

Какие отечественные закваски лучше зарубежных?

*Е. Йылдырым, И. Маркман, Г. Лаптев, Д. Тюрина, Н. Новикова, Л. Ильина, В. Филиппова, К. Калиткина, Е. Пономарева, В. Заикин, А. Дубровин, В. Молотков, С. Биконя, Д. Черватенко**, директор, *М. Николаева**, зам. директора по животноводству, *Р. Заводов**, зам. директора по производству, *К. Тюрмаков**, гл. инженер

* ООО «Шекснинская Заря»

Все ближе самый напряженный период для агрономов — время заготовки основных кормов для скота. Важнейший вопрос, который встанет перед специалистами, — какие силосные закваски эффективнее: отечественные или импортные?

По нашим наблюдениям, российские потребители часто относятся с предвзятостью к отечественным биопрепаратам, склоняясь к мнению, что импортные продукты имеют более высокое качество. Это недоверие к российской продукции нередко обусловлено тем, что отрицательный опыт использования препарата от одного недобросовестного поставщика проецируется на всех отечественных производителей. Действительно, на рынке появляется все больше заквасок для силосования, эффективность которых не подтверждена.

Тем не менее биотехнологическое производство в нашей стране весьма разнообразно. Помимо достаточно устаревших производств, «штампующих» биопрепараты без какой-либо доказательной базы, существует множество высококласных научно-исследовательских организаций и заводов, отвечающих мировым стандартам и располагающих доказательной базой, основанной на многолетних научных изысканиях.

В основе — доказательная база

Научно-производственная компания «БИОТРОФ», созданная еще в 1999 г., сегодня занимает лидирующие позиции в биотехнологической отрасли. Компания разрабатывает и производит широкий спектр биопрепаратов для сельскохозяйственных животных и птицы, включая биологические консерванты, ферментативные пробиотики, фитобиотики, энтеросорбенты для токсинов и подстилки, устраняющие запахи. В настоящее время производственные мощности компании, ранее находившиеся в Санкт-Петербурге, существенно увеличились. В Тельмановском сельском поселении Ленинградской области был возведен современный высокотехнологичный научно-производственный комплекс (рис. 1), который включает производственно-лабораторные помещения, склады и административные здания общей площадью более 7000 кв. м. Произ-



Рис. 1. Научно-производственный комплекс «БИОТРОФ» в Ленинградской области

водительность завода составляет более 1300 тонн готовой продукции в год, а инвестиции в проект, согласно соглашению, подписанному губернатором Ленинградской области Александром Дрозденко, составили более 500 миллионов рублей.

Успех работы коллектива НПК «БИОТРОФ» в разработке линейки биопрепаратов имеет историческую основу. Он является результатом преумножения опыта, накопленного предыдущими поколениями, включая научные труды Л.А. Гардера, автора первого ГОСТа на силос, и Л.К. Эрнста, который посвятил свою научную деятельность изучению микробиома рубца коров. Важным этапом стало основание в 2010 г. единственной в России молекулярно-генетической лаборатории, где проводятся уникальные исследования состава микробиоты пищеварительной системы сельскохозяйственных животных и кормов с использованием методов метагеномики и транскриптомики. Возможности лаборатории позволяют изучать механизмы действия биопрепаратов и доказывать эффективность их действия.

Действительно работает

Одна из инновационных разработок НПК «БИОТРОФ» — высокоэффективный биоконсервант Промилк, представляющий собой размноженную чистую и лиофильно высушенную культуру полезных спорообразующих бактерий *Bacillus* spp. (сухой аналог биопрепарата Биотроф-111). Закваска успешно применяется для консервирования трудносилосуемых культур, таких как бобово-злаковые смеси, козлятник восточный, клевер, люцерна и другие, а также для плющеного зерна и кукурузы. Штамм *Bacillus* spp. обладает рядом уникальных механизмов действия. Так, при проведении полногеномного секвенирования данного штамма на платформе MiSeq (Illumina, Inc.) был детально изучен механизм выживания бактерий в силосе. Анализ генома с использованием базы данных RAST показал активацию 106 генов, отвечающих за адаптацию к неблагоприятным внешним условиям, включая повышенное осмотическое давление. Оно создается в силосе при подвяливании трав и мешает большинству бактерий размножаться. Поэтому штамм бактерий *Bacillus* spp. отлично выживает в силосе, а также переносит процесс лиофильной сушки.

Данные исследований, проведенных с использованием количественной ПЦР, подтверждают, что добавление закваски Промилк в корма приводит к значительному подавлению нежелательной микробиоты, включая протеолитические клостридии, энтеробактерии, дрожжи *Candida* и *Saccharomyces cerevisiae*, а также патогенные стафилококки, причем уровень подавления значительный — от 2,5 до 12,5 раз. Клостридии и энтеробактерии способствуют возникновению вторичной ферментации корма, дрожжи приводят к его разогреву при вскрытии траншеи, а количество стафилококков в силосе почти всегда связано с содержанием соматических клеток в молоке коров. Благодаря антифунгальной

активности штамма *Bacillus* spp. и выделению ферментов, способствующих биодеструкции, количество микотоксинов в кормах снижается на 55–60%.

Биоконсервант представляет собой более выгодную и экологически чистую альтернативу химическим консервантам.

Надежная замена импорта

Специалисты ООО «Шекснинская Заря» (животноводческого хозяйства Вологодской области) провели масштабное исследование эффективности силосной закваски Промилк. В рамках исследования сравнили биохимические показатели двух партий кукурузного корма, заготовленных с использованием закваски Промилк, с результатами анализа кукурузного силоса, обработанного европейским биоконсервантом на основе *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus pentosaceus* и *L. buchneri* (образцы из двух партий). Все корма были заготовлены почти одновременно. Анализ качественных показателей выполнялся специалистами хозяйства совместно с компанией «ЯРВЕТ» по методам, признанным на международном уровне (рис. 2).

Судя по эффективному подкислению корма в процессе ферментации, применение как зарубежного биоконсерванта, так и отечественного Промилк обеспечивало оптимальные условия для брожения. При этом благодаря научно обоснованной дозировке микроорганизмов закваска Промилк способствовала более экономному использованию сахаров в кормах.

Следует подчеркнуть, что применение закваски Промилк позволило получить корм с низким уровнем аммиака, что свидетельствует о подавлении численности протеолитических бактерий, включая клостридии. В то же время в партиях, обработанных дорогим европейским консервантом, содержание аммиака оказалось выше. Переваримость органического вещества, уровень обменной энергии и ЧЭЛ (чистая энергия лактации — часть энергии корма, затрачиваемая на поддержание жизнедеятельности, производство молока или рост) были практически одинаковыми в вариантах как с зарубежным, так и с отечественным консервантом.

Профилактика ацидоза

Современные рационы для высокоудойных коров с высоким содержанием энергии и моносахаров приводят к снижению уровня pH в рубце и угнетению деятельности «капризной» полезной микробиоты, ответственной за расщепление клетчатки. Это может стать причиной метаболических заболеваний, таких как лактатный ацидоз и кетоз. Одновременно происходит угнетение синтеза уксусной кислоты (предшественника жира), что приводит к падению содержания жира в молоке (на 0,3–0,4% и более).

Нередко у животноводов возникает беспокойство по поводу возможного воздействия кислот брожения в силосе на развитие ацидоза. Является ли это реальной проблемой?

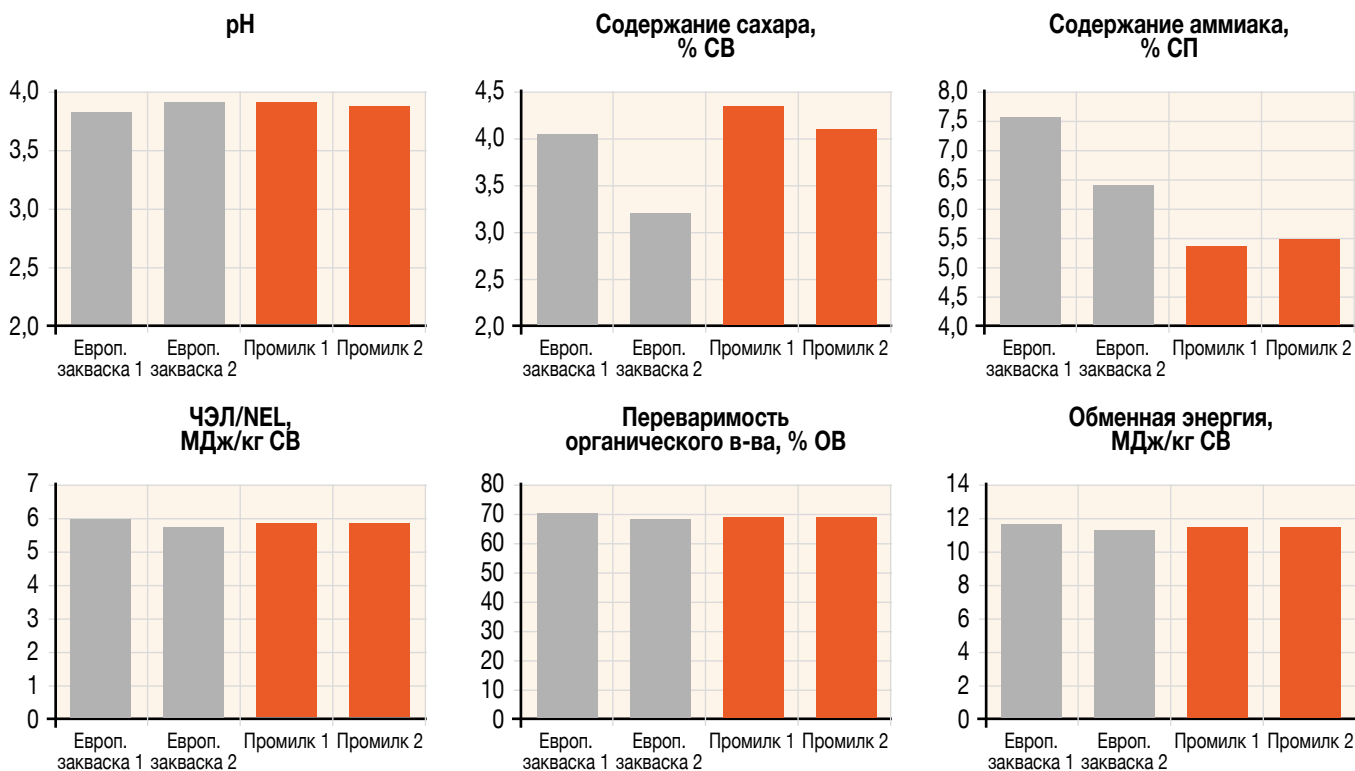


Рис. 2. Результаты анализа эффективности силосных консервантов в ООО «Шекснинская Заря» в 2024 г. (по данным «ЯРВЕТ»).

Европ. закваска — биоконсервант на основе *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus pentosaceus*, *L. buchneri*; 1, 2 — номера партий

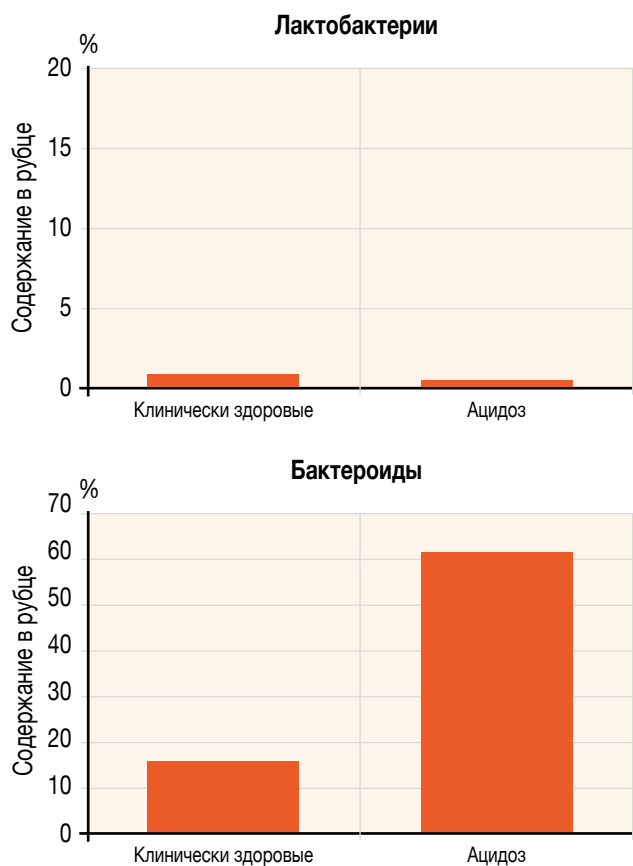


Рис. 3. Лактат-синтезирующие бактерии рубца коров в норме и при ацидозе (анализ методом NGS-секвенирования). Усредненные данные по 5 тыс. образцов

На основе изучения свыше 5000 образцов содержимого рубца с использованием молекулярно-генетических методов специалистами НПК «БИОТРОФ» доказано, что переизбыток доступных форм энергии в рационе вызывает резкий рост кислотоустойчивой популяции амилолитических бактериоидов. Их доля может достигать 90–95% в рубце животных при ацидозе (рис. 3).

Интересно, что вопреки общепринятым представлениям, микроорганизмы рода *Lactobacillus*, относящиеся к группе лактат-синтезирующих бактерий, не проявляют высоких темпов роста на фоне ацидоза. Их доля, как правило, колеблется в пределах не более 0,05–0,4%. Дело в том, что они имеют слабые механизмы выживания в агрессивной среде желудочно-кишечного тракта и проявляют высокие требования к питательным веществам.

Продуцентами молочной кислоты могут быть как микроорганизмы рубца, так и бактерии, инициирующие процессы ферментации силоса.

В связи с этим «виновниками» лактатного ацидоза иногда ошибочно считают силосные молочно-кислые бактерии. Тем не менее стало понятным, что лактатный ацидоз коров обусловлен перегрузкой рубца энергией и сахарами.

При этом основные продуценты лактата в рубце животных — это амилолитические бактериоиды. Поэтому присутствие бактерий рода *Lactobacillus* в силосе в большинстве случаев не может являться причиной ацидоза коров.

Вместе с тем переокисленный силос (рН ниже 3,7), полученный при консервировании высокоугле-

водного сырья и внесении избыточного количества высокоактивных штаммов бактерий в составе заквасок, при определенных условиях способен внести некоторый вклад в развитие ацидоза. А именно, риск для развития ацидоза при скармливании перекисленного силоса может появиться в случае накопления в ходе ферментации избыточного количества D-изомера молочной кислоты.

Суть в том, что процесс образования лактата у микроорганизмов катализируется ферментами лактатдегидрогеназами двух видов: L и D. В результате деятельности этих ферментов образуются 2 оптических изомера молочной кислоты: L(+)-лактат и D(-)-лактат. Установлено, что эти изомеры оказывают разное воздействие на здоровье жвачных. L-лактат безопасен и даже полезен для животных. Он быстро расщепляется в печени до пирувата, который используется для синтеза глюкозы, а значит, энергии. А вот D-лактат считается более токсичной формой, в отличие от L-лактата. Именно D-лактат и подавляет развитие полезных целлюлозолитиков и вейллонелл, продуцирующих летучие жирные кислоты (ЛЖК). Он хуже утилизируется микробиотой рубца, усиливая ацидоз.

Поэтому если при селекции штаммов бактерий в составе силосных заквасок не учитывается способность направленно синтезировать L-лактат, то при скармливании силоса в определенных случаях могут возникнуть предпосылки для более тяжелого

течения лактатного ацидоза, что может привести к снижению надоев и жирности молока.

Мы провели обширные исследования в ряде животноводческих хозяйств Ленинградской области, анализируя экспрессию (работу) гена синтеза фермента D-лактатдегидрогеназы микробным сообществом силоса. Корма были заложены с закваской Биотроф-111 (жидкая форма закваски Промилк), а также с двумя зарубежными высушенными заквасками (условно названными «Закваска А» и «Закваска Б»). Были отобраны пробы из 19 траншей. В состав «Закваски А» входят лиофильно высушенные бактерии *Pediococcus pentosaceus*, *Lactobacillus plantarum* и целлюлозолитические ферменты β -глюканаза и ксиланаза, в состав «Закваски Б» — *Pediococcus pentosaceus*, *L. buchneri*, *L. plantarum* и ферменты α -амилаза и β -глюканаза.

Экспрессия генов — это процесс, при котором наследственная информация от гена преобразуется в функциональный продукт — РНК, а затем в белок (например, фермент D-лактатдегидрогеназу). Таким образом, анализ экспрессии генов при помощи наблюдения за РНК методом количественной ПЦР позволяет обнаружить, какие гены силосных бактерий активируются в ответ на выбранный способ консервирования, что может приводить к запуску синтеза соответствующего белка.

На рис. 4 показан относительный уровень экспрессии гена синтеза D-лактатдегидрогеназы, свя-

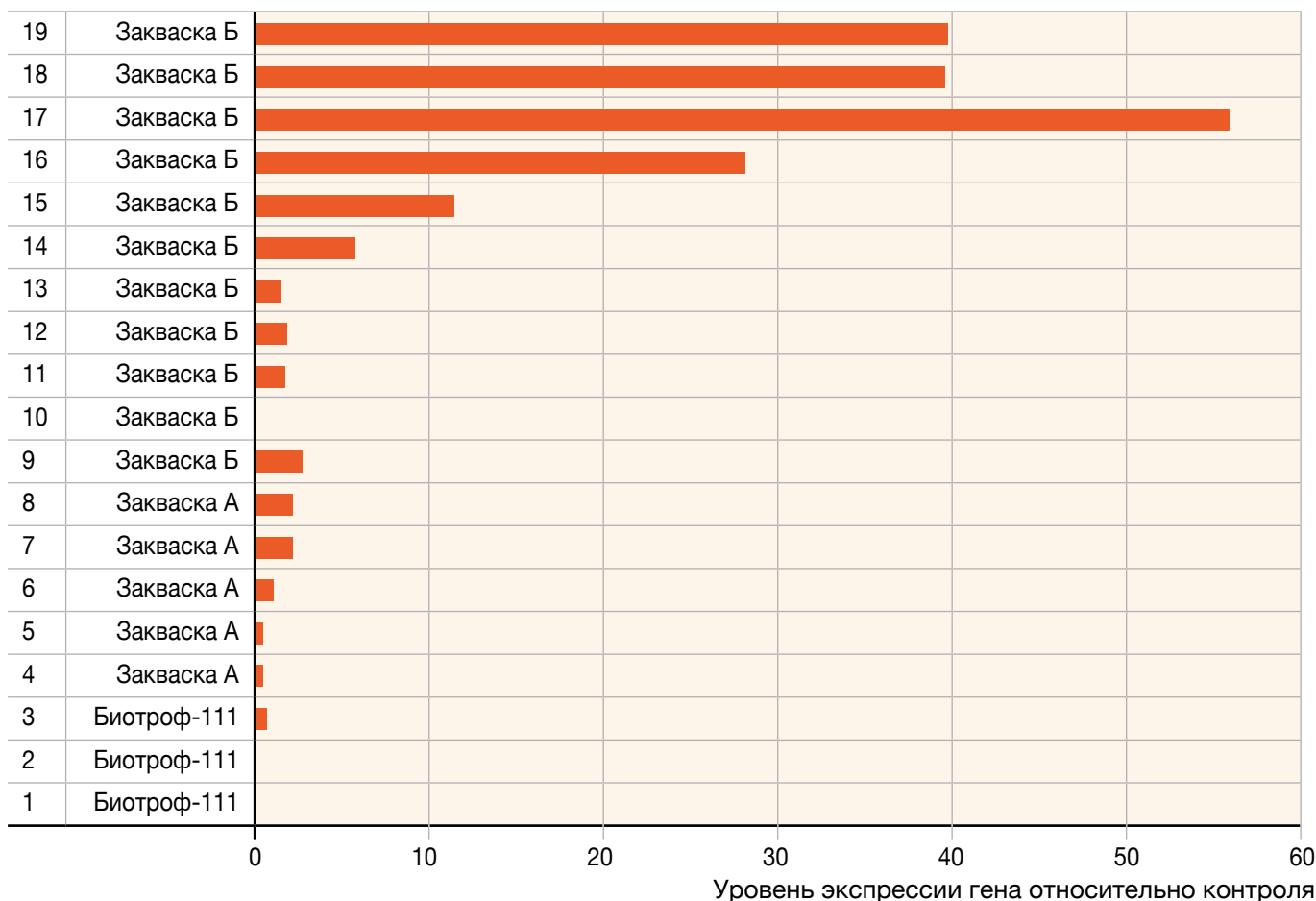


Рис. 4. Экспрессия гена D-лактатдегидрогеназы в силосе под влиянием заквасок: 1–19 — условные номера траншей

занного с продукцией опасного с точки зрения возникновения ацидоза D-лактата, в различных образцах силоса. Из графиков видно, что внесение зарубежных заквасок в корм резко усилило синтез силосными молочнокислыми бактериями D-лактата (до 56 раз!). А вот уровень синтеза D-лактата в траншеях, заложенных с закваской Биотроф-111, был ниже от 2,1 до 19,7 раз по сравнению с контрольным вариантом. Это свидетельствует об отсутствии риска провокации лактатного ацидоза у коров, в отличие от корма, заложенного с обеими зарубежными заквасками.

Защита корма от кислорода

Сохранение питательных веществ и энергии в силосе — это сложный процесс, который выходит далеко за рамки снижения кислотности (pH) во время ферментации. Ключевым моментом является также предотвращение порчи корма после открытия силосной траншеи, и здесь на первый план выходит проблема аэробной порчи — одной из самых серьезных угроз для качества и безопасности объемистых кормов. Понятие «аэробная стабильность» (АС) означает способность силоса сохранять питательные вещества и безопасность при контакте с кислородом, запускающим процесс порчи. Дело в том, что простые сахара (моносахара), которые являются необходимым субстратом для жизнедеятельности молочнокислых бактерий, одновременно служат прекрасным источником энергии для дрожжей. А дрожжи, в свою очередь, являются инициа-

рами аэробного разложения силоса. Когда траншея открыта, кислород попадает в силос, создавая идеальные условия для дрожжей. Они начинают активно размножаться, используя питательные вещества корма для синтеза собственной биомассы. Бурный рост дрожжей приводит к выделению тепла, повышению температуры субстрата, постепенно нейтрализует кислотную среду силоса, повышая pH до нейтральных значений. Это создает благоприятные условия для развития плесневых грибов, таких как *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. и *Fusarium* sp., которые являются продуцентами опасных микотоксинов. Таким образом, дрожжи и плесневые грибы действуют сообща, значительно снижая питательную ценность силоса и делая его непригодным для кормления животных.

Современные тенденции в животноводстве, такие как интенсификация производства и широкое распространение высокопродуктивных пород крупного рогатого скота (голштинизация), привели к негативным последствиям для здоровья животных. У высокопродуктивных коров, дающих более 5000 кг молока в год, часто отмечается сниженный адаптационный потенциал и дисбиоз рубца — нарушение нормального состава и функционирования микробиоты. Микробиом при таких условиях теряет свою способность к естественной детоксикации микотоксинов и других вредных веществ. Поэтому введение в рацион животных силоса, загрязненного патогенными микроорганизмами и микотоксинами, может вызвать серьезные проблемы и привести к нарушению переваривания клетчатки, расстрой-

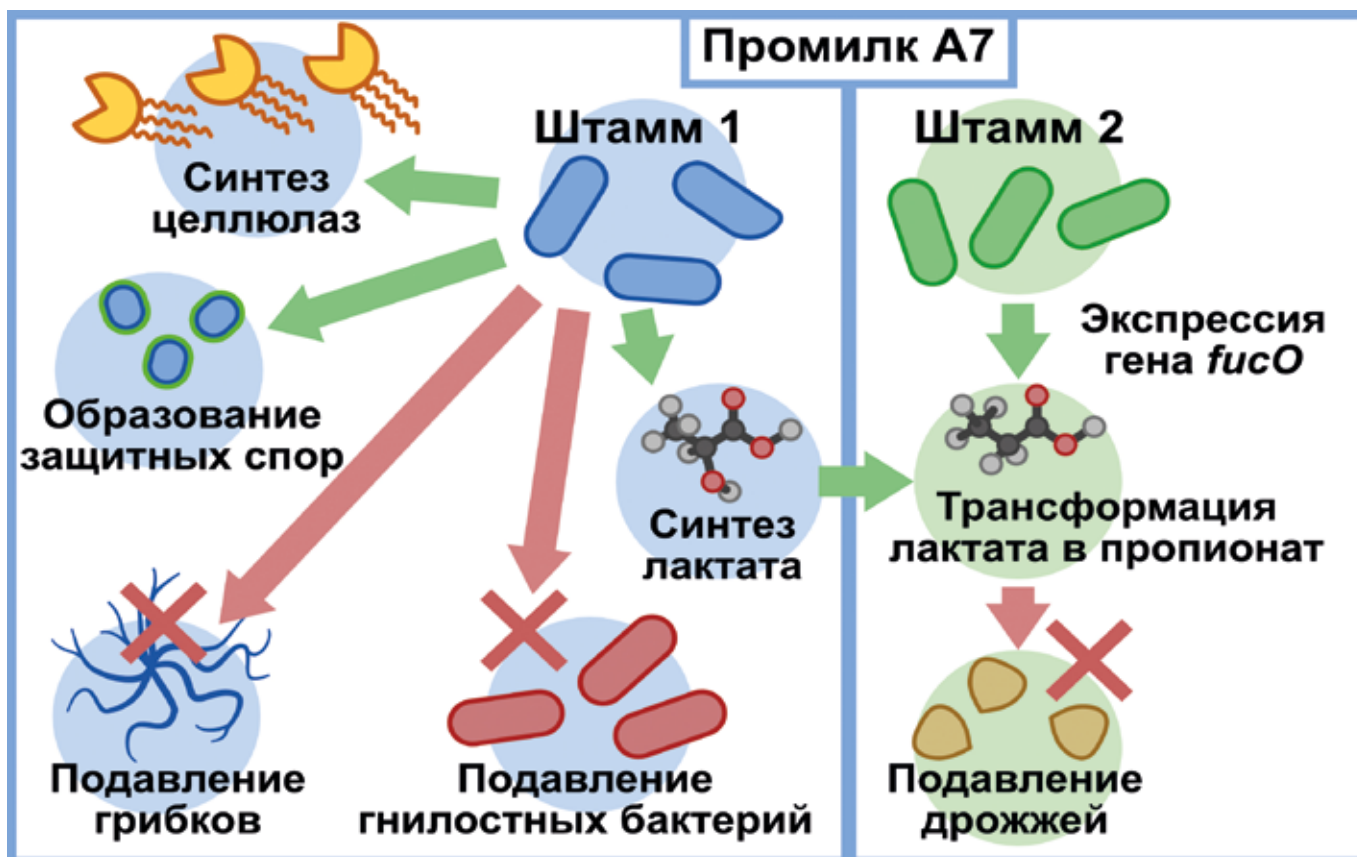


Рис. 5. Схема действия биоконсерванта Промилк А7 для повышения срока аэробной стабильности

ствам обмена веществ, проблемам с воспроизводством, к значительному снижению продуктивности. Более того, потребление такого корма может негативно повлиять на иммунитет животных, делая их более восприимчивыми к различным заболеваниям. В итоге снижается экономическая эффективность животноводческого предприятия из-за увеличения затрат на лечение и снижения объемов получаемой продукции. Поэтому обеспечение аэробной стабильности силоса является критическим фактором для здоровья животных и экономического успеха фермерского хозяйства.

Поскольку аэробная стабильность силоса связана с появлением дрожжей и плесневых грибов, то и ее повышение зависит от успешной борьбы с этими микроорганизмами.

Одной из наиболее перспективных разработок последних лет является новая закваска Промилк А7, состоящая из двух живых штаммов бактерий, взаимодействие которых усиливает их общий эффект. Штамм *Bacillus* spp., входящий в состав Промилк А7, выделяется своим уникальным свойством: он является гомоферментативным продуцентом молочной кислоты благодаря своей близости к молочнокислым бактериям, что отличает его от других представителей рода *Bacillus*. Штаммы обладают повышенной устойчивостью к кислотам и другим стрессовым факторам окружающей среды, например к осмотическому стрессу, который возникает при подвяливание растений. Важным преимуществом является также выделение микроорганизмами в составе закваски растворимых целлюлаз, способствующих гидролизу клетчатки корма и, как следствие, повышению его питательной ценности, переваримости и поедаемости животными. *Bacillus* spp. демонстрирует высокую антимикробную активность. Оказывает тормозящее действие на развитие маслянокислых, гнилостных и токсинообразующих бактерий за счет увеличения производства молочной кислоты и антимикробных пептидов. Кроме того, штамм *Bacillus* spp., входящий в состав закваски, обладает сильным противогрибковым эффектом, то есть препятствует развитию плесневых грибов, выделяющих микотоксины.

Мы привыкли к тому, что консерванты помогают при ферментации силоса, ускоряя процесс снижения pH корма. Но далеко не все из них могут помочь нам в борьбе с дрожжами — инициаторами аэробной порчи корма. Генетическая система второго штамма в составе закваски Промилк А7, в отличие от большинства других штаммов лактобактерий, может физиологически адаптироваться к высокой концентрации органических кислот, включая молочную кислоту, которая создается на более поздних фазах ферментации корма. Один из таких механизмов представляет анаэробная система превращения молочной кислоты в ряд других органических кислот (включая пропионовую и уксусную) с более высокой, чем у лактата, константой диссоциации (рКа). Пропионовая и уксусная кислоты имеют низкий уровень диссоциации в силосе. Поэтому концентрация данных недиссоциированных кислот является

наиболее значительным биохимическим фактором, влияющим на повышение аэробной стабильности. Попав в цитоплазму дрожжей или других нежелательных микроорганизмов, пропионовая и уксусная кислоты диссоциируют до соответствующих солей, поскольку внутренний уровень pH выше значений их рКа. Постоянная «перекачка» протонов, высвобождаемых внутри цитоплазмы, вызывает физиологический стресс, негативно влияющий на несколько метаболических путей в клетках дрожжей и приводящий к их гибели.

Путь превращения молочной кислоты в пропионовую обеспечивает второму штамму в составе закваски Промилк А7 повышенный уровень экспрессии (работы) гена *fucO* (связанного с синтезом фермента NADH-связанная 1,2-пропандиолзависимая оксидоредуктаза). Поэтому второй штамм в составе закваски обладает мощным антимикробным действием против тех видов дрожжей, которые отвечают за порчу корма при выемке, что в разы увеличивает срок аэробной стабильности.

Была проведена серия экспериментов по консервированию силоса с целью оценки эффективности закваски Промилк А7. Сравнительные анализы показали, что продолжительность аэробной стабильности силоса, заготовленного с препаратом Промилк А7, увеличивается в среднем на 7 суток.

Подводя итоги

Компания «БИОТРОФ» является ведущим отечественным производителем биопрепаратов, которые стали узнаваемыми и рекомендуемыми брендами во всех регионах России. Отечественная закваска Промилк создана на основе штамма бактерии *Bacillus* spp., который образует высокоустойчивые покоящиеся споры и имеет в геноме уникальные гены осмотолерантности, антимикробной активности, биодеструкции микотоксинов. Благодаря этому мы смогли получить сухую форму продукта, которая более удобна для транспортировки, не требует хранения в холодильнике и может доставляться в труднодоступные и удаленные регионы, а также имеет более длительный срок хранения (24 месяца), чем у жидких и большинства сухих препаратов. При этом бактерии очень быстро восстанавливают свою активность при внесении в силосную массу. В ходе ферментации с этой закваской в силосе практически не образуется опасного с точки зрения развития лактатного ацидоза D-изомера молочной кислоты. Биоконсервант Промилк представляет собой более выгодную альтернативу импортным закваскам и химическим консервантам. Результаты успешного консервирования силоса с биопрепаратом Промилк подтверждены множеством специалистов на практике в течение многих лет.

Новая закваска Промилк А7 в разы увеличивает срок аэробной стабильности корма, поскольку обладает мощным антимикробным действием и активен против тех видов дрожжей, которые отвечают за порчу корма при выемке, а также плесневых грибов, продуцирующих микотоксины.