

Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 105, № 4. С. 208-219.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2021. Vol. 104, no 4. P. 208-219.

КОРМОПРОИЗВОДСТВО И КОРМА

Научная статья

УДК 633.31:577.15

doi:10.33284/2658-3135-105-4-208

Влияние биоконсервантов на ферментационные процессы сенажа

Павел Владимирович Пенкин¹, Наталья Евгеньевна Земскова², Александр Геннадьевич Мещеряков³

^{1,2,3}Самарский государственный аграрный университет, п.г.т. Усть-Кинельский, Самарская область, Россия

¹pasha.penkin@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6178-5222>

²zemskowa.nat@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5296-0674>

³alidar@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0854-0939>

Аннотация. При приготовлении сенажа из люцерны использовали биоконсервант SiloTwice (патент 2781918), содержащий, помимо известных ингредиентов, новые штаммы бактерий: *Enterococcus faecium* VOA-1 BCM-28720 и *Lactobacillus fermentum* BCM-5592. Функционал биоконсерванта показал высокие результаты при сохранении основных питательных веществ корма. Полученный сенаж обладал оптимальным уровнем сухого вещества и усвояемой энергии, относительно низкими показателями остаточных сахаров, гарантирующих аэробную стабильность; абсолютно оптимальным соотношением кислот брожения, способствующих хорошей консервации и длительному сроку хранения. Труднопереваримые фракции клетчатки содержались в минимальном количестве по сравнению с сенажом с применением заквасок иностранного производства. Всё вышеперечисленное положительно отразилось на кормовой ценности и послужило фактором, снижающим метаболическую нагрузку на пищеварительную и эндокринную системы жвачных. Включение биоконсерванта SiloTwice в технологический процесс заготовки сенажа оказывает положительное влияние на конечный продукт, обеспечивая биодоступность компонентов зелёной массы для переваривания и усвоения корма.

Ключевые слова: сенаж, биоконсервант SiloTwice, бактерии, ферменты, усвояемость

Для цитирования: Пенкин П.В., Земскова Н.Е., Мещеряков А.Г. Влияние биоконсервантов на ферментационные процессы сенажа // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105, № 4. С. 208-219. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-4-208>

FODDER PRODUCTION AND FODDERS

Original article

Effect of bioconservatives on fermentation processes in haylage

Pavel V Penkin¹, Natalia E Zemskova², Alexander G Meshcheryakov³

^{1,2,3}Samara State Agrarian University, Ust'-Kinelsky urban settlement, Samara region, Russia

¹pasha.penkin@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6178-5222>

²zemskowa.nat@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5296-0674>

³alidar@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0854-0939>

Abstract. Silo Twice (patent 2781918) bioconservative, containing new strains of bacteria: *Enterococcus faecium* VOA-1 BCM V-28720 and *Lactobacillus fermentum* BCM B-5592 in addition to known ingredients, was used in the alfalfa haylage preparation. The functionality of the bioconservative showed high results in preservation of the main nutrients of the feed. The haylage obtained had an optimal level of

dry matter and assimilable energy, relatively low values of residual sugars that guarantee aerobic stability; absolutely optimal ratio of fermentation acids, which contribute to good preservation and long storage life. Difficult-to-digest fractions of fiber were contained in a minimum amount, compared to haylage prepared using foreign-made ferments. All of the above positively affected the nutritional value and served as a factor reducing the metabolic burden on the digestive and endocrine systems in ruminants. The inclusion of Silo Twice bioconservative in the process of haylage preparation has a positive effect on the final product, ensuring the bioavailability of the components of the green mass for digestion and absorption of feed.

Keywords: haylage, Silo Twice bioconservative, bacteria, enzymes, digestibility

For citation: Penkin PV, Zemskova NE, Meshcheryakov AG. Effect of bioconservatives on fermentation processes in haylage. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(4):208-219. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-4-208>

Введение.

Состав и качество кормового рациона являются важными факторами в реализации генетического потенциала животных и получении от них высококачественной продукции. Универсальным кормом жвачных служит сенаж (Погожев А.Р. и др., 2021; Кутузова А.А. и др., 2018), для заготовки которого подходит множество видов кормовых культур, однако из-за более высокой питательной ценности предпочтительны бобовые и бобово-злаковые смеси. Одной из наиболее питательных многолетних бобовых культур является люцерна. На 100 кг свежей зелёной массы люцерны, убранной в фазе цветения, приходится до 20 кг переваримого протеина (ВНИИ кормов). По этой причине её охотно используют в приготовлении сенажа. Однако при заготовке и хранении этого корма неизбежны потери легкоусвояемых водорастворимых углеводов, сырого протеина и жира, которые составляют от 13 % до 35 % (Марченко А.Ю. и др. 2021).

В чём заключается механизм снижения питательности консервированного корма? Известно, что образование и накопление особо ценных компонентов кормовой массы растений происходит в результате биохимических процессов и различных синтезов, протекающих в клетках. Действия, обеспечивающие накопление компонентов кормовой массы, необходимо поддерживать, а разрушающие – по возможности пресекать или полностью инактивировать. Первые протекают в растущих растениях, а вторые – в скошенной растительной массе, лишённой доступа питательных веществ из почвы (Coblentz WK and Bertram MG, 2012; Coblentz WK et al., 2016; Юнин В.А. и др., 2022).

Чтобы получить при заготовке высококачественный растительный корм, минимизировать потери питательных и биологически активных веществ, необходимо сократить до минимума жизнедеятельность клеток скошенных растений, ведь основным условием жизнедеятельности растений является обмен веществ, включающий два одновременно протекающих в противоположном направлении процесса – ассимиляции (усвоение) и диссимиляции (распад). Если в процессе ассимиляции растение строит свои клетки за счёт веществ внешней среды, то при диссимиляции происходит расщепление углеводов с выделением энергии и образованием конечных продуктов. Указанные биохимические процессы осуществляются с помощью ферментов. Следовательно, все приёмы, направленные на увеличение их количества и активности, будут способствовать синтезу компонентов кормовой массы, а приёмы, направленные на снижение активности ферментов, участвующих в диссимиляционных превращениях, будут способствовать распаду веществ и в конечном итоге – прекращению их активности (Юнин В.А. и др., 2022).

Данные задачи решаются с помощью применения консервантов при кормозаготовке. В связи с этим поставленный вопрос является актуальным и своевременным. Опыт применения химических и биологических консервантов показал положительный консервирующий эффект. Так, учёными филиала ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» был установлен факт эффективного воздействия химических консервантов на сохранность питательности корма, что послужило основой для предложения о перспективности их применения. При этом, по мнению учёных, биологические

консерванты целесообразно использовать в составе заквасок для силосования зелёных кормов. В то же время при выборе консерванта к данному вопросу следует подходить и с учётом таких факторов, как активный рост и конкуренция с другими микроорганизмами; скорость кислотообразования, быстрое подкисление; кислотоустойчивость; широкий спектр сбраживаемых углеводов, в т. ч. способность сбраживать гексозу, фруктозиды и др.; отсутствие способности образовывать дектрин из сахарозы или маннит из фруктозы; отсутствие воздействия на органические кислоты; температурные пределы роста; способность расти на субстратах с низким содержанием воды; консервирующий эффект, стоимость препарата, состояние производственно-технической базы и др. (Волкова Г.С. и Куксова Е.В., 2020). Однако в связи с тем, что в настоящее время уже ряд регионов России (Белгородская, Воронежская, Ульяновская области, Краснодарский край) в своих региональных программах и законодательных актах закрепили курс на биологизацию сельского хозяйства (Союз биологического земледелия, 2022), российский рынок активно разрабатывает и применяет биоконсерванты.

В состав биологических консервантов входят живые культуры молочнокислых бактерий одного или нескольких видов, которые продуцируют молочную и другие кислоты, подавляющие развитие нежелательной микрофлоры. С целью предупреждения развития аэробной микрофлоры производители заквасок используют гетероферментативные молочнокислые бактерии, прежде всего *Lactobacillusbuchneri*, а также пропионовокислые бактерии. Как первые, так и вторые способны синтезировать и накапливать в кормепропионовую кислоту и некоторые другие продукты, угнетающие развитие дрожжей и плесени. Кроме того, ряд заквасок содержит ферменты, способные расщеплять клетчатку растительных клеток до простых сахаров. В результате можно успешно заквашивать трудносилосуемые корма или работать в сложных погодных условиях, что обеспечивает определённое преимущество биологических консервантов по сравнению с химическими. Также популярность биоконсервантов заключается в меньшей стоимости, большей технологичности и экологичности (Барышников П.И. и др., 2016). Научные исследования последних лет направлены на поиск ещё более эффективных, дешёвых, удобных в применении и безопасных биологических консервантов.

Так, в ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса проведено изучение динамики накопления продуктов ферментации (амиака, сахара и кислот брожения) в процессе сенажирования и силосования провяленной люцерны при спонтанном брожении и применении биоконсерванта. Динамику брожения изучали при силосовании провяленной до содержания сухого вещества 39,9 и 52,5 % люцерны обычным способом и с препаратом Биотроф, созданным на основе осмотолерантного штамма *Lactobacillusplantarum* № 60. Обратим внимание на результаты, полученные при сенажировании. Итак, люцерновый сенаж под влиянием биоконсерванта подкисляется медленнее, чем силос, но в нем pH может достигать 4,2, что объясняется тем, что наряду с сахаром в процесс молочнокислого брожения вовлекается и яблочная кислота, образующаяся в провяленной люцерне. Также в пробе с биоконсервантом было отмечено небольшое превышение масляной кислоты, которое проявлялось после пятнадцати суток после начала сенажирования, что можно не принимать во внимание, так как это обусловлено возникающими в зелёной массе биохимическими процессами и жизнедеятельностью сахаролитических бактерий и не сопровождается образованием в корме вредных и ядовитых соединений (Победнов Ю.А. и др., 2019).

Учёные Алтайского государственного аграрного университета провели исследование влияния биологического консерванта и дозы его внесения на качество сенажа из люцерны, совместно с ферментами и в отсутствие их. Препарат состоит из смеси лиофильно высушенных бактерий: *Lactobacillusplantarum* ВКПМ В-4173, *Lactococcuslactis* subsp. *lactis* ВКПМ В-2092 и *Propionibacteriumacidipropionici* ВКПМ В-5723. В качестве контроля использовали самоконсервированный сенаж. Результат эксперимента показал, что наилучшие результаты обеспечило внесение биоконсерванта в количестве 6 г/т, как совместно с ферментом, так и без него. В этих вариантах отмечена сохранность протеина, составляющая более 94 % от исходной массы, высокое содержание молочной кислоты, а также хорошие органолептические показатели. Производственные испы-

тания сенажа на коровах чёрно-пёстрой породы показали повышение среднесуточного удоя молока на 7 % по сравнению с животными контрольной группы, что обеспечило экономию в размере около 5000 рублей на голову (Барышников П.И. и др., 2016).

В Самарском государственном аграрном университете получены данные о повышении качества молока коров при скармливании сенажа из люцерны, приготовленного с использованием биоконсерванта ГринГрас 3×3. Данный эффект объясняется увеличением содержания сухого вещества молока. В общей структуре белков увеличилась массовая доля казеина, а доля сывороточных белков снизилась, что привело к сокращению продолжительности процесса свёртывания молока и повышению качества казеинового сгустка (Миронов Н.А. и др., 2022).

Поиск эффективных методов сохранения качества сенажа и популяризация использования биоконсервантов проводится также в зарубежных странах. Сербскими учёными отмечено, что использование бактериальных и бактериально-ферментативных инокулянтов оказывает благоприятное действие при сенажировании люцерны, злаково-клеверных смесей и кукурузы. Это способствует быстрому снижению pH, подавлению роста вредных микроорганизмов, предотвращает потерю сухого вещества и повышает аэробную стабильность корма (Đorđević S et al., 2019).

Биоконсерванты используются также в силосовании. В Китае проведены исследования оценки влияния трёх инокулянтов с молочнокислыми бактериями (*Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum* и *Pediococcus pentosaceus*) на качество силоса, способность к разложению в рубце *in situ* и ферментацию корма. При этом было установлено, что инокулянты могут значительно улучшить качество силосования и положительно повлиять на усвояемость корма, выполняя в дальнейшем роль пробиотических культур, позитивно влияя на процесс руминации (Liu C et al., 2016).

Как видно из представленных данных, вопрос сохранения качества консервированных кормов успешно решается во многих странах мира, но поиск оптимального состава биоконсервантов остаётся актуальным, в связи с чем на базе Самарского ГАУ было проведено исследование влияния нового биоконсерванта SiloTwice на качество сенажа из люцерны.

Цель исследования.

Изучить влияние биоконсерванта SiloTwice на качество сенажа.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Биоконсервант SiloTwice (патент 2781918) в аспекте влияния на качество сенажа из люцерны.

Схема эксперимента. Исследования проведены на базе кафедры «Зоотехния» ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет» и лаборатории ООО «Агрофинс». Сырьём для сенажирования служила зелёная масса люцерны в фазе бутонизации-начала колошения. Укос люцерны – 20.08.2021; уборка – 21.08.2021; забор образцов на анализ – 05.12.2021; выход результатов анализа – 08.12.2021. Навески (500 г) измельчённой массы сенажировали в вакуумных полимериленовых пакетах обычным способом с внесением препарата SiloTwice, содержащего *Lactobacillus plantarum* ВКПМ В-11264, *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *Shermanii* ВКПМ В-5592; *Lactobacillus buchneri* ВКПМ В-7641; новые, синтезированные и депонированные авторами данной работы штаммы: *Enterococcus faecium* ВОА-1 ВКМ В-28720 и *Lactobacillus fermentum* ВКПМ В-7573, а также комплекс ферментов (амилаза, глюканаза, ксиланаза, целлюлаза).

Для изучения качества сенажа по общепринятым методикам проводили физико-химический анализ зелёной массы люцерны из валка, сенажа с импортным консервантом SilAll 4×4 (контроль) и с внесением препарата SiloTwice (опыт). В пробах определяли влажность, сухое вещество, pH, содержание аммиака и кислот брожения (молочной и уксусной), энергию лактации и откорма, в том числе чистую и доступную; сырой, переваримый протеин и его усвояемость, баланс азота в рубце, зольность, сырой жир, сахар, сырую клетчатку и её переваримость.

Оборудование и технические средства. Исследования выполнены на базе ООО «АгроФинс».

Статистическая обработка. Статистический анализ выполняли с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» с применением программы «Excel» («Microsoft», США) и обработкой данных в «Statistica 10.0» («StatSoft Inc.», США). Достоверность различий сравниваемых показателей определяли по t-критерию Стьюдента. Уровень значимой разницы был установлен на $P \leq 0,05$.

Результаты исследования.

В качестве контроля применяли биоконсервант SilAll 4×4, содержащий следующие бактерии:

- *Lactobacillus plantarum* CNCM 1-3255 – не менее 1×10^{11} КОЕ/г;
- *Pediococcus acidilactici* CNCM 1-3237 – не менее 4×10^{10} КОЕ/г;
- *Pediococcus pentosaceus* NCIMB 12455 – не менее 4×10^{10} КОЕ/г;
- *Propionibacterium acidipropionici* CNCM MA 26/4U – 2×10^{10} КОЕ/г;
- α -амилазы – не менее 3600 МЕ/г;
- β -глюканазы – не менее 1000 МЕ/г;
- ксиланазы – не менее 1500 МЕ/г;
- целлюлазы – не менее 60 МЕ/г.

Биоконсервант представляет собой порошок от светло-серого до бежевого цвета. Входящие в состав SilAll 4×4 бактерии способствуют превращению растворимых сахаров в молочную кислоту, обеспечивая быстрое снижение pH корма и его высокую стабильность в течение срока хранения, сокращая потери питательных веществ и энергии корма. Комплекс ферментов расщепляет клетчатку, высвобождая сахара для питания молочнокислых бактерий и делая её более доступной для рубцовой микрофлоры, что повышает переваримость кормов и уменьшает потери сухого вещества.

Перед применением из одного пакета биоконсерванта готовят рабочий раствор из расчёта 250 г препарата разводят 5 л воды, затем доводят объём до 100 л. Способ применения биоконсерванта SilAll 4x4 заключается во внесении двух литров раствора препарата на одну тонну силосуемого сырья (Фаттахова З.Ф. и др., 2020).

В качестве опыта применяли биоконсервант SiloTwice, физико-химические и микробиологические показатели качества микроорганизмов и ферментов которого соответствуют разработанным ТУ 10.89.19-012-09967133-2021 и содержат следующие штаммы и колониеобразующие единицы (КОЕ/г):

- *Enterococcus faecium* BOA-1 ВКМ В-28720 – не менее $2,3 \times 10^{10}$ КОЕ/г;
- *Lactobacillus plantarum* ВКПМВ-11264 – не менее $1,2 \times 10^{11}$ КОЕ/г;
- *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *Shermanii* ВКПМВ-5592 – не менее $2,2 \times 10^9$ КОЕ/г;
- *Lactobacillus fermentum* ВКПМВ-7573 – не менее $1,2 \times 10^{10}$ КОЕ/г;
- *Lactobacillus buchneri* ВКПМВ-7641 – не менее $1,2 \times 10^{11}$ КОЕ/г;
- амилазы – не менее 300 ед/г;
- глюканазы – не менее 300 ед/г;
- ксиланазы – не менее 300 ед/г;
- целлюлазы – не менее 100 ед/г.

Биоконсервант SiloTwice получен путём микробиологического синтеза с последующей сублимационной сушкой и смешиванием компонентов препарата между собой и сухой молочной сывороткой для нормализации титра. В результате чего получается новая бактериальная субстанция, содержащая высокоактивные штаммы бактерий и комплекс ферментов для ферментирования сенажа, силоса и плющеного зерна. Микроорганизмы закваски обеспечивают быстрое консервирование и усиленный эффект аэробной стабильности, направленный против гнилостных бактерий, дрожжей, плесеней и др. грибков. Живые бактерии *Lactobacillus plantarum* обеспечивают высокий стартовый уровень образования молочной кислоты в консервируемом корме, минимизируют появление

ление нежелательных кислот и других соединений в ходе брожения зелёной массы, обеспечивают высокий уровень сохранения каротиноидов в продукте, повышая его биологическую ценность, обладают антагонистическими свойствами по отношению к нежелательной микрофлоре, приводящей к его порче. Установлено, что эффективная переработка масляной кислоты корма штаммом *L. fermentum* в перекись водорода (H_2O_2) позволяет дополнительно бороться с возникающими плесенями, грибками и патогенными бактериями, защищать пищеварительный тракт животного от инфекций пищевого происхождения, а также помогает предотвратить окислительное повреждение кормовых продуктов.

Ферментный комплекс биоконсерванта (целлюлаза, амилаза, глюканаза, ксиланаза) способствует расщеплению некрахмалистых полисахаридов и высвобождению дополнительных питательных веществ, в частности белка, тем самым улучшая качество консервирования трудноискусственных растений.

Способ применения биоконсерванта SiloTwice заключается во внесении одного грамма препарата на одну тонну силосуемого сырья, предварительно разведя его в необходимом количестве воды. Готовый раствор препарата вносят в силосуемую массу с помощью распыляющих устройств на комбайне либо в траншее.

После распределения препарата в силосуемой массе производится её герметизация, т. к. многоступенчатый процесс ферментации кормов должен проходить строго без доступа кислорода воздуха.

При внесении биоконсерванта SiloTwice в дозе 1,0 г/т при сенажировании зелёной массы люцерны, убранной в фазубутонизации, был получен сенаж, биохимические показатели которого представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты испытаний биоконсерванта SiloTwice и энокулянта сенажа люцерны ($M \pm m$, $n=3$)

Table 1. Test results of SiloTwice bioconservative and alfalfa hay enoculant ($M \pm m$, $n=3$)

Наименование показателей / Name of indicators	Опти- мум / Opti- mum	Трава люцерны из валка / <i>Alfalfa</i> grass from the roll	Контроль / Control	Опыт / Experiment
			сенаж с био- консерван- том <i>SilAll 4×4</i> / haylage with <i>SilAll 4×4 bio-</i> <i>conservative</i>	сенаж с биоконсер- ван-том <i>SiloTwice</i> / haylage with <i>SiloTwice</i> <i>bioconserva- tive</i>
1	2	3	4	5
Влажность, % / Humidity, %	-	44,8±1,27	50,5±1,98	46,8±1,69
Сухое вещество (CB), г/кг / <i>Dry matter (DM)</i> , g/kg	300-500 4,0-5,8	552±7,34 -	495±6,53 5,6±0,21	532±7,09 5±0,46
pH / pH	10-20	-	14±0,20	10±0,19
Уксусная кислота, г/кг / <i>Acetic acid</i> , g/kg	30-90	-	17±1,53	64±2,16
Молочная кислота, г/кг / <i>Lactic acid</i> , g/kg	750-850	825±34,6	797±42,12	831±47,81*
Энергия лактации (VEM), КЕд / <i>Lactation Energy (VEM)</i> , KU	780-880	832±40,26	795±41,72	837±48,18
Энергия откорма (VEVI), КЕд / <i>Fattening Energy (VEVI)</i> , KU	45-65	64±2,77	55±2,14	60±3,20
Усваиваемый протеин (DVE) / <i>Digestible Protein (DVE)</i>				

Продолжение таблицы 1	1	2	3	4	5
Усваиваемый протеин в рубце (OEB) / <i>Digestible Protein in rumen (OEB)</i>	35-95	24±2,51	43±2,23	47±2,68	
Усваиваемое органическое вещество (переварим. OB), г / <i>Digestible organic matter (digestible OM), g</i>	570-670	657±14,39	637±13,12	657±14,73	
Ферментируемые корма в рубце (FOS) / <i>Rumen fermented feed (FOS)</i>	440-550	561±8,80	547±6,41	569±7,24	
Энергия, доступная для лактации (NEL, MJ) / <i>Energy available for lactation (NEL, MJ)</i>	4,0-5,4	5,6±0,23	5,3±0,11	5,3±0,16	
Чистая энергия на лактацию (NEL-VC, MJ) / <i>Net energy for lactation (NEL-VC, MJ)</i>	5,2-6,2	6±0,02	5,8±0,12	6,1±0,14	
Обменная энергия, (ОЭ, MJ) / <i>Metabolic energy, (ME, MJ)</i>	8,5-9,2	9,5±1,42	9±1,67	9,2±1,83	
Структурная ценность / <i>Structural value</i>	2,2-3,2	1,6±0,09	2,7±0,10	2,5±0,06	
Переваримый в тонком кишечнике протеин (nXP) / <i>Digestible protein in the small intestine (nXP)</i>	120-145	139±6,75	130±4,35	134±3,36*	
Баланс азота в рубце (RNB) / <i>Rumen nitrogen balance (RNB)</i>	6,0-14,0	8±0,34	6±0,65	8±0,47	
Нерасщепляемый в рубце протеин (UDP) / <i>Rumen undegradable protein (UDP)</i>	32-48	38±1,96	34±1,37	36±1,25	
Усваиваемое органическое вещество (переварим. OB), % / <i>Digestible organic matter (digestible OM), %</i>	68,0- 78,0	72,5±3,04	70,1±2,18	71,9±2,25	
Аммиак (NH ₃), % / <i>Ammonia (NH₃), %</i>	<7,0	-	6±0,08	3±0,06	
Нитрат / <i>Nitrate</i>	<4,0	-	0,2±0,02	0,2±0,01	
Сырой протеин / <i>Crude protein</i>	160-200	186±3,60	163±3,22	177±2,98	
Итого сырой протеин / <i>Total Crude Protein</i>	170-225	-	173±2,35	183±3,16*	
Растворимый сырой протеин, % / <i>Soluble Crude Protein, %</i>	-	38±2,56	60±3,64	58±3,03	
Сырой жир / <i>Crude Fat</i>	20-40	24±1,99	26±2,03	27±1,69	
Сырая клетчатка / <i>Crude Fiber</i>	200-280	223±16,83	252±18,57	239±21,17	
Сахар / <i>Sugar</i>	20-60	119±13,04	80±7,35	73±6,85	
Непереваримая клетчатка (NDF) / <i>Non-digestible fiber (NDF)</i>	350-450	411±22,97	407±18,79	393±16,45	
Усвоенность непереваримой клетчатки (NDF), % / <i>Digestibility of non-digestible fiber (NDF), %</i>	-	54,9±3,76	42,3±3,12	43,5±2,89	
Труднопереваримая клетчатка (ADF) / <i>Hard-to-Digest fiber (ADF)</i>	250-330	256±11,45	298±13,55	283±12,63	
Лигнин (ADL) / <i>Lignin (ADL)</i>	25-60	44±3,25	57±4,07	52±4,16	
Коэффициент переваримости без азота (NDF) / <i>Digestibility coefficient without nitrogen (NDF)</i>	-	393±4,36	402±4,87	389±3,92	
Усвоенное сухое вещество (DDM) / <i>Digested dry matter (DDM)</i>	-	69,0±1,99	65,7±2,06	66,9±2,14	
Потреблённое сухое вещество (DMI) / <i>Dry matter intake (DMI)</i>	-	2,92±0,12	2,95±0,16	3,05±0,53	
Относительная кормовая ценность (RFV) / <i>Relative feeding value (RFV)</i>	-	156±1,64	150±1,72	158±1,94	

Примечание: * – P≤0,05 при сравнении с контрольной группой

Note: * – P≤0.05 when compared with the control group

Обсуждение полученных результатов.

В нашем опыте исследованные пробы кормов с биоконсервантами отличались достаточной усвоемостью и кормовой ценностью. Однако сенаж с SiloTwice показал лучшие результаты по всем параметрам. Согласно результатам исследований, наибольшая потеря сухого вещества и содержащейся в нём энергии отмечена в сенаже, приготовленном с импортным биоконсервантом SilAll 4×4. По сравнению с аналогичным показателем опытного образца, разница составила 37 г, а по сравнению с зелёной массой – 57 г, что свидетельствует о заметных его потерях.

Показатель активной кислотности контрольного образца составляет 5,6 и находится у верхней границы нормы, в то время как кислотность сенажа с биоконсервантом составляет 5 единиц и свидетельствует о хорошей консервации корма.

Уксусная кислота благоприятствует сохранению стабильности температуры сенажа, предотвращая его перегрев, и оказывает непосредственное влияние на показатель жирности молока (Вафин Ф.Р., 2018). В исследуемых группах уровень уксусной кислоты находился в пределах стандарта.

Относительно высокое значение молочной кислоты свидетельствует о низком содержании кислорода и успешном процессе консервации. В рубце кислота преобразуется из предшественника лактозы – пропионовой кислоты, стимулирующей секрецию молока. В пробе сенажа с биоконсервантом SiloTwice содержится 64 % молочной кислоты, что в два раза выше, чем в контрольной пробе. Данный факт обусловлен тем, что помимо известных бактерий препарат SiloTwice содержит новые бактерии: *Enterococcusfaecium* BOA-1 ВКМ В-28720 и *Lactobacillusfermentum* ВКПМ В-7573, являющиеся факультативными анаэробами, ферментирующими углеводы. Также необходимо отметить тот факт, что бактерия *Lactobacillusplantarum* штамма ВКПМ В-11264 биоконсерванта SiloTwice содержится в большем количестве, чем аналогичная бактерия конкурирующего биоконсерванта, имеющая штамм CNCM 1-3255, что обуславливает более эффективное синтезирование и размножение в сенажируемой зелёной массе молочной кислоты и обладает более выраженными антагонистическими свойствами по отношению к гнилостным бактериям продукта опытного образца. Указанный штамм показал большую эффективность в сенажировании. В биоконсерванте контрольного образца отсутствует штамм, обеспечивающий аэробную стабильность сенажа и также производящий молочную и уксусную кислоты *Lactobacillusbuchneri* ВКПМ В-7641.

Пропионовокислые микроорганизмы SiloTwice, содержащиеся в большем количестве, чем в контрольном образце являются первоочередными участниками пропионовокислого брожения, в результате которого сбраживаются такие субстраты как сахароза, глюкоза, малат, лактоза и др., образуя пропионовую, уксусную кислоты и углекислый газ (Волобуева Е.С. и др., 2015).

Независимо от того, что SilAll 4×4 в отличие от SiloTwice содержит педиококки, также снижающие уровень pH и предотвращающие нежелательные потери, поликультура SiloTwice, состоящая из пяти микроорганизмов и ферментов проявила себя более эффективно, что обусловлено её взаимодополняющим составом.

Несмотря на очевидные достоинства биоконсерванта SilAll 4×4 и небольшую преимущественную разницу с эффективностью SiloTwice, имеются литературные данные, свидетельствующие о том, что в России создаются препараты не только не уступающие SilAll 4×4, но и превосходящие его. В результате проведённых опытов установлено, что применение препаратов SilAll 4×4 и Фербак-Сил привело к быстрому подкислению корма до pH=4,7 уже на 10 день хранения, что послужило промежуточным консервирующем фактором, ограничивающим интенсивность развития маслянокислых бактерий на первом этапе сенажирования и в дальнейшем обеспечило хорошую сохранность кормов. На 60 сутки хранения в пробах сенажа с биопрепаратами SilAll 4×4 и Фербак-Сил установлена достоверная разница ($P \leq 0,05$) по показателям суммы основных кислот консервирования по отношению к SilAll 4×4.

Содержание энергии лактации и откорма в опытных пробах превосходит аналогичные показатели испытуемых проб зелёной массы люцерны из валка и сенажа, приготовленного с импортным биоконсервантом.

Большая усваиваемость протеина – как расщепляемого, так и не расщепляемого в рубце также отмечена в опытной группе.

Наивысший параметр ферментируемых кормов в рубце отмечен в опытной группе. Это означает, что скармливание сенажа с биоконсервантом SiloTwice способствует выделению большего количества энергии, доступной в рубце для формирования бактериального протеина. Об этом же свидетельствует баланс азота в рубце, составляющий равную величину с аналогичным показателем травы.

Хорошим признаком консервации сенажа с SiloTwice служит также низкий процент аммиака, составляющий 3 % против 6 %, содержащихся в контрольных пробах. Это значит, что разложение протеина зелёной массы и активности маслянокислых бактерий не наблюдалось.

Содержание сырой клетчатки прямо пропорционально структурной ценности. Большое количество этих величин свидетельствует о наличии трудноперевариваемых фракций, предотвращающих снижение pH в рубце и, следовательно, его активность. По этой причине доступная энергия снижается, о чём свидетельствуют соответствующие показатели сенажа без добавок (Погожев А.Р. и др., 2021).

Маркером высокой питательности корма служит величина относительной кормовой ценности (Забашта Н.Н. и др., 2022). Исходя из представленных данных, наивысший показатель этого параметра установлен в опытных образцах сенажа, приготовленного с биоконсервантом SiloTwice.

Ингредиенты используемого при приготовлении сенажа из люцерны биоконсерванта SiloTwice раскрыли свой потенциал в вопросе ферментации и сохранения питательных веществ корма. Сенаж, заготовленный с SiloTwice обладал наивысшим содержанием сухого вещества, обладающего высокой усвояемой энергией; относительно низким pH, низким содержанием аммиака и уксусной кислоты, способствующим аэробно- и термостабильности, высоким уровнем молочной кислоты, обеспечивающей хорошую консервацию.

Труднопереваримые фракции клетчатки содержались в наименьшем количестве по сравнению с сенажом, приготовленным с импортным биоконсервантом SilAll 4×4. Всё вышеперечисленное отразилось на высоком показателе кормовой ценности и послужило фактором, снижающим метаболическую нагрузку на пищеварительную и эндокринную системы жвачных.

Заключение.

Включение биоконсерванта SiloTwice в процесс сенажирования люцерны оказывает положительное влияние на конечный продукт, обеспечивая биодоступность компонентов зелёной массы для переваривания и усвоения корма.

Следующим шагом исследований является широкомасштабная проверка эффективности сенажа с указанным препаратом на молочную продуктивность коров.

Список источников

1. Биохимические показатели сенажа люцернового в разные сроки хранения при использовании биологических консервантов / З.Ф. Фаттахова, Ш.К. Шакиров, Г.С. Шарафутдинов, И.Н. Хакимов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 4. С. 60-66. [Fattakhova ZF, Shakirov ShK, Sharafutdinov GS, Khakimov IN. Alfalfa haylage biochemical indicators with biological preservatives in different storage time. Bulletin Samara State Agricultural Academy. 2020;4:60-66. (In Russ.)]. doi: 10.12737/39910
2. Вафин Ф.Р. Влияние скармливания сенажа, заготовленного с биологическим консервантом, на рубцовое пищеварение коров // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2018. Т. 235. № 3. С. 18-22. [Vafin FR. Effect of feeding haylage harvested with biological preservative on rumen digestion of cows. Scientific notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine. 2018;235(3):18-22. (In Russ.)]. doi: 10.31588/2413-4201-1883-235-3-18-22

3. ВНИИ кормов. Сельское хозяйство. UniversityAgro.ru. <https://universityagro.ru/растениеводство/люцерна/> (дата обращения: 19.11.2022). [VNII kormov. Selskoe hozyajstvo. UniversityAgro.ru. <https://universityagro.ru/растениеводство/люцерна/> (data obrashcheniya: 19.11.2022). (In Russ.)].
4. Волкова Г.С., Куксова Е.В. Применение консервантов различной природы для заготовки кормов // Эффективное животноводство. 2020. № 3(160). С. 124-125. [Volkova GS, Kuksova EV. Primenenie konservantov razlichnoj prirody dlja zagotovki kormov. Effektivnoe zhivotnovodstvo. 2020;3(160):124-125. (In Russ.)]. doi: 10.24411/9999-007A-2020-10013
5. Инновационный ресурс производства высококачественных объемистых кормов на природных сенокосах / А.А. Кутузова, Д.М. Тебердиев, А.В. Родионова, Н.В. Жезмер, Е.Е. Прорвальная // Достижения науки и техники АПК. 2018. № 2. С. 40-43. [Kutuzova AA, Teberdiyev DM, Rodionova AV, Zhezmer NV, Provornaja EE. Innovative resource of production of high-quality bulky feeds on native hayfields. Achievements of Science and Technology of the Agro-industrial Complex. 2018;2:40-43. (In Russ.)]. doi: 10.24411/0235-2451-2018-10210
6. Миронов Н.А., Карамаева А.С., Карамаев С.В. Молочная продуктивность и качество молока при скармливании коровам сенажа с биоконсервантом «Гринграс 3×3» // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 2(94). С. 292-299. [Mironov NA, Karamayeva AS, Karamayev SV. Milk productivity and quality when feeding cows senage with the bioconservant "Greengrass 3×3". Izvestiya Orenburg State Agrarian University. 2022;2(94):292-299. (In Russ.)]. doi: 10.37670/2073-0853-2022-94-2-292-299
7. Мягкое сено и сенаж из злаково бобовых трав / Н.Н. Забашта, Е.Н. Головко, А.Ю. Марченко, Н.Г. Ижевская // Сборник научных трудов КНЦЗВ. 2022. № 1. С. 285-289. [Zabashta NN, Golovko EN, Marchenko AY, Izhevsk NG. Soft hay and haylage from cereals and legumes. Collection of scientific papers of KRCAHVM. 2022;1:285-289. (In Russ.)]. doi: 10.48612/sbornik-2022-1-71
8. Особенности культивирования штамма *Propionibacterium shermanii* / Е.С. Волобуева и др. // Политеатический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 114. С. 1156-1169. [Volobueva ES et al. Features of the cultivation of *Propionibacterium shermanii* strain. Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. 2015; 114: 1156-1169. (In Russ.)].
9. Переваримость консервированного сенажа у овец / А.Ю. Марченко и др. // Сборник научных трудов КНЦЗВ. 2021. № 2. С. 18-23. [Marchenko AYu, et al. Digestibility of preserved haylage in sheep. Collection of Scientific Papers of KRCAHVM. 2021;2:18-23. (In Russ.)]. doi: 10.48612/sbornik-2021-2-4
10. Победнов Ю.А., Мамаев А.А., Широкоряд М.С. Исследование накопления продуктов ферментации в процессе сенажирования и силосования люцерны при спонтанном брожении и применении биоконсерванта // Проблемы биологии продуктивных животных. 2019. № 2. С. 89-98. [PobednovYuA, Mamaev AA, Shirokorad MS. Study of accumulation of fermentation products during making silage and haylage of alfalfa in conditions of spontaneous fermentation and the use of preserving preparation. Problemy biologii productivnykh zhivotnykh [Problems of Productive Animal Biology]. 2019;2:89-98. (In Russ.)]. doi: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2019.2.89-98
11. Погожев А.Р., Ртищева Н.Е., Ртищев К.П., Гаспарян И.Н. Выгодность заготовки сенажа в частных и фермерских хозяйствах // Молодежный научный форум: электр. сб. ст. по материалам CXI студенческой междунар. науч.-практ. конф. М.: Изд. «МЦНО». 2021. № 1(111). С. 62-67. [Электронный ресурс]. [https://nauchforum.ru/archive/MNF_interdisciplinarity/1\(111\).pdf](https://nauchforum.ru/archive/MNF_interdisciplinarity/1(111).pdf) (дата обращения: 24.11.2022) [Pogozhev AR, Rtishcheva NE, Rtishchev KP, Gasparyan IN. The profitability of harvesting silage on farms. (Conference proceedings) Molodezhnyj nauchnyj forum: elektr. sb. st. po materialam CXI studencheskoj mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Moscow: Izd. «MCNO»; 2021;1(111):62-67. [Elektronnyj resurs]. [https://nauchforum.ru/archive/MNF_interdisciplinarity/1\(111\).pdf](https://nauchforum.ru/archive/MNF_interdisciplinarity/1(111).pdf) (data obrashcheniya: 28.11.2022) (In Russ.)].
12. Продуктивность лактирующих коров при использовании в рационах сенажа из ви-ко-овсяно-гороховой смеси с внесением нового биологического консерванта / П.И. Барышников и др. // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. 2016. Т. 24. № 2. С. 430-436. [Baryshnikov PI et al. Productivity of lactating cows fed on a diet of haylage from a vetch pea-oat mixture

with the introduction of new biological preservative. Visnik Dnipropetrovs'kogo universitetu. Biologija. Ekologija. 2016;24(2):430-436. (In Russ.). doi: 10.15421/011658

13. Союз биологического земледелия. О проекте [Электронный ресурс]. 2022. <https://nosbz.ru/pages/about.html> [Sojuz biologicheskogo zemledelija. O proekte [Elektronnyj resurs]. 2022. <https://nosbz.ru/pages/about.html> (In Russ.)]. (дата обращения: 12.11.2022).

14. Юнин В.А., Захаров А.М., Зыков А.В. Параметры процесса распределения консервантов в растительном сырье // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 1-1(115). С. 89-95. [Yunin VA, Zakharov AM, Zykov AV. Parameters of the distribution process of preservatives in plant raw materials. Meždunarodnyj naučno-issledovatel'skij žurnal (International Research Journal). 2022;1-1(115):89-95. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.115.1.017>

15. Coblenz WK, Bertram MG. Effects of a propionic acid-based preservative on storage characteristics, nutritive value, and energy content for alfalfa hays packaged in large round bales. Journal of Dairy Science. 2012;95(1):340-352. doi: 10.3168/jds.2011-4496

16. Coblenz WK, Ogden RK, Akins MS, Chow EA. Nutritive value and fermentation characteristics of alfalfa-mixed grass forage wrapped with minimal stretch film layers and stored for different lengths of time. Journal of Dairy Science. 2016;100(7):5293-5304. doi: 10.3168/jds.2016-12404

17. Đorđević S, Mandić V et al. Bacterial inoculant effect on quality of alfalfa silage and haylage. Biotechnology in Animal Husbandry. 2019;35(1):85-96. doi: 10.2298/BAH1901085D

18. Liu C, Lai YJ, Lu XN, Guo PT, Luo HL. Effect of lactic acid bacteria inoculants on alfalfa (*Medicago sativa* L.) silage quality: assessment of degradation (in situ) and gas production (in vitro). Journal of Integrative Agriculture. 2016;15(12):2834-2841. doi: 10.1016/S2095-3119(16)61424-7

References

1. Fattakhova ZF, Shakirov ShK, Sharafutdinov GS, Khakimov IN. Alfalfa haylage biochemical indicators with biological preservatives in different storage time. Bulletin Samara State Agricultural Academy. 2020;4:60-66. doi: 10.12737/39910
2. Vafin FR. Effect of feeding haylage harvested with biological preservative on rumen digestion of cows. Scientific notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine. 2018;235(3):18-22. doi: 10.31588/2413-4201-1883-235-3-18-22
3. ARSRI of fodder. Agriculture. UniversityAgro.ru. [Internet]. Available from: <https://universityagro.ru/растениеводство/люцерна/> (cited: 19.11.2022).
4. Volkova GS, Kuksova EV. The use of preservatives of various nature for the preparation of feed. Efficient animal husbandry. 2020;3(160):124-125. doi: 10.24411/9999-007A-2020-10013
5. Kutuzova AA, Teberdiyev DM, Rodionova AV, Zhezmer NV, Provornaja EE. Innovative resource of production of high-quality bulky feeds on native hayfields. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2018;2:40-43. doi: 10.24411/0235-2451-2018-10210
6. Mironov NA, Karamayeva AS, Karamayev SV. Milk productivity and quality when feeding cows senage with the bioconservant "Greengrass 3×3". Izvestiya Orenburg State Agrarian University. 2022;2(94):292-299. doi: 10.37670/2073-0853-2022-94-2-292-299
7. Zabashta NN, Golovko EN, Marchenko AY, Izhevsk NG. Soft hay and haylage from cereals and legumes. Collection of Scientific Papers of KRCAHVM. 2022;1:285-289. doi: 10.48612/sbornik-2022-1-71
8. Volobueva ES, et al. Features of the cultivation of *Propionibacterium shermanii* strain. Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. 2015;114:1156-1169.
9. Marchenko AYu, et al. Digestibility of preserved haylage in sheep. Collection of Scientific Papers of KRCAHVM. 2021;2:18-23. doi: 10.48612/sbornik-2021-2-4
10. Pobednov YuA, Mamaev AA, Shirokorad MS. Study of accumulation of fermentation products during making silage and haylage of alfalfa in conditions of spontaneous fermentation and the use of preserving preparation. Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh [Problems of Productive Animal Biology]. 2019;2:89-98. doi: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2019.2.89-98
11. Pogozhev AR, Rtishcheva NE, Rtishchev KP, Gasparyan IN. The profitability of harvesting silage on farms. (Conference proceedings) Youth scientific forum: electr. digest of articles based on the

materials of the CXI student international scientific and practical conf. Moscow: «MCNO» Publishing House. 2021;1(111):62-67. [Electronic resource].

[https://nauchforum.ru/archive/MNF_interdisciplinarity/1\(111\).pdf](https://nauchforum.ru/archive/MNF_interdisciplinarity/1(111).pdf) (cited: 24.11.2022).

12. Baryshnikov PI, et al. Productivity of lactating cows fed on a diet of haylage from a vetch peat-oat mixture with the introduction of new biological preservative. Herald of Dnepropetrovsk University. Biology. Ecology. 2016;24(2):430-436. doi:10.15421/011658

13. Union of biological agriculture. About the project [Internet]. 2022. Available from: <https://nosbz.ru/pages/about.html> (cited: 12.11.2022).

14. Yunin VA, Zakharov AM, Zykov AV. Parameters of the distribution process of preservatives in plant raw materials. Meždunarodnyj naučno-issledovatel'skij žurnal (International Research Journal). 2022;1-1(115):89-95. doi: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.115.1.017>

15. Coblenz WK, Bertram MG. Effects of a propionic acid-based preservative on storage characteristics, nutritive value, and energy content for alfalfa hays packaged in large round bales. Journal of Dairy Science. 2012;95(1):340-352. doi: 10.3168/jds.2011-4496

16. Coblenz WK, Ogden RK, Akins MS, Chow EA. Nutritive value and fermentation characteristics of alfalfa-mixed grass forage wrapped with minimal stretch film layers and stored for different lengths of time. Journal of Dairy Science. 2016;100(7):5293-5304. doi: 10.3168/jds.2016-12404

17. Đorđević S, Mandić V et al. Bacterial inoculant effect on quality of alfalfa silage and haylage. Biotechnology in Animal Husbandry. 2019;35(1):85-96. doi: 10.2298/BAH1901085D

18. Liu C, Lai YJ, Lu XN, Guo PT, Luo HL. Effect of lactic acid bacteria inoculants on alfalfa (*Medicago sativa* L.) silage quality: assessment of degradation (in situ) and gas production (in vitro). Journal of Integrative Agriculture. 2016;15(12):2834-2841. doi: 10.1016/S2095-3119(16)61424-7

Информация об авторах:

Павел Владимирович Пенкин, соискатель кафедры «Зоотехния», Самарский государственный аграрный университет, 446442, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2, тел: 89165504055.

Наталья Евгеньевна Земскова, доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой «Зоотехния», Самарский государственный аграрный университет, 446442, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2, тел: 89879261712.

Александр Геннадьевич Мещеряков, доктор биологических наук, профессор кафедры «Зоотехния», Самарский государственный аграрный университет, 446442, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2, тел: 89279069362.

Information about the authors:

Pavel V Penkin, Candidate of the Department of "Animal Science", Samara State Agrarian University, 2, Uchebnaya str., Kinel', Ust'-Kinelsky urban settlement, 446442, tel.: 89165504055.

Natalia E Zemskova, Dr. Sci. (Biology), Associate Professor, Head of the Department of "Animal Science", Samara State Agrarian University, 2, Uchebnaya str., Kinel', Ust'-Kinelsky urban settlement, 446442, tel.: 89879261712.

Alexander G Meshcheryakov, Dr. Sci.(Biology), Professor of the Department of "Animal Science", Samara State Agrarian University, 2, Uchebnaya str., Kinel', Ust'-Kinelsky urban settlement, 446442, tel.: 89279069362.

Статья поступила в редакцию 16.11.2022; одобрена после рецензирования 29.11.2022; принятая к публикации 12.12.2022.

The article was submitted 16.11.2022; approved after reviewing 29.11.2022; accepted for publication 12.12.2022.