

Животноводство и кормопроизводство. 2026. Т. 109. № 2. С. 236-259.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2026. Vol. 109. No. 2. P. 236-259.

Обзорная статья
УДК 636.085:639.64
doi: 10.33284/2658-3135-109-2-236

**Эффективность и перспективы применения хлореллы
в кормлении поли- и моногастричных животных**

Дмитрий Алексеевич Силин¹, Иван Дмитриевич Яловенко²

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

¹dasilin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6438-139X>

²yalovenko-02@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-8812-2257>

Аннотация. Данная обзорная статья представляет собой комплексный анализ актуальных научных данных, касающихся использования микроводоросли *Chlorella vulgaris* в качестве кормовой добавки в животноводстве. В рамках обзора рассмотрены биологические особенности хлореллы, ее химический состав и питательная ценность, а также технологические аспекты ее культивирования. Основной фокус уделяется влиянию добавок, содержащих хлореллу, на физиологические параметры, продуктивность и качество продукции у различных таксономических групп сельскохозяйственных животных: жвачных (крупный рогатый скот, овцы, козы) и моногастричных (птица, свиньи, кролики). Обобщены результаты многочисленных эмпирических исследований, демонстрирующих дозозависимый и видоспецифичный характер воздействия хлореллы. Показано ее положительное влияние на процессы пищеварения, иммунный статус, антиоксидантную защиту, репродуктивную функцию, а также на обогащение конечной продукции (молока, мяса, яиц) ценными нутриентами, такими как полиненасыщенные жирные кислоты омега-3, каротиноиды и витамины. Отмечена роль хлореллы в модуляции состава микробиоты желудочно-кишечного тракта и снижении выделения метана у жвачных животных.

Ключевые слова: животноводство, крупный рогатый скот, мелкий рогатый скот, сельскохозяйственная птица, свиньи, кролики, кормление, зеленая масса, микроводоросли, хлорелла

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР за 2024-2026 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ FNWZ-2024-0003).

Для цитирования: Силин Д.А., Яловенко И.Д. Эффективность и перспективы применения хлореллы в кормлении поли- и моногастричных животных (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2026. Т. 109. № 2. С. 236-259. [Silin DA, Yalovenko ID. Efficiency and prospects of chlorella in feeding poly- and monogastric animals (review). Animal Husbandry and Fodder Production. 2026;109(2):236-259. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-109-2-236>

Review article

Efficiency and prospects of chlorella in feeding poly- and monogastric animals

Dmitriy A Silin¹, Ivan D Yalovenko²

^{1,2}Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

¹dasilin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6438-139X>

²yalovenko-02@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-8812-2257>

Abstract. This review article is a comprehensive analysis of current scientific data on the use of *Chlorella vulgaris* microalgae as a feed additive in animal husbandry. The review examines the biological

features of chlorella, its chemical composition and nutritional value, as well as the technological aspects of its cultivation. The primary focus is on the effect of chlorella-based additives on physiological parameters, productivity and product quality in various taxonomic groups of farm animals: ruminants (cattle, sheep, goats) and monogastric (poultry, pigs, rabbits). The results of numerous empirical studies demonstrating the dose-dependent and species-specific nature of chlorella exposure are summarized. It has been shown to have a positive effect on digestive processes, immune status, antioxidant protection, reproductive function, as well as on the enrichment of end products (milk, meat, eggs) with valuable nutrients such as omega-3 polyunsaturated fatty acids, carotenoids and vitamins. The role of chlorella in modulating the composition of the microbiota of the gastrointestinal tract and reducing methane release in ruminants is noted.

Keywords: animal husbandry, cattle, small cattle, poultry, pigs, rabbits, feeding, green mass, microalgae, chlorella

Acknowledgments: the work was supported in accordance to the plan of research works for 2024-2026 FSBRI FRC BST RAS (No. FNWZ-2024-0003).

For citation: Silin DA, Yalovenko ID. Efficiency and prospects of chlorella in feeding poly- and monogastric animals (review). Animal Husbandry and Fodder Production. 2026;109(2):236-259. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-109-2-236>

Введение.

Chlorella vulgaris (хлорелла обыкновенная) – это одноклеточная зеленая микроводоросль, которая занимает значительное место в эволюционной истории как одна из древнейших форм жизни на Земле, происхождение которой восходит к докембрийской эпохе примерно 2,5 миллиарда лет назад. Название «Хлорелла» происходит от греческого «chlorós», что означает «зеленый», и уменьшительного латинского суффикса «ella» – «маленький» (Becker EW, 2007). Обнаруженная в 1890 году голландским микробиологом и ботаником Мартином Виллемом Бейеринком, хлорелла характеризовалась прочной клеточной стенкой толщиной от 100 до 200 нм, обладающей значительной механической прочностью и химической защитой. Таксономически хлорелла классифицируется следующим образом: домен: *Eukaryota*; царство: *Protista*; отдел: *Chlorophyta*; класс: *Trebouxiophyceae*; порядок: *Chlorellales*; семейство: *Chlorellaceae*; род: *Chlorella*; и вид: *Chlorella vulgaris* (Safi C et al., 2014).

Микроводоросли были признаны перспективными кормовыми добавками для животных благодаря высокому содержанию в них необходимых питательных веществ (Feshanghchi M et al., 2022).

Для решения проблем, связанных с оптимизацией производства и подготовкой кормов, в рационы животных широко включаются кормовые добавки, которые улучшают показатели здоровья, роста, воспроизводства и общей эффективности животноводства (Рязанов В.А. и др., 2025). Среди этих веществ добавки, полученные из зеленой микроводоросли, завоевывают признание (Манукян В. и Цой В., 2013) благодаря своим многочисленным преимуществам, включая высокую питательную ценность и возможность замены традиционных кормовых ингредиентов (Spinola MP et al., 2023). Например, микроводоросли могут служить альтернативой синтетическим витаминам, аминокислотам и антибиотикам (Багрянцева О.В. и др., 2025), а использование их в животноводстве может повысить биодоступность питательных веществ, поддерживая здоровье животных, снижая развитие устойчивости к противомикробным препаратам (Gadzama IU et al., 2024). Исследования показывают, что добавление хлореллы повышает врожденный иммунитет птицы, улучшает содержание омега-3 жирных кислот в продуктах, получаемых от жвачных животных, и повышает уровень антиоксидантов в яйцах и молоке, что позволяет позиционировать ее как multifunctional добавку для различных видов животноводства (Spinola MP et al., 2023). Микроводоросли, включая хлореллу, являются фотосинтезирующими организмами, которые процветают либо в фотоавтотрофной среде, использующей солнечный свет, углекислый газ и воду, либо в гетеротрофной среде, использующей органические углеводороды (Liu J and Chen F, 2014). Они требуют минимальных ресурсов для превращения в зеленую биомассу, богатую питательными веществами, такими как жирные кислоты, аминокислоты, каротиноиды, углеводы, витамины, минералы и антиоксиданты, что делает ее очень ценным кормовым ингредиентом (Saadaoui I et al., 2021).

Цель исследования.

Анализ и систематизация данных применения *Chlorella vulgaris* в качестве кормовой добавки в сферах животноводства и птицеводства.

Материалы и методы исследования.

Обобщение данных и стратегия электронного поиска проводились в соответствии с международными рекомендациями PRISMA. Проведен обзор опубликованных исследований в наукометрических базах PubMed, Web of Science и Scopus за период преимущественно с 2019-2025 гг.

Результаты исследования и их обсуждение.

Способы выращивания и роль микроводорослей в переработке промышленных отходов. Выращивание хлореллы оказывает меньшее пагубное воздействие на окружающую среду по сравнению с традиционным сельским хозяйством. Оно требует меньше земли и может выращиваться в контролируемых условиях, что снижает потребность в пестицидах и удобрениях (Panahi Y et al., 2019) и, следовательно, избегать конкуренции с такими культурами, как соя и зерновые злаки (Martins CF et al., 2021). Хлорелла известна своим быстрым ростом, так как время удвоения клеток составляет менее 20 часов (Мещерякова Ю.В. и Нагорнов С.А., 2024), что позволяет создать эффективное и потенциально крупномасштабное производство. Это говорит о том, что хлорелла может использоваться для улучшения кормовой базы животных и рыб (Голодова В.И. и др., 2024б), предлагая богатую питательными веществами альтернативу традиционным источникам кормов, требуя при этом меньше ресурсов и сводя к минимуму конкуренцию с другими сельскохозяйственными секторами. Кроме того, способность микроводорослей улавливать углерод из атмосферы делает их ценным инструментом в сокращении выбросов парниковых газов (Chaves AAM et al., 2021), а ее очищающая способность позволяет использовать хлореллу в очистке сточных вод от производств по переработке нефтяных продуктов, животноводческих комплексов и птицефабрик (Карпов М.В. и др., 2023).

С момента начала производства хлореллы произошли значительные изменения. Крупномасштабное культивирование началось в начале 1960-х годов в Японии, где она стала популярным продуктом питания (Spolaore P et al., 2006). Сегодня более 70 компаний по всему миру занимаются ее производством и наращивают высокие темпы, например, тайваньская компания по производству хлореллы в Тайбэе ежегодно производит более 400 тонн сушеной биомассы. Часть крупных производителей базируется в Японии, а предприятие в Клетце, находящееся в Германии, производит от 130 до 150 тонн сухой биомассы в год (Montoya JD et al., 2014).

Для массового культивирования микроводорослей используются коммерческие питательные среды со всеми необходимыми веществами для их роста. Но данные среды довольно дороги. Одной из них является среда Конвея, в которой были выращены чистые культуры хлореллы с использованием стандартного протокола культивирования (Islam Z et al., 2022). Однако на данный момент отсутствует информации о культивировании зеленой массы на уровне фермерских хозяйств. На сегодняшний день в Индии исследуется возможность выращивания хлореллы в различных концентрациях «панчагави», которая представляет из себя смесь пяти продуктов, получаемых от крупного рогатого скота – молока, кисломолочных продуктов, гхи, навоза и мочи (Das T et al., 2023).

Химический состав хлореллы. Хлорелла богата различными питательными веществами. Содержание протеина может достигать 65,5 % от сухого вещества (Canelli G et al., 2020), однако условия культивирования оказывают значительное влияние на его содержание, и при ограниченном включении азота он может снижаться до 14 % (Muys M et al., 2019).

Протеин, содержащийся в хлорелле, включает все незаменимые аминокислоты, в том числе до 10 % лизина и лейцина (Cabrita ARJ et al., 2022).

Содержание сырой золы в высушенной зеленой биомассе достигает 27,3 % (Madhubalaji SK et al., 2021). Зола хлореллы богата фосфором, калием, железом, марганцем и цинком (Cabrita ARJ et al., 2022). Содержание токсичных элементов, таких как мышьяк, кадмий и ртуть составляет всего

0,59-1,1 мг/кг, 0,01-0,10 мг/кг и 0,02-0,10 мг/кг соответственно, а свинец в ее составе не обнаруживается (Muys M et al., 2019). Такое низкое содержание тяжелых металлов обеспечивает пищевую безопасность хлореллы в качестве кормовой добавки (Николаева Ю.В. и Ефимова М.В., 2022).

Содержание углеводов в хлорелле варьируется от 8 % до 65 % (Canelli G et al., 2020), однако в среднем составляет 20-25 % от сухого вещества. Клеточная стенка хлореллы состоит из гемицеллюлозы (22-25 %) и хитиноподобных полисахаридов (60-66 %) (Baudeflet PH et al., 2017), а также содержит небольшое количество крахмала (до 4 % от сухого вещества). На вариабельность содержания углеводов в значительной степени влияют условия культивирования и стадия роста микроводорослей (Liu J and Hu Q, 2013). На ранних стадиях роста клеточная стенка состоит из одного микрофибриллярного слоя, в то время как на более поздних стадиях появляется двухслойная структура с толстым внешним и более тонким внутренним слоями, разделенными электронно-прозрачным промежутком (Baudeflet PH et al., 2017).

Общее содержание жиров в хлорелле составляет в среднем 12,1 % от сухого вещества. Однако их содержание может значительно варьироваться от 5 % до 20 % (Ferreira M et al., 2021). Вариабельность данных показателей также в значительной степени обусловлена содержанием азота, поскольку при его снижении увеличивается содержание липидов с одновременным снижением содержания белка (Muys M et al., 2019). Было изучено, что стрессовые условия окружающей среды, такие как высокая интенсивность освещения и недостаток азота также увеличивают выработку липидов в других микроводорослях (Jiang L et al., 2011). Незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) – линолевая и альфа-линолевая являются наиболее распространенными жирными кислотами в хлорелле, составляя в среднем 22 % и 19 % соответственно (Cabrita ARJ et al., 2022).

Хлорелла является богатым источником пигментов, таких как хлорофиллов а и b, каротиноидов (Safi C et al., 2014), содержание которых в ней может достигать 24 и 3,5 г/кг сухого вещества соответственно (Madhubalaji CK et al., 2021), на что влияет процесс сушки, условия выращивания и стадии роста. Эти пигменты обладают значительными антиоксидантными и антирадикальными свойствами (Ahmad MT et al., 2020). Кроме того, хлорелла является ценным источником витамина Е (α-токоферола) (Coelho D et al., 2020) и витаминов группы В, преимущественно ниацина (витамина В3), уровень которого колеблется от 145 до 247 мг/кг сухого вещества (Prabakaran G et al., 2019), а также активных форм витамина В12 (цианокобаламина) (Edelmann M et al., 2019).

Влияние хлореллы на полигастричных животных.

Исследования ферментации Chlorella vulgaris в рубце на модели in vitro. *Chlorella vulgaris* оказывает дозозависимое влияние на искусственную ферментацию в рубце, при этом более высокие уровни включения обычно приводят к более выраженным эффектам. Влияние *C. vulgaris* на параметры ферментации в рубце варьируется в зависимости от исследования, что подчеркивает важность дозировки и других факторов, таких как состав базового субстрата.

В исследованиях с более низкими уровнями включения хлореллы (0,5-10 %) обычно не отмечается существенного влияния на ключевые параметры ферментации в рубце. Эти параметры включают в себя общее содержание газов, выработку метана, общую концентрацию летучих жирных кислот (ЛЖК) и молярные доли отдельных ЛЖК, таких как ацетат, пропионат и бутират. Например, ряд исследователей (Gadzama IU et al., 2023; Vargas JdJ et al., 2023) не обнаружили влияния микроводорослей на общее содержание газов при таких низких концентрациях. Однако Kholif AE с коллегами (2023) сообщили о значительном увеличении объемов газов при добавлении 1 % *Chlorella vulgaris*, что свидетельствует о вариативности реакции даже при низких дозировках. И наоборот, более высокие уровни включения микроводорослей, например 25 %, могут привести к снижению выработки газа, общей концентрации летучих жирных кислот и доли ацетата. Sucu E (2020) наблюдал снижение процессов брожения при включении 25 % водорослей. Хотя некоторые исследования с использованием низких уровней включения не выявили никакого эффекта, было показано, что как низкие (1 %), так и высокие (25 %) уровни включения *Chlorella* снижают добычу метана. Gadzama IU с соавторами (2023) не обнаружили существенного влияния на добычу метана при включении *C. vulgaris* в количестве 0,5 и 1 %. Vargas JdJ с коллегами (2023) также сообщили

об отсутствии существенного влияния на выработку метана или соотношение летучих жирных кислот при использовании 1, 5 и 10 % зеленой биомассы. Другие ученые выявили, что 1 % микроводорослей снижает выработку метана и повышает усвояемость аммиачного азота и нейтральной детергентной клетчатки (НДК) (Kholif AE et al., 2023). Sucu E (2020) обнаружил, что 25 % исследуемой добавки снижает выработку метана, общую концентрацию летучих жирных кислот и долю ацетата, но при этом повышает концентрацию аммиачного азота.

Различия в составе базового субстрата, в частности в содержании сырого протеина (СП) и НДК, могут влиять на различия в эффектах хлореллы в разных исследованиях. Например, исследователи использовали субстрат с 16 % СП и 33 % НДК (Kholif AE et al., 2023) или субстрат с 10 % СП и 38 % НДК (Vargas JdJ et al., 2023). Дозозависимый эффект воздействия *C. vulgaris* является критическим фактором, при этом низкие и высокие уровни включения приводят к противоположным результатам.

Недавние исследования показали, что включение *Moringa oleifera* может усилить положительный эффект от хлореллы, например снизить выбросы метана. Показано, что сочетание *Chlorella vulgaris* (до 3 %) и *Moringa oleifera* снижает выбросы метана и популяцию простейших, хотя также наблюдалось незначительное снижение общего газообразования (Kholif AE et al., 2023). Для полного понимания влияния микроводорослей на ферментацию в рубце, механизмов его действия, оптимальных дозировок и потенциального взаимодействия с различными питательными веществами необходимы дополнительные исследования, которые должны быть сосредоточены на *in vivo* испытаниях для подтверждения результатов *in vitro* и оценки практической применимости хлореллы в качестве кормовой добавки для жвачных животных.

Влияние хлореллы на организм крупного рогатого скота. Добавление в рацион крупного рогатого скота микроводорослей оказывает неоднозначное влияние на рост и здоровье животных на разных этапах жизни и в зависимости от породы. Некоторые исследования показывают снижение суточного потребления корма у телят голштинской породы (Luzzi SC et al., 2020), в то время как другие сообщают о повышении потребления корма у лактирующих коров фризской породы (Shams A et al., 2020). Было замечено, что добавление *C. vulgaris* влияет на состав молока: в некоторых исследованиях сообщается об увеличении содержания молочного белка и сухих веществ (Jeon J-Y et al., 2016), а в других – об увеличении концентрации белка, жира и йода (Akhmedkhanova R et al., 2020). Однако важно отметить, что в некоторых исследованиях не было выявлено существенных изменений в надоях или содержании жира в молоке (Jeon J-Y et al., 2016; Akhmedkhanova R et al., 2020). Включение зеленой биомассы в рацион крупного рогатого скота может привести к увеличению популяции инфузорий в рубце, в частности таких родов, как *Isotricha*, *Dasytricha*, *Charonina*, *Buetschlia*, *Ostracodinium* и *Ophryoscolex* (Malyugina S et al., 2020).

Важно понимать, что влияние добавок с хлореллой на продуктивность крупного рогатого скота может варьироваться в зависимости от таких факторов, как дозировка, форма микроводорослей и порода скота. Кроме того, влияние *C. vulgaris* на потребление корма и продуктивность требует дальнейшего изучения, поскольку исследования показали различные результаты. Например, Shams A с коллегами (2020) отметили снижение продуктивности коров на 1 кг молока с жирностью 4 % по сравнению с контролем, а также значительное снижение потребления сухого вещества, общего количества усвояемых питательных веществ, сырого протеина и усвояемого сырого протеина. Напротив, результаты исследований российских ученых показывают, что добавление *C. vulgaris* в рацион крупного рогатого скота увеличивает молочную продуктивность на 13 % и положительно влияет на динамику живой массы у молодняка (Кувшинов В.Н. и др., 2024; Кочнева Е.В. и др., 2021). В своих работах Ваулин Е.Н. с соавторами (2025) рекомендуют использовать суспензию хлореллы в дозировке 1 л/гол./сутки для повышения показателей жирномолочной и белкомолочной продуктивности. Общее влияние хлореллы на продуктивность крупного рогатого скота представляется сложным и неоднозначным, поэтому для полного понимания его преимуществ и ограничений необходимы дополнительные исследования.

Влияние хлореллы на организм овец. Существует ограниченное количество исследований, посвященных добавлению микроводорослей в рацион овец, что затрудняет получение однозначных выводов о его общей эффективности для этого вида животных. Однако немногочисленные исследования *in vivo* эффектов от добавления *C. vulgaris* в рацион овец указывают на некоторые потенциальные преимущества их использования, хотя конкретные результаты различаются. Например, исследовали влияние хлореллы в дозировке 0,5 и 1 % от сухого вещества на 4-месячных ягнят. Было обнаружено снижение уровня бутирата на 16 %, но не было выявлено существенной разницы в потреблении сухого вещества, эффективности конверсии корма, среднесуточном приросте и общем приросте массы (Gadzama IU et al., 2024). Напротив, Rabee AE с коллегами (2022) исследовали комбинацию водорослей с дрожжами при их концентрации в 1 % у 5-летних баранов, сообщив об увеличении потребления сухого вещества на 31 %, снижении содержания ацетата на 24 %, увеличении содержания пропионата на 88 %, снижении содержания бутирата на 16 %, увеличении изобутирата на 109 % и увеличении содержания нейтральной детергентной клетчатки на 14 %. Тем временем Slyusarenko I с соавторами (2021) изучали влияние суспензии с микроводорослями в дозировке 3 мл/кг, 5 мл/кг, 7 мл/кг и 9 мл/кг массы тела на лактирующих овец, а также на продуктивность ягнят. Было отмечено увеличение потребления сухого вещества на 66 % и двукратное увеличение среднесуточного привеса. Было доказано, что добавление свежих микроводорослей улучшает питательную ценность баранины, в первую очередь за счёт увеличения содержания полезных жирных кислот омега-3. В частности, исследование показало, что добавление 0,5 % сухого вещества *Chlorella vulgaris* в рацион ягнят на откорме значительно повысило концентрацию альфа-линоленовой кислоты и общих длинноцепочечных жирных кислот омега-3 в длиннейшей мышце спины и груди. Это открытие особенно важно, поскольку люди не могут синтезировать полиненасыщенные жирные кислоты омега-3 и должны получать их из пищевых источников, таких как эйкозапентаеновая кислота и докозагексаеновая кислота, которые, как известно, снижают риск развития ишемической болезни сердца, нейродегенеративных заболеваний и метаболических синдромов (Gadzama IU et al., 2024; Saadaoui I et al., 2021). Эти результаты показывают, что, хотя добавление *C. vulgaris* может улучшить различные показатели продуктивности, конкретный эффект зависит от формы и дозировки, а также от стадии развития животного. Это требует дальнейших исследований для оптимизации его использования в различных группах овец. В будущих исследованиях следует уделять приоритетное внимание устранению различий между результатами *in vitro* и *in vivo* с помощью стандартизированных методик, долгосрочных испытаний и изучения синергетических эффектов.

Влияние хлореллы на организм коз. Добавление хлореллы в рацион коз оказывает положительное влияние на молочную продуктивность, усвояемость питательных веществ и репродуктивную функцию. Было доказано, что доза *Chlorella vulgaris* в 10 г в день в свежем, сушеном или лиофилизированном виде увеличивает молочную продуктивность на 10-12 % (Kholif AE et al., 2017; Kholif AE et al., 2021). Помимо увеличения надоев, эта доза может повысить потребление корма на 13 % и усвояемость нейтральной детергентной клетчатки на 5 % (Kholif AE et al., 2017). Кроме того, микроводоросли синергетически взаимодействуют с сульфатом меди, что приводит к увеличению усвояемости клетчатки на 9 % при совместном применении (Kholif AE et al., 2017; Kholif AE et al., 2021). Было доказано, что при совместном применении с *Nigella sativa* у беременных самок *C. vulgaris* увеличивает надой на 4 % и уровень антиоксидантов в сыворотке крови на 22 % (Ali AM et al., 2021). Кроме того, 5 г зеленой биомассы в день в сочетании с витамином С повысили уровень антиоксидантов в сыворотке крови племенных быков на 10 % (Abdel-Khalek AE et al., 2023).

Добавки также продемонстрировали положительное влияние на репродуктивные показатели, улучшив качество спермы и снизив количество аномальных сперматозоидов у самцов (Abdel-Khalek AE et al., 2023). Более высокая доза – 20 г в день – может улучшить качество эмбрионов и функциональность митохондрий, а доза 10 г в день способствует росту фолликулов в яичниках (Silva MRL et al., 2023a; Silva MRL et al., 2023b). Кроме того, добавки с микроводорослями могут

улучшить терморегуляцию у лактирующих коз, снижая ректальную температуру и частоту пульса в условиях теплового стресса (Kassab A et al., 2023). Что касается состава молока, то было обнаружено, что добавление хлореллы, особенно в дозировке 10 г в день, увеличивает содержание мононенасыщенных жирных кислот и конъюгированной линолевой кислоты, а также снижает содержание насыщенных жирных кислот (Kholif AE et al., 2021; Novotna K et al., 2017). *Chlorella vulgaris* также может повышать уровень антиоксидантов в молоке, например, супероксиддисмутазы на 68 % (Tsiplakou E et al., 2017). Однако некоторые исследования показали снижение надоев и увеличение содержания омега-6 (Novotna K et al., 2017). В целом было доказано, что добавление микроводорослей в различных дозах увеличивает содержание полиненасыщенных жирных кислот и омега-3 в молоке (Kourimska L et al., 2014).

Влияние хлореллы на моногастричных животных.

Влияние хлореллы на организм цыплят-бройлеров. Изучение влияния микроводорослей на пищеварение птицы началось с 1950-х годов. Многие авторы в своих исследованиях говорят о широком применении хлореллы в кормлении домашней птицы (Alshelmani MI et al., 2021), однако активное изучение ее влияния на усвояемость питательных веществ, биодоступность и эффективность применения в рационах домашней птицы ведется лишь последние несколько лет и продолжается активное развитие данной отрасли.

Включение хлореллы в рацион птицы было изучено на предмет потенциального обеспечения незаменимыми аминокислотами, жирными кислотами и антиоксидантами. Kang НК с коллегами (2013) в своем исследовании показали, что включение 1% микроводорослей в рацион может повлиять на вкусовые качества, что приведет к снижению потребления корма и среднесуточного прироста.

В другом исследовании изучали влияние 0,8 % сухого порошка микроводорослей в рационе бройлеров на показатели роста, иммунный ответ и морфологию кишечника (Roques S et al., 2022). Результаты показали, что в таком количестве хлорелла положительно влияет на общую продуктивность бройлеров и поддерживает у них сильный иммунный ответ. Эти результаты побудили специалистов по кормлению животных рассмотреть возможность использования низких доз микроводорослей в качестве экономически эффективной альтернативы традиционным добавкам в рационах для сельскохозяйственной птицы. Проведенные в России исследования (Голодова И.В. и др., 2024а) установили, что введение суспензии из микроводорослей в дозировке от 5 до 30 мл/сутки позволили увеличить сохранность поголовья на 10 %, а живую массу – на 11,6 % по сравнению с контрольным рационом.

В своих исследованиях Kang НК с коллегами (2017) показали, что включение в рацион бройлеров 2,5 %, 5,0 % и 7,5 % хлореллы увеличивает высоту ворсинок и глубину крипт кишечника, что может влиять на усвояемость питательных веществ. Как описано в литературе, тонкий отдел кишечника, особенно тощая кишка, играет решающую роль в пищеварительных процессах, таких как ферментация и усвоение питательных веществ. Высота ворсинок отражает площадь поверхности, доступную для поглощения питательных веществ, в то время как глубина крипты указывает на скорость удаления клеток из ворсинок. Увеличение глубины крипт может свидетельствовать о более быстром обновлении тканей, что может быть связано с ответной реакцией организма на противодействие токсинам (Roques S et al., 2022). Уменьшение соотношения высоты ворсинок к глубине крипт свидетельствует о повышении эффективности пищеварения в тонком кишечнике (Mirzaie S et al., 2020).

Однако исследования показывают, что более высокие показатели включения хлореллы (10-20 %) могут привести к снижению потребления корма и, в некоторых случаях, к снижению живой массы и конверсии, что позволяет предположить об оптимальном уровне включения хлореллы в рацион, находящемся в диапазоне от 0,5 % до 7,5 % (Cabrol MB et al., 2022).

Помимо влияния на показатели роста и морфологию кишечника, в исследованиях отмечается способность хлореллы в рационе птицы улучшать показатели метаболического здоровья и снижать воспалительные реакции у цыплят-бройлеров. Исследования показали, что у бройлеров, в рацион которых включали микроводоросли, в сыворотке крови снижался общий липидный про-

филь, а также гаптоглобин и интерлейкин-13, что указывает на противовоспалительный эффект (An B-K et al., 2016). Кроме того, добавление хлореллы связывают с улучшением иммунитета, о чем свидетельствует повышение уровней IgG и IgM в сыворотке крови, а также усиление барьерной функции кишечника за счет лучшего распределения иммунных клеток и целостности кишечного барьера (Kim YB et al., 2023). Кроме того, зеленая масса водорослей известна своей способностью регулировать микрофлору кишечника, увеличивая количество полезных бактерий и одновременно подавляя вредные, что, как полагают, способствует улучшению показателей роста и эффективности кормления наряду с уже известными пробиотиками (Nishimoto Y et al., 2021). В частности, было показано, что хлорелла увеличивает популяцию лактобактерий и других полезных таксонов бактерий, увеличивая микробное разнообразие кишечника (Lee JY et al., 2023).

Оценка качества мяса, полученного от птиц, в рацион которых вводили микроводоросли показала улучшение его качества за счет нескольких механизмов, включая улучшение усвоения питательных веществ и структуры тощей кишки (Roques S et al., 2022), что в конечном итоге привело к увеличению массы грудных мышц (Cabrol MB et al., 2022). Кроме того, хлорелла повышает уровень полезных жирных кислот класса омега-3, что приводит к лучшему соотношению омега-6 и омега-3, а также увеличивает число каротиноидов и антиоксидантов в мясе и, следовательно, улучшает цвет мяса и срок его хранения (Coelho DFM et al., 2021). Также было обнаружено, что рационы, включающие зеленую массу, улучшали влагоудерживающую способность мяса, снижая потери при приготовлении и делали мясо птицы более нежным и сочным (Alfaia CM et al., 2021), а также способствовали уменьшению содержания вредных соединений, снижению количества бактерий и повышению активности супероксиддисмутазы (СОД) (El-Bahr S et al., 2020).

Влияние хлореллы на организм кур-несушек. В ходе исследований были изучены преимущества добавления в рацион кур-несушек *Chlorella vulgaris*, причем исследования показали, что включение микроводорослей в дозе 75 г/кг может улучшить как потребление корма, так и яйценоскость (Kim CH and Kang HK, 2015). Однако другие ученые доказали, что более низкие уровни хлореллы, такие как 5 г/кг, не оказывают существенного влияния на продуктивность несушек, но могут увеличить массу яиц и продуктивность (Kim YB et al., 2023; Panaite TD et al., 2023). В свою очередь, Zheng L с коллегами (2012) обнаружили, что включение 0,1 или 0,2 % ферментированной *Chlorella* в рацион кур-несушек в течение 42 дней улучшает яйценоскость и цвет желтка. Улучшение было связано с повышением доступности питательных веществ после процесса ферментации, что также положительно сказалось на эффективности пищеварения кур, изменив профиль микрофлоры в слепой кишке. Изменение микрофлоры, возможно, привело к разрушению полисахаридов водорослей и других компонентов, способствующих более эффективному перевариванию пищи.

Добавление водорослей также влияет на здоровье кишечника за счет увеличения разнообразия полезных бактерий в кишечнике, что может улучшить усвоение питательных веществ и иммунитет (Janczyk P et al., 2009). Дальнейшие исследования показали, что кормовая добавка из зеленой биомассы может положительно влиять на содержание жира в печени и профиль кишечных бактерий (Zheng L et al., 2012), в то время как ферментированная *Chlorella* связана с увеличением производства яиц, улучшением цвета желтка и их свежестью (Zheng L et al., 2012; Kim YB et al., 2023). Кроме того, было доказано, что добавление хлореллы улучшает цветовые характеристики как свежих, так и вареных яиц, что делает их более привлекательными для потребителей. Это связано с тем, что микроводоросли повышают содержание жирных кислот и концентрацию бета-каротина в яйцах, что может улучшить их питательные свойства (Panaite TD et al., 2023). Важно отметить, что исследования показали, использование кормовой биодобавки не влияет на общее содержание холестерина в яичных желтках (Grigorova S et al., 2006), что является хорошей новостью для потребителей, заботящихся о своем здоровье. Кроме того, было обнаружено, что *Chlorella vulgaris* способна изменять жирнокислотный состав яичных желтков за счет увеличения содержания пальмитиновой и линолевой кислот и снижения уровня докозатетраеновой кислоты (Grigorova S et al., 2006). В то время как в некоторых исследованиях сообщалось, что 5 грамм на килограмм пищевого продукта не влияют на свежесть яиц или качество яичной скорлупы (Kim YB et al., 2023), дру-

гие исследования показывают, что ферментированная и диетическая хлорелла значительно влияют на цвет яичного желтка (Panaite TD et al., 2023).

Добавление микроводорослей в рацион кур-несушек продемонстрировало многообещающее влияние как на эффективность производства, так и на репродуктивные показатели. В исследовании, проведенном Selim S и соавторами (2018), включение 0,3 % спирулины в рацион кур-несушек специализированной породы привело к заметному увеличению количества яиц, общей массы яиц и общей яйценоскости в возрасте между 38 и 46 неделями. Эти улучшения сопровождались значительным снижением коэффициента конверсии корма – с 4 кг корма на 1 кг яичной массы в контрольной группе до 3,75 кг корма на 1 кг яйцемассы в группе, получавшей спирулину, что свидетельствует о более эффективном преобразовании корма в яйценоскость.

Аналогичным образом *Chlorella* была исследована на предмет ее роли в продуктивности кур-несушек. В коммерческих кроссах Lohmann Brown оценивали различные концентрации (2,5-07,5 г/кг) высушенной и измельченной хлореллы. Исследование показало, что наименьшее ежедневное потребление корма наблюдалось у кур, получавших 7,5 г/кг измельченной распылительной сушкой (118 г/день), что указывает на возможный эффект микроводорослей, влияющих на аппетит, при более высоких дозах. Хотя статистическая значимость не была подтверждена, показатели выведения цыплят из яиц, собранных на втором месяце кладки, улучшились в нескольких группах, получавших добавки с хлореллой, при этом выводимость жизнеспособных цыплят составила от 72,6 % до 78,9 % по сравнению с контрольной группой, выводимость в которой равнялась 66,8 % (Halle I et al., 2009).

Благотворное влияние микроводорослей на репродуктивную функцию может быть частично объяснено улучшенной биодоступностью питательных веществ, особенно микроэлементов и незаменимых жирных кислот. Микроводоросли богаты соединениями, которые поддерживают работу кишечника, что имеет решающее значение для репродуктивного успеха. Согласно работам Jamil ABMR с коллегами (2015), эти преимущества еще более выражены благоприятными трансформациями в кишечной микробиоте, характеризующимися ростом численности пробиотических микроорганизмов и подавлением патогенных популяций, дополнительно усиливая эти эффекты. Что в свою очередь способствует улучшению состояния желудочно-кишечного тракта, оптимизации абсорбции нутриентов и повышению общей физиологической работоспособности организма. Эти данные свидетельствуют о том, что добавки хлореллы могут быть эффективными пищевыми добавками для улучшения продуктивных и репродуктивных показателей кур-несушек, многогранное воздействие, от эффективности кормления и выводимости до изменения микробиома, поддерживает их потенциальное включение в стратегии естественного кормления, повышающие продуктивность, в системах птицеводства.

Большинство исследований посвящено бройлерам или несушкам, а не племенному птицеводству. Долгосрочное воздействие водорослей на репродуктивные циклы, включая развитие эмбрионов, жизнеспособность и рост цыплят, остается недостаточно изученным.

Влияние хлореллы на организм свиней. О влиянии включения биомассы хлореллы в рационы свиней на биодоступность и усвояемость питательных веществ практически не сообщалось в литературе. Yan L и соавторы (2012a) провели исследование, включавшее добавление 0,1 и 0,2 % ферментированной *Chlorella vulgaris* в рационы растущих свиней. Результаты показали, что общая усвояемость азота и энергии в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ) не изменилась, хотя наблюдалась тенденция к небольшому снижению общей переваримости в ЖКТ азота (с 78,87 до 78,37 %) и почти на 1 % увеличению общей усвояемости в пищеварительном тракте энергии (с 75,74 до 76,94 %) по сравнению с контрольной группой. Однако включение 0,1 % ферментированной микроводоросли оказало значительное влияние на содержание сухого вещества, повысив его содержание с 76 до 78,61 %. Авторы также обнаружили, что включение *Chlorella* снижало концентрацию кишечной палочки и повышало концентрацию лактобактерий в микробиоме кишечника. Этот сдвиг в популяции микроорганизмов и снижение содержания вредных газов в фекалиях улучшили здоровье кишечника и, вероятно, способствовали увеличению общей усвояемости в желудочно-

кишечном тракте (Yan L et al., 2012a; Yan L et al., 2012b). Необходимо учитывать влияние включения этой микроводоросли на микробиом кишечника свиней, поскольку кишечник является основным местом всасывания питательных веществ и играет решающую роль в изменении производственных показателей (Yan L et al., 2012b). Согласно данным Furbeyre Н и соавторов (2017), включение 1 % высушенной распылением хлореллы в рацион поросят-отъемышей улучшило потребление сырой энергии и продемонстрировало тенденцию к повышению содержания сухого вещества, органических веществ и нейтральной детергентной клетчатки. Добавление хлореллы также увеличило высоту ворсинок тощей кишки, тем самым улучшив усвояемость питательных веществ. В решающий период после отъема поросят хлорелла может эффективно справляться с легкими проблемами пищеварения, о чем свидетельствует снижение частоты диареи при ее применении. И наоборот, Furbeyre Н с соавторами (2018) сообщили о более коротких ворсинках подвздошной кишки и более частом и раннем возникновении диареи, но с быстрым выздоровлением у поросят, которых кормили измельченной хлореллой в дозе 385 мг/кг. Это может быть связано с предварительной обработкой измельчением гранул, которая увеличила вязкость и концентрацию кишечной палочки, что привело к более рыхлым фекалиям.

Ранее было показано, что включение 5 % *Chlorella vulgaris* в рацион свиней на откорме улучшает содержание липидов, антиоксидантов, пигментов и полезных жирных кислот класса омега в мясе, что приводит к снижению соотношения омега-6 к омега-3 полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) и общему повышению питательной ценности свинины (Coelho D et al., 2020). В исследованиях Martins CF с коллегами (2021) обнаружили, что включение микроводорослей, с ферментами или без них, в рацион поросят улучшало питательную ценность мяса за счет увеличения общего содержания каротиноидов (в два раза по сравнению с контролем) и омега-3 ПНЖК при одновременном снижении соотношения омега-6:омега-3. Наблюдаемый положительный эффект демонстрирует хорошую корреляцию между соединениями, содержащимися в микроводорослях, и теми, которые откладываются в мышцах.

В исследовании, проведенном Martins CF и соавторами (2022), изучалось влияние добавления 5 % *Chlorella vulgaris* на усвояемость питательных веществ поросятами-отъемышами, как отдельно, так и в сочетании с ферментами. Результаты показали, что включение микроводорослей оказывает негативное влияние на общую усвояемость питательных веществ, особенно на содержание клетчатки, из-за снижения эффективности при разрушении клеточной стенки хлореллы в кишечнике. Вязкость двенадцатиперстной кишки и высота тощей кишки, как правило, увеличивались при добавлении микроводорослей, но одновременное увеличение высоты ворсинок двенадцатиперстной кишки, возможно, способствовало оздоровлению микробиоты и улучшению здоровья кишечника за счет стимулирования популяции пребиотиков. Комбинация *Chlorella* и ферментов привела к значениям, близким к контрольным, что свидетельствует о лучшей деградации клеточной стенки и улучшенной усвояемости питательных веществ (Martins CF et al., 2022).

Наконец, Ribeiro DM и соавторы (2022) изучали влияние 5 % введения хлореллы, отдельно или в комбинации с ферментами, на печень свиней, находящихся на откорме. Включение водорослей влияло на липидный обмен и окислительный стресс, в то время как добавление углеводно-активных ферментов – CAZymes, приводило к повышению усвояемости жирных кислот и метаболизма в печени. Комбинация зеленой биомассы и CAZymes также снижала окислительный стресс, что, как предполагалось, было связано с увеличением содержания каротиноидов в печени.

В целом, включение *Chlorella vulgaris* в рацион свиней может улучшить соотношение валовой энергии и сухого вещества с тенденцией к повышению содержания азота и органических веществ, хотя это может негативно сказаться на соотношении клетчатки. Эта микроводоросль также может улучшать липидный обмен и, таким образом, увеличивать содержание омега-3 ПНЖК и снижать соотношение омега-6:омега-3 жирных кислот в мясе.

Влияние хлореллы на организм кроликов. Исследования по включению зеленых микроводорослей в рацион кроликов показали различные результаты в отношении роста и эффективности использования кормов, при этом в некоторых исследованиях сообщалось об улучшении данных

показателей при введении хлореллы в дозировке 200-500 мг/кг массы тела, в то время как в других источниках не было обнаружено существенных различий в этих параметрах. В своем эксперименте Sikiru AB с коллегами (2019) обнаружили, что кролики, получавшие 300 и 500 мг/кг живой массы хлореллы, имели более высокие показатели и динамику живой массы, в то время как в другом исследовании показано, что введение 500 мг/кг микроводорослей приводило лишь к снижению потребления корма (El Basuini MF et al., 2023). Помимо стимулирующего действия на зоотехнические показатели кроликов введение хлореллы связывают со снижением окислительного стресса, о чем свидетельствуют более низкие уровни концентрации малонового диальдегида и карбонильных производных белков, а также повышение уровня антиоксидантов (Abdelnour SA et al., 2019). Более того, кролики, получавшие хлореллу в рацион, демонстрировали улучшение иммунитета, с более высокими уровнями иммуноглобулинов (IgG и IgM), повышенной активностью глутатиона и улучшением липидного профиля, со снижением уровня триглицеридов в сыворотке крови и липопротеидов низкой плотности, что может говорить об ее потенциальной пользе для сердечно-сосудистой системы у кроликов. Однако, по данным исследователей, хлорелла не оказывала достоверного влияния на переваримость и усвояемость питательных веществ в желудочно-кишечном тракте кроликов (Hassanein HAM et al., 2014).

Заключение.

Проведенный анализ современных научных данных позволяет заключить, что *Chlorella vulgaris* представляет собой высокоперспективную кормовую добавку для различных видов сельскохозяйственных животных. Ее комплексный химический профиль, характеризующийся высоким содержанием полноценного белка, незаменимых жирных кислот, витаминов, минеральных веществ и антиоксидантов, обуславливает возможность существенного улучшения питательной ценности кормов. Это, в свою очередь, способствует повышению продуктивности, укреплению здоровья животных и улучшению качественных показателей конечной продукции.

Выявлено, что воздействие хлореллы на животных определяется как количеством введенной добавки, так и биологическим видом животного. У жвачных (крупный и мелкий рогатый скот) включение этих микроводорослей в рацион может регулировать процессы брожения в рубце, уменьшать образование метана, оптимизировать поглощение питательных веществ, а также приводить к увеличению объемов и улучшению характеристик молока (включая повышение уровня полезных жирных кислот и антиоксидантов). Что касается моногастричных животных (птица, свиньи, кролики), хлорелла оказывает благотворное влияние на их рост, укрепляет иммунную систему, улучшает структуру и микробный состав кишечника, а также повышает пищевую ценность мяса и яиц за счет обогащения их важными нутриентами.

Ключевыми практическими преимуществами использования *Chlorella vulgaris* являются ее высокая питательная ценность, экологичность выращивания, способность перерабатывать промышленные отходы и снижать зависимость от традиционных кормов. Однако для широкого внедрения необходимо решение ряда технологических и научных задач: оптимизация методов культивирования и обработки биомассы для снижения себестоимости, стандартизация дозировок и форм ввода для разных видов и физиологических состояний животных, а также проведение масштабных длительных производственных испытаний для подтверждения экономической эффективности.

Chlorella vulgaris позиционируется как многофункциональный и экологически устойчивый компонент кормовых добавок. Ее интеграция в рацион способствует оптимизации продуктивности, улучшению качественных характеристик животноводческой продукции и снижению экологического следа. Перспективные исследования должны быть ориентированы на комплексную валидацию её эффективности в условиях реального производства, изучение аддитивных и синергетических эффектов с другими биоактивными веществами, а также на разработку стандартизированных протоколов применения для агропромышленного комплекса.

Список источников

1. Ваулин Е.Н., Васильев А.А., Тищенко П.И. Суспензия хлореллы: технологические аспекты получения и влияние на переваримость и молочную продуктивность // Ветеринарное благополучие и управление генетическими ресурсами в животноводстве: сб. тр. 1-й Научно-практической конференции (г. Москва, 17 окт. 2025 г.). М.: ООО Издательство "Сельскохозяйственные технологии", 2025. С. 452 - 454. [Vaulin EN, Vasiliev AA, Tishenkov PI. Suspenziya chlorelly: tehnologicheskie aspekty polucheniya i vliyanie na perevarimost' i molochnyuyu produktivnost'. (Conference proceedings) Veterinarnoe blagopoluchie i upravlenie geneticheskimi resursami v zhivotnovodstve: sb. tr. 1-j Nauchno-prakticheskoy konferencii (g. Moskva, 17 okt. 2025 g.). Moscow: ООО Izdatel'stvo "Sel'skohozyajstvennye tehnologii"; 2025: 452-454. (*In Russ.*)].
2. Изучение Хлореллы и его влияние на рост молодняка крупного рогатого скота / Е.В. Кочнева, М.В. Механикова, Т.В. Папушина, А.В. Никитова, В.А. Механиков // Современное состояние: проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса Ивановской области: сб. материалов Всерос. науч.-метод. конф. (г. Иваново, 23 апр. 2021 г.). Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА, 2021. С. 73 - 75. [Kochneva EV, Mekhanikova MV, Papushina TV et al. Izuchenie Hlorelly i ego vliyanie na rost molodnyaka krupnogo rogatogo skota. (Conference proceedings) Sovremennoe sostoyanie: problemy i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa Ivanovskoy oblasti: sb. mate-rialov Vserossijskih nauch.-metod. konf., (g. Ivanovo, 23 apr. 2021 g.). Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaya GSXA; 2021:73-75. (*In Russ.*)].
3. Использование суспензии хлореллы в рационе цыплят-бройлеров / И.В. Голодова, И.М. Джемалединова, Н.В. Васильев, Ю.А. Ли // 3i: Intellect, Idea, Innovation - интеллект, идея, инновация. 2024а. № 4. С. 75-81. [Golodova IV, DzHEMALEDINova IM, Vasiliyev NV, LeeYA. The use of chlorella suspension in the diet of broiler chickens. 3i: Intellect, Idea, Innovation. 2024a;4:75-81. (*In Russ.*)]. doi: 10.52269/22266070_2024_4_75
4. Использование суспензии хлореллы для повышения кормовой базы пресноводных озер / И.В. Голодова, Н.В. Васильев, А.О. Хайбуллина, Ю.А. Ли // 3i: Intellect, Idea, Innovation - интеллект, идея, инновация. 2024б. № 4. С. 81-89. [Golodova IV, Vasiliyev NV, Khaibullina AO, Lee YA. The use of chlorella suspension to increase the freshwater lakes fodder base. 3i: Intellect, Idea, Innovation. 2024b;4:81-89. (*In Russ.*)]. doi: 10.52269/22266070_2024_4_81
5. Кувшинов В.Н., Дуборезов В.М., Цис Е.Ю. Продуктивность и качество молока при скармливании суспензии хлореллы высокопродуктивным коровам // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107. № 1. С. 83-92. [Kuvshinov VN, Duborezov VM, Tsis EYu. Productivity and milk quality after feeding high-yielding cows with chlorella suspension. Animal Husbandry and Fodder Production. 2024;107(1):83-92. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-107-1-83
6. Манукян В., Цой В. Хлорелла: зеленый корм круглый год // Животноводство России. 2013. № 8. С. 21-23. [Manukyan V, Tsoy V. Chlorella: green feed the year round. Zhivotnovodstvo Rossii. 2013;8:21-23. (*In Russ.*)].
7. Мещерякова Ю.В., Нагорнов С.А. Микроводоросли хлорелла для очистки стоков в сельском хозяйстве // Наука в центральной России. 2024. № 4(70). С. 158-166. [Meshcheryakova Yu, Nagornov S. Chlorella microalgae for wastewater treatment in agriculture. Science in the Central Russia. 2024;70(4):158-166. (*In Russ.*)]. doi: 10.35887/2305-2538-2024-4-158-166
8. Николаева Ю.В., Ефимова М.В. Микроскопическая водоросль хлорелла // Молодой ученый. 2022. № 24(419). С. 111-113. [Nikolaeva YV, Efimova MV. Mikroskopicheskaya vodoros' hlorella. Young Scientist. 2022;24(419);111-113. (*In Russ.*)].
9. Перспективы использования культивированных водорослей хлореллы при доочистке и обеззараживании сточных вод на очистных сооружениях / М.В. Карпов, О.В. Наумова, А.А. Жиздюк, А.А. Малышева // Аграрный научный журнал. 2023. № 1. С. 150-154. [Karpov MV, Naumova OV, Zhizdyuk AA, Malysheva AA. Prospects for the use of cultivated algae chlorella in the

purification and disinfection of wastewater, hydraulic, solar photobioreactors. Agrarian Scientific Journal. 2023;1:150-154. (In Russ.). doi: 10.28983/asj.y2023i1pp150-154

10. Рязанов В.А., Колпаков В.И., Каюмов Ф.Г. Исследование биологической активности, экологических характеристик и микроэлементного состава водорослей *Chlorella vulgaris in vitro* // Животноводство и кормопроизводство. 2025. Т. 108. № 4. С. 274-291. [Ryazanov VA, Kolpakov VI, Kayumov FG. Study of biological activity, ecological characteristics and trace element composition of *Chlorella vulgaris* algae *in vitro*. Animal Husbandry and Fodder Production. 2025;108(4):274-291. (In Russ.).] <https://doi.org/10.33284/2658-3135-108-4-274>

11. Хлорелла (*Chlorella* sp.): технологии культивирования, пищевая ценность и безопасность / О.В. Багрянцева, В.К. Мазо, А.А. Кочеткова и др. // Вопросы питания. 2025. Т. 94. № 5(561). С. 24-33. [Bagryantseva OV, Mazo VK, Kochetkova AA, et al. *Chlorella* (*Chlorella* sp.): composition, cultivation technologies and food safety. Problems of Nutrition. 2025;94(5):24-33. (In Russ.).] doi: 10.33029/0042-8833-2025-94-5-24-33

12. Abdel-Khalek AE, El-Maghraby MM, Elbialy ZI, Al Wakeel RA, Almadaly EA, Shukry M, El-Badawy AA, Zaghloul HK, Assar DH. Mitigation of endogenous oxidative stress and improving growth, hemato-biochemical parameters, and reproductive performance of Zaraibi goat bucks by dietary supplementation with *Chlorella vulgaris* or/and vitamin C. Trop Anim Health Prod. 2023;55:267. doi: 10.1007/s11250-023-03657-6

13. Abdelnour SA, Sheiha AM, Taha AE, Swelum AA, Alarifi S, Alkahtani S, Ali D, Al-Basher G, Almeer R, Falodah F, et al. Impacts of enriching growing rabbit diets with *chlorella vulgaris* microalgae on growth, blood variables, carcass traits, immunological and antioxidant indices. Animals. 2019;9:788. doi: 10.3390/ani9100788

14. Ahmad MT, Shariff M, Md Yusoff F, Goh YM, Banerjee S. Applications of microalga *Chlorella vulgaris* in aquaculture. Rev. Aquac. 2020;12(1):328-346. doi: 10.1111/raq.12320

15. Akhmedkhanova R, Dzhambulatov Z, Gadzhaeva Z, Shabanov G, Alieva S. The influence of *chlorella* suspension on the quality of milk and its processing products. E3S Web Conf. 2020; 222:02021. doi: 10.1051/e3sconf/202022202021

16. Alfaia CM, Pestana JM, Rodrigues M, Coelho D, Aires MJ, Ribeiro DM, Major VT, Martins CF, Santos H, Lopes PA, et al. Influence of dietary *Chlorella vulgaris* and carbohydrate-active enzymes on growth performance, meat quality and lipid composition of broiler chickens. Poult Sci. 2021;100(2): 926-937. doi: 10.1016/j.psj.2020.11.034

17. Ali AM, Alshaheen T, Senosy W, Mohammed AEN, Kassab A. Effects of feeding green microalgae and *Nigella sativa* on productive performance and metabolic profile of Boer goats during peripartum period in subtropics. Fresenius Environ Bull. 2021;30(07):8203-8212.

18. Alshelmani MI, Abdalla E, Kaka U, Basit M. Nontraditional feedstuffs as an alternative in poultry feed. In: Patra AK, editor. Advances in Poultry Nutrition Research. UK, London: IntechOpen Limited; 2021. doi: 10.5772/intechopen.91547

19. An B-K, Kim K-E, Jeon J-Y, Lee KW. Effect of dried *Chlorella vulgaris* and *Chlorella* growth factor on growth performance, meat qualities and humoral immune responses in broiler chickens. SpringerPlus. 2016;5:718. doi: 10.1186/s40064-016-2373-4

20. Baudalet PH, Ricochon G, Linder M, Muniglia L. A new insight into cell walls of Chlorophyta. Algal Res. 2017;25:333-371. doi: 10.1016/j.algal.2017.04.008

21. Becker EW. Micro-algae as a source of protein. Biotechnol Adv. 2007;25(2):207-210. doi: 10.1016/j.biotechadv.2006.11.002

22. Cabrita ARJ, Guilherme-Fernandes J, Valente IM, Almeida A, Lima SAC, Fonseca AJM, Maia MRG. Nutritional composition and untargeted metabolomics reveal the potential of *Tetrademus obliquus*, *Chlorella vulgaris* and *Nannochloropsis oceanica* as valuable nutrient sources for dogs. Animals. 2022; 12:2643. doi: 10.3390/ani12192643

23. Cabrol MB, Martins JC, Malhão LP, Alves SP, Bessa RJB, Almeida AM, Raymundo A, Lordelo MM, Boskovic Cabrol M, Martins JC, et al. Partial replacement of soybean meal with *Chlorella*

vulgaris in broiler diets influences performance and improves breast meat quality and fatty acid composition. *Poult Sci.* 2022; 101(8):101955. doi: 10.1016/j.psj.2022.101955

24. Canelli G, Tarnutzer C, Carpine R, Neutsch L, Bolten CJ, Dionisi F, Mathys A. Biochemical and nutritional evaluation of *Chlorella* and *Auxenochlorella* biomasses relevant for food application. *Front. Nutr.* 2020;7:565996. doi: 10.3389/fnut.2020.565996

25. Chaves AAM, Martins CF, Carvalho DFP, Ribeiro DM, Lordelo M, Freire JPB, de Almeida AM. A viewpoint on the use of microalgae as an alternative feedstuff in the context of pig and poultry feeding—a special emphasis on tropical regions. *Trop Anim Health Prod.* 2021;53:396. doi: 10.1007/s11250-021-02800-5

26. Coelho D, Pestana J, Almeida JM, Alfaia CM, Fontes CMGA, Moreira O, Prates JAM. A high dietary incorporation level of *Chlorella vulgaris* improves the nutritional value of pork fat without impairing the performance of finishing pigs. *Animals.* 2020;10:2384. doi: 10.3390/ani10122384

27. Coelho DFM, Alfaia CMRPM, Assuncao JMP, Costa M, Pinto RMA, de Andrade Fontes CMG, Lordelo MM, Prates JAM. Impact of dietary *Chlorella vulgaris* and carbohydrate-active enzymes incorporation on plasma metabolites and liver lipid composition of broilers. *BMC Vet Res.* 2021;17:229. doi: 10.1186/s12917-021-02932-8

28. Das T, Nur S, Haque ME, Acharjee MR, Newase S, Afrin S, Khatoon H. Data on growth performance of marine *Chlorella* sp. cultured in different cost-effective media. *Mendeley Data.* 2023;V1. doi: 10.17632/wzcxws83wb.1

29. Edelmann M, Aalto S, Chamlagain B, Kariluoto S, Piironen V. Riboflavin, niacin, folate and vitamin B12 in commercial microalgae powders. *J Food Compos Anal.* 2019;82:103226. doi: 10.1016/j.jfca.2019.05.009

30. El Basuini MF, Khattab AAA, Hafsa SHA, Teiba II, Elkassas NEM, El-Bilawy EH, Dawood MAO, Atia SES. Impacts of algae supplements (*Arthrospira* & *Chlorella*) on growth, nutrient variables, intestinal efficacy, and antioxidants in New Zealand white rabbits. *Sci Rep.* 2023;13:7891. doi: 10.1038/s41598-023-34914-1

31. El-Bahr S, Shousha S, Shehab A, Khattab W, Ahmed-Farid O, Sabike I, El-Garhy O, Albokhadaim I, Albosadah K. Effect of dietary microalgae on growth performance, profiles of amino and fatty acids, antioxidant status, and meat quality of broiler chickens. *Animals.* 2020;10:761. doi: 10.3390/ani10050761

32. Ferreira M, Teixeira C, Abreu H, Silva J, Costas B, Kiron V, Valente LMP. Nutritional value, antimicrobial and antioxidant activities of micro- and macroalgae, single or blended, unravel their potential use for aquafeeds. *J Appl Phycol.* 2021; 33:3507-3518. doi: 10.1007/s10811-021-02549-2

33. Feshanghchi M, Baghban-Kanani P, Kashefi-Motlagh B, Adib F, Azimi-Youvalari S, Hosseintabar-Ghasemabad B, Slozhenkina M, Gorlov I, Zangeronimo MG, Swelum AA, et al. Milk thistle (*Silybum marianum*), marine algae (*Spirulina platensis*) and toxin binder powders in the diets of broiler chickens exposed to aflatoxin-B1: Growth performance, humoral immune response and cecal microbiota. *Agriculture.* 2022; 12:805. doi: 10.3390/agriculture12060805

34. Furbeyre H, van Milgen J, Mener T, Gloaguen M, Labussiere E. Effects of dietary supplementation with freshwater microalgae on growth performance, nutrient digestibility and gut health in weaned piglets. *Animal.* 2017;11:183-192. doi: 10.1017/S1751731116001543

35. Furbeyre H, van Milgen J, Mener T, Gloaguen M, Labussiere E. Effects of oral supplementation with *Spirulina* and *Chlorella* on growth and digestive health in piglets around weaning. *Animal.* 2018;12(11):2264-2273. doi: 10.1017/S1751731118000125

36. Gadzama IU, Hoffman LC, Holman B, Chaves AV, Meale SJ. Effects of supplementing a feedlot diet with microalgae (*Chlorella vulgaris*) on the performance, carcass traits and meat quality of lambs. *Livest Sci.* 2024;288:105552. doi: 10.1016/j.livsci.2024.105552

37. Gadzama IU, Meale SJ, Chaves AV. Effect of microalgae on in vitro rumen fermentation, gas and methane production. *Proceedings of the Recent Advances in Animal Nutrition—Australia (RAAN-A) Conference; Gold Coast, QLD, Australia, 27–28 July 2023.*:43-45. doi: 10.13140/RG.2.2.29839.97441

38. Grigorova S, Surdjiiska S, Banskalieva V, Dimitrov G. The effect of biomass from green algae of *Chlorella* genus on the biochemical characteristics of table eggs. *J Cent Eur Agric*. 2006;7(1):111-116.
39. Halle I, Janczyk P, Freyer G, Souffrant WB. Effect of microalgae *chlorella vulgaris* on laying hen performance. *Archiva Zootechnica*. 2009;12(2):5-13.
40. Hassanein HAM, Arafa MM, Abo Warda MA, Abd-Elall A. Effect of Using *Spirulina Platensis* and *Chlorella Vulgaris* as Feed Additives on Growing Rabbit Performance. *Egypt J Rabbit Sci*. 2014;24(2):413-431. doi: 10.21608/EJRS.2014.47489
41. Islam Z et al. Growth, productivity and proximate profiling of indigenous marine microalgae from southern coast of Bangladesh as potential feedstuff for animal feed. *Bioresource Technology Reports*. 2022;18:101025.
42. Jamil ABMR, Akanda MR, Rahman MM, Hossain MA, Islam MS. Prebiotic competence of spirulina on the production performance of broiler chickens. *J Adv Vet Anim Res*. 2015;2(3):304-309.
43. Janczyk P, Halle B, Souffrant WB. Microbial community composition of the crop and ceca contents of laying hens fed diets supplemented with *Chlorella vulgaris*. *Poult Sci*. 2009;88(11):2324-2332. doi: 10.3382/ps.2009-00250
44. Jeon J-Y, Park K-K, Lee K-W, Jang S-W, Moon B-H, An B-K. Dietary effects of lutein-fortified chlorella on milk components of Holstein cows. *SpringerPlus*. 2016;5:908. doi: 10.1186/s40064-016-2622-6
45. Jiang L, Luo S, Fan X, Yang Z, Guo R. Biomass and lipid production of marine microalgae using municipal wastewater and high concentration of CO₂. *Appl Energy*. 2011;88(10):3336-3341. doi: 10.1016/j.apenergy.2011.03.043
46. Kang HK, Park SB, Kim CH. Effects of dietary supplementation with a chlorella by-product on the growth performance, immune response, intestinal microflora and intestinal mucosal morphology in broiler chickens. *J Anim Physiol Anim Nutr*. 2017;101(2):208-214. doi: 10.1111/jpn.12566
47. Kang HK, Salim HM, Akter N, Kim DW, Kim JH, Bang HT, Kim MJ, Na JC, Hwangbo J, Choi HC, et al. Effect of various forms of dietary *Chlorella* supplementation on growth performance, immune characteristics, and intestinal microflora population of broiler chickens. *J Appl Poult Res*. 2013;22(1):100-108. doi: 10.3382/japr.2012-00622
48. Kassab A, Hamdon H, Senosy W, Wardy EM. Impact of *Chlorella vulgaris* microalgae as antistress on hematological parameters and thermoregulation of boer goats in arid subtropical regions. *New Val J Agric Sci*. 2023;3(10):21-27.
49. Kholif AE, Elghandour MMY, Salem AZM, Barbabosa A, Marquez O, Odongo NE. The effects of three total mixed rations with different concentrate to maize silage ratios and different levels of microalgae *Chlorella vulgaris* on in vitro total gas, methane and carbon dioxide production. *J Agric Sci*. 2017;115(3):494-507. doi: 10.1017/S0021859616000812
50. Kholif AE, Gouda GA, Morsy TA, Matloup OH, Sallam SM, Patra AK. Associative effects between *Chlorella vulgaris* microalgae and *Moringa oleifera* leaf silage used at different levels decreased in vitro ruminal greenhouse gas production and altered ruminal fermentation. *Environ Sci Pollut Res*. 2023;30:6001-6020. doi: 10.1007/s11356-022-22559-y
51. Kholif AE, Kassab AY, Hamdon HA. *Chlorella vulgaris* microalgae and copper mixture supplementation enhanced the nutrient digestibility and milk attributes in lactating boer goats. *Ann Anim Sci*. 2021;21(3):939-957. doi: 10.2478/aoas-2020-0089
52. Kim CH, Kang HK. Effect of dietary supplementation with a chlorella by-product on the performance, immune response and metabolic function in laying hens. *Europ Poult Sci*. 2015;79:1-10. doi: 10.1399/eps.2015.108
53. Kim YB, Park J, Heo YJ, Lee HG, Kwon BY, Joo SS, Joo SY, Kim M, Kim ZH, Lee KW. Effect of dietary *Chlorella vulgaris* or *tetrademus obliquus* on laying performance and intestinal immune cell parameters. *Animals*. 2023;13(10):1589. doi: 10.3390/ani13101589

54. Kourimska L, Vondrackova E, Fantova M, Novy P, Nohejlova L, Michnova K. Effect of feeding with algae on fatty acid profile of goat's milk. *Sci Agric Bohem.* 2014;45(3):162-169. doi: 10.2478/sab-2014-0103
55. Lee JY, Yoon JH, An SH, Cho IH, Lee CW, Jeon YJ, Kong C. Intestinal immune cell populations, barrier function, and microbiomes in broilers fed a diet supplemented with *Chlorella vulgaris*. *Animals.* 2023;13(14):2380. doi: 10.3390/ani13142380
56. Liu J, Chen F. Biology and industrial applications of *Chlorella*: advances and prospects. In: Posten C, Feng Chen S, editors. *Microalgae biotechnology. Advances in biochemical engineering/biotechnology.* Springer, Cham. 2014;153:1-35. doi: 10.1007/10_2014_286
57. Liu J, Hu Q. *Chlorella*: Industrial production of cell mass and chemicals. In: Richmond A, Hu Q, editors. *Handbook of microalgal culture: Applied phycology and biotechnology.* Second edition. Hoboken, NJ, USA: John Wiley and Sons;2013:329-338.
58. Luzzi SC, Gardner RD, Heins BJ. Taste preference of *Chlorella* sp. algae from dairy wastewater by weaned dairy calves. *JDS Commun.* 2020;1(2):41-44. doi: 10.3168/jdsc.2020-0001
59. Madhubalaji CK, Mudaliar SN, Chauhan VS, Sarada R. Evaluation of drying methods on nutritional constituents and antioxidant activities of *Chlorella vulgaris* cultivated in an outdoor open race-way pond. *J Appl Phycol.* 2021;33:1419-1434. doi: 10.1007/s10811-020-02355-2
60. Malyugina S, Cernohous M, Latal O. Characterization of microalgae-based feed supplement and their possible influence on cattle rumen microbial ecosystem. *Rural development 2019: research and innovation for bioeconomy: proceedings of the 9th international scientific conference, September 26 - 28, 2019.* 2019:40-45. doi: 10.15544/RD.2019.011
61. Martins CF, Pestana JM, Alfaia CM, Costa M, Ribeiro DM, Coelho D, Lopes PA, Almeida AM, Freire JPB, Prates JAM. Effects of *Chlorella vulgaris* as a feed ingredient on the quality and nutritional value of weaned piglets' meat. *Foods.* 2021;10(6):1155. doi: 10.3390/foods10061155
62. Martins CF, Ribeiro DM, Costa M, Coelho D, Alfaia CM, Lordelo M, Almeida AM, Freire JPB, Prates JAM. Using microalgae as a sustainable feed resource to enhance quality and nutritional value of pork and poultry meat. *Foods.* 2021;10(12):2933. doi: 10.3390/foods10122933
63. Martins CF, Trevisi P, Coelho DF, Correa F, Ribeiro DM, Alfaia CM, Pinho M, Pestana JM, Mourato MP, Almeida AM, et al. Influence of *Chlorella vulgaris* on growth, digestibility and gut morphology and microbiota of weaned piglet. *Sci Rep.* 2022;12:6012. doi: 10.1038/s41598-022-10059-5
64. Mirzaie S, Sharifi SD, Zirak-Khattab F. The effect of a *Chlorella* by-product dietary supplement on immune response, antioxidant status, and intestinal mucosal morphology of broiler chickens. *J Appl Phycol.* 2020;32:1771-1777. doi: 10.1007/s10811-020-02093-5
65. Montoya JD, Weathers PJ, McCabe JG. Engineering challenges in high-density algal production: A critical review of existing methods and future needs. *J Appl Phycol.* 2014;26:1519-1538.
66. Muys M, Sui Y, Schwaiger B, Lesueur C, Vandenheuvel D, Vermeir P, Vlaeminck SE. High variability in nutritional value and safety of commercially available *Chlorella* and *Spirulina* biomass indicates the need for smart production strategies. *Bioresour. Technol.* 2019;275:247-257. doi: 10.1016/j.biortech.2018.12.059
67. Nishimoto Y, Nomaguchi T, Mori Y, Ito M., Nakamura Y, Fujishima M, Fukuda S. The nutritional efficacy of *Chlorella* supplementation depends on the individual gut environment: A randomised control study. *Front Nutr.* 2021;8:648073. doi: 10.3389/fnut.2021.648073
68. Novotna K, Fantova M, Nohejlova L, Borkova M, Stadnik L, Duchacek J. Effect of *Chlorella vulgaris* and *Japonochytrium* sp. microalgae supplementation on composition and fatty acid profile of goat milk. *Acta Univ Agric Silv Mendelianae Brun.* 2017;65(5):1585-1593. doi: 10.11118/actaun201765051585
69. Panahi Y, Yari Khosroushahi A, Sahebkar A, Heidari HR. Impact of cultivation condition and media content on *Chlorella vulgaris* composition. *Adv Pharm Bull.* 2019;9(2):182-194. doi: 10.15171/apb.2019.022
70. Panaite TD, Cornescu GM, Predescu NC, Cismileanu A, Turcu RP, Saracila M, Soica C. Microalgae (*Chlorella vulgaris* and *Spirulina platensis*) as a protein alternative and their effects on produc-

tive performances, blood parameters, protein digestibility, and nutritional value of laying hens' egg. Appl Sci. 2023;13(18):10451. doi: 10.3390/app131810451

71. Prabakaran G, Moovendhan M, Arumugam A, Matharasi A, Dineshkumar R, Sampathkumar P. Evaluation of chemical composition and in vitro antiinflammatory effect of marine microalgae *Chlorella vulgaris*. Waste and Biomass Valorization. 2019;10:3263-3270. doi: 10.1007/s12649-018-0370-2

72. Rabee AE, Younan BR, Kewan KZ, Sabra EA, Lamara M. Modulation of rumen bacterial community and feed utilization in camel and sheep using combined supplementation of live yeast and microalgae. Sci Rep. 2022;12:12990. doi: 10.1038/s41598-022-16988-5

73. Ribeiro DM, Coelho D, Osorio H, Martins C, Bengala Freire JP, Almeida J, Moreira O, Almeida AM, Prates JAM. Effect of dietary incorporation of *Chlorella vulgaris* and CAZyme supplementation on the hepatic proteome of finishing pigs. J Proteom. 2022;256:104504. doi: 10.1016/j.jprot.2022.104504

74. Roques S, Koopmans SJ, Mens A, van Harn J, van Krimpen M, Kar SK. Effect of feeding 0.8% dried powdered *Chlorella vulgaris* biomass on growth performance, immune response, and intestinal morphology during grower phase in broiler chickens. Animals. 2022;12(9):1114. doi: 10.3390/ani12091114

75. Saadaoui I, Rasheed R, Aguilar A, Cherif M, Al Jabri H, Sayadi S, Manning SR. Microalgal-based feed: Promising alternative feedstocks for livestock and poultry production. J Anim Sci Biotechnol. 2021;12:76. doi: 10.1186/s40104-021-00593-z

76. Safi C, Zebib B, Merah O, Pontalier P-Y, Vaca-Garcia C. Morphology, composition, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*: A review. Renew Sust Energ Rev. 2014;35:265-278. doi: 10.1016/j.rser.2014.04.007

77. Selim S, Hussein E, Abou-Elkhair R. Effect of *Spirulina platensis* as a feed additive on laying performance, egg quality and hepatoprotective activity of laying hens. Europ Poult Sci. 2018;82:1-13. doi: 10.1399/eps.2018.227

78. Shams A, Elsadany A, Abou-Aiana R. Effects of orally *Chlorella vulgaris* algae additive on productive and reproductive performance of lactating friesian cows. J Anim Poult Prod. 2020;11(3):125-131. doi: 10.21608/jappmu.2020.87136

79. Sikiru AB, Arangasamy A, Alemde IC, Egena SSA, Bhatta R. Dietary supplementation effects of *Chlorella vulgaris* on performances, oxidative stress status and antioxidant enzymes activities of prepubertal New Zealand White rabbits. Bull Natl Res Cent. 2019;43:162. doi: 10.1186/s42269-019-0213-8

80. Silva MRL, Alves JPM, Fernandes CCL, Cavalcanti CM, Conde AJH, Bezerra AF, Soares ACS, Teixeira DIA, do Rego AC, Rondina D. Effect of short-term nutritional supplementation of green microalgae on some reproductive indicators of Anglo-Nubian crossbred goats. Vet World. 2023a;16(3):464-473. doi: 10.14202/vetworld.2023.464-473

81. Silva MRL, Alves JPM, Fernandes CCL, Cavalcanti CM, Conde AJH, Bezerra AF, Soares ACS, Tetaping GM, de Sa NAR, Teixeira DIA, et al. Use of green microalgae *Chlorella* as a nutritional supplement to support oocyte and embryo production in goats. Anim Reprod Sci. 2023b; 256:107296. doi: 10.1016/j.anireprosci.2023.107296

82. Slyusarenko I, Kitayeva A, Susol R. Effect of *Chlorella* microalgae suspension on dairy productivity of sheep mothers and growth intensity of lambs. Acta Biol Univ Daugavp. 2021;21(2):117-126.

83. Spinola MP, Costa MM, Prates JAM. Effect of Selected Mechanical/Physical Pre-Treatments on *Chlorella vulgaris* Protein Solubility. Agriculture. 2023;13(7):1309. doi: 10.3390/agriculture13071309

84. Spolaore P, Joannis-Cassan C, Duran E, Isambert A. Commercial applications of microalgae. J Biosci Bioeng. 2006;101(2):87-96. doi: 10.1263/jbb.101.87

85. Sucu E. Effects of microalgae species on in vitro rumen fermentation pattern and methane production. Ann Anim Sci. 2020;20(1):207-218. doi: 10.2478/aoas-2019-0061

86. Tsiplakou E, Abdullah MA, Skliros D, Chatzikonstantinou M, Flemetakis E, Labrou N, Zervas G. The effect of dietary *Chlorella vulgaris* supplementation on micro-organism community, enzyme activities and fatty acid profile in the rumen liquid of goats. *J Anim Physiol Anim Nutr.* 2017;101(2):275-283. doi: 10.1111/jpn.12521
87. Vargas JdJ, Tarnonsky F, Maderal A, Fernandez-Marenchino I, Podversich F, Schulmeister TM, DiLorenzo N. Increasing levels of *Chlorella* spp. on in vitro fermentation and methane production in a corn silage-base diet. *Rev Colomb Cienc Pecu.* 2023;37(1):42-51. doi: 10.17533/udea.rccp.v37n1a2
88. Yan L, Lim SU, Kim IH. Effect of fermented *Chlorella* supplementation on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics, fecal microbial and fecal noxious gas content in growing pigs. *Asian-Australas J Anim Sci.* 2012a;25(12):1742-1747. doi: 10.5713/ajas.2012.12352
89. Yan L, Meng QW, Kim IH. Effect of an herb extract mixture on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics, and fecal microbial shedding in weanling pigs. *Livest Sci.* 2012b;145(3):189-195. doi: 10.1016/j.livsci.2012.02.001
90. Zheng L, Oh ST, Jeon JY, Moon BH, Kwon HS, Lim SU, An BK, Kang CW. The dietary effects of fermented *Chlorella vulgaris* on production performance, liver lipids and intestinal microflora in laying hens. *Asian-Australas J Anim Sci.* 2012;25(2):261-266. doi: 10.5713/ajas.2011.11273

References

1. Vaulin EN, Vasiliev AA, Tishenkov PI. *Chlorella* suspension: technological aspects of production and influence on digestibility and milk productivity. (Conference proceedings) Veterinary welfare and management of genetic resources in animal husbandry: collection of works of the 1st Scientific and practical conference (Moscow, October 17, 2025). Moscow: OOO Publishing House "Agricultural technologies"; 2025;452-454.
2. Kochneva EV, Mekhanikova MV, Papushina TV et al. Study of *Chlorella* and its influence on the growth of young cattle. (Conference proceedings) Current state: problems and prospects for the development of the agro-industrial complex of the Ivanovo region: collection of materials of the All-Russian Scientific Method. Conf (g. Ivanovo, 23 apr. 2021 g.). Ivanovo: FGBOU VO Ivanovo State Agricultural Academy; 2021:73-75.
3. Golodova IV, Dzhemaledinova IM, Vasiliyev NV, LeeYA. The use of *chlorella* suspension in the diet of broiler chickens. 3i: Intellect, Idea, Innovation. 2024a;4;75-81. doi: 10.52269/22266070_2024_4_75
4. Golodova IV, Vasiliyev NV, Khaibullina AO, LeeYA. The use of *chlorella* suspension to increase the freshwater lakes fodder base. 3i: Intellect, Idea, Innovation. 2024b;4;81-89. doi: 10.52269/22266070_2024_4_81
5. Kuvshinov VN, Duborezov VM, Tsis EYu. Productivity and milk quality after feeding high-yielding cows with *chlorella* suspension. *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2024;107(1):83-92. doi: 10.33284/2658-3135-107-1-83
6. Manukyan V, Tsoy V. *Chlorella*: green feed the year round. *Animal Husbandry in Russia.* 2013;8;21-23.
7. Meshcheryakova Yu, Nagornov S. *Chlorella* microalgae for wastewater treatment in agriculture. *Science in the Central Russia.* 2024;70(4):158-166. doi: 10.35887/2305-2538-2024-4-158-166
8. Nikolaeva YV, Efimova MV. The microscopic algae *chlorella*. *Young Scientist.* 2022;24(419);111-113.
9. Karpov MV, Naumova OV, Zhizdyuk AA, Malysheva AA. Prospects for the use of cultivated algae *chlorella* in the purification and disinfection of wastewater, hydraulic, solar photobioreactors. *Agrarian Scientific Journal.* 2023;1:150-154. doi: 10.28983/asj.y2023i1pp150-154
10. Ryazanov VA, Kolpakov VI, Kayumov FG. Study of biological activity, ecological characteristics and trace element composition of *Chlorella vulgaris* algae *in vitro*. *Animal Husbandry and Fodder Production.* 2025;108(4):274-291. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-108-4-274>

11. Bagryantseva OV, Mazo VK, Kochetkova AA, et al. Chlorella (*Chlorella* sp.): composition, cultivation technologies and food safety. *Problems of Nutrition*. 2025;94(5);24-33. doi: 10.33029/0042-8833-2025-94-5-24-33
12. Abdel-Khalek AE, El-Maghraby MM, Elbialy ZI, Al Wakeel RA, Almadaly EA, Shukry M, El-Badawy AA, Zaghloul HK, Assar DH. Mitigation of endogenous oxidative stress and improving growth, hemato-biochemical parameters, and reproductive performance of Zaraibi goat bucks by dietary supplementation with *Chlorella vulgaris* or/and vitamin C. *Trop Anim Health Prod*. 2023;55:267. doi: 10.1007/s11250-023-03657-6
13. Abdelnour SA, Sheiha AM, Taha AE, Swelum AA, Alarifi S, Alkahtani S, Ali D, Al-Basher G, Almeer R, Falodah F, et al. Impacts of enriching growing rabbit diets with *chlorella vulgaris* microalgae on growth, blood variables, carcass traits, immunological and antioxidant indices. *Animals*. 2019;9:788. doi: 10.3390/ani9100788
14. Ahmad MT, Shariff M, Md Yusoff F, Goh YM, Banerjee S. Applications of microalga *Chlorella vulgaris* in aquaculture. *Rev. Aquac*. 2020;12(1):328-346. doi: 10.1111/raq.12320
15. Akhmedkhanova R, Dzhambulatov Z, Gadzhaeva Z, Shabanov G, Alieva S. The influence of chlorella suspension on the quality of milk and its processing products. *E3S Web Conf*. 2020;222:02021. doi: 10.1051/e3sconf/202022202021
16. Alfaia CM, Pestana JM, Rodrigues M, Coelho D, Aires MJ, Ribeiro DM, Major VT, Martins CF, Santos H, Lopes PA, et al. Influence of dietary *Chlorella vulgaris* and carbohydrate-active enzymes on growth performance, meat quality and lipid composition of broiler chickens. *Poult Sci*. 2021;100(2): 926-937. doi: 10.1016/j.psj.2020.11.034
17. Ali AM, Alshaheen T, Senosy W, Mohammed AEN, Kassab A. Effects of feeding green microalgae and *Nigella sativa* on productive performance and metabolic profile of Boer goats during peripartum period in subtropics. *Fresenius Environ Bull*. 2021;30(07):8203-8212.
18. Alshelmani MI, Abdalla E, Kaka U, Basit M. Nontraditional feedstuffs as an alternative in poultry feed. In: Patra AK, editor. *Advances in Poultry Nutrition Research*. UK, London: IntechOpen Limited; 2021. doi: 10.5772/intechopen.91547
19. An B-K, Kim K-E, Jeon J-Y, Lee KW. Effect of dried *Chlorella vulgaris* and *Chlorella* growth factor on growth performance, meat qualities and humoral immune responses in broiler chickens. *SpringerPlus*. 2016;5:718. doi: 10.1186/s40064-016-2373-4
20. Baudelet PH, Ricochon G, Linder M, Muniglia L. A new insight into cell walls of Chlorophyta. *Algal Res*. 2017;25:333-371. doi: 10.1016/j.algal.2017.04.008
21. Becker EW. Micro-algae as a source of protein. *Biotechnol Adv*. 2007;25(2):207-210. doi: 10.1016/j.biotechadv.2006.11.002
22. Cabrita ARJ, Guilherme-Fernandes J, Valente IM, Almeida A, Lima SAC, Fonseca AJM, Maia MRG. Nutritional composition and untargeted metabolomics reveal the potential of *Tetrademus obliquus*, *Chlorella vulgaris* and *Nannochloropsis oceanica* as valuable nutrient sources for dogs. *Animals*. 2022; 12:2643. doi: 10.3390/ani12192643
23. Cabrol MB, Martins JC, Malhão LP, Alves SP, Bessa RJB, Almeida AM, Raymundo A, Lordelo MM, Boskovic Cabrol M, Martins JC, et al. Partial replacement of soybean meal with *Chlorella vulgaris* in broiler diets influences performance and improves breast meat quality and fatty acid composition. *Poult Sci*. 2022; 101(8):101955. doi: 10.1016/j.psj.2022.101955
24. Canelli G, Tarnutzer C, Carpine R, Neutsch L, Bolten CJ, Dionisi F, Mathys A. Biochemical and nutritional evaluation of *Chlorella* and *Auxenochlorella* biomasses relevant for food application. *Front. Nutr*. 2020;7:565996. doi: 10.3389/fnut.2020.565996
25. Chaves AAM, Martins CF, Carvalho DFP, Ribeiro DM, Lordelo M, Freire JPB, de Almeida AM. A viewpoint on the use of microalgae as an alternative feedstuff in the context of pig and poultry feeding-a special emphasis on tropical regions. *Trop Anim Health Prod*. 2021;53:396. doi: 10.1007/s11250-021-02800-5

26. Coelho D, Pestana J, Almeida JM, Alfaia CM, Fontes CMGA, Moreira O, Prates JAM. A high dietary incorporation level of *Chlorella vulgaris* improves the nutritional value of pork fat without impairing the performance of finishing pigs. *Animals*. 2020;10:2384. doi: 10.3390/ani10122384
27. Coelho DFM, Alfaia CMRPM, Assuncao JMP, Costa M, Pinto RMA, de Andrade Fontes CMG, Lordelo MM, Prates JAM. Impact of dietary *Chlorella vulgaris* and carbohydrate-active enzymes incorporation on plasma metabolites and liver lipid composition of broilers. *BMC Vet Res*. 2021;17:229. doi: 10.1186/s12917-021-02932-8
28. Das T, Nur S, Haque ME, Acharjee MR, Newase S, Afrin S, Khatoon H. Data on growth performance of marine *Chlorella* sp. cultured in different cost-effective media. *Mendeley Data*. 2023;V1. doi: 10.17632/wzcxws83wb.1
29. Edelmann M, Aalto S, Chamlagain B, Kariluoto S, Piironen V. Riboflavin, niacin, folate and vitamin B12 in commercial microalgae powders. *J Food Compost Anal*. 2019;82:103226. doi: 10.1016/j.jfca.2019.05.009
30. El Basuini MF, Khattab AAA, Hafsa SHA, Teiba II, Elkassas NEM, El-Bilawy EH, Dawood MAO, Atia SES. Impacts of algae supplements (*Arthrospira* & *Chlorella*) on growth, nutrient variables, intestinal efficacy, and antioxidants in New Zealand white rabbits. *Sci Rep*. 2023;13:7891. doi: 10.1038/s41598-023-34914-1
31. El-Bahr S, Shousha S, Shehab A, Khattab W, Ahmed-Farid O, Sabike I, El-Garhy O, Albokhdaïm I, Albosadah K. Effect of dietary microalgae on growth performance, profiles of amino and fatty acids, antioxidant status, and meat quality of broiler chickens. *Animals*. 2020;10:761. doi: 10.3390/ani10050761
32. Ferreira M, Teixeira C, Abreu H, Silva J, Costas B, Kiron V, Valente LMP. Nutritional value, antimicrobial and antioxidant activities of micro- and macroalgae, single or blended, unravel their potential use for aquafeeds. *J Appl Phycol*. 2021; 33:3507-3518. doi: 10.1007/s10811-021-02549-2
33. Feshanghchi M, Baghban-Kanani P, Kashefi-Motlagh B, Adib F, Azimi-Youvalari S, Hosseintabar-Ghasemabad B, Slozhenkina M, Gorlov I, Zangeronimo MG, Swelum AA, et al. Milk thistle (*Silybum marianum*), marine algae (*Spirulina platensis*) and toxin binder powders in the diets of broiler chickens exposed to aflatoxin-B1: Growth performance, humoral immune response and cecal microbiota. *Agriculture*. 2022; 12:805. doi: 10.3390/agriculture12060805
34. Furbeyre H, van Milgen J, Mener T, Gloaguen M, Labussiere E. Effects of dietary supplementation with freshwater microalgae on growth performance, nutrient digestibility and gut health in weaned piglets. *Animal*. 2017;11:183-192. doi: 10.1017/S1751731116001543
35. Furbeyre H, van Milgen J, Mener T, Gloaguen M, Labussiere E. Effects of oral supplementation with *Spirulina* and *Chlorella* on growth and digestive health in piglets around weaning. *Animal*. 2018;12(11):2264-2273. doi: 10.1017/S1751731118000125
36. Gadzama IU, Hoffman LC, Holman B, Chaves AV, Meale SJ. Effects of supplementing a feedlot diet with microalgae (*Chlorella vulgaris*) on the performance, carcass traits and meat quality of lambs. *Livest Sci*. 2024;288:105552. doi: 10.1016/j.livsci.2024.105552
37. Gadzama IU, Meale SJ, Chaves AV. Effect of microalgae on in vitro rumen fermentation, gas and methane production. *Proceedings of the Recent Advances in Animal Nutrition—Australia (RAAN-A) Conference; Gold Coast, QLD, Australia, 27–28 July 2023*:43-45. doi: 10.13140/RG.2.2.29839.97441
38. Grigorova S, Surdjiiska S, Banskaliëva V, Dimitrov G. The effect of biomass from green algae of *Chlorella* genus on the biochemical characteristics of table eggs. *J Cent Eur Agric*. 2006;7(1):111-116.
39. Halle I, Janczyk P, Freyer G, Souffrant WB. Effect of microalgae *chlorella vulgaris* on laying hen performance. *Archiva Zootechnica*. 2009;12(2):5-13.
40. Hassanein HAM, Arafa MM, Abo Warda MA, Abd-Elall A. Effect of Using *Spirulina Platensis* and *Chlorella Vulgaris* as Feed Additives on Growing Rabbit Performance. *Egypt J Rabbit Sci*. 2014;24(2):413-431. doi: 10.21608/EJRS.2014.47489

41. Islam Z et al. Growth, productivity and proximate profiling of indigenous marine microalgae from southern coast of Bangladesh as potential feedstuff for animal feed. *Bioresource Technology Reports*. 2022;18:101025.
42. Jamil ABMR, Akanda MR, Rahman MM, Hossain MA, Islam MS. Prebiotic competence of spirulina on the production performance of broiler chickens. *J Adv Vet Anim Res*. 2015;2(3):304-309.
43. Janczyk P, Halle B, Souffrant WB. Microbial community composition of the crop and ceca contents of laying hens fed diets supplemented with *Chlorella vulgaris*. *Poult Sci*. 2009;88(11):2324-2332. doi: 10.3382/ps.2009-00250
44. Jeon J-Y, Park K-K, Lee K-W, Jang S-W, Moon B-H, An B-K. Dietary effects of lutein-fortified chlorella on milk components of Holstein cows. *SpringerPlus*. 2016;5:908. doi: 10.1186/s40064-016-2622-6
45. Jiang L, Luo S, Fan X, Yang Z, Guo R. Biomass and lipid production of marine microalgae using municipal wastewater and high concentration of CO₂. *Appl Energy*. 2011;88(10):3336-3341. doi: 10.1016/j.apenergy.2011.03.043
46. Kang HK, Park SB, Kim CH. Effects of dietary supplementation with a chlorella by-product on the growth performance, immune response, intestinal microflora and intestinal mucosal morphology in broiler chickens. *J Anim Physiol Anim Nutr*. 2017;101(2):208-214. doi: 10.1111/jpn.12566
47. Kang HK, Salim HM, Akter N, Kim DW, Kim JH, Bang HT, Kim MJ, Na JC, Hwangbo J, Choi HC, et al. Effect of various forms of dietary *Chlorella* supplementation on growth performance, immune characteristics, and intestinal microflora population of broiler chickens. *J Appl Poult Res*. 2013;22(1):100-108. doi: 10.3382/japr.2012-00622
48. Kassab A, Hamdon H, Senosy W, Wardy EM. Impact of *Chlorella vulgaris* microalgae as antistress on hematological parameters and thermoregulation of boer goats in arid subtropical regions. *New Val J Agric Sci*. 2023;3(10):21-27.
49. Kholif AE, Elghandour MMY, Salem AZM, Barbabosa A, Marquez O, Odongo NE. The effects of three total mixed rations with different concentrate to maize silage ratios and different levels of microalgae *Chlorella vulgaris* on in vitro total gas, methane and carbon dioxide production. *J Agric Sci*. 2017;115(3):494-507. doi: 10.1017/S0021859616000812
50. Kholif AE, Gouda GA, Morsy TA, Matloup OH, Sallam SM, Patra AK. Associative effects between *Chlorella vulgaris* microalgae and *Moringa oleifera* leaf silage used at different levels decreased in vitro ruminal greenhouse gas production and altered ruminal fermentation. *Environ Sci Pollut Res*. 2023;30:6001-6020. doi: 10.1007/s11356-022-22559-y
51. Kholif AE, Kassab AY, Hamdon HA. *Chlorella vulgaris* microalgae and copper mixture supplementation enhanced the nutrient digestibility and milk attributes in lactating boer goats. *Ann Anim Sci*. 2021;21(3):939-957. doi: 10.2478/aoas-2020-0089
52. Kim CH, Kang HK. Effect of dietary supplementation with a chlorella by-product on the performance, immune response and metabolic function in laying hens. *Europ Poult Sci*. 2015;79:1-10. doi: 10.1399/eps.2015.108
53. Kim YB, Park J, Heo YJ, Lee HG, Kwon BY, Joo SS, Joo SY, Kim M, Kim ZH, Lee KW. Effect of dietary *Chlorella vulgaris* or *tetrademus obliquus* on laying performance and intestinal immune cell parameters. *Animals*. 2023;13(10):1589. doi: 10.3390/ani13101589
54. Kourimska L, Vondrackova E, Fantova M, Novy P, Nohejlova L, Michnova K. Effect of feeding with algae on fatty acid profile of goat's milk. *Sci Agric Bohem*. 2014;45(3):162-169. doi: 10.2478/sab-2014-0103
55. Lee JY, Yoon JH, An SH, Cho IH, Lee CW, Jeon YJ, Kong C. Intestinal immune cell populations, barrier function, and microbiomes in broilers fed a diet supplemented with *Chlorella vulgaris*. *Animals*. 2023;13(14):2380. doi: 10.3390/ani13142380
56. Liu J, Chen F. Biology and industrial applications of *Chlorella*: advances and prospects. In: Posten C, Feng Chen S, editors. *Microalgae biotechnology. Advances in biochemical engineering/biotechnology*. Springer, Cham. 2014;153:1-35. doi: 10.1007/10_2014_286

57. Liu J, Hu Q. Chlorella: Industrial production of cell mass and chemicals. In: Richmond A, Hu Q, editors. Handbook of microalgal culture: Applied phycology and biotechnology. Second edition. Hoboken, NJ, USA: John Wiley and Sons;2013:329-338.
58. Luzzi SC, Gardner RD, Heins BJ. Taste preference of Chlorella sp. algae from dairy wastewater by weaned dairy calves. JDS Commun. 2020;1(2):41-44. doi: 10.3168/jdsc.2020-0001
59. Madhubalaji CK, Mudaliar SN, Chauhan VS, Sarada R. Evaluation of drying methods on nutritional constituents and antioxidant activities of Chlorella vulgaris cultivated in an outdoor open race-way pond. J Appl Phycol. 2021;33:1419-1434. doi: 10.1007/s10811-020-02355-2
60. Malyugina S, Cernohous M, Latal O. Characterization of microalgae-based feed supplement and their possible influence on cattle rumen microbial ecosystem. Rural development 2019: research and innovation for bioeconomy: proceedings of the 9th international scientific conference, September 26 - 28, 2019. 2019:40-45. doi: 10.15544/RD.2019.011
61. Martins CF, Pestana JM, Alfaia CM, Costa M, Ribeiro DM, Coelho D, Lopes PA, Almeida AM, Freire JPB, Prates JAM. Effects of Chlorella vulgaris as a feed ingredient on the quality and nutritional value of weaned piglets' meat. Foods. 2021;10(6):1155. doi: 10.3390/foods10061155
62. Martins CF, Ribeiro DM, Costa M, Coelho D, Alfaia CM, Lordelo M, Almeida AM, Freire JPB, Prates JAM. Using microalgae as a sustainable feed resource to enhance quality and nutritional value of pork and poultry meat. Foods. 2021;10(12):2933. doi: 10.3390/foods10122933
63. Martins CF, Trevisi P, Coelho DF, Correa F, Ribeiro DM, Alfaia CM, Pinho M, Pestana JM, Mourato MP, Almeida AM, et al. Influence of Chlorella vulgaris on growth, digestibility and gut morphology and microbiota of weaned piglet. Sci Rep. 2022;12:6012. doi: 10.1038/s41598-022-10059-5
64. Mirzaie S, Sharifi SD, Zirak-Khattab F. The effect of a Chlorella by-product dietary supplement on immune response, antioxidant status, and intestinal mucosal morphology of broiler chickens. J Appl Phycol. 2020; 32:1771-1777. doi: 10.1007/s10811-020-02093-5
65. Montoya JD, Weathers PJ, McCabe JG. Engineering challenges in high-density algal production: A critical review of existing methods and future needs. J Appl Phycol. 2014;26:1519-1538.
66. Muys M, Sui Y, Schwaiger B, Lesueur C, Vandenheuvel D, Vermeir P, Vlaeminck SE. High variability in nutritional value and safety of commercially available Chlorella and Spirulina biomass indicates the need for smart production strategies. Bioresour. Technol. 2019;275:247-257. doi: 10.1016/j.biortech.2018.12.059
67. Nishimoto Y, Nomaguchi T, Mori Y, Ito M., Nakamura Y, Fujishima M, Fukuda S. The nutritional efficacy of Chlorella supplementation depends on the individual gut environment: A randomised control study. Front Nutr. 2021;8:648073. doi: 10.3389/fnut.2021.648073
68. Novotna K, Fantova M, Nohejlova L, Borkova M, Stadnik L, Duchacek J. Effect of Chlorella vulgaris and Japonochytrium sp. microalgae supplementation on composition and fatty acid profile of goat milk. Acta Univ Agric Silviculturae Mendelianae Brun. 2017;65(5):1585-1593. doi: 10.11118/actaun201765051585
69. Panahi Y, Yari Khosroushahi A, Sahebkar A, Heidari HR. Impact of cultivation condition and media content on Chlorella vulgaris composition. Adv Pharm Bull. 2019;9(2):182-194. doi: 10.15171/apb.2019.022
70. Panaite TD, Cornescu GM, Predescu NC, Cismileanu A, Turcu RP, Saracila M, Soica C. Microalgae (Chlorella vulgaris and Spirulina platensis) as a protein alternative and their effects on productive performances, blood parameters, protein digestibility, and nutritional value of laying hens' egg. Appl Sci. 2023;13(18):10451. doi: 10.3390/app131810451
71. Prabakaran G, Moovendhan M, Arumugam A, Matharasi A, Dineshkumar R, Sampathkumar P. Evaluation of chemical composition and in vitro antiinflammatory effect of marine microalgae Chlorella vulgaris. Waste and Biomass Valorization. 2019;10:3263-3270. doi: 10.1007/s12649-018-0370-2
72. Rabee AE, Younan BR, Kewan KZ, Sabra EA, Lamara M. Modulation of rumen bacterial community and feed utilization in camel and sheep using combined supplementation of live yeast and microalgae. Sci Rep. 2022;12:12990. doi: 10.1038/s41598-022-16988-5

73. Ribeiro DM, Coelho D, Osorio H, Martins C, Bengala Freire JP, Almeida J, Moreira O, Almeida AM, Prates JAM. Effect of dietary incorporation of *Chlorella vulgaris* and CAZyme supplementation on the hepatic proteome of finishing pigs. *J Proteom.* 2022;256:104504. doi: 10.1016/j.jprot.2022.104504
74. Roques S, Koopmans SJ, Mens A, van Harn J, van Krimpen M, Kar SK. Effect of feeding 0.8% dried powdered *Chlorella vulgaris* biomass on growth performance, immune response, and intestinal morphology during grower phase in broiler chickens. *Animals.* 2022;12(9):1114. doi: 10.3390/ani12091114
75. Saadaoui I, Rasheed R, Aguilar A, Cherif M, Al Jabri H, Sayadi S, Manning SR. Microalgal-based feed: Promising alternative feedstocks for livestock and poultry production. *J Anim Sci Biotechnol.* 2021;12:76. doi: 10.1186/s40104-021-00593-z
76. Safi C, Zebib B, Merah O, Pontalier P-Y, Vaca-Garcia C. Morphology, composition, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*: A review. *Renew Sust Energ Rev.* 2014; 35:265-278. doi: 10.1016/j.rser.2014.04.007
77. Selim S, Hussein E, Abou-Elkhair R. Effect of *Spirulina platensis* as a feed additive on laying performance, egg quality and hepatoprotective activity of laying hens. *Europ Poult Sci.* 2018; 82:1-13. doi: 10.1399/eps.2018.227
78. Shams A, Elsadany A, Abou-Aiana R. Effects of orally *Chlorella vulgaris* algae additive on productive and reproductive performance of lactating friesland cows. *J Anim Poult Prod.* 2020;11(3):125-131. doi: 10.21608/jappmu.2020.87136
79. Sikiru AB, Arangasamy A, Alemode IC, Egena SSA, Bhatta R. Dietary supplementation effects of *Chlorella vulgaris* on performances, oxidative stress status and antioxidant enzymes activities of prepubertal New Zealand White rabbits. *Bull Natl Res Cent.* 2019;43:162. doi: 10.1186/s42269-019-0213-8
80. Silva MRL, Alves JPM, Fernandes CCL, Cavalcanti CM, Conde AJH, Bezerra AF, Soares ACS, Teixeira DIA, do Rego AC, Rondina D. Effect of short-term nutritional supplementation of green microalgae on some reproductive indicators of Anglo-Nubian crossbred goats. *Vet World.* 2023a;16(3):464-473. doi: 10.14202/vetworld.2023.464-473
81. Silva MRL, Alves JPM, Fernandes CCL, Cavalcanti CM, Conde AJH, Bezerra AF, Soares ACS, Tetaping GM, de Sa NAR, Teixeira DIA, et al. Use of green microalgae *Chlorella* as a nutritional supplement to support oocyte and embryo production in goats. *Anim Reprod Sci.* 2023b; 256:107296. doi: 10.1016/j.anireprosci.2023.107296
82. Slyusarenko I, Kitayeva A, Susol R. Effect of *Chlorella* microalgae suspension on dairy productivity of sheep mothers and growth intensity of lambs. *Acta Biol Univ Daugavp.* 2021;21(2):117-126.
83. Spinola MP, Costa MM, Prates JAM. Effect of Selected Mechanical/Physical Pre-Treatments on *Chlorella vulgaris* Protein Solubility. *Agriculture.* 2023;13(7):1309. doi: 10.3390/agriculture13071309
84. Spolaore P, Joannis-Cassan C, Duran E, Isambert A. Commercial applications of microalgae. *J Biosci Bioeng.* 2006;101(2):87-96. doi: 10.1263/jbb.101.87
85. Sucu E. Effects of microalgae species on in vitro rumen fermentation pattern and methane production. *Ann Anim Sci.* 2020;20(1):207-218. doi: 10.2478/aoas-2019-0061
86. Tsiplakou E, Abdullah MA, Skliros D, Chatzikonstantinou M, Flemetakis E, Labrou N, Zervas G. The effect of dietary *Chlorella vulgaris* supplementation on micro-organism community, enzyme activities and fatty acid profile in the rumen liquid of goats. *J Anim Physiol Anim Nutr.* 2017;101(2):275-283. doi: 10.1111/jpn.12521
87. Vargas JdJ, Tarnonsky F, Maderal A, Fernandez-Marenchino I, Podversich F, Schulmeister TM, DiLorenzo N. Increasing levels of *Chlorella* spp. on in vitro fermentation and methane production in a corn silage-base diet. *Rev Colomb Cienc Pecu.* 2023;37(1):42-51. doi: 10.17533/udea.rccp.v37n1a2
88. Yan L, Lim SU, Kim IH. Effect of fermented *Chlorella* supplementation on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics, fecal microbial and fecal noxious gas content in growing pigs. *Asian-Australas J Anim Sci.* 2012a;25(12):1742-1747. doi: 10.5713/ajas.2012.12352

89. Yan L, Meng QW, Kim IH. Effect of an herb extract mixture on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics, and fecal microbial shedding in weanling pigs. *Livest Sci.* 2012b;145(3):189-195. doi: 10.1016/j.livsci.2012.02.001

90. Zheng L, Oh ST, Jeon JY, Moon BH, Kwon HS, Lim SU, An BK, Kang CW. The dietary effects of fermented *Chlorella vulgaris* on production performance, liver lipids and intestinal microflora in laying hens. *Asian-Australas J Anim Sci.* 2012;25(2):261-266. doi: 10.5713/ajas.2011.11273

Информация об авторах:

Дмитрий Алексеевич Силин, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник лаборатории прецизионных технологий в сельском хозяйстве, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, Россия, Оренбургская область, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29, тел.: 89534575189.

Иван Дмитриевич Яловенко, лаборант-исследователь лаборатории прецизионных технологий в сельском хозяйстве, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, Россия, Оренбургская область, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29, тел.: 89033992127.

Information about the authors:

Dmitriy A Silin, Cand. Sci. (Biology), Junior Researcher of the Laboratory of Precision Technologies in Agriculture, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., Orenburg, Orenburg region, Russia, 460000, tel.: 89534575189.

Ivan D Yalovenko, Laboratory researcher at the Laboratory of Precision Technologies in Agriculture, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., Orenburg, Orenburg region, Russia, 460000, tel.: 89033992127.

Статья поступила в редакцию 25.03.2026; одобрена после рецензирования 18.05.2026; принята к публикации 15.06.2026.

The article was submitted 25.03.2026; approved after reviewing 18.05.2026; accepted for publication 15.06.2026.