

2. Леонович О. К., Дупанов С. А. Исследование химических и структурных свойств натурального мореного дуба методом сканирующей микроскопии // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. Возобновляемых ресурсов. 2021. № 1 (241). С. 150–155.

УДК 631.35:636.085.51

Э.В. Логвинова¹, В.С. Болтовский²

¹ООО «Фермент»

²Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

ПОВЫШЕНИЕ ПЕРЕВАРИВАЕМОСТИ КЛЕТЧАТКИ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ И ФЕРМЕНТОВ

***Аннотация.** В статье представлены данные об эффективности ферментации растительного сырья с использованием биоконсервантов на основе ферментной композиции (обладающей ксиланазной, целлюлазной и пектиназной активностями) и консорциума молочнокислых гомо- и гетероферментативных бактерий в смеси с ксиланазным ферментом.*

E.V. Logvinova¹, V.S. Boltovsky²

¹Ferment LLC

²Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

INCREASING THE DIGESTABILITY OF FIBER IN GRASS PLANTS USING LACTIC ACID BACTERIA AND ENZYMES

***Abstract.** The article presents data on the effectiveness of fermentation of plant raw materials using biopreservatives based on an enzyme composition (with xylanase, cellulase and pectinase activities) and a consortium of lactic acid homo- and heterofermentative bacteria mixed with a xylanase enzyme.*

В настоящее время во многих странах в т. ч. Республике Беларусь особое внимание уделяется улучшению кормовой базы. Одной из важных задач кормопроизводства является заготовка высококачественных растительных кормов, которые обеспечивают интенсивное развитие животноводства и повышение продуктивности крупного рогатого скота.

При нарушении технологии заготовки и недостаточном техническом оснащении потери питательных веществ в кормах достигают 25% [1] в Республике Беларусь и 25–50% в Российской Федерации [2]. Поэтому разработка и внедрение достижений науки и прогрессивных технологий заготовки кормов является актуальной задачей.

Применяется два основных способа заготовки растительных кормов: сушка (до влажности 35%) или внесение консервантов (химических либо биологических).

Наибольшее распространение получило силосование (заготовка прямым способом) с использованием биоконсервантов, что позволяет не только снизить потери до 5–10%, но и повысить переваримость сырой клетчатки при дополнительном внесении ферментной композиции [1].

Согласно исследованиям [3] эпифитная микробиота трав состоит из аэробных бактерий (83%), энтеробактерий (8%), молочнокислых бактерий (8%), около 1% дрожжеподобных и мицелиальных грибов и различных патогенных микроорганизмов.

Микробиота бобовых культур (люцерны, клевера, козлятника) преимущественно на 96% состоит из аэробных гетеротрофов, а молочнокислые бактерии составляют всего лишь 0,3–1,7% [4].

Для нормализации процесса ферментации необходимо обеспечить доминирование молочнокислых бактерий, поэтому в измельченную зеленую массу вносится рабочий раствор молочнокислых бактерий в количестве не менее $1 \cdot 10^5$ КОЕ/г из расчета на 1 кг силоса. Не менее важным условием является наличие достаточного количества сахаров для выработки молочной и уксусной кислот, подавляющих метаболизм патогенной микробиоты.

Компания ООО «Фермент» уже более пяти лет занимается разработкой комплексных биоконсервантов для заготовки растительных кормов, по следующим направлениям:

- подбор консорциума молочнокислых бактерий (выполненный специалистами кафедры биотехнологии УО «Белорусский государственный технологический университет» по заказу ООО «Фермент») и состава ферментной композиции – на основании проведенных нами исследований на кафедре химической переработки древесины БГТУ;

- проверка эффективности биоконсервантов в лабораторных условиях в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (г. Жодино);

– апробация в производственных условиях в хозяйствах Республики Беларусь и качественный анализ образцов в лаборатории «Скарб-био» методом спектроскопии ближнего инфракрасного излучения.

Нами изучена эффективность ферментной композиции, которая обладает ксиланазной (105 ед/мл), целлюлазной (35,8 ед/мл) и пектиназной (28,6 ед/мл) активностью. В измельченную зеленую массу травянистых растений злаковых культур вносили раствор ферментной композиции в количестве 2, 2,5 и 3% от массы сырья, выдерживали 30 сут в анаэробных условиях без доступа солнечного света. Лучший результат получен при внесении 3% раствора ферментной композиции от массы сырья: содержание легкогидролизуемых полисахаридов увеличилось на 9,1%, а трудногидролизуемых полисахаридов снизилось на 11,1% по сравнению с контролем. Также повысилась сохранность сырого протеина на 12,5% по сравнению с контролем. Однако применение ферментной композиции затруднено из-за высокой себестоимости продукта. Поэтому был выбран фермент, обладающий ксиланазной активностью, который гидролизует гемицеллюлозы до моно- и олигосахаридов (источник питания молочнокислых бактерий), и закваска для усиления консервирующих свойств.

По результатам изучения ростовых свойств и уровня кислотообразования *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus buchneri* и *Lactobacillus diolivorans* установлено, что внесение гетероферментативных молочнокислых бактерий *Lactobacillus buchneri* и *Lactobacillus diolivorans* усиливает эффективность процесса ферментации *Lactobacillus plantarum* и *Lactobacillus casei* и позволяет за 36 ч достигнуть максимальной кислотности и количества жизнеспособных бактерий.

После подтверждения эффективности комплексного биоконсерванта, состоящего из консорциума *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus buchneri* и *Lactobacillus diolivorans* в количестве $1 \cdot 10^{11}$ КОЕ/г и ксиланазы с активностью 20000 ед/г, в лабораторных условиях специалистами РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», были проведены производственные испытания в хозяйствах Республики Беларусь.

Данный консорциум молочнокислых бактерий и ксилолитического фермента вносили в 1 т измельченной зеленой массы кукурузы (ксиланаза 30000 ед/г), смеси злаково-бобовых травянистых растений (ксиланаза 60000 ед/г), смеси подсолнечника и кукурузы в соотношении 1 : 1 (ксиланаза 90000 ед/г) в виде рабочего раствора

дозировкой 1 л на 1 т растительного сырья, уплотняли, укрывали солнцезащитной пленкой и хранили 60 сут.

Все опытные образцы обладали приятным ароматом квашенных овощей, оптимальным значением pH 3,9–4,1, низкими потерями сухого вещества (0–6%) и обменной энергии (0–4%).

Лучший результат получен в смеси подсолнечника и кукурузы с использованием ксиланазного фермента активностью 90000 ед/г: переваримость клетчатки повысилась на 15,9%, включая нейтрально-детергентную – на 10,1% и кислотнo-детергентную – на 21,1%, что позволило значительно повысить содержание растворимого протеина на 35,1%. В результате переваримость органических веществ повысилась на 13,8%.

Таким образом, применение комплексного биоконсерванта на основе молочнокислых бактерий *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus buhneri* и *Lactobacillus diolivorans* и ксиланазы с активностью 90000 ед/г позволяет не только повысить переваримость клетчатки, но и существенно (более чем на треть) увеличить содержание растворимого протеина, что обеспечивает повышение качества кормов и позволяет сократить потребление дорогостоящего соевого шрота.

Список использованных источников

1. Техническое обеспечение технологий заготовки высококачественных кормов: рекомендации./ В. В. Гракун, А. К. Заневский, Н. А. Попков. Минск: Изд-во РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», 2017. 77 с.
2. Лаптев Г. Ю., Новикова Л. А., Ильина Л. А. Влияние биологических и химических консервантов на накопление плесневых грибов и микотоксинов в силосе // Молодежь и наука. 2016. № 12. С. 10–13.
3. Пахлов Г., Мак Р.Э., Дрихёйс Ф., Оуде Эльферинк С.Д., Сирк Ф. Споэльстра. Микробиология силосования 2003[Электронный ресурс] // ССА [сайт]. [2024]. URL: <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2134/agronmonogr42.c2> (дата обращения: 01.11.2024).
4. Шурхно Р. А., Сироткин А.С. Свойства штаммов молочнокислых бактерий, используемых для ферментации высокобелковой растительной массы (обзор) // Вестник технологического университета. 2015. № 10. С. 227 – 232.