

Эффективность новых штаммов молочнокислых бактерий и *B. licheniformis* в консервировании кукурузы

Ирек Тагирович Бикчантаев, Дэниел Мавуена Афордоањи

Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук», г. Казань, Россия, e-mail: bichantaev@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены результаты лабораторного исследования применения инокулянта, содержащего живые молочнокислые бактерии и их сочетания при заготовке кукурузного силоса. Выявлена положительная тенденция микроорганизмов в сохранении питательных веществ готового корма.

Ключевые слова: кукуруза; *Lactobacillus*; молочная кислота; силос; обменная энергия.

Для цитирования: Бикчантаев И. Т., Афордоањи Д. М. Эффективность новых штаммов молочнокислых бактерий и *B. licheniformis* в консервировании кукурузы // Аграрный научный журнал. 2022. № 4. С. 53–56. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i4pp53-56>.

VETERINARY MEDICINE AND ZOOTECHNICS

Original article

Efficiency of new strains of lactic acid bacteria and *B. licheniformis* in corn preservation

Irek T. Bikchantaev, Daniel M. Afordoanyi

Tatar Research Institute of Agriculture – a separate structural subdivision of Federal Research Center “Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Kazan, Russia, e-mail: bichantaev@mail.ru

Abstract. The article discusses the results of a laboratory study on the effect of an inoculant containing live lactic acid bacteria and their combinations when harvesting corn silage. A positive tendency of microorganisms in the preservation of nutrients in the finished feed was revealed.

Keywords: corn; *Lactobacillus*; lactic acid; silage; energy exchange.

For citation: Bikchantaev I. T., Afordoanyi D. M. Efficiency of new strains of lactic acid bacteria and *B. licheniformis* in corn preservation. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(4):53–56. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i4pp53-56>.

Введение. Молочнокислые бактерии (МКБ) играют большую роль в ряде отраслей промышленности и сельского хозяйства, где их широко используют при консервировании растительного сырья. МКБ способствуют большей сохранности энергетической ценности и питательности готового корма в сравнении с нативным сырьем. Это имеет огромное значение в современном интенсивном животноводстве, так как вегетационный период растений ограничен, а объемистые корма являются основными в структуре рациона однотипного круглогодичного кормления высокопродуктивных животных. Высококачественные сочные корма способствуют уменьшению концентратной части в составе рациона кормления и его удешевлению, повышению воспроизводительных функций и длительному хозяйственному использованию животных, что в конечном итоге положительно отражается на рентабельности производства животноводческой продукции [1, 2, 4, 14, 15]. Одним из таких значимых кормов является кукурузный силос, хорошо поедаемый всеми видами сельскохозяйственных животных. Однако благоприятный период для качественной заготовки ограничивается 8–12 днями вегетационного периода, приходящимися на фазу молочно-восковой спелости зерна [3, 10, 13].

Силосование – один из основных недорогих способов заготовки зеленой массы кукурузы с минимальными потерями питательных веществ и витаминов. Суть данного способа сводится к накоплению в плотно уложенной фитомассе органических кислот (главным образом молочной), которые образуются в результате жизнедеятельности бактерий из сахара, содержащегося в растительной массе [17, 19].

В силосной массе также могут развиваться и нежелательные микроорганизмы, вызывающие потери питательных веществ и снижение качества силоса: бактерии группы кишечных палочек, гнилостные микроорганизмы, в том числе маслянокислые бактерии, дрожжи и др. Продукты их жизнедеятельности снижают продуктивность животных, вызывают заболевания органов пищеварительной, дыхательной и других систем организма, что отрицательно сказывается на рентабельности производства животноводческой продукции (молоко, мясо и др.). Установлено, что использование при силосовании инокулянтов ускоряет процесс заква-





шивания и снижение рН до 4,2–4,0, тем самым подавляет развитие практически всех вышеперечисленных микроорганизмов [7, 11, 18, 20].

Цель нашей работы – подбор микроорганизмов, ускоряющих процесс консервирования, а следовательно, снижающих потери питательных веществ и энергии.

Методика исследований. Работу проводили в отделе агробиологических исследований ТатНИИСХ – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН. Статья подготовлена в рамках государственного задания ТатНИИСХ – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН.

Объектами исследования служили раннеспелый трехлинейный гибрид кукурузы Машук СВ 180 и экспериментальные МКБ (*Lactobacillus plantarum* S1aR, *Pediococcus acidilactici* 12c, *Lactobacillus paracasei* L1a и *Bacillus licheniformis* WJ53A). Закваски использовали в дозах 1×10^6 на 1,5 кг зеленой массы. Контроль – измельченная зеленая масса без консервантов, заложённая методом самоконсервирования.

Экспериментальные инокулянты жидкой формы, содержащие в своем составе бактерии, представлены в четырех вариантах:

инокулянт 1 (*Lactobacillus paracasei* L1a, *Lactobacillus plantarum* S1a R);

инокулянт 2 (*Lactobacillus plantarum* S1a R);

инокулянт 3 (*Pediococcus acidilactici* 12c);

инокулянт 4 (*Lactobacillus paracasei* L1a с *Bacillus licheniformis* WJ53A).

Для приготовления рабочего раствора инокулянты разбавляли дистиллированной водой комнатной температуры, как и рекомендуют производители [16].

Силосование проводили в 2020 г. в лабораторных условиях отдела агробиологических исследований в трех повторностях в герметичных вакуумных пакетах объемом 2 л. Измельченную растительную массу люцерны закладывали и упаковывали в полиэтиленовые вакуумные пакеты Redmond RAM-VR01 с помощью вакуумного упаковщика Redmond rvs-m020 (Китай). В соответствии с методическими рекомендациями экспериментальные объекты хранили в затемненном помещении при температуре $+8...18$ °C [9].

По истечении 60 дней вакуумные пакеты вскрывали и проводили полный зоотехнический анализ опытных образцов готовых кормов, а также определяли содержание и соотношение органических кислот по гостовским методикам. В качестве испытательного оборудования использовали автоматический комплект для определения сырого протеина по Кьельдалю (дигестратор KB-20S, дистиллятор, титратор), экстрактор автоматический для определения сырой клетчатки (VELP Scientific, Италия).

Массовую долю влаги устанавливали по ГОСТ 31640-2012 (методом двухступенчатого определения содержания сухого вещества); массовую долю сырого протеина – по ГОСТ 32044.1-2012 (ISO 5983-1:2005) методом Кьельдаля [5]; клетчатки – по ГОСТ 31675-2012 (с применением промежуточной фильтрации); растворимых углеводов – по ГОСТ 26176-91 (с применением антронового реактива); содержание органических кислот (молочной, масляной и уксусной) в кормах – по ГОСТ Р55986-2014 (методом Леппера-Флига); активную кислотность (рН) – по ГОСТ 26180-84 (метод потенциометрического измерения активности водородных ионов) [6].

Статистическую обработку данных осуществляли на персональном компьютере с использованием программы Microsoft Excel пакета Microsoft Office 2007.

Результаты исследований. Как при обычном силосовании (спонтанное заквашивание), так и при применении инокулянтов в растительной массе наблюдалось активное развитие различных групп микроорганизмов с образованием органических кислот (молочная, уксусная и масляная) [8]. Это было ярко выражено в контрольных образцах, где была отмечена наибольшая концентрация кислот (3,557 абс.%), выше по отношению к опытным образцам на 0,175...1,127 % (табл. 1). При этом содержание масляной кислоты в готовом силосе было максимальным (0,041 абс.%), выше по отношению к опытным образцам на 0,018...0,035 %, или в 1,78...6,83 раза соответственно. Однако этот показатель был максимально ниже в образце с инокулянтом 4 (0,006 абс.%). Аналогичная картина установлена и по содержанию уксусной кислоты (0,352 абс.%), показатель был выше опытных на 0,18...0,13 %, или в 1,62...2,05 раза соответственно.

С инокулянтами 1, 2 и 4 разница концентраций уксусной кислоты с контролем была достоверной ($p < 0,01$; $p < 0,001$). Это возможно при наличии спор маслянокислых бактерий на растениях, которые при высокой влажности и быстром создании анаэробных условий начинают прорастать и образовывать масляную кислоту [12].

Таблица 1

Содержание и соотношение органических кислот в силосах кукурузных, законсервированных различными биоинсеквантами ($n = 3$)

Вариант опыта	Массовая доля кислот, абс.%			Сумма трех кислот, %	Соотношение кислот, %			рН
	уксусная	масляная	молочная		уксусная	масляная	молочная	
Контроль	0,352±0,014	0,041±0,039	3,163±0,105	3,557±0,085	10,27±0,80	1,18±1,09	88,55±0,42	3,23±0,05
Инокулянт 1	0,176±0,002***	0,022±0,002	2,232±0,204*	2,430±0,202*	7,28±0,65	0,92±0,16	91,80±0,81	3,61±0,04*
Инокулянт 2	0,172±0,022**	0,023±0,012	3,048±0,119	3,243±0,108	5,32±0,83	0,69±0,33	95,68±3,46	3,16±0,06
Инокулянт 3	0,218±0,088	0,016±0,017	2,984±0,049	3,185±0,137	6,78±2,56	0,53±0,55	92,05±1,24	3,43±0,01*
Инокулянт 4	0,180±0,027***	0,006±0,010	3,166±0,067	3,382±0,135	5,32±0,64	0,17±0,29	94,51±0,40	3,59±0,75

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ в сравнении с контролем

Наименьшее кислотообразование было установлено в образце с применением инокулянта 1, которое составило 2,430 абс.%, что достоверно ниже по отношению к контролю – на 1,127 % ($p < 0,05$). Водородный показатель (рН) в данном образце был наименее кислым (3,61) по отношению к контролю, и разница составила 11,77 % ($p < 0,05$).

Анализ результатов изучения химического состава и питательности силоса кукурузного, заготовленного в условиях лабораторных опытов свидетельствует о том, что введение различных экспериментальных инокулянтов приводит к некоторым изменениям в качественных показателях (табл. 2).

Таблица 2

Химический состав в силосах кукурузных, законсервированных различными биоинкулянтами, % натуральной влажности ($n = 3$)

Вариант опыта	Сухое вещество	Сырой протеин	Сырая клетчатка	Сырой жир	ОЭ, МДж
Контроль	22,74±0,46	2,61±0,06	5,87±0,35	0,56±0,08	2,01±0,03
Инокулянт 1	18,05±0,50	2,35±0,02	4,34±0,36	0,46±0,03	1,57±0,05
Инокулянт 2	23,07±0,47	2,73±0,12	5,48±0,18	0,58±0,08	2,04±0,04**
Инокулянт 3	20,32±0,13	2,22±0,03	5,33±0,09	0,41±0,01	1,81±0,03
Инокулянт 4	19,79±1,36	2,62±0,31	4,53±0,15	0,45±0,03	1,71±0,13

** $p < 0,01$ в сравнении с инокулянтами 1 и 3.

Так, на 60-й день опыта в готовом силосе с применением инокулянта 2 была установлена наивысшая сохранность сухого вещества – 23,07 %, сырого протеина – 2,73 %, сырого жира – 0,58 % и обменной энергии (ОЭ) – 2,04 МДж, что было выше контроля на 0,33; 0,12; 0,02 и 1,49 % соответственно. При этом внесение данного инокулянта положительно повлияло и на концентрацию ОЭ в готовом силосе, которая была достоверно выше к показателям инокулянта 1 на 23,04 % и инокулянта 3 – на 11,28 %.

Заключение. В результате проведенных сравнительных лабораторных исследований получены новые данные о применении экспериментальных инокулянтов, в состав которых входят микроорганизмы, направленные на повышение сохранности питательных веществ и энергии готовых кормов из зеленой массы кукурузы.

На основании анализа и обобщения данных экспериментальных исследований можно сделать следующие предварительные выводы:

применение инокулянта 2 способствует сохранности сухого вещества на 0,33 %, сырого протеина – на 0,12 %, сырого жира – на 0,02 % и обменной энергии – на 1,49 % по сравнению с контролем;

использование *Lactobacillus paracasei* L1a с *Bacillus licheniformis* WJ53A (инокулянт 4) по сравнению с другими вариантами инокулянтов способствовало более интенсивному образованию органических кислот, концентрация которых была выше на 0,952...0,139 %. В частности, по содержанию молочной кислоты данная смесь была лидером: выше по отношению к опытным образцам на 0,118...0,934 % и к контрольному – на 0,003 %. Наименьшая концентрация масляной кислоты также была установлена в данном образце (0,006 абс.%), которая была ниже контроля на 0,035 %. Это характеризует направленность процессов брожения в консервируемых кормах и гарантирует сохранность питательных веществ и энергии готового корма.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бараников А. И., Бараников В. А., Шахбазова О. П., Горлов И. Ф. Эффективность использования зеленых и сочных кормов в районах племенных свиной // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 2(30). С. 101–106.
- Бикчантаев И. Т. Эффективность биологических препаратов в консервировании люцерны // Вестник КазГАУ. 2019. № 3(54). С. 15–18. DOI 10.12737/article_5db8435dd21dd0.39476415.
- Герасимов Е. Ю., Иванова О. Н., Кучин Н. Н. Силосование кукурузы // Карельский научный журнал. 2014. № 4 (9). С. 165–169.
- Глазов А. Ф., Забашта Н. Н., Власов А. Б., Головкин Е. Н. Заготовка высококачественных объемистых кормов – основа животноводства // Сборник научных трудов СКНИИЖ. 2014. № 3. С. 59–62.
- ГОСТ 32044.1-2012. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение массовой доли азота и вычисление массовой доли сырого протеина. Ч. 1. Метод Кьельдаля. М.: Стандартинформ, 2014. 12 с.
- ГОСТ 26180-84. Корма. Методы определения аммиачного азота и активной кислотности. М.: Изд-во стандартов, 1984. 6 с.
- Динамика накопления микотоксинов в силосе на разных этапах хранения / Г. Ю. Лаптев [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2014. № 6. С. 123–130.
- Логвинова А. В., Болтовский В. С. Консервирование растительных кормов (обзор) // Труды БГТУ. Серия 2. 2019. № 1. С. 103–111.
- Методическое руководство по химическому консервированию кормов и испытание их на животных / К. М. Солнцев [и др.]. М.: Колос, 1980. 24 с.
- Морозков Н. А., Суханова Е. В., Завьялова Н. Е. Качество объемистых кормов в Пермском крае и пути его повышения // Пермский аграрный вестник. 2020. № 4(32). С. 59–69.
- Победнов Ю. А., Косолапов В. М. Биологические основы силосования и сенажирования трав (обзор) // Сельхозбиология. 2014. № 2. С. 31–41.





12. Теоретические представления и способы консервирования кукурузы и трав на основе регулирования микробиологических процессов (методические указания) / ФГБНУ «ВНИИ кормов им. В.Р.Вильямса». СПб.: БИОТРОФ, 2017. 57 с.

13. Кобжасаров Т. Ж., Бексеитов Т. К., Асанбаев Т. Ш. Технология заготовки силоса с применением микробиологических заквасок : учебно- методическое пособие. Павлодар: Кереку, 2016. 66 с.

14. Фазульзянов А. Х., Сушенцова М. А. Кукурузный силос в рационах овец // Ученые записки КГАВМ им. Н.Э. Баумана. 2012. № 4. С. 395–398.

15. Эффективность однотипного кормления коров голштинской породы / А. Р. Шибзухова [и др.] // Научные известия. 2016. № 5. С.16–20.

16. Шинкаревич Е. Д. Эффективность применения сухих и жидких форм бактериальных силосных консервантов // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2016. Спецвыпуск № 2. URL <http://ejournal.omgau.ru/index.php/spetsvypusk-2/31-spets02/432-00181>.

17. Arriola K. G., Kim S. C., Adesogan A. T. Effect of applying inoculants with heterolactic or homolactic and heterolactic bacteria on the fermentation and quality of corn silage // J. Dairy Sci. 2011. Vol. 94.No. 3.P.1511–1516. DOI: 10.3168/jds.2010-3807.

18. Biological conservants impact on the silage quality and aerobic stability / S. Chernyuk et al. // Ukrainian Journal of Ecology. 2019. Vol. 9. № 1. P. 226–230.

19. Han H., Ogata Y., Yamamoto Y., Nagao S., Nishino N. Identification of lactic acid bacteria in the rumen and feces of dairy cows fed total mixed ration silage to assess the survival of silage bacteria in the gut // J. Dairy Sci. 2014. Vol. 97. No. 9. P. 5754–5762.

20. Tabacco E., Piano S., Revello-Chion A., Borreani G. Effect of Lactobacillus buchneri LN4637 and Lactobacillus buchneri LN40177 on the aerobic stability, fermentation products, and microbial populations of corn silage under farm conditions // J. Dairy Sci. 2011. Vol. 94. P. 5589–5598. DOI: 10.3168/jds.2011-4286.

REFERENCE

1. Baranikov A. I., Baranikov V. A., Shakhbazova O. P., Gorlov I. F. Efficiency of using green and juicy forages in the diets of breeding pigs. *Bulletin of the Nizhnevolskiy agro-university complex: science and higher professional education*. 2013;2(30):101–106. (In Russ.).

2. Bikchantaev I. T. The effectiveness of biological preparations in preserving alfalfa. *Bulletin of KazSAU*. 2019;3(54):15–18. DOI 10.12737 / article_5db8435dd21dd0.39476415. (In Russ.).

3. Gerasimov E. Yu., Ivanova O. N., Kuchin N. N. Silage of corn. *Karelian scientific journal*. 2014;4(9):165–169. (In Russ.).

4. Glazov A. F., Zabashta N. N., Vlasov A. B., Golovko E. N. Preparation of high-quality voluminous forage – the basis of animal husbandry. *Collection of scientific papers NCRIL*. 2014;(3):59–62. (In Russ.).

5. GOST 32044.1-2012. Feed, compound feed, compound feed raw materials. Determination of the mass fraction of nitrogen and calculation of the mass fraction of crude protein. Part 1. The Kjeldahl method. M.: Standartinform; 2014. 12 p. (In Russ.).

6. GOST 26180-84. Feed. Methods for the determination of ammoniacal nitrogen and active acidity. M.: Publishing house of standards; 1984. 6 p. (In Russ.).

7. Dynamics of accumulation of mycotoxins in silage at different stages of storage / G. Yu. Laptev et al. *Agricultural biology*. 2014;(6):123–130. (In Russ.).

8. Logvinova A. V., Boltovsky V. S. Preservation of vegetable feed (review). *Proceedings of BSTU*. Series 2. 2019;(1):103–111. (In Russ.).

9. Methodical guidance on chemical preservation of forages and their testing on animals / K. M. Solntsev et al. M.: Kolos; 1980. 24 p. (In Russ.).

10. Morozkov N. A., Sukhanova E. V., Zavyalova N. Ye. The quality of bulk feed in the Perm region and ways to improve it. *Perm Agrarian Bulletin*. 2020;4 (32): 59–69. (In Russ.).

11. Pobednov Yu. A., Kosolapov V. M. Biological bases of ensiling and silage of grasses (review). *Agribiologiya*. 2014;(2):31–41. (In Russ.).

12. Theoretical concepts and methods of preserving corn and herbs based on the regulation of microbiological processes (guide-lines) / Federal State Budgetary Scientific Institution “Research Institute of feed named after V.R. Williams.SPb.: BIOTROF; 2017. 57 p. (In Russ.).

13. Kobzhasarov T. Zh., Bekseitov T. K., Asanbaev T. Sh. Technology of silage harvesting using microbiological microbiological starters: teaching aid. Pavloдар: Kereku; 2016. 66 p. (In Russ.).

14. Fazulzyanov A. Kh., Sushentsova M. A. Corn silage in sheep rations. *Uchenyeyapiski KSAVM named after N.E. Bauman*. 2012;(4):395–398. (In Russ.).

15. The effectiveness of the same type of feeding of Holstein cows / A. R. Shibzikhova et al. *Scientific news*. 2016;(5):16–20. (In Russ.).

16. Shinkarevich E. D. The effectiveness of the use of dry and liquid forms of bacterial silage preservatives. *Electronic scientific and methodological journal of Omsk State Agrarian University*. 2016. Special issue 2. URL <http://ejournal.omgau.ru/index.php/spetsvypusk-2/31-spets02/432-00181>. (In Russ.).

17. Arriola K. G., Kim S. C., Adesogan A. T. Effect of applying inoculants with heterolactic or homolactic and heterolactic bacteria on the fermentation and quality of corn silage. *J. Dairy Sci*. 2011;94(3):1511–1516. DOI: 10.3168/jds.2010-3807.

18. Biological conservants impact on the silage quality and aerobic stability/ S. Chernyuk et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019;9(1):226–230.

19. Han H., Ogata Y., Yamamoto Y., Nagao S., Nishino N. Identification of lactic acid bacteria in the rumen and feces of dairy cows fed total mixed ration silage to assess the survival of silage bacteria in the gut. *J. Dairy Sci*. 2014;97(9):5754–5762.

20. Tabacco E., Piano S., Revello-Chion A., Borreani G. Effect of Lactobacillus buchneri LN4637 and Lactobacillus buchneri LN40177 on the aerobic stability, fermentation products, and microbial populations of corn silage under farm conditions. *J. DairySci*. 2011;(94):5589–5598. DOI: 10.3168/jds.2011-4286.

Статья поступила в редакцию 08.07.2021; одобрена после рецензирования 22.07.2021; принята к публикации 29.07.2021.

The article was submitted 08.07.2021; approved after reviewing 22.07.2021; accepted for publication 29.07.2021.