

УДК 636.085.55

UDC 636.085.55

4.3.1 Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

4.3.1 Technologies, machines and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В КАЧЕСТВЕ ПРЕБИОТИКОВ В КОМБИКОРМОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

TECHNOLOGICAL AND FUNCTIONAL ASPECTS OF THE USE OF PLANT RAW MATERIALS AS PREBIOTICS IN THE FEED INDUSTRY

Мальцева Татьяна Александровна
канд. техн. наук, доц. каф. ТТПП, зав. лаб.
БиСАПП
РИНЦ SPIN-код: 7418-8531
tamalceva@donstu.ru

*Донской государственный технический
университет, Ростов-на-Дону*

Maltseva Tatyana Alexandrovna
Cand.Tech.Sci., associate professor, Head of the Lab
RSCI SPIN-code: 7418-8531
tamalceva@donstu.ru
Don State Technical University, Rostov-on-Don

Косолапова Екатерина Николаевна
инженер лаб. БиСАПП, асс. каф. ТТПП
РИНЦ SPIN-код: 9207-7553
rewarewarewak@mail.ru
*Донской государственный технический
университет, Ростов-на-Дону*

Kosolapova Ekaterina Nikolaevna
Lab Engineer, Associate Professor, Department ETFP
RSCI SPIN-code: 9207-7553
rewarewarewak@mail.ru
Don State Technical University, Rostov-on-Don

Гордиец Ольга Валерьевна
инженер каф. ТиОППАПК, преп. каф. ТТПП
РИНЦ SPIN-код: 7189-6302
olgagordiets20@yandex.ru
*Донской государственный технический
университет, Ростов-на-Дону*

Gordiets Olga Valeryevna
Engineer Dep.T&EPAP,., lecturer Department ETFP
RSCI SPIN-code: 7189-6302
olgagordiets20@yandex.ru
*Донской государственный технический
университет, Ростов-на-Дону*

Старостин Дмитрий Владимирович
студент
РИНЦ SPIN-код: 1277-5492
ddmmiitr2004@gmail.com
*Донской государственный технический
университет, Ростов-на-Дону*

Starostin Dmitry Vladimirovich
Student
RSCI SPIN-code: 1277-5492
ddmmiitr2004@gmail.com
Don State Technical University, Rostov-on-Don

Мартынюк Игорь Олегович
студент
РИНЦ SPIN-код: 3668-6495
igor.mart2004@mail.ru
*Донской государственный технический
университет, Ростов-на-Дону*

Martynyuk Igor Olegovich
Student
RSCI SPIN-code: 3668-6495
igor.mart2004@mail.ru
Don State Technical University, Rostov-on-Don

За последние несколько лет отечественная комбикормовая промышленность демонстрирует стабильный рост объемов производства комбикормов и кормовых добавок. Компоненты комбикормов играют ключевую роль в качестве и функциональных характеристиках готовой продукции. Одним из таких видов кормовых добавок являются пребиотические кормовые добавки направленного действия, которые стимулируют рост полезных бактерий и угнетают патогенные микроорганизмы. В статье представлен обзор современных исследований по применению

Over the past few years, the domestic feed industry has demonstrated steady growth in the production of animal feed and feed additives. Feed components play a key role in the quality and functional characteristics of the finished product. One of these types of feed additives is targeted prebiotic feed additives that stimulate the growth of beneficial bacteria and inhibit pathogenic microorganisms. The article provides an overview of current research on the use of various prebiotics (oligosaccharides, inulin, polyphenols, spirulina, early-stage wheat grains, and others) in animal feeding. A review of modern research has

различных пребиотиков (олигосахаридов, инулина, полифенолов, спиролины, зернового вороха пшеницы ранних фаз спелости и других) в кормлении животных. Обзор современных исследований показал, что их использование ведет к нормализации состава микробиоты, усилению продукции короткоцепочечных жирных кислот, укреплению иммунитета и барьерной функции кишечника. В результате применение пребиотиков способствует значительному повышению продуктивности, улучшению конверсии корма и снижению заболеваемости, что подтверждает их высокую эффективность

shown that their use leads to normalization of the composition of the microbiota, increased production of short-chain fatty acids, enhanced immunity and intestinal barrier function. As a result, the use of prebiotics significantly increases productivity, improves feed conversion, and reduces morbidity, which confirms their high effectiveness

Ключевые слова: КОРМ, КОМБИКОРМ, ПРЕБИОТИКИ, ПШЕНИЦА РАННИХ ФАЗ СПЕЛОСТИ

Keywords: FEED, MIXED FEED, PREBIOTICS, WHEAT OF THE EARLY STAGES OF RIPENESS

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-213-038>

Введение.

Интенсификация животноводства и ужесточение требований к качеству и безопасности продукции актуализируют поиск альтернатив кормовым антибиотикам. В условиях роста резистентности микроорганизмов и потребительского спроса на органическую продукцию, особый интерес представляют стратегии, направленные на естественное повышение продуктивности и укрепление здоровья животных через модуляцию микробиоты желудочно-кишечного тракта [1]. Получение высококачественной продукции и улучшение усвояемости кормов достигается за счет применения сбалансированных рационов с использованием различных кормовых добавок, таких как: про- и пребиотики, ферментные и минеральные препараты, биостимуляторы, антиоксиданты, аминокислоты и другие.

Особый интерес для комбикормовой промышленности представляют пребиотические кормовые добавки, которые улучшают пищеварение, способствуют росту полезных бактерий и угнетению патогенных микроорганизмов. Использование различных кормовых добавок повышает стоимость комбикормов, поэтому пребиотические кормовые добавки, несмотря на свою эффективность, применяют реже других кормовых

<http://ej.kubagro.ru/2025/09/pdf/38.pdf>

добавок – аминокислот, антиоксидантов и прочих кормовых добавок. Это связано, в первую очередь, с недостаточно доказанной эффективностью пребиотиков, а также высокой их стоимостью. Например, если аминокислоты как кормовая добавка, являются необходимыми в кормовой смеси для восполнения недостающих аминокислот и соответствия качества комбикорма нормативным документам (например, ГОСТ), то пребиотические кормовые добавки не являются критически важными, что в результате ведет к недооценке их функциональных особенностей. Целью статьи является обзор пребиотических кормовых добавок, используемых в комбикормовой промышленности и выявлении их достоинств и недостатков.

Классификация и виды пребиотиков.

В условиях глобального тренда на сокращение применения кормовых антибиотиков пребиотики перестали быть просто альтернативой, а стали стратегическим компонентом современных программ кормления. Эффективность пребиотика определяется не дозой, а его селективностью по отношению к целевым штаммам полезной микрофлоры конкретного вида животных [3].

В современной научной среде сохраняется дискуссия относительно критериев классификации пребиотиков. Традиционно к этой категории принято относить соединения углеводной природы, в первую очередь - неперевариваемые олигосахариды. Однако результаты ряда исследований, преимущественно выполненных в искусственных лабораторных условиях, демонстрируют наличие пребиотических свойств у веществ иного происхождения, включая отдельные аминокислоты и пептиды, некоторые витамины и полифенолы [2].

Классификация пребиотиков базируется на их химическом строении, которое напрямую определяет три ключевые функции: резистентность к перевариванию, ферментируемость микрофлорой и селективную

стимуляцию полезных бактерий. Структура молекулы является гарантом выполнения этой триады обязательных свойств. Исходя из теоретических данных, предложена классификация пребиотиков по химической структуре, представленная на рисунке 1.

Классификация пребиотиков по химической структуре

1. Углеводной природы

- Моносахариды (тагатоза, рамноза, арабиноза)
- Олигосахариды (ОС) (лактuloза, галакто-ОС, лактосахароза, фрукто-ОС, пекто-ОС, изомальто-ОС, маннан-ОС, ксило-ОС, гентио-ОС, глюко-ОС, соевый ОС и др.)
- Полисахариды (инсулины, пектины, резистентный крахмал, хитозаны)
- сахарные спирты (лактитол, сорбитол, мальтитол).

2. Белковой природы

- Пептиды соевые
- Пептиды молочные

3. Другие

- Лактобионовая кислота
- Полифенолы

Рисунок 1 – Классификация пребиотиков по химической структуре.

Применение пребиотиков в комбикормовой промышленности позволяет существенно повысить эффективность животноводства через оптимизацию микробиоты ЖКТ, улучшение переваримости питательных веществ и укрепление иммунного статуса животных [2].

Углеводные пребиотики.

Углеводные пребиотики, являясь не перевариваемыми компонентами корма, обеспечивают селективную стимуляцию роста и метаболической активности автохтонной микрофлоры ЖКТ. Наибольшее распространение в комбикормовой промышленности получили олигосахариды: фруктоолигосахариды (ФОС), маннанолигосахариды (МОС) и галактоолигосахариды (ГОС) [2,3].

Лактулоза. В условиях запрета антибиотиков-стимуляторов роста перспективной альтернативой является пребиотик лактулоза. Будучи устойчивой к пищеварительным ферментам, она достигает толстого кишечника в неизменном виде, где проявляет высокую активность, избирательно стимулируя рост полезной микрофлоры и улучшая усвоение питательных веществ. Результаты показывают положительное влияние на продуктивность дойных коров - до 9%, кроликов – до 6%, свиней – до 5% [4]. Несмотря на их эффективность, стоимость пребиотика достаточно высокая и составляет 2,5 тыс. руб./кг.

Растительные пребиотики представляют собой неперевариваемые компоненты корма, селективно стимулирующие рост и метаболическую активность микрофлоры желудочно-кишечного тракта.

Топинамбур. В работе [7] проведена оценка пребиотической активности (ППА) порошка топинамбура. Показатель ППА определяли по разнице между относительным ростом пробиотического штамма *L. paracasei* и патогенных микроорганизмов при использовании инулина и глюкозы в качестве источников углерода.

Контрольный образец показал отрицательное значение ППА (-0,1 у.е.), что свидетельствует о недостаточной селективности среды. Опытный образец продемонстрировал высокий показатель ППА (0,3 у.е.), подтверждающий избирательную утилизацию инулина пробиотическими бактериями. Полученные данные доказывают выраженный пребиотический эффект порошка топинамбура, проявляющийся в селективной стимуляции роста пробиотической микрофлоры и подавлении патогенных штаммов.

Спирулина. Спирулина является одним из действенных пребиотических кормовых добавок для различных видов животных, как продуктивных, так и не продуктивных. Многочисленными исследованиями доказана его эффективность при кормлении свиней, КРС,

аквариумных рыб и прочее. Стоимость спирулины составляет от 1,2 тыс. руб./кг, что также снижает ее целесообразность использования в комбикормах, поскольку будет повышать стоимость последних.

Пшеничные отруби. Зачастую, в комбикорм добавляются компоненты, которые имеют пребиотическую активность (например, пшеничные отруби), но добавляют такие компоненты, в первую очередь, как источник белка, полученного из доступного вторичного сырья. Как пребиотическую кормовую добавку их добавляют опосредованно. Для повышения их пребиотической активности пшеничные отруби должны быть подвержены процессу ферментации с целью гидролиза белков [5]. Это значительно повышает стоимость получения такой пребиотической добавки (с 8-11 руб./кг до 8,5 тыс./руб.) и снижает частоту их использования в рецептуре комбикормов. Пребиотическая активность ферментированных пшеничных отрубей сравнима с пребиотической активностью лактулозы (2,5 тыс. руб./кг).

Зерновой ворох пшеницы ранних фаз спелости. Исследованиями установлено [6], что зерновой ворох пшеницы, убранный в раннюю фазу твердой восковой спелости, обладает не только повышенной питательной ценностью (содержание протеина выше на 3-4 %), но и выраженными пребиотическими способностями. Доказано, что его применение стимулирует рост популяции молочнокислых бактерий в микробиоте. На основании полученных данных рекомендовано использование данного продукта в качестве эффективной кормовой добавки с пребиотическими функциями в концентрации 1% (стоимость пребиотической кормовой добавки из зернового вороха пшеницы ранних фаз спелости составляет 28 руб./кг).

Белковые пребиотики.

В современной зоотехнии отмечается повышенное внимание к биологической роли пептидов в кормлении сельскохозяйственных

животных. Хотя пептиды традиционно образуются в желудочно-кишечном тракте в процессе протеолиза пищевых белков, их качественный и количественный состав варьируется и зависит от физиологического статуса особи и нутритивного состава рациона.

В работе [7] представлен анализ основных характеристик кормовых гидролизатов: их усвояемости, демонстрируемой биологической активности и безопасности для сельскохозяйственных животных.

Особый научный и практический интерес в настоящее время вызывает потенциал пептидов, полученных из гидролизатов, выступать в роли функциональных модуляторов микробиома желудочно-кишечного тракта.

Современные исследования все чаще свидетельствуют о том, что определенные биоактивные пептиды проявляют свойства пребиотиков, избирательно стимулируя рост и метаболическую активность полезных представителей кишечной микробиоты, таких как лакто- и бифидобактерии. Это направление открывает новые горизонты для создания функциональных кормов, направленных не только на обеспечение питательными веществами, но и на поддержание микрофлоры кишечника, что в конечном итоге повышает резистентность и продуктивность животных.

Полифенолы в роли пребиотиков.

К полифенолам относится широкий спектр растительных веществ (флавоноиды и не-флавоноиды), которые не только выполняют антиоксидантную функцию, но и способны оказывать пребиотическое действие. Ресвератрол, природный полифенол, находит применение в кормовой промышленности в качестве эффективной пребиотической добавки. Благодаря низкой биодоступности он в неизменном виде достигает толстого кишечника, где служит селективным субстратом для полезной микрофлоры, такой как *Lactobacillus* и *Bifidobacterium*. В

процессе ферментации стильбена образуются биологически активные метаболиты, а также короткоцепочечные жирные кислоты, способствующие укреплению кишечного барьера и снижению воспаления. Опосредованно, через нормализацию микробиоты, добавка ресвератрола в рацион улучшает конверсию корма, повышает среднесуточные привесы и способствует росту продуктивности сельскохозяйственных животных, что делает его перспективной натуральной альтернативой антибиотическим стимуляторам роста. В исследовании [8] показано, что ресвератрол в дозе 16,5 мг/особь/сут, вводимый в составе рациона, эффективно снижает заболеваемость себореей у белых крыс в условиях скученного содержания, что подтверждает его потенциал в качестве профилактической кормовой добавки в ветеринарии.

Выводы.

Проведенный анализ научных данных и результатов экспериментов убедительно доказывает стратегическую важность и высокую эффективность применения пребиотиков в кормовой промышленности. Установлено, что их включение в рационы сельскохозяйственных животных и птицы способствует целенаправленной модуляции кишечного микробиома, что является ключевым фактором в обеспечении здоровья и продуктивности. Доказанными положительными эффектами пребиотиков являются стимуляция роста и активности полезной микрофлоры, подавление условно-патогенных микроорганизмов, улучшение структурно-функционального состояния слизистой оболочки кишечника и усиление иммунного статуса организма. Несмотря на доказанную эффективность, необходимы дальнейшие исследования по использованию как существующих, так и новых перспективных видов добавок пребиотического действия (такие, как зерновой ворох пшеницы ранних фаз спелости) в производстве комбикормов для различных видов животных.

Финансирование. Работа проведена в рамках выполнения проекта «Разработка новой технологии дифференцированной уборки зерновых колосовых культур» (FZNE-2024-0014).

Литература

1. Околелова Т.М. и др. Что нужно знать о кормлении и содержании сельскохозяйственной птицы. Том Часть 1. – Алматы : Нур-Принт, 2023. – 317 с.
2. Грицинская, В. Л. Пребиотики: классификация, основные характеристики и критерии выбора в педиатрической практике. University Therapeutic Journal. 2022. Т. 4, № 4. С. 82-89. DOI 10.56871/3977.2022.21.74.009.
3. Киселева, Т. Л. Традиционные и современные растворимые пребиотики природного происхождения. Публикация 3. Олиго- и полисахариды (растворимые пищевые волокна) / Т. Л. Киселева, М. А. Киселева, Е. В. Хлебников // Традиционная медицина. – 2025. № 1(77). С. 15-58. DOI 10.54296/18186173_2025_1_15.
4. Официальный сайт Молочного комбината «Старопольский». Новинка МКС – «ЛактуВет» – эффективный, простой и безопасный способ повышения продуктивности с/х животных и птиц. <https://mokostav.com/> (дата обращения 27.10.2025).
5. Журлова Е.Д. и др. Исследование пребиотической активности ксилоолигосахаридов из пшеничных и ржаных отрубей in vitro // Scientific Journal «ScienceRise». 2015. №1 (9). С. 79-84. DOI: 10.15587/2313-8416.2015.40627.
6. Meskhi B. et al. Early maturity wheat as a highly valuable feed raw material with prebiotic activity. Agriculture, 2025, 15(3), 317. <https://doi.org/10.3390/agriculture15030317>
7. Шаабан Майсун Гидролизированные белки: доступность, биоактивность, безопасность, применение при производстве кормов (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2024. 107(4). С. 309-323. doi:10.33284/2658-3135-107-4-309.
8. Патент № 2828114 С1 РФ, МПК А23К 50/50, А23К 20/174. Кормовая добавка ресвератрола и способ её применения для предотвращения себореи у непродуктивных животных - белых крыс // С. Н. Сергеев и др.// № 2023111594: заявл. 03.05.2023: опубл. 07.10.2024

References

1. Okolelova T.M. i dr. Chto nuzhno znat' o kormlenii i soderzhanii sel'skohozjajstvennoj pticy. Tom Chast' 1. – Almaty : Nur-Print, 2023. – 317 s.
2. Gricinskaja, V. L. Prebiotiki: klassifikacija, osnovnye harakteristiki i kriterii vybora v pediatricheskoj praktike. University Therapeutic Journal. 2022. T. 4, № 4. S. 82-89. DOI 10.56871/3977.2022.21.74.009.
3. Kiseleva, T. L. Tradicionnye i sovremennye rastvorimye prebiotiki prirodnogo proishozhdenija. Publikacija 3. Oligo- i polisaharidy (rastvorimye pishhevye volokna) / T. L. Kiseleva, M. A. Kiseleva, E. V. Hlebnikov // Tradicionnaja medicina. – 2025. № 1(77). S. 15-58. DOI 10.54296/18186173_2025_1_15.
4. Oficial'nyj sajt Molochnogo kombinata «Staropol'skij». Novinka MKS – «LaktuVet» – jeffektivnyj, prostoj i bezopasnyj sposob povyshenija produktivnosti s/h zhivotnyh i ptic. <https://mokostav.com/> (data obrashhenija 27.10.2025).
5. Zhurlova E.D. i dr. Issledovanie prebioticheskoy aktivnosti ksilooligosaharidov iz pshenichnyh i rzhanyh otrubej in vitro // Scientific Journal «ScienceRise». 2015. №1 (9). S. 79-84. DOI: 10.15587/2313-8416.2015.40627.

6. Meskhi B. et al. Early maturity wheat as a highly valuable feed raw material with prebiotic activity. Agriculture, 2025, 15(3), 317. <https://doi.org/10.3390/agriculture15030317>

7. Shaaban Majsun Gidrolizovannye belki: dostupnost', bioaktivnost', bezopasnost', primeneniye pri proizvodstve kormov (obzor) // Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo. 2024. 107(4). S. 309-323. doi:10.33284/2658-3135-107-4-309.

8. Patent № 2828114 C1 RF, MPK A23K 50/50, A23K 20/174. Kormovaya dobavka resveratrola i sposob ejo primeneniya dlja predotvrashheniya seborei u neproduktivnyh zhivotnyh - belyh krys // S. N. Sergeev i dr.// № 2023111594: zajavl. 03.05.2023: opubl. 07.10.2024