

Революция в силосовании

Елена ЁЫЛДЫРЫМ, доктор биологических наук
Светлана БИКОНЯ
Игорь МАРКМАН
ООО «БИОТРОФ»
Дмитрий ЧЕРВАТЕНКО, директор
Марина НИКОЛАЕВА, заместитель директора по животноводству
ООО «Шекснинская Заря»



Не за горами очередной сезон заготовки кормов, и вопросы эффективного силосования вновь выходят на первый план для каждого ответственного агронома. Использование качественного силоса — это не просто дань технологии, а способ получения прямой экономической выгоды, которая связана со стабильными удоями, хорошим здоровьем животных и высоким уровнем безопасности продукции.

Научный подход — эффективность в поле

Однако путь от сочной зеленой массы в поле до идеально сохраненного корма полон подводных камней. Это и погодные риски, и низкий уровень технологической дисциплины (несоблюдение требований к высоте среза растений, качеству трамбовки и пр.), и надежда на «авось» вместо применения научно обоснованных биологических препаратов. Финальный «камень преткновения» — аэробная порча силоса

при открытии траншеи для скармливания животным, способная в считанные дни свести на нет все усилия и инвестиции. Как же обезопасить свой корм от этих угроз? Ответ кроется в глубоком понимании биохимических процессов и грамотном применении современных биотехнологий.

Отечественная закваска Промилк® создана на основе штамма бактерий *Bacillus* spp., который образует высокоустойчивые покоящиеся споры и имеет в геноме уникальные гены осмото-

лерантности, антимикробной активности, биодеструкции микотоксинов. Благодаря этому мы смогли получить сухую форму продукта, которую удобно транспортировать, не нужно хранить в холодильнике и можно доставлять в труднодоступные и удаленные регионы. Кроме того, она имеет более длительный срок хранения (24 месяца), чем жидкие и большинство сухих препаратов. При этом бактерии очень быстро восстанавливают свою активность при внесении в силосную массу.

Специалисты ООО «Шекснинская Заря» (Вологодская область) провели крупномасштабное исследование эффективности действия закваски Промилк®. Сравнили биохимические показатели качества двух партий корма из кукурузы, заготовленных с закваской Промилк®, и кукурузного силоса, заложеного с европейским биоконсервантом на основе *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus pentosaceus* и *L. buchneri* (пробы из двух партий). Все партии силоса были заготовлены практически одновременно. Анализ показателей качества специалисты хозяйства провели в компании «ЯРВЕТ» по методикам, признанным во всем мире (рис. 1).

Судя по эффективному подкислению корма на протяжении процесса ферментации, применение как зарубежного, так и отечественного биоконсерванта Промилк® обеспечивало правильный процесс брожения. При этом при использовании закваски Промилк® сахара кормов расходовались более экономно благодаря научно обоснованной дозировке вносимых микроорганизмов.

Важно отметить, что применение закваски Промилк® позволило получить корм с низким содержанием аммиака, что говорит о подавлении протеолити-



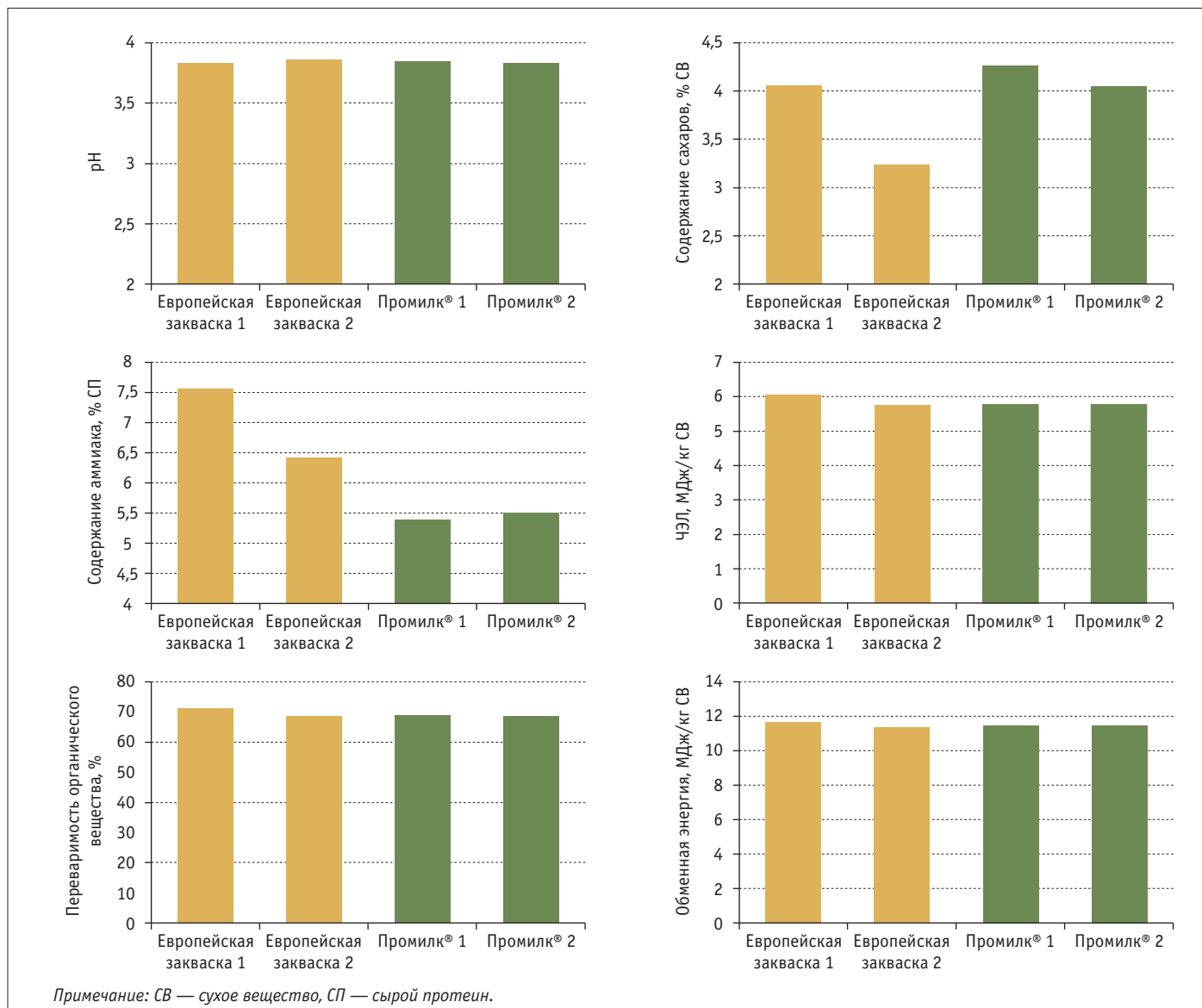


Рис. 1. Результаты анализа эффективности силосных консервантов в ООО «Шекснинская Заря» (по данным «ЯРВЕТ»)



Рис. 2. Благодарственное письмо в адрес компании «БИОТРОФ» от братии Валаамского монастыря

ческих бактерий, включая клостридии. При этом в партиях, заложенных с дорогостоящим европейским консервантом, содержание аммиака оказалось выше. Переваримость органического вещества, содержание обменной энергии и чистая энергия лактации (ЧЭЛ) — часть энергии корма, которая расходуется на поддержание жизни, производство молока или рост — при закладке как с зарубежным, так и с отечественным консервантом были практически на одинаковом уровне.

Душевный подход к качеству кормов

Особенно ценно получать обратную связь от тех, для кого качество корма — вопрос не только экономики, но и традиции. Яркий пример — Спасо-Преображенский Валаамский монастырь, чье хозяйство славится трудолюбием ра-

ботников и высочайшим качеством молочной продукции. Суровый климат Ладожского озера предъявляет особые требования к заготовке кормов.

Братия монастыря на собственном опыте оценила важность надежных биопрепаратов. Начальник Валаамской фермы монах Агапий выразил искреннюю благодарность компании «БИОТРОФ» за многолетнее партнерство и обеспечение хозяйства эффективными заквасками для силосования, включая Биотроф-111 (рис. 2).

Эта помощь стала одним из кирпичиков в фундаменте успеха монастырской фермы, позволив не только стабилизировать качество кормов, но и, по отзывам экспертов, в том числе итальянских сыроделов, повысить сыропригодность молока — важнейший показатель для производства элитных продуктов.

Цепная реакция порчи

Истинное мастерство заготовки кормов оценивается не только по интенсивности усилий в момент уборки и консервации зеленой массы, но и по долгосрочной стабильности полученного продукта. Рано или поздно созданная в силосной траншее анаэробная экосистема в момент ее вскрытия для скармливания неизбежно столкнется с кислородом.

Таким образом, аэробная стабильность становится мерилом успеха всего процесса силосования. Когда хранилище вскрывают, дрожжи, до поры до времени «дремлющие» в анаэробных условиях, при доступе воздуха получают сигнал к активному росту. Они начинают стремительно потреблять остатки сахаров и молочную кислоту, вызывая разогрев массы и быстрое увеличение уровня pH. Это снимает последние преграды для развития плесневых грибов родов *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* — продуцентов микотоксинов. С одной стороны, плесени «съедают» питательные компоненты корма. С другой стороны, современная высокоудойная «голландизированная» корова обладает крайне нестабильным микробиомом рубца. Такой микробиом зачастую не справляется с нейтрализацией токсинов, что ведет к целому каскаду проблем: от снижения переваримости клетчатки и падения жирности молока до серьезных сбоев в репродуктивной функции и выбраковки.

Таким образом, борьба за аэробную стабильность — это борьба не просто за сохранение питательности, но также и за здоровье стада и чистоту продукции животноводства.

Энергетический источник с характером

Особенно уязвима к контакту с кислородом «золотая культура» — кукуруза — главный источник обменной энергии в рационах. Ее колоссальный потенциал легко растерять уже на этапе заготовки. Работа в условиях цейтнота и неидеальной погоды создает множество рисков, которые, накладываясь друг на друга, способны спровоцировать настоящий шторм потерь.

Фаза уборки — первый критический рубеж. Слишком ранняя уборка в фазу молочно-восковой спелости дает массу с влажностью до 85% и избытком сахаров. Это грозит неконтролируе-

мым соковыделением (до 450 л/т), перекислением и потерей растворимых питательных веществ. Затянутые сроки, напротив, ведут к одревеснению стеблей и снижению усвояемости зерна. Засуха в период налива усугубляет проблему, снижая накопление крахмала и повышая риски потерь сока. Техника резки тоже вносит свою лепту: слишком длинные частицы плохо трамбуются, создавая воздушные карманы при трамбовке, а слишком короткие — «истекают» ценным соком.

Результатом становится идеальная среда для развития нежелательной микробиоты. Дело в том, что при консервировании кукурузного силоса уплотнение происходит медленно и стабильная анаэробная среда формируется лишь через 2–3 суток или позже. Этот временной промежуток — окно возможностей для аэробных микроорганизмов: дрожжей и плесневых грибов. При этом истоки проблемы не в хранилище — современные исследования показывают, что токсикогенные грибы (включая *Aspergillus* и *Penicillium*) часто поражают растения еще на этапе вегетации в поле.

Таким образом, для сохранения питательной ценности кукурузы и предотвращения потерь требуется выстроить непрерывный технологический цикл — от контроля оптимальных сроков уборки до качественной трамбовки и применения эффективных заквасок.

Молекулярная основа аэробной стабильности

Ответом на эти комплексные вызовы стала целенаправленная научная работа, воплотившаяся в новом продукте — закваске Биотроф-АСК. Это не просто очередной консервант, а результат оптимизации состава, при которой ключевым решением стало внедрение специально отобранного гетероферментативного штамма *Lactobacillus brevis*. Штамм был выделен из уникальной среды — кукурузного силоса с высоким уровнем аэробной стабильности.

Чем же штамм принципиально отличается от других? Часть заквасок справляются с задачей быстрого подкисления, но бессильны против дрожжей на этапе выемки корма. Новая композиция, включающая штамм *L. brevis* работает на опережение, обеспечивая долговременную аэробную стабильность. Ряд уникальных генов в геноме штамма *L. brevis* позволяет ему проявлять ак-

тивность в уже закисленной среде силоса, трансформируя часть образовавшейся молочной кислоты в мощный консервант второго эшелона — пропионовую кислоту. В нейтральной среде цитоплазмы пропионовая кислота диссоциирует, стремительно повышая кислотность внутри клетки и высвобождая протоны (H⁺), что приводит к коллапсу клеточных процессов и гибели дрожжей. Это обеспечивает защиту корма от разогрева и порчи не только в процессе ферментации, но и при контакте с кислородом.

Такое физиологическое преимущество обеспечивает целый комплекс генов, которые позволяют штамму *L. brevis* не просто выживать, а проявлять высокую активность в агрессивной закисленной среде. Ключевым драйвером процесса служит ген *fucO*, связанный с синтезом фермента NADH-связанной 1,2-пропандиолзависимой оксидоредуктазы.

Важно отметить, что гены, кодирующие специфичные ферменты пути пропионатного метаболизма, присутствуют далеко не у всех представителей вида и даже рода. Способность преобразовывать лактат в пропионат характерна для отдельных штаммов ограниченной группы бактерий, таких как некоторые штаммы видов *L. brevis*, *L. buchneri* и *L. kefirii*. Эта способность — результат целенаправленной селекции и редкой природной адаптации. Так, например, сравнительный анализ экспрессии генов показал, что у специально отобранного штамма *L. brevis* в составе закваски Биотроф-АСК активность пути преобразования лактата в пропионовую кислоту почти в десять раз выше, чем у *Lactobacillus plantarum* (рис. 3). *L. plantarum*, в свою очередь, является эталонным гомоферментативным видом, чья главная задача — стремительное и массивное производство молочной кислоты на раннем этапе силосования для быстрого подкисления среды без вывода в пропионовую кислоту.

Высокий уровень экспрессии *fucO* у штамма *L. brevis* в составе закваски Биотроф-АСК означает сверхсинтез фермента 1,2-пропандиолзависимой оксидоредуктазы. Именно этот фермент играет центральную роль в анаэробном пути превращения молочной кислоты в 1,2-пропандиол, который служит ключевым предшественником образования пропионовой кислоты. В сущности, штамм получает возмож-

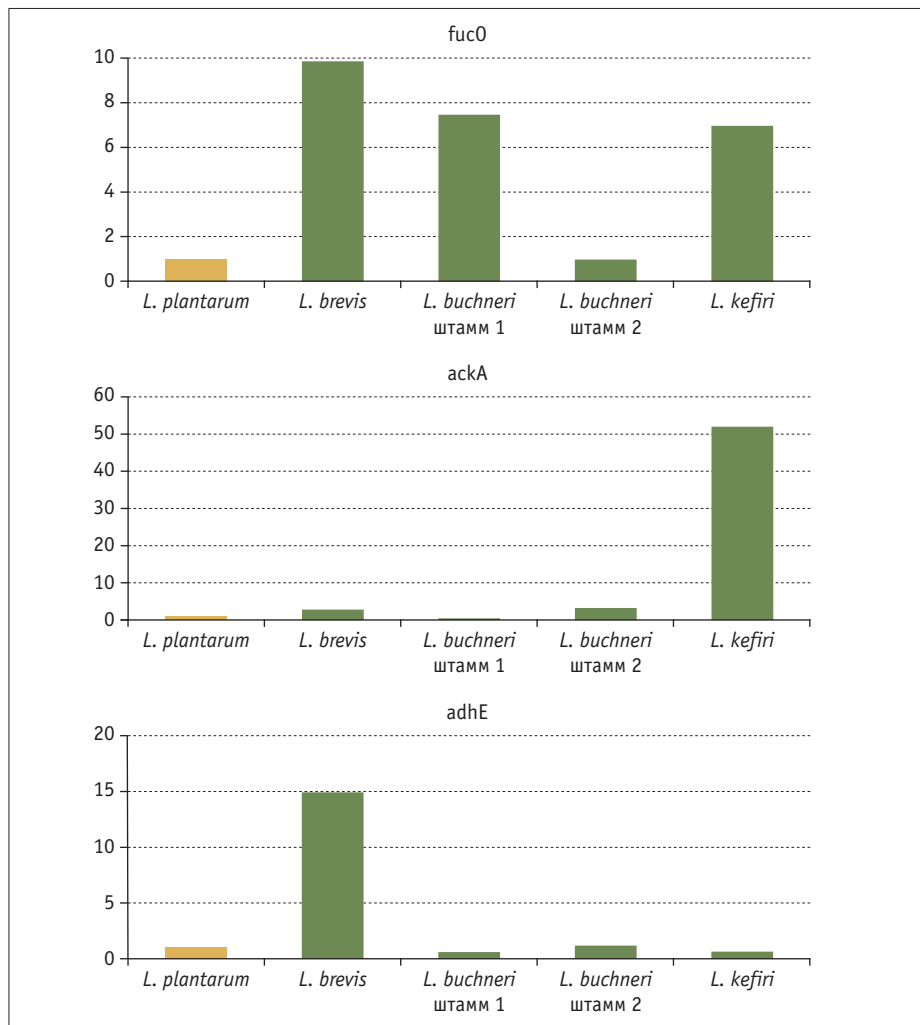


Рис. 3. Уровень экспрессии ключевых генов у различных молочнокислых бактерий (за точку отсчета принят уровень экспрессии у контрольного штамма *L. plantarum*)

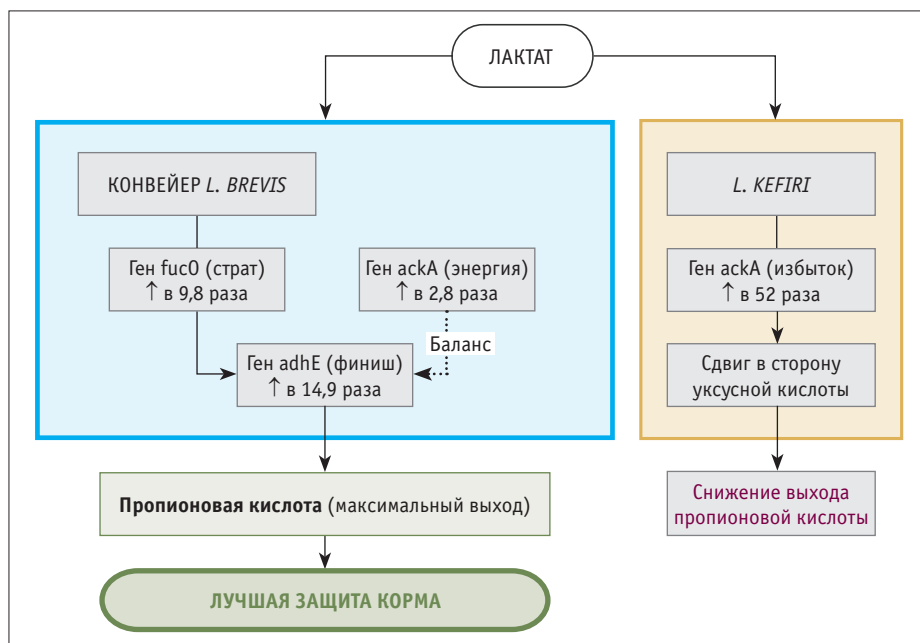


Рис. 4. Превращение молочной кислоты в пропионовую кислоту при участии *L. brevis* в составе закваски Биотроф-АСК по сравнению с действием других штаммов на примере *L. kefirii*, образующего в основном уксусную кислоту

ность использовать уже накопленную в силосе молочную кислоту в качестве сырья для производства мощного антидрожжевого агента «второго эшелона».

Однако путь преобразования лактата в пропионат — это работа не одного гена, а слаженный конвейер. Его эффективность дополнительно усиливает уникальный генетический профиль штамма. Так, ген *adhE* (ацетальдегид-КоА/алкогольдегидрогеназа) также демонстрирует рекордную по сравнению с другими штаммами экспрессию: почти в 15 раз выше, чем у контрольного штамма (см. рис. 3). Этот фермент завершает цепочку, восстанавливая промежуточные соединения до пропионовой кислоты. Кроме того, сравнение показывает, что ген *ackA* (ацетаткиназа, которая отвечает за энергетику клетки) у *L. brevis* активен в меру. Это позволяет бактерии эффективно производить пропионовую кислоту, не перенаправляя ресурсы на избыточное производство уксусной кислоты. Для сравнения: у родственного штамма бактерии *L. kefirii* ген *ackA* гиперактивен (активность выше в 52 раза), что заставляет ее производить слишком много уксусной кислоты в ущерб производству пропионовой (рис. 4). Это снижает антидрожжевой эффект и может ухудшать качество корма.

Таким образом, в композиции закваски Биотроф-АСК обе ключевые функции — и быстрое первичное подкисление, и синтез пропионата — целенаправленно усилены и включены в единую стратегию. Специально подобранный штамм *L. plantarum* эффективно решает первую задачу (стремительное закисление среды), специальный штамм *L. brevis* включается позже, ближе к стадии созревания. Пока другие бактерии, в том числе стандартные заквасочные штаммы, замедляют активность в закисленной среде, этот штамм запускает свою программу защиты, преобразуя среду обитания из просто кислой в стабильно консервирующую за счет направленного синтеза пропионовой кислоты.

Восемь дней без потерь

Лабораторные и производственные испытания подтвердили высокую эффективность этого подхода. Так, например, при внесении биопрепарата Биотроф-АСК был достигнут эталонный профиль брожения. Силос характеризовался высоким содержанием мо-

Результаты оценки аэробной стабильности силоса из кукурузы при использовании закваски Биотроф-АСК

Показатель	Биотроф-АСК	Эффект от применения
<i>Через 40 суток ферментации</i>		
Массовая доля, %:		
масляной кислоты	0 (соответствует силосу первого класса)	Полное отсутствие маслянокислого брожения — показатель высокого качества и гигиены
молочной кислоты	2,21	Интенсивное и правильное кислотообразование, подавление патогенов
Доля молочной кислоты в общем пуле, %	74,4 (соответствует силосу первого класса)	Эталонный профиль кислот брожения
pH	3,59	Мощное и быстрое подкисление, создающее неблагоприятную среду для патогенов
Дрожжи	Не обнаружено	Полная микробиологическая стабильность силосной массы на момент вскрытия
<i>Через 8 суток аэробного контакта</i>		
Период аэробной стабильности	8 суток	Значительное увеличение. Критически важный параметр, снижающий потери при выемке корма
pH после 8 суток аэробной выдержки	3,77	Минимальный рост pH. Среда остается стабильно кислой, подтверждая эффективность биоконсерванта
Дрожжи	Не обнаружено	Практически полное подавление главных агентов аэробной порчи

лочной кислоты (74,4% от общего пула) и полным отсутствием масляной кислоты, что указывало на правильную направленность процесса ферментации (таблица). Сравнительный анализ силоса, заготовленного с Биотроф-АСК, и контрольных образцов после 40 суток ферментации дал впечатляющий результат: период сохранения аэробной стабильности корма с биоконсервантом увеличивается в среднем на восемь дней.

Этот результат напрямую связан с полным подавлением дрожжевой микробиоты: если в исходной массе количество дрожжей составляло $4,2 \times 10^2$ КОЕ/г, то на 40-е сутки ферментации, а также на 8-е сутки после контакта с кислородом характерные колонии дрожжей на питательной среде Сабуро не были обнаружены. При этом pH зрелого силоса составил 3,59, а после восьмисуточной аэробной выдержки — 3,77, что демонстрирует стабильность кислой среды.

Данные опыта показывают, что применение закваски Биотроф-АСК не просто улучшает параметры брожения, а принципиально решает проблему аэробной порчи. Это сэкономленные тонны сухого вещества, снижение риска микотоксикозов, стабильные показатели продуктивности и, в конечном счете, дополнительная прибыль. Данный эксперимент — одно из многих подтверждений того, что правильная микробиологическая стратегия позволяет не только законсервировать питательные вещества, но и надежно защи-

тить их в самый уязвимый период — период скармливания.

Инвестиция в стабильность

Силосование — это управляемый технологический процесс, где качество конечного корма является закономерным результатом точных решений, основанных на синтезе передовой науки и практики. Ярким доказательством служат результаты масштабных производственных испытаний в ООО «Шекнинская Заря». Они наглядно демонстрируют, что современные отечественные биопрепараты, разработанные с учетом результатов глубокого изучения микробиологии силоса, не только соответствуют, но и по ключевым параметрам превосходят импортные аналоги.

В основе этого превосходства лежит целенаправленный научный подход, трансформирующийся в практические преимущества. Каждый продукт НПК «БИОТРОФ», будь то осмоотолерантная и устойчивая при хранении закваска Промилк® на основе *Bacillus* spp. или инновационный биоконсервант Биотроф-АСК, реализующий стратегию поэтапной микробиологической защиты, — это ответы на конкретные технологические вызовы. Так, например, механизм действия закваски Биотроф-АСК реализуется в два важных этапа. Первая фаза — быстрое подкисление с помощью штамма *L. plantarum* для оперативного снижения pH и подавления нежелательной микробиоты. Вторая фаза, критически важная, — это пролонги-

рованная защита от аэробной порчи, которую обеспечивает уникальный штамм *L. brevis*, продуцирующий пропионовую кислоту. Этот штамм создает в силосе защитный барьер на опережение, который подавляет развитие дрожжей и плесневых грибов, что активизируются при доступе кислорода во время выемки корма. Практический результат измеряется в конкретных экономических показателях: до восьми и более дней аэробной стабильности означают спасенные тонны сухого вещества, здоровье животных и, как следствие, прямую прибыль хозяйства за счет снижения потерь и повышения эффективности кормления.

Благодарим специалистов ООО «БИОТРОФ» — доктора биологических наук Георгия Лантева, кандидата экономических наук Дарью Тюрину, кандидата биологических наук Наталью Новикову, доктора биологических наук Ларису Ильину, Валентину Филиппову, Василия Заикина, Евгения Бражника, Владислава Большакова, а также сотрудников ООО «Шекнинская Заря» — заместителя директора по производству Руслана Заводова и главного инженера Константина Тюрмакова за помощь в проведении исследований и подготовке статьи к публикации. **ЖР**

ООО «БИОТРОФ»
192288, Санкт-Петербург, а/я 183
Тел.: +7 (812) 448-08-68
Факс: +7 (812) 322-85-50
Эл. почта: biotrof@biotrof.ru
www.biotrof.ru

ЖИВОТНОВОДСТВО РОССИИ

АПРЕЛЬ 2026

Выбери свою кислينку!



БИОТРОФ

здоровый микробиом
- основа продуктивности

☎ (812) 322-85-50 / (812) 322-65-17

🌐 www.biotrof.ru