

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕТЕРОФЕРМЕНТАТИВНЫХ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ ПРИ СИЛОСОВАНИИ ЗЛАКОВО-БОБОВЫХ ТРАВ

А. Л. ЗИНОВЕНКО, Е. П. ХОДАРЕНОК, Л. М. МЕДВЕДЬКО,
А. А. КУРЕПИН

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по животноводству»,
г. Жодино, Республика Беларусь, 222163*

Е. Н. БИРЮК

*РУП «Институт мясо-молочной промышленности»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220075*

(Поступила в редакцию 30.01.2019)

В статье рассматривается влияние использования гетероферментативных молочнокислых бактерий при силосовании злаково-бобовых трав.

Установлено, что внесение гетероферментативных штаммов молочнокислых бактерий при силосовании злаково-бобовых трав способствовало повышению концентрации сырого протеина на 1,4–8,9 % в сравнении с контрольным вариантом. Содержание сухого вещества опытных силосов находилось на уровне 29,63–31,71 %.

*Использование биологического консерванта на основе штаммов молочнокислых бактерий *Lactococcus lactis*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus reuter* позволило получить силос из злаково-бобовых трав с питательной ценностью 9,85 МДж обменной энергии 1 кг сухого вещества, что выше на 2,9 % в сравнении с питательностью силоса спонтанного брожения.*

Ключевые слова: *гетероферментативные штаммы, силос, питательность, обменная энергия.*

The article discusses the influence of the use of heterofermentative lactic acid bacteria in the ensiling of grass and legume grasses.

It was established that the introduction of heterofermentative strains of lactic acid bacteria during the ensiling of grass and legume grasses contributed to an increase in the concentration of crude protein by 1,4–8,9 % in comparison with the control variant. The dry matter content of the experimental silos was at the level of 29,63–31,71 %.

*The use of a biological preservative based on the lactic acid bacteria *Lactococcus lactis*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus reuter* strains made it possible to obtain silage from cereal legumes with a nutritional value of 9,85 MJ of exchange energy of 1 kg of dry matter, which is 2.9 % higher than nutritional silage of spontaneous fermentation.*

Key words: *heterofermentative strains, silage, nutritional value, exchange energy.*

Введение. В основе силосования лежат, как известно, сложные микробиологические и биохимические процессы, связанные с превращением лабильных форм углеводов в молочную и другие органические кислоты. Молочная кислота – главное консервирующее средство, обуславливающее качество силоса. Выработка кислот, в частности, более сильной молочной кислоты, снижает уровень pH до 4,2–4,0 в

силосуемом сырье, что препятствует микробиальному распаду белка и развитию других нежелательных процессов, вызываемых гнилостными бактериями. По характеру продуктов жизнедеятельности молочнокислые бактерии условно разделяются на две группы: гомоферментативную и гетероферментативную, желательное преобладание в силосах возбудителей гомоферментного процесса [1].

Применение консервантов позволяет приготовить высококачественный силос из любых кормовых культур, в том числе из трудносiloсующихся [2, 3].

Анализ источников. Биоконсерванты для силосования растительных кормов в большинстве своем состоят из ассоциации нескольких видов молочнокислых и/или пропионовокислых бактерий. Используются гомо- и гетероферментативные молочнокислые бактерии, активные кислотообразователи, проявляющие устойчивость к кислой среде. Гомоферментативные бактерии при брожении образуют 95–97 % молочной кислоты, при этом путь энергетического обмена менее затратный, благодаря чему достигается быстрое подкисление силоса. Гетероферментативные штаммы бактерии обладают более широким набором ферментов и, как следствие, более выраженной способностью к синтезу биологически активных веществ. При сбраживании глюкозы помимо молочной кислоты образуют углекислоту, этиловый спирт, диацетил, перекись водорода, антибиотики. Выход энергии на 1 моль глюкозы у них ниже, но, как известно, гетероферментативные бактерии имеют широкий спектр антагонистической активности по отношению к возбудителям гнилостного брожения, что препятствует их накоплению при хранении силоса [4].

В последние годы ученые во всем мире в сельскохозяйственной микробиологии ведут большую работу по совершенствованию биологических консервантов для использования в силосовании. Для этого выделяют новые штаммы молочнокислых бактерий (в основном, традиционно используемые в силосовании – *L. plantarum*, *L. casei*, *L. rhamnosus*), которые помимо быстрого накопления в среде молочной кислоты обладают дополнительными ценными для данного процесса свойствами (например, осмоотолерантностью, антагонистической активностью к дрожжам и плесневым грибам, способностью расщеплять пентозаны и ферментировать образующиеся пентозы, расщеплять фруктаны, при ферментации углеводов не формировать декстраны, обладать способностью к редукции нитратов и т.п.), в связи с чем существенно повышается эффективность использования микроорганизмов при силосовании.

При оптимальной комбинации штаммов, преобладающим среди молочнокислых бактерий считается *Lactobacillus plantarum*, развиваясь при различных уровнях кислотности, дополняют друг друга, что приводит к максимально быстрому снижению pH силосной массы до 3,9–

4,2 и сохраняет питательность заготавливаемого корма. Следует отметить, что действие молочнокислых микроорганизмов избирательно и специфически проявляется в зависимости от видового состава и влажности сырья [5].

Важным направлением, позволяющим улучшить качество силоса, является использование в силосовании таких микроорганизмов, как например, *L. buchneri* (способствуют высокой аэробной стабильности силоса) и *L. brevis* (обладают высоким коэффициентом размножения в силосуемом сырье с относительно высоким содержанием в зеленом корме сухой массы – до 50 %).

Для эффективного использования бактериальной культуры в силосовании помимо биохимических свойств штамма (в частности, способности ферментировать широкий спектр углеводов с образованием молочной и кислоты и т. д.) необходимо знать и его видовую принадлежность, определенную с использованием культурально-морфологических, физиолого-биохимических и молекулярно-генетических методов. Поскольку под воздействием различных факторов многие виды лактобацилл обладают высоким уровнем фенотипической изменчивости, то для их точной идентификации необходимо использовать все перечисленные методы. В то же время молекулярно-генетические исследования являются наиболее надежными и независимыми от внешних факторов.

Несмотря на то, что лактобациллы обитают практически на всех надземных частях растений, выделение штаммов, обладающих комплексом требуемых свойств для использования при силосовании растительного сырья, является трудоемким и длительным процессом, требующим значительных интеллектуальных и финансовых затрат. Выделенные штаммы обладают повышенной осмотолерантностью, антагонистической активностью как к технически-вредным бактериям (*E. coli* и *Clostridium tyrobutyricum*), так и к дрожжам и плесневым грибам, ферментировать пентозы и гексозы, при ферментации углеводов не формировать декстраны и т. д.

Использование выделенных микроорганизмов при силосовании позволит сократить потери питательных веществ при консервировании зеленых растений и получить из них корма, незначительно отличающиеся по кормовым достоинствам от исходного сырья, пригодные для длительного хранения без значительных потерь питательных веществ и снижения качества [6, 7].

Цель работы – изучить качество злаково-бобового силоса, заготовленного с использованием гетероферментативных молочнокислых бактерий.

Материал и методика исследований. Для изучения химического состава и питательной ценности злаково-бобовых силосов, заготовленных с использованием гетероферментативных молочнокислых бак-

терий в лабораторных условиях были заложены опытные образцы злаково-бобового силоса с использованием лиофильно высушенных штаммов молочнокислых бактерий. В качестве контроля использовали злаково-бобовый силос спонтанного брожения.

Злаковые травы закладывали в фазу трубкования, бобовые – в фазу бутонизации, с проявливанием до содержания сухого вещества 30–35 %. Скошенную зеленую массу трав измельчали на соломорежке до размера частиц 3,0–5,0 см, после чего измельченную массу закладывали в стеклянные трехлитровые банки до удельной плотности 750 кг/м³. По истечении двух месяцев хранения были проведены исследования по изучению органолептических показателей и химического состава силосов.

В опытах изучались: химический анализ кормов и продуктов обмена осуществляли по схеме зоотехнического анализа: определение массовой доли влаги – ГОСТ 27548- 97 п.7; м. д. азота (сырого протеина) – ГОСТ 13496.4-93 п. 3 с применением автоматического анализатора UDK 132 и UDK 159 (VELP, Италия); м.д. сырой клетчатки – ГОСТ 13496.2-91 с применением полуавтоматического анализатора FIWE-6; м.д. сырого жира - ГОСТ 13496.15-2016 п. 9.1; м.д. золы – ГОСТ 26226-95, определение растворимых и легкогидролизуемых углеводов (с антроновым реактивом) ГОСТ 26176-91 п.2; активной кислотности pH – ГОСТ 26180-84 п.3; сухое и органическое вещество, органические кислоты (молочная, уксусная, масляная) БЭВ, каротин (Е. Н. Мальчевская, Г. С. Миленькая, 1981; В. Н. Петуха с соавт., 1989) [8, 9]. Определение обменной энергии и кормовых единиц СТБ 1223-2000 п. 6.12, ГОСТ 23637-90 приложение 2, СТБ 2015-2009 п. 6.14.

Данные, полученные в ходе опытов, обработаны методом вариационной статистики по Рокицкому П. Ф.[10].

Результаты эксперимента и их обсуждение. Силосование – сложный микробиологический и биохимический процесс консервирования сочной растительной массы. Кислая реакция среды, создаваемая молочнокислыми бактериями, является основным условием, определяющим сохранность корма.

Сохранность питательных веществ определяется интенсивностью развития микробиологических процессов в силосуемой массе. При силосовании массы, содержащей 30–40 % сухого вещества, преобладает молочнокислое брожение, обеспечивается высокая сохранность питательных веществ (до 95 %) в траншеях под пленками. С повышением влажности массы жизнедеятельность бактерий усиливается, в результате увеличиваются потери от так называемого «угара» массы, т. е. от разложения питательных веществ бактериями до газообразных продуктов и воды.

При силосовании массы с содержанием сухого вещества в пределах 25–29 % сохранность питательных веществ составляет 80–85 %, при

этом часть из них теряется с вытекающим соком, которого может выделиться до 5 % от заложенной массы. При силосовании избыточно влажной массы (80–86 % воды) обильно вытекает сок (15–25 % от ее количества), что обуславливает бурное развитие всех микроорганизмов, которые разлагают около 20 % наиболее ценных питательных веществ, 4–5 % их теряется с вытекающим соком. Основные силосные культуры должны иметь оптимальное содержание сухого вещества 30–35 %.

В лабораторных условиях были заложены опытные партии силосов из злаково-бобовых трав с содержанием сухого вещества 33,04 %.

Питательность исходной массы злаково-бобовой травосмеси по содержанию кормовых единиц в 1 кг сухого вещества составила 0,97. Концентрация обменной энергии в сухом веществе исходной массы находилась на уровне 9,99 МДж.

По истечении двух месяцев хранения были проведены исследования по изучению органолептических показателей и химического состава кормов.

При консервировании зеленой массы решающую роль имеет значение pH. Так по значению pH можно судить, за счет каких микроорганизмов шла ферментация заложенного корма (табл. 2).

Таблица 2. Активная кислотность (pH) и содержание органических кислот в злаково-бобовых силосах

Варианты	pH	Соотношение кислот, %		
		молочная	уксусная	масляная
Контроль	4,12	51,26	48,74	—
В 1/1(<i>Lb. plantarum</i> + <i>Lb. brevis</i>)	4,09	52,53	47,47	—
В 1/2 (<i>Lb. plantarum</i> + <i>Lb. buchneri</i>)	4,26	55,97	44,03	—
В 1/3 (<i>Lb. plantarum</i> + <i>Lb. curvatus</i>)	4,05	51,68	48,32	—
В 1/4 (<i>Lb. plantarum</i> + <i>Lb. pentosus</i>)	4,10	52,18	47,82	—
В 1/5 (<i>Lb. plantarum</i> + <i>Lb. reuteri</i>)	4,39	55,37	44,63	—
К 1 (<i>Lb. plantarum</i>)	4,20	54,09	45,91	—
В 2/1(<i>Lc. lactis</i> + <i>Lb. plantarum</i> + <i>Lb. brevis</i>)	4,13	52,84	47,16	—
В 2/2 (<i>Lc. lactis</i> + <i>Lb. plantarum</i> + <i>Lb. buchneri</i>)	4,24	57,88	42,12	—
В 2/3 (<i>Lc. lactis</i> + <i>Lb. plantarum</i> + <i>Lb. curvatus</i>)	4,10	55,70	44,30	—
В 2/4 (<i>Lc. lactis</i> + <i>Lb. plantarum</i> + <i>Lb. pentosus</i>)	4,19	54,28	45,72	—
В 2/5 (<i>Lc. lactis</i> + <i>Lb. plantarum</i> + <i>Lb. reuteri</i>)	4,21	55,09	44,91	—
К 2 (<i>Lc. lactis</i> + <i>Lb. plantarum</i>)	4,19	55,77	44,23	—

В наших исследованиях во всех вариантах процесс подкисления силосуемой массы был оптимальный (процессы проходили по типу молочнокислого брожения). В соотношении кислот во всех вариантах преобладала молочная кислота 52,53–57,88 %, масляная кислота отсутствовала во всех вариантах.

По содержанию молочной кислоты наилучшим вариантом был корм, заготовленный с консорциумом микроорганизмов *Lc. lactis*, *Lb.*

plantarum, *Lb. buchneri*. Соотношение молочной кислоты в данном варианте составило 57,88 %, что на 6,62 п. п. выше по сравнению с контролем. В результате жизнедеятельности микроорганизмов при силосовании, содержание питательных веществ в консервированных кормах подвержено глубоким изменениям. Химический анализ дает полную характеристику питательности силоса, возможность проследить влияние различных консервантов на сохранность основных питательных веществ корма.

Анализируя данные химического состава консервированных кормов, следует отметить, что опытные партии имели достаточно высокое содержание всех питательных веществ (табл. 3).

Таблица 3. Содержание питательных веществ в сухом веществе силосов

Показатели	Сух. вещество, %	Содержится в абсолютно сухом веществе, %			
		сырой жир	сырой протеин	сырая клетчатка	сырая зола
Контроль	29,37	3,00	13,31	36,20	9,20
В 1/1(<i>Lb. plantarum</i> + <i>Lb. brevis</i>)	30,64	3,11	13,75	31,40	8,10
В 1/2 (<i>Lb. plantarum</i> + <i>Lb. buchneri</i>)	29,64	3,01	13,75	32,60	8,80
В 1/3 (<i>Lb. plantarum</i> + <i>Lb. curvatus</i>)	29,63	3,08	13,50	33,90	8,40
В 1/4 (<i>Lb. plantarum</i> + <i>Lb. pentosus</i>)	29,78	3,16	13,81	32,50	8,40
В 1/5 (<i>Lb. plantarum</i> + <i>Lb. reuteri</i>)	31,25	3,03	14,12	31,90	8,90
К 1 (<i>Lb. plantarum</i>)	30,84	3,09	14,10	30,70	8,90
В 2/1(<i>Lc. lactis</i> + <i>Lb. plantarum</i> + <i>Lb. brevis</i>)	30,72	3,23	14,12	29,90	8,70
В 2/2 (<i>Lc. lactis</i> + <i>Lb. plantarum</i> + <i>Lb. buchneri</i>)	30,70	3,04	14,50	31,10	8,40
В 2/3 (<i>Lc. lactis</i> + <i>Lb. plantarum</i> + <i>Lb. curvatus</i>)	30,75	3,15	13,87	29,90	8,60
В 2/4 (<i>Lc. lactis</i> + <i>Lb. plantarum</i> + <i>Lb. pentosus</i>)	31,63	3,13	14,25	30,90	8,70
В 2/5 (<i>Lc. lactis</i> + <i>Lb. plantarum</i> + <i>Lb. reuteri</i>)	31,71	3,14	14,50	29,90	8,40
К 2 (<i>Lc. lactis</i> + <i>Lb. plantarum</i>)	30,59	3,05	13,50	30,60	8,70

Содержание сухого вещества опытных силосов находилось на уровне 29,63–31,71 %, наибольшее количество сырого протеина 145,0 г в 1 кг сухого вещества в опытных силосах было в вариантах В2/2 и В 2/5, наименьшее в варианте К2 – 135,0 г, тогда как в контроле этот показатель составил 133,1 г.

По концентрации сырой клетчатки наиболее оптимальными были варианты В2/3 и В2/5, где этот показатель находился на уровне 299,0 г. Использование гетероферментативных штаммов молочнокислых бактерий при консервировании силосованных кормов способствовало

повышению питательности сухого вещества заготовленных кормов на 3,41–6,82 % по сравнению с силосом без консерванта (табл. 4).

Лучшими вариантами использования гетероферментативных штаммов можно отметить варианты В 2/5, В2/3, В2/1 и В1/1. Так как при использовании штаммов *Lc. lactis*, *Lb. plantarum*, *Lb. reuteri*, *Lb. curvatus*, *Lb. buchneri* силоса имели наиболее высокое содержание обменной энергии 9,83– 9,85 МДж в 1 кг сухого вещества.

Таким образом, использование гетероферментативных молочно-кислых бактерий штаммов *Lactococcus lactis*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus reuter* при силосовании злаково-бобовых трав позволяет заготавливать силосованные корма с питательной ценностью на уровне 9,85 МДж обменной энергии.

Таблица 4. Питательная ценность злаково-бобовых силосов

Силоса	Кормовые единицы		Обменная энергия, МДж	
	в натур. корме	в сухом веществе	в натуральном корме	в сухом веществе
Контроль	0,26	0,88	2,81	9,57
В 1/1(<i>Lb. plantarum</i> + <i>Lb. brevis</i>)	0,28	0,93	3,01	9,83
В 1/2 (<i>Lb. plantarum</i> + <i>Lb. buchneri</i>)	0,27	0,91	2,85	9,70
В 1/3 (<i>Lb. plantarum</i> + <i>Lb. curvatus</i>)	0,27	0,91	2,88	9,71
В 1/4 (<i>Lb. plantarum</i> + <i>Lb. pentosus</i>)	0,27	0,91	2,91	9,77
В 1/5 (<i>Lb. plantarum</i> + <i>Lb. reuteri</i>)	0,28	0,92	3,04	9,72
К 1 (<i>Lb. plantarum</i>)	0,28	0,92	3,01	9,76
В 2/1(<i>Lc. lactis</i> + <i>Lb. plantarum</i> + <i>Lb. brevis</i>)	0,29	0,93	3,02	9,83
В 2/2 (<i>Lc. lactis</i> + <i>Lb. plantarum</i> + <i>Lb. buchneri</i>)	0,28	0,92	3,01	9,81
В 2/3 (<i>Lc. lactis</i> + <i>Lb. plantarum</i> + <i>Lb. curvatus</i>)	0,29	0,93	3,02	9,83
В 2/4 (<i>Lc. lactis</i> + <i>Lb. plantarum</i> + <i>Lb. pentosus</i>)	0,29	0,92	3,10	9,79
В 2/5 (<i>Lc. lactis</i> + <i>Lb. plantarum</i> + <i>Lb. reuteri</i>)	0,30	0,94	3,12	9,85
К 2 (<i>Lc. lactis</i> + <i>Lb. plantarum</i>)	0,28	0,92	2,99	9,79

Заключение. Внесение гетероферментативных штаммов молочно-кислых бактерий при силосовании злаково-бобовых трав способствовало повышению концентрации сырого протеина на 1,4–8,9 % в сравнении с контрольным вариантом. Содержание сухого вещества опытных силосов находилось на уровне 29,63–31,71 %.

Использование биологического консерванта на основе штаммов молочнокислых бактерий *Lactococcus lactis*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus reuter* позволило получить силос из злаково-бобовых трав с питательной ценностью 9,85 МДж обменной энергии 1 кг сухого вещества, что выше на 2,9 % в сравнении с питательностью силоса спонтанного брожения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Современные технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов / М. А. Кадыров и [и др.]; под общ. ред. М. А. Кадырова. – Минск: ИВЦ Минфина, 2005. – С. 158–178.
2. Роусек, Я. Качественные объемистые корма. Как их получить? // Белорусское сельское хозяйство. – 2007. – № 5(61). – С. 57–60.
3. Евтисова, С. Х. Консервирование с применением молочнокислых заквасок // Кормопроизводство. – 1998, № 7. – С. 28–30.
4. Зубрилин, А. А. Сахарный минимум как основной фактор силосуемости кормов и метод его определения // Проблемы животноводства. – 1937, № 6. – С. 74–89.
5. Абраскова, С. В. Особенности процессов ферментации во время заготовки, хранения, использования силоса и сенажа / Абраскова, С. В. // Наше сельское хозяйство. – № 4 – 2013 – С. 60–64.
6. Способ силосования трав: пат. 2271123 РФ, МПК А23К 3/00 / Ю. А. Победнов, А. А. Мамаев; дата публ.: 10.03.2006.
7. Способ силосования козлятника восточного: пат. 2437567 РФ, МПК А23К 3/00 / Н. В. Фомичева, Е. А. Васильева, Н. Г. Ковалев, Г. Ю. Рабинович, А. Г. Кобзин; дата публ.: 27.12.2011.
8. Мальчевская, Е. Н., Миленская, Г. С. Оценка качества и зоотехнический анализ кормов / Е. Н. Мальчевская, Г. С. Миленская, – Мн.: Урожай, 1981. – 143 с.
9. Петухова, Е. А. Зоотехнический анализ кормов / Е. А. Петухова, Р. Ф. Бессабарова, Л. Д. Холенева. – М.: Агропромиздат, 1989. – 239 с.
10. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Изд. 3-е испр. – Минск: Вышэйшая Школа, 1973. – 320 с.