* L.) on growth performance, serum metabolites, immune response and ileal microbial population of broilers. *Poultry Science Journa*. 2016;4(2):97-105. doi: 10.22069/PSJ.2016.10041.1164
49. Murugesan GR, Syed B, Haldar S, Pender C. Phytogenic feed additives as an alternative to antibiotic growth promoters in broiler chickens. *Front Vet Sci*. 2015;2:21. doi: 10.3389/fvets.2015.00021
50. Nazzaro F, Fratianni F, Coppola R. Quorum sensing and phytochemicals. *International Journal of Molecular Sciences*. 2013;14(6):12607-12619. doi: 10.3390/ijms140612607
51. Paulke A, Eckert GP, Schubert-Zsilavecz M, et al. Isoquercitrin provides better bioavailability than quercetin: comparison of quercetin metabolites in body tissue and brain sections after six days' administration of isoquercitrin and quercetin. *Pharmazie*. 2012;67(12):991-996(6). doi: 10.1691/ph.2012.2050
52. Peña-Espinoza M, Valente AH, Bornancin L, Simonsen HT, Thamsborg SM, Williams AR, López-Muñoz R. Anthelmintic and metabolomic analyses of chicory (*Cichorium intybus*) identify an industrial by-product with potent in vitro antinematodal activity. *Vet Parasitol*. 2020;280:109088. doi: 10.1016/j.vetpar.2020.109088
53. Pi Y, Gao K, Peng Y, Mu CL, Zhu WY. Antibiotic-induced alterations of the gut microbiota and microbial fermentation in protein parallel the changes in host nitrogen metabolism of growing pigs. *Animal*. 2019;13(2):262-272. doi: 10.1017/S1751731118001416
54. Popović S, Kostadinović L, Đuragić O, Aćimović M, Čabarkapa I, Puvača N, Pelić DL. Influence of medicinal plants mixtures (*Artemisia absinthium*, *Thymus vulgaris*, *Menthae piperitae* and *Thymus serpyllum*) in broilers nutrition on biochemical blood status. *Journal of Agronomy Technology and Engineering Management (JATEM)*. 2018;1(1):91-98.
55. Rasouli M, Mahmoudi R, Kazeminia M. A review on the effect of medicinal plant essences on the performance of probiotic Bacteria. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*. 2017;26(144):411-423.
56. Ripon MMR, Rashid MH, Rahman MM, Ferdous MF, Arefin MS, Sani AA, Hossain MT, Ahammad MU, Rafiq K. Dose-dependent response to phytobiotic supplementation in feed on growth, hematology, intestinal pH, and gut bacterial load in broiler chicken. *J Adv Vet Anim Res*. 2019;6(2):253-259. doi: 10.5455/javar.2019.f341
57. Salaria D, Rolta R, Lal UR, Dev K, Kumar V. A comprehensive review on traditional applications, phytochemistry, pharmacology, and toxicology of *Thymus serpyllum*. *Indian J Pharmacol*. 2023;55(6):385-394. doi: 10.4103/ijp.ijp_220_22
58. Samanta AK, Gali JM, Dutta TK, Rajkhowa TK, Mandal GP, Patra AK. Effect of dietary phytobiotic mixture on growth performance, nutrient utilization, and immunity in weaned piglets. *Trop Anim Health Prod*. 2021;53(5):459. doi: 10.1007/s11250-021-02910-0
59. Sharifi-Rad J, Quispe C, Herrera-Bravo J, Belén LH, Kaur R, Kregiel D, Uprety Y, Beyatli A, Yeskaliyeva B, Kırkın C, Özçelik B, Sen S, Acharya K, Sharopov F, Cruz-Martins N, Kumar M, Razis AFA, Sunusi U, Kamal RM, Shaheen S, Suleria HAR. *Glycyrrhiza* genus: enlightening phytochemical components for pharmacological and health-promoting abilities. *Oxid Med Cell Longev*. 2021;2021:7571132. doi: 10.1155/2021/7571132
60. Skoufos I, Bonos E, Anastasiou I, Tsinas A, Tzora A. Effects of phytobiotics in healthy or disease challenged animals. *Feed Additives: Aromatic Plants and Herbs in Animal Nutrition and Health*. Academic Press; 2020:311-337. doi: 10.1016/B978-0-12-814700-9.00018-2
61. Sowa-Borowiec P, Czernicka M, Jarecki W, Dżugan M. Sweet clover (*Melilotus* spp.) as a source of biologically active compounds. *Molecules*. 2025;30(3):526. doi: 10.3390/molecules30030526

62. Street RA, Sidana J, Prinsloo G. *Cichorium intybus*: traditional uses, phytochemistry, pharmacology, and toxicology. Evid Based Complement Alternat Med. 2013;2013:579319. doi: 10.1155/2013/579319
63. Süntar I. Importance of ethnopharmacological studies in drug discovery: role of medicinal plants. Phytochemistry Rev. 2020;19(12):1199-1209. doi: 10.1007/s11101-019-09629-9
64. Suresh G, Das RK, Brar SK, Rouissi T, Ramirez AA, Chorfi Y, Godbout S. Alternatives to antibiotics in poultry feed: Molecular perspectives. Crit Rev Microbiol. 2018;44(3):318-335. doi: 10.1080/1040841X.2017.1373062
65. Tatang M, Miégoué E, Chongsi M, Fokom W, Kwayep N, Ntsafack P, Djoumessi T, Fogang M, Tendonkeng F. Effects of different levels of garlic powder incorporated in the feed enriched with *Stylosanthes guianensis* on reproduction and pre-weaning growth performances of cavies (*Cavia porcellus*). Open Journal of Animal Sciences. 2023;13(04):574-589. doi: 10.4236/ojas.2023.134040
66. Torok VA, Allison GE, Percy NJ, Ophel-Keller K, Hughes RJ. Influence of antimicrobial feed additives on broiler commensal posthatch gut microbiota development and performance. Appl Environ Microbiol. 2011;77(10):3380-90. doi: 10.1128/AEM.02300-10
67. Toson E, Abd El Latif M, Mohamed A, Gazwi HSS, Saleh M, Kokoszynski D, Elnesr SS, Hozzein WN, Wadaan MAM, Elwan H. Efficacy of licorice extract on the growth performance, carcass characteristics, blood indices and antioxidants capacity in broilers. Animal. 2023;17(1):100696. doi: 10.1016/j.animal.2022.100696
68. Ulrich EV, Smolovskaya OV, Tolstoy AE. Method for determining general toxicity of phytobiotics from extracts of medicinal plants. IV International Scientific and Practical Conference «Modern S&T Equipments and Problems in Agriculture», Kemerovo (Russia), 2020, June 25; 2020:245-252. doi: 10.32743/kuz.mepa.2020.245-252
69. Vetrano AM, Heck DE, Mariano TM, Mishin V, Laskin DL, Laskin JD. Characterization of the oxidase activity in mammalian catalase. J Biol Chem. 2005;280(42):35372-35381. doi: 10.1074/jbc.M503991200
70. Vispute MM, Sharma D, Mandal AB, Rokade JJ, Tyagi PK, Yadav AS. Effect of dietary supplementation of hemp (*Cannabis sativa*) and dill seed (*Anethum graveolens*) on performance, serum biochemicals and gut health of broiler chickens. J Anim Physiol Anim Nutr. 2019;103(2):525-533. doi: 10.1111/jpn.13052
71. Yadav S, Jha R. Strategies to modulate the intestinal microbiota and their effects on nutrient utilization, performance, and health of poultry. J Anim Sci Biotechnol. 2019;10:2. doi: 10.1186/s40104-018-0310-9
72. Yu J, Han JC, Hua LM, Gao YJ. In vitro characterization of glucuronidation of vanillin: identification of human UDP-glucuronosyltransferases and species differences. Phytother Res. 2013;27(9):1392-1397. doi: 10.1002/ptr.4885
73. Zanu HK, Keerqin C, Kheravii SK, Morgan NK, Wu SB, Bedford MR, Swick RA. Influence of meat and bone meal, phytase, and antibiotics on broiler chickens challenged with subclinical necrotic enteritis: 1. growth performance, intestinal pH, apparent ileal digestibility, cecal microbiota, and tibial mineralization. Poult Sci. 2020;99(3):1540-1550. doi: 10.1016/j.psj.2019.11.021
74. Zhakipbekov K, Turgumbayeva A, Issayeva R, Kipchakbayeva A, Kadyrbayeva G, Tleubayeva M, Akhayeva T, Tastambek K, Sainova G, Serikbayeva E, Tolenova K, Makhatova B, Anarbayeva R, Shimirova Z, Tileuberdi Y. Antimicrobial and other biomedical properties of extracts from *Plantago major*, *Plantaginaceae*. Pharmaceuticals (Basel). 2023;16(8):1092. doi: 10.3390/ph16081092
75. Zhu CZ, Hu BY, Liu JW, Cai Y, Chen XC, Qin DP, Cheng YX, Zhang ZD. Anti-mycobacterium tuberculosis terpenoids from *Resina Commiphora*. Molecules. 2019;24(8):1475. doi: 10.3390/molecules24081475

References

1. Kulyak OYu, Adamov GV, Radimich AI, Saibel OL. Verbena medicinal (Verbena Officinalis L.): review of phytochemical and pharmacological studies. Problems of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry. 2019;22(11):9-18. doi: 10.29296/25877313-2019-11-02
2. Zagurskaya YV. Taxonomy, morphology and medicinal properties of plants *Leonurus Quinquelobatus* Gilib. Advances in Current Natural Sciences. 2014;12-2:56-59.
3. Deryabin DG, Goncharova EN, Komarov AA, Duskaev GK. Quercetin, vanillin and umbelliferon quantification in the tissue of broiler chickens dietary supplemented with these compounds. Problems of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry. 2023;26(11):32-39. doi: 10.29296/25877313-2023-11-06
4. Postrash IYu. Hypericum perforatum grass: chemical composition, properties, use. Herald of Agroindustrial complex of Upper Volga region. 2021;1(53):57-63. doi: 10.35694/YARCX.2021.53.1.010
5. Saparlycheva SE, Chapalda TL, Chulkova VV. Biological features and pharmacological properties of wild ether-containing plants. Bulletin of biotechnology. 2020;2(23):14.
6. Skalozub OM. *Melilotus albus* desr. As a grass mix component. Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2016;(5):29-33.
7. Abd El-Naby AS, El Asely AM, Hussein MN, Fawzy RM, Abdel-Tawwab M. Stimulatory effects of dietary chia (*Salvia hispanica*) seeds on performance, antioxidant-immune indices, histopathological architecture, and disease resistance of Nile tilapia. Aquaculture. 2023;563:738889. doi: 10.1016/j.aquaculture.2022.738889
8. Abdallah EM, Alhatlani BY, de Paula Menezes R, Martins CHG. Back to nature: medicinal plants as promising sources for antibacterial drugs in the post-antibiotic era. Plants. 2023;12(17):3077. doi: 10.3390/plants12173077
9. Abo-Samaha MI, Alghamdi YS, El-Shobokshy SA, Albogami S, El-Maksoud EMA, Farag F, Soliman MM, Shukry M, El-Hack MEA. Licorice extract supplementation affects antioxidant activity, growth-related genes, lipid metabolism, and immune markers in broiler chickens. Life (Basel). 2022;12(6):914. doi: 10.3390/life12060914
10. Alagawany M, Elnesr SS, Farag MR. Use of liquorice (*Glycyrrhiza glabra*) in poultry nutrition: Global impacts on performance, carcass and meat quality. World's Poultry Science Journal. 2019;75(2):293-304. doi: 10.1017/S0043933919000059
11. Alagbe J. Growth performance and haemato-biochemical parameters of broiler chicken fed different levels of *Parkia biglobosa* leaf extracts. Academic J Life Sci. 2019;5(12):107-115. doi: 10.32861/ajls.512.107.115
12. Aljumaah MR, Suliman GM, Abdullatif AA, Abudabos AM. Effects of phytobiotic feed additives on growth traits, blood biochemistry, and meat characteristics of broiler chickens exposed to *Salmonella typhimurium*. Poult Sci. 2020;99(11):5744-5751. doi: 10.1016/j.psj.2020.07.033
13. Azhar J, Nadeem A, Javed M, Ahmad HI, Hassan FU, Shah FS. Evaluation of phytochemicals from *Thymus serpyllum* as potential drug candidates to manage oxidative stress in transition dairy cows. J Biomol Struct Dyn. 2024;42(6):2897-2912. doi: 10.1080/07391102.2023.2209190
14. Basharat S. Antioxidative potential of phytochemicals. Feed Strategy. 2014. Available from: <https://www.feedstrategy.com/animal-feed-additives-ingredients/feed-additives/article/15437240/antioxidative-potential-of-phytochemicals> (cited 2026 May 07)
15. Basit MA, Kadir AA, Loh TC, Abdul Aziz S, Salleh A, Zakaria ZA, Banke Idris S. Comparative efficacy of selected phytobiotics with halquinol and tetracycline on gut morphology, ileal digestibility, cecal microbiota composition and growth performance in broiler chickens. Animals (Basel). 2020;10(11):2150. doi: 10.3390/ani10112150
16. Behroozilak MA, Moftakharzadeh SA, Behroozlak M, Vahedi V, Bakhshalizadeh S. The influence of ethanolic extract of *Hypericum perforatum* (St. John's wort) on growth performance, serum

metabolites, fat deposition, immunity, and lipid peroxidation in broiler chickens. Vet Med Sci. 2025;11(5):e70507. doi: 10.1002/vms3.70507

17. Bennato F, Ianni A, Innosa D, Martino C, Grotta L, Pomilio F, Verna M, Martino G. Influence of licorice root feeding on chemical-nutritional quality of cow milk and stracciata cheese, an Italian traditional fresh dairy product. Animals. 2019;9(12):1153. doi: 10.3390/ani9121153

18. Berdy J. Thoughts and facts about antibiotics: Where we are now and where we are heading. J Antibiot. 2012;65:385-395. doi: 10.1038/ja.2012.27

19. Birsu ML, Sarbu LG. Health benefits of key constituents in *Cichorium intybus* L. Nutrients. 2023;15(6):1322. doi: 10.3390/nu15061322

20. Bogan DP, O'Kennedy R. Simultaneous determination of coumarin, 7-hydroxycoumarin and 7-hydroxycoumarin glucuronide in human serum and plasma by high-performance liquid chromatography. Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications. 1996;686(2):267-273. doi: 10.1016/s0378-4347(96)00234-4

21. Canogullari Dogan S, Baylan M, Erdoğan Z, Küçükgül A, Bulancak A. The effects of licorice (*Glycyrrhiza glabra*) root on performance, some serum parameters and antioxidant capacity of laying hens. Revista Brasileira de Ciência Avícola. 2018;20(4):699-706. doi: 10.1590/1806-9061-2018-0767

22. Carrasco JMD, Redondo EA, Viso NDP, Redondo LM, Farber MD, Miyakawa MEF. Tannins and bacitracin differentially modulate gut microbiota of broiler chickens. BioMed Res Int. 2018;2018(4):1879168. doi: 10.1155/2018/1879168

23. Chen F, Di H, Wang Y, Cao Q, Xu B, Zhang X, Yang N, Liu G, Yang C-G, Xu Y. Small-molecule targeting of a diapophytoene desaturase inhibits *S. aureus* virulence. Nat Chem Biol. 2016;12:174-179. doi: 10.1038/nchembio.2003

24. Cragg GM, Newman DJ. Natural products: a continuing source of novel drug leads. Biochim Biophys Acta. 2013;1830(6):3670-3695. doi: 10.1016/j.bbagen.2013.02.008

25. Czech A, Klimiuk K, Sembratowicz I. The effect of thyme herb in diets for fattening pigs on their growth performance and health. PLoS One. 2023;18(10):e0291054. doi: 10.1371/journal.pone.0291054

26. Davoodi SM, Kheiri F, Rahimian Y. Effect of poultry feed supplemented with *Hypericum perforatum* extract and virginiamycin on growth performance, some immune responses and intestinal microbial population of broilers. Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2014;12(36):27-33. doi: 10.18551/rjoas.2014-12.04

27. Ed-Dahmani I, El Fadili M, Kandsi F, Conte R, El Atki Y, Kara M, Assouguem A, Touijer H, Lfitat A, Nouioura G, Slighoua M, Ullah R, Al-Tamimi JH, Taleb M, Abdellaoui A. Phytochemical, antioxidant activity, and toxicity of wild medicinal plant of *Melilotus albus* extracts, *In Vitro* and *In Silico* approaches. ACS Omega. 2024;9(8):9236-9246. doi: 10.1021/acsomega.3c08314

28. El-Saber Batiha G, Magdy Beshbishy A, El-Mleeh A, Abdel-Daim MM, Prasad Devkota H. Traditional uses, bioactive chemical constituents, and pharmacological and toxicological activities of *Glycyrrhiza glabra* L. (Fabaceae). Biomolecules. 2020;10(3):352. doi: 10.3390/biom10030352

29. Fresno Rueda A, Samuel R, St-Pierre B. Investigating the effects of a phytobiotics-based product on the fecal bacterial microbiome of weaned pigs. Animals (Basel). 2021;11(7):1950. doi: 10.3390/ani11071950

30. Gazwi HSS, Mahmoud ME, Toson EMA. Analysis of the phytochemicals of *Coriandrum sativum* and *Cichorium intybus* aqueous extracts and their biological effects on broiler chickens. Sci Rep. 2022;12(1):6399. doi: 10.1038/s41598-022-10329-2

31. Ghaima KK, Hashim NM, Ali SA. Antibacterial and antioxidant activities of ethyl acetate extract of nettle (*Urtica dioica*) and dandelion (*Taraxacum Officinale*). J Appl Pharm Sci. 2013;3(5):096-099. doi: 10.7324/JAPS.2013.3518

32. Gilani SMH, Rashid Z, Galani S, Ilyas S, Sahar S, Zahoor-UI-Hassan, Al-Ghanim K, Zehra S, Azhar A, Al-Misned F, Ahmed Z, Al-Mulham N, Mahboob S. Growth performance, intestinal histomorphology, gut microflora and ghrelin gene expression analysis of broiler by supplementing

natural growth promoters: A nutrigenomics approach. Saudi J Biol Sci. 2021;28(6):3438-3447. doi: 10.1016/j.sjbs.2021.03.008

33. Goto T, Ito Y, Yamada S, Matsumoto H, Oka H. High-throughput analysis of tetracycline and penicillin antibiotics in animal tissues using electrospray tandem mass spectrometry with selected re-action monitoring transition. J Chromatogr A. 2005;1100(2):193-9. doi: 10.1016/j.chroma.2005.09.056

34. Gowthaman V, Sharma D, Deo C, Tiwari AK, Biswas A. Production performance, serum lipid profile and gut health in Indian native Kadaknath chickens fed diet incorporated with liquorice root powder. Heliyon. 2024;10(22):e40230. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e40230

35. Hao M, Beta T. Qualitative and quantitative analysis of the major phenolic compounds as antioxidants in barley and flaxseed hulls using HPLC/MS/MS. J Sci Food Agric. 2012;92(10):2062-2068. doi: 10.1002/jsfa.5582

36. Huong LT, Thinh BB, Hung NH, Phu HV, Hieu NC, Dai DN. Chemical composition, anti-microbial and larvicidal activities of essential oils of two *Syzygium* species from Vietnam. Braz J Biol. 2024;84:e270967. doi: 10.1590/1519-6984.270967

37. İlhan Z, Zengin M, Bacaksız OK, Demir E, Ekin İH, Azman MA. *Hypericum perforatum* L. (St. John's Wort) in broilers diet improve growth performance, intestinal microflora and immunity. Poult Sci. 2024;103(12):104419. doi: 10.1016/j.psj.2024.104419

38. Izadi H, Arshami J, Golian A, Raji MR. Effects of chicory root powder on growth performance and histomorphometry of jejunum in broiler chicks. Vet Res Forum. 2013;4(3):169-74.

39. Jalil B, Pischel I, Feistel B, Suarez C, Blainski A, Spreemann R, Roth-Ehrang R, Heinrich M. Wild thyme (*Thymus serpyllum* L.): a review of the current evidence of nutritional and preventive health benefits. Front Nutr. 2024;11:1380962. doi: 10.3389/fnut.2024.1380962

40. Janda K, Gutowska I, Geszke-Moritz M, Jakubczyk K. The common cichory (*Cichorium intybus* L.) as a source of extracts with health-promoting properties-a review. Molecules. 2021;26(6):1814. doi: 10.3390/molecules26061814

41. Khameneh B, Iranshahy M, Soheili V, Bazzaz BSF. Review on plant antimicrobials: a mechanistic viewpoint. Antimicrobial Resistance & Infection Control. 2019;8:118. doi: 10.1186/s13756-019-0559-6

42. Khoobani M, Hasheminezhad SH, Javandel F, Nosrati M, Seidavi A, Kadim IT, Laudadio V, Tufarelli V. Effects of dietary chicory (*Chicorium intybus* L.) and probiotic blend as natural feed additives on performance traits, blood biochemistry, and gut microbiota of broiler chickens. Antibiotics (Basel). 2019;9(1):5. doi: 10.3390/antibiotics9010005

43. Kiczorowska B, Samolińska W, Al-Yasiry ARM, Kiczorowski P, Winiarska-Mieczan A. The natural feed additives as immunostimulants in monogastric animal nutrition – a review. Annals of Animal Science. 2017;17(3):605-625. doi: 10.1515/aoas-2016-0076

44. Kikusato M. Phytobiotics to improve health and production of broiler chickens: functions beyond the antioxidant activity. Anim Biosci. 2021;34(3):345-353. doi: 10.5713/ab.20.0842

45. Landy N, Ghalamkari GH, Toghyani M. Evaluation of St John's Wort (*Hypericum perforatum* L.) as an antibiotic growth promoter substitution on performance, carcass characteristics, some of the immune responses, and serum biochemical parameters of broiler chicks. Journal of medicinal plants research. 2012;6(3):510-515. doi: 10.5897/JMPR11.1371

46. Lin J, Hunkapiller AA, Layton AC, Chang YJ, Robbins KR. Response of intestinal microbiota to antibiotic growth promoters in chickens. Foodborne Pathog Dis. 2013;10(4):331-337. doi: 10.1089/fpd.2012.1348

47. Mashayekhi H, Mazhari M, Esmailipour O. Eucalyptus leaves powder, antibiotic and probiotic addition to broiler diets: Effect on growth performance, immune response, blood components and carcass traits. Anima. 2018;12(10):2049-2055. doi: 10.1017/S1751731117003731

48. Mazhari M, Esmailipour O, Mirmahmoudi R, Badakhshan Y. Comparison of antibiotic, probiotic and great plantain (*Plantago major* L.) on growth performance, serum metabolites, im-

mune response and ileal microbial population of broilers. Poultry Science Journa. 2016;4(2):97-105. doi: 10.22069/PSJ.2016.10041.1164

49. Murugesan GR, Syed B, Haldar S, Pender C. Phytogetic feed additives as an alternative to antibiotic growth promoters in broiler chickens. Front Vet Sci. 2015;2:21. doi: 10.3389/fvets.2015.00021

50. Nazzaro F, Fratianni F, Coppola R. Quorum sensing and phytochemicals. International Journal of Molecular Sciences. 2013;14(6):12607-12619. doi: 10.3390/ijms140612607

51. Paulke A, Eckert GP, Schubert-Zsilavecz M, et al. Isoquercitrin provides better bioavailability than quercetin: comparison of quercetin metabolites in body tissue and brain sections after six days' administration of isoquercitrin and quercetin. Pharmazie. 2012;67(12):991-996(6). doi: 10.1691/ph.2012.2050

52. Peña-Espinoza M, Valente AH, Bornancin L, Simonsen HT, Thamsborg SM, Williams AR, López-Muñoz R. Anthelmintic and metabolomic analyses of chicory (*Cichorium intybus*) identify an industrial by-product with potent in vitro antinematodal activity. Vet Parasitol. 2020;280:109088. doi: 10.1016/j.vetpar.2020.109088

53. Pi Y, Gao K, Peng Y, Mu CL, Zhu WY. Antibiotic-induced alterations of the gut microbiota and microbial fermentation in protein parallel the changes in host nitrogen metabolism of growing pigs. Animal. 2019;13(2):262-272. doi: 10.1017/S1751731118001416

54. Popović S, Kostadinović L, Đuragić O, Aćimović M, Čabarkapa I, Puvača N, Pelić DL. Influence of medicinal plants mixtures (*Artemisia absinthium*, *Thymus vulgaris*, *Menthae piperitae* and *Thymus serpyllum*) in broilers nutrition on biochemical blood status. Journal of Agronomy Technology and Engineering Management (JATEM). 2018;1(1):91-98.

55. Rasouli M, Mahmoudi R, Kazeminia M. A review on the effect of medicinal plant essences on the performance of probiotic Bacteria. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2017;26(144):411-423.

56. Ripon MMR, Rashid MH, Rahman MM, Ferdous MF, Arefin MS, Sani AA, Hossain MT, Ahammad MU, Rafiq K. Dose-dependent response to phytobiotic supplementation in feed on growth, hematology, intestinal pH, and gut bacterial load in broiler chicken. J Adv Vet Anim Res. 2019;6(2):253-259. doi: 10.5455/javar.2019.f341

57. Salaria D, Rolta R, Lal UR, Dev K, Kumar V. A comprehensive review on traditional applications, phytochemistry, pharmacology, and toxicology of *Thymus serpyllum*. Indian J Pharmacol. 2023;55(6):385-394. doi: 10.4103/ijp.ijp_220_22

58. Samanta AK, Gali JM, Dutta TK, Rajkhowa TK, Mandal GP, Patra AK. Effect of dietary phytobiotic mixture on growth performance, nutrient utilization, and immunity in weaned piglets. Trop Anim Health Prod. 2021;53(5):459. doi: 10.1007/s11250-021-02910-0

59. Sharifi-Rad J, Quispe C, Herrera-Bravo J, Belén LH, Kaur R, Kregiel D, Uprety Y, Beyatli A, Yeskaliyeva B, Kırkın C, Özçelik B, Sen S, Acharya K, Sharopov F, Cruz-Martins N, Kumar M, Razis AFA, Sunusi U, Kamal RM, Shaheen S, Suleria HAR. *Glycyrrhiza* genus: enlightening phytochemical components for pharmacological and health-promoting abilities. Oxid Med Cell Longev. 2021;2021:7571132. doi: 10.1155/2021/7571132

60. Skoufos I, Bonos E, Anastasiou I, Tsinas A, Tzora A. Effects of phytobiotics in healthy or disease challenged animals. Feed Additives: Aromatic Plants and Herbs in Animal Nutrition and Health. Academic Press; 2020:311-337. doi: 10.1016/B978-0-12-814700-9.00018-2

61. Sowa-Borowiec P, Czernicka M, Jarecki W, Dżugan M. Sweet clover (*Melilotus* spp.) as a source of biologically active compounds. Molecules. 2025;30(3):526. doi: 10.3390/molecules30030526

62. Street RA, Sidana J, Prinsloo G. *Cichorium intybus*: traditional uses, phytochemistry, pharmacology, and toxicology. Evid Based Complement Alternat Med. 2013;2013:579319. doi: 10.1155/2013/579319

63. Süntar I. Importance of ethnopharmacological studies in drug discovery: role of medicinal plants. Phytochemistry Rev. 2020;19(12):1199-1209. doi: 10.1007/s11101-019-09629-9

64. Suresh G, Das RK, Brar SK, Rouissi T, Ramirez AA, Chorfi Y, Godbout S. Alternatives to antibiotics in poultry feed: Molecular perspectives. *Crit Rev Microbiol.* 2018;44(3):318-335. doi: 10.1080/1040841X.2017.1373062
65. Tatang M, Miégoué E, Chongsi M, Fokom W, Kwayep N, Ntsafack P, Djoumessi T, Fogang M, Tendonkeng F. Effects of different levels of garlic powder incorporated in the feed enriched with *Stylosanthes guianensis* on reproduction and pre-weaning growth performances of cavies (*Cavia porcellus*). *Open Journal of Animal Sciences.* 2023;13(04):574-589. doi: 10.4236/ojas.2023.134040
66. Torok VA, Allison GE, Percy NJ, Ophel-Keller K, Hughes RJ. Influence of antimicrobial feed additives on broiler commensal posthatch gut microbiota development and performance. *Appl Environ Microbiol.* 2011;77(10):3380-90. doi: 10.1128/AEM.02300-10
67. Toson E, Abd El Latif M, Mohamed A, Gazwi HSS, Saleh M, Kokoszynski D, Elnesr SS, Hozzein WN, Wadaan MAM, Elwan H. Efficacy of licorice extract on the growth performance, carcass characteristics, blood indices and antioxidants capacity in broilers. *Animal.* 2023;17(1):100696. doi: 10.1016/j.animal.2022.100696
68. Ulrich EV, Smolovskaya OV, Tolstoy AE. Method for determining general toxicity of phytobiotics from extracts of medicinal plants. IV International Scientific and Practical Conference «Modern S&T Equipments and Problems in Agriculture», Kemerovo (Russia), 2020, June 25; 2020:245-252. doi: 10.32743/kuz.mepa.2020.245-252
69. Vetrano AM, Heck DE, Mariano TM, Mishin V, Laskin DL, Laskin JD. Characterization of the oxidase activity in mammalian catalase. *J Biol Chem.* 2005;280(42):35372-35381. doi: 10.1074/jbc.M503991200
70. Vispute MM, Sharma D, Mandal AB, Rokade JJ, Tyagi PK, Yadav AS. Effect of dietary supplementation of hemp (*Cannabis sativa*) and dill seed (*Anethum graveolens*) on performance, serum biochemicals and gut health of broiler chickens. *J Anim Physiol Anim Nutr.* 2019;103(2):525-533. doi: 10.1111/jpn.13052
71. Yadav S, Jha R. Strategies to modulate the intestinal microbiota and their effects on nutrient utilization, performance, and health of poultry. *J Anim Sci Biotechnol.* 2019;10:2. doi: 10.1186/s40104-018-0310-9
72. Yu J, Han JC, Hua LM, Gao YJ. In vitro characterization of glucuronidation of vanillin: identification of human UDP-glucuronosyltransferases and species differences. *Phytother Res.* 2013;27(9):1392-1397. doi: 10.1002/ptr.4885
73. Zanu HK, Keerqin C, Kheravii SK, Morgan NK, Wu SB, Bedford MR, Swick RA. Influence of meat and bone meal, phytase, and antibiotics on broiler chickens challenged with subclinical necrotic enteritis: 1. growth performance, intestinal pH, apparent ileal digestibility, cecal microbiota, and tibial mineralization. *Poult Sci.* 2020;99(3):1540-1550. doi: 10.1016/j.psj.2019.11.021
74. Zhakipbekov K, Turgumbayeva A, Issayeva R, Kipchakbayeva A, Kadyrbayeva G, Tleubayeva M, Akhayeva T, Tastambek K, Sainova G, Serikbayeva E, Tolenova K, Makhatova B, Anarbayeva R, Shimirova Z, Tileuberdi Y. Antimicrobial and other biomedical properties of extracts from *Plantago major*, *Plantaginaceae*. *Pharmaceuticals (Basel).* 2023;16(8):1092. doi: 10.3390/ph16081092
75. Zhu CZ, Hu BY, Liu JW, Cai Y, Chen XC, Qin DP, Cheng YX, Zhang ZD. Anti-mycobacterium tuberculosis terpenoids from *Resina Commiphora*. *Molecules.* 2019;24(8):1475. doi: 10.3390/molecules24081475

Информация об авторах:

Елена Анатольевна Букарева, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории селекционно-генетических исследований в животноводстве, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29.

Людмила Викторовна Власенко, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории селекционно-генетических исследований в животноводстве, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29.

Ксения Сергеевна Инчагова, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории селекционно-генетических исследований в животноводстве, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29.

Татьяна Андреевна Климова, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории селекционно-генетических исследований в животноводстве, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29.

Виталий Александрович Рязанов, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекционно-генетических исследований в животноводстве, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29.

Information about the authors:

Elena A Bukareva, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher of the Laboratory of Breeding and Genetic Research in Animal Husbandry, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000.

Lyudmila V Vlasenko, Cand. Sci. (Biology), Researcher of the Laboratory of Breeding and Genetic Research in Animal Husbandry, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000.

Kseniya S Inchagova, Cand. Sci. (Biology), Researcher of the Laboratory of Breeding and Genetic Research in Animal Husbandry, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000.

Tatyana A Klimova, Cand. Sci. (Biology), Researcher of the Laboratory of Breeding and Genetic Research in Animal Husbandry, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000.

Vitaly A Ryazanov, Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher of the Laboratory of Breeding and Genetic Research in Animal Husbandry, Federal Research Centre for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000.

Статья поступила в редакцию 08.05.2026; одобрена после рецензирования 26.06.2026; принята к публикации 14.09.2026.

The article was submitted 08.05.2026; approved after reviewing 26.06.2026; accepted for publication 14.09.2026.