



**Молочнокислые
бактерии,
бактериальные
консорциумы,
биоконсервант, силос,
питательные вещества**

*Lactic-acid bacteria,
bacterial consortia,
biopreservative,
silage, nutrients*

Научная статья
УДК 664.022.3:602.3:579.864
doi:10.35694/YARCX.2021.56.4.011

РАЗРАБОТКА СУХОГО БИОКОНСЕРВАНТА НА ОСНОВЕ ГЕТЕРОФЕРМЕНТАТИВНЫХ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ

Е. Н. Бирюк¹ (фото)

канд. с.-х. наук, заведующий лабораторией микробиологических исследований и коллекции промышленных микроорганизмов отдела биотехнологий

Н. Н. Фурик¹

канд. техн. наук, заместитель директора по научной работе

Е. П. Ходаренок²

научный сотрудник лаборатории технологии кормопроизводства и биохимических анализов

И. А. Сидерко¹

инженер лаборатории микробиологических исследований и коллекции промышленных микроорганизмов отдела биотехнологий

¹РУП «Институт мясо-молочной промышленности», г. Минск, Республика Беларусь

²РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», г. Жодино, Республика Беларусь

Механизм действия любого биоконсерванта заключается в активации микробиологических процессов, в том числе ускорении молочнокислого брожения с подкислением силосуемой массы и подавлении нежелательного маслянокислого брожения, а также роста дрожжей и грибов. Применение биоконсервантов позволяет приготовить высококачественный силос из любых кормовых культур, в том числе из трудносилосуемых [1–3].

В зависимости от продуктов брожения бактерии рода *Lactobacillus* дифференцируют на гомоферментативные и гетероферментативные. Продуктом брожения гомоферментативных лактобактерий является молочная кислота, которая составляет не менее 90% всех продуктов брожения. В отличие от гомоферментативных, гетероферментативные молочнокислые бактерии обладают более широким набором ферментов и, как следствие, более выраженной способностью к синтезу разнообразных биологически активных веществ (летучих кислот, этилового спирта, углекислоты, диацетила, перекиси водорода, антибиотиков) [4].

Традиционно в силосовании используют *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus rhamnosus*, которые относятся к группе факультативно-гетероферментативных бактерий. Использование облигатно-гетероферментативных микроорганизмов *Lb. buchneri* способствует высокой аэробной стабильности силоса, а бактерии *Lb. brevis* обладают высоким коэффициентом размножения в силосуемом сырье с относительно высоким содержанием сухой массы – до 50% [5; 6].

Таким образом, использование биоконсервантов с гетероферментативными микроорганизмами позволяет сократить потери питательных веществ при консервировании зелёных растений и получить корма, пригодные для длительного хранения. Вместе с тем действие молочнокислых микроорганизмов избирательно и специфически проявляется в зависимости от видового состава и влажности сырья [6].

Материалы и методы исследований

Объектами исследований являлись бактериальные консорциумы гомо- и гетероферментативных бактерий из Республиканской коллекции промышленных штаммов заквасочных культур и их бактериофагов РУП «Институт мясо-молочной промышленности».

Лабораторные партии силосов из кукурузы закладывали в фазе молочно-восковой спелости зерна с провяливанием до содержания сухого вещества 30–35%. Молочнокислые бактерии вносили в количестве 2×10^5 на единицу силосуемой массы (в т.ч. доза внесения облигатно гетероферментативных лактобактерий 5×10^4). Скошенную зелёную массу измельчали на соломорезке до размера частиц 1,5–2,0 см, после чего измельчённую массу закладывали в стеклянные трёхлитровые банки до удельной плотности около 750 кг/м^3 .

Результаты исследований

В настоящее время основным направлением при создании биоконсервантов является работа по совершенствованию заквасок молочнокислых бактерий для использования их в силосовании. Сок зелёных растений, образующийся при силосовании, характеризуется высоким осмотическим давлением. Большинство штаммов молочнокислых бактерий не обладают свойством осмоотолерантности, и их размножение в силосуемой массе происходит медленнее, чем осмоотолерантных штаммов. Поэтому для конструирования бактериальных консорциумов были отобраны осмоотолерантные культуры рода *Lactobacillus*, сильные кислотообразователи, с высокой антагонистической активностью в отношении дрожжей и плесеней. Из отобранных культур были сконструированы 12 бактериальных консорциумов. Шесть консорциумов состояли из двух видов бактерий в соотношении 2:1, две части *Lactobacillus plantarum* и одна часть – одна из 6 гетероферментативных лактобацилл (*Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus pentosus*, *Lactobacillus reuteri* и *Lactobacillus fermentum*). В состав биоконсерванта также были включены лактококки, которые способствуют быстрому подкислению силосуемой массы на первой стадии силосования,

когда в зелёной массе присутствует остаточное количество воздуха. Поэтому ещё 6 консорциумов были сконструированы из трёх видов бактерий (в соотношении 2:1:1) – 2 части гомоферментативных лактококков (*Lactococcus lactis*), одна часть *Lactobacillus plantarum* и одна часть – одна из шести гетероферментативных лактобацилл.

С использованием разработанных консорциумов в РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству» были заложены опытные партии силосованных кормов из кукурузы. Контрольный вариант – консервированный корм спонтанного брожения. По истечении двух месяцев хранения были проведены исследования по изучению химического состава силосованных кормов (табл. 1).

Соотношением молочной, уксусной и масляной кислот во многом определяется качество силоса. В качественном силосе молочной кислоты должно быть в 2–3 раза больше, чем уксусной, при этом содержание масляной кислоты должно быть близким к нулю. Во всех вариантах силосов процессы проходили по типу молочнокислого брожения. Содержание молочной кислоты в исследуемых образцах находилось в пределах от 61,9 до 67,6%, в контрольном варианте – 54,9%. Содержание уксусной кислоты в исследуемых образцах находилось в пределах от 31,5 до 38,1%, в контрольном варианте – 51,1%. Масляная кислота отсутствовала во всех вариантах.

Содержание сухого вещества в опытных вариантах силосов было на уровне 31,25–33,26% (табл. 1). При внесении гетероферментативных лактобактерий в кукурузную массу отмечено увеличение содержания сырого протеина на 0,71–1,26%. Наибольшее количество сырого протеина было отмечено в вариантах БК 1/3 (*Lb. plantarum*, *Lb. curvatus*), БК 1/6 (*Lb. plantarum*, *Lb. fermentum*), БК 2/4 (*Lc. lactis*, *Lb. plantarum*, *Lb. pentosus*), БК 2/5 (*Lc. lactis*, *Lb. plantarum*, *Lb. reuteri*) и БК 2/6 (*Lc. lactis*, *Lb. plantarum*, *Lb. fermentum*).

Во всех вариантах опытных силосов сырой жир находился на уровне от 3,29 до 3,61%. В контрольном варианте содержание сырого жира было наименьшим (3,15%) по сравнению с опытными вариантами (3,29–3,61%).

Сырая клетчатка – наименее доступная для животных группа основных питательных веществ. Уровень клетчатки в сухом веществе рациона жвачных должен быть в пределах 20–25%, превышение этого уровня ухудшает переваримость питательных веществ. Наименьшее содержание данного показателя (24,16%) отмечено в варианте БК 2/5 (*Lactococcus lactis*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus reuteri*). Следует отметить, что питательная ценность всех опыт-

Таблица 1 – Содержание питательных веществ в сухом веществе кукурузных силосов

Опытная партия силоса	Сухое вещество, %	Содержится в абсолютно сухом веществе, %			
		сырой жир	сырой протеин	сырая клетчатка	сырая зола
Контроль (силос спонтанного брожения)	31,25	3,15	9,85	27,58	7,21
БК 1/1 (<i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus brevis</i>)	31,56	3,36	10,56	25,42	6,95
БК 1/2 (<i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus buchneri</i>)	31,86	3,41	10,69	25,32	6,82
БК 1/3 (<i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus curvatus</i>)	32,65	3,29	10,95	25,11	6,72
БК 1/4 (<i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus pentosus</i>)	33,21	3,38	10,21	25,98	6,81
БК 1/5 (<i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus reuteri</i>)	31,98	3,57	10,59	25,08	6,69
БК 1/6 (<i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus fermentum</i>)	32,15	3,51	11,01	25,94	6,48
БК 2/1 (<i>Lactococcus lactis</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus brevis</i>)	32,19	3,49	10,85	25,84	6,08
БК 2/2 (<i>Lactococcus lactis</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus buchneri</i>)	33,26	3,41	10,76	26,11	6,24
БК 2/3 (<i>Lactococcus lactis</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus curvatus</i>)	32,59	3,58	10,91	26,17	6,38
БК 2/4 (<i>Lactococcus lactis</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus pentosus</i>)	32,19	3,57	11,02	25,86	6,14
БК 2/5 (<i>Lactococcus lactis</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus reuteri</i>)	32,75	3,61	11,11	24,16	6,34
БК 2/6 (<i>Lactococcus lactis</i> , <i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus fermentum</i>)	32,49	3,58	10,95	25,12	6,25

ных образцов кукурузного силоса была выше по сравнению с контрольным вариантом (силос спонтанного брожения). Установлено высокое содержание кормовых единиц и обменной энергии как в сухом веществе кукурузных силосов, так и в натуральном корме. Наиболее высокой питательной ценностью по содержанию кормовых единиц характеризовались варианты силосов с использованием консорциумов БК 2/5 (*Lactococcus lactis*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus reuteri*) и БК 2/6 (*Lactococcus lactis*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus fermentum*). Содержание обменной энергии в данных образцах

составило 9,98–9,96 МДж в 1 кг сухого вещества (9,65 МДж в контрольном варианте).

Вывод

Таким образом, в результате проведенных исследований сконструировано 12 бактериальных консорциумов с разным соотношением гомо- и гетероферментативных бактерий. Установлено, что все бактериальные консорциумы обеспечивали оптимальный процесс подкисления силосуемой массы. Внесение гетероферментативных лактобактерий при силосовании кукурузы способствовало повышению питательной ценности кормов.

Список источников

- Кадыров, М. А. Современные технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси / М. А. Кадыров, Д. В. Лужинский, А. Н. Киселева. – Текст : непосредственный // Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси : сборник научных материалов. – Минск : ИВЦ Минфина, 2005. – С. 158–178.
- Роусек, Я. Качественные объемистые корма. Как их получить? / Я. Роусек. – Текст : непосредственный // Белорусское сельское хозяйство. – 2007. – № 5 (61). – С. 57–60.
- Зиновенко, А. Л. Использование гетероферментативных молочнокислых бактерий при силосовании злаково-бобовых трав / А. Л. Зиновенко, Е. П. Ходаренок, Л. М. Медведько, А. А. Курепин, Е. Н. Бирюк. – Текст :

непосредственный // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. – 2019. – № 22-1. – С. 170–177. – ISSN 2079-6668.

4. Евтисова, С. Х. Консервирование с применением молочнокислых заквасок / С. Х. Евтисова. – Текст : непосредственный // Кормопроизводство. – 1998. – № 7. – С. 28–30. – ISSN 1562-0417.

5. Абраскова, С. В. Особенности процессов ферментации во время заготовки, хранения, использования силоса и сенажа / С. В. Абраскова. – Текст : непосредственный // Наше сельское хозяйство. – 2013. – № 4. – С. 60–64. – ISSN 2073-2937.

6. Патент 2271123 С2, Российская Федерация, МПК А23К 3/00(2006.01). Способ силосования трав : № 2003133115/13 : заявлено 13.11.2003 : опубликовано 10.03.2006, Бюл. № 7 / Победнов Ю. А., Мамаев А. А. ; патентообладатель Всероссийский научно-исследовательский институт кормов им. В. Р. Вильямса. – 6 с. – Текст : непосредственный.

References

1. Kadyrov, M. A. Sovremennye tehnologii proizvodstva rastenievodcheskoj produkcii v Belarusi / M. A. Kadyrov, D. V. Luzhinskij, A. N. Kislekova. – Tekst : neposredstvennyj // Sovremennye resursosberegajushhie tehnologii proizvodstva rastenievodcheskoj produkcii v Belarusi : sbornik nauchnyh materialov. – Minsk : IVC Minfina, 2005. – S. 158–178.

2. Rousek, Ya. Kachestvennye ob#emistye korma. Kak ih poluchit' / Ya. Rousek. – Tekst : neposredstvennyj // Belorusskoe sel'skoe hozjajstvo. – 2007. – № 5 (61). – S. 57–60.

3. Zinovenko, A. L. Ispol'zovanie getefermentativnyh molochnokislyh bakterij pri silosovanii zlakovo-bobovyh trav / A. L. Zinovenko, E. P. Khodarenok, L. M. Medved'ko, A. A. Kurepin, E. N. Biryuk. – Tekst : neposredstvennyj // Aktual'nye problemy intensivnogo razvitija zhivotnovodstva. – 2019. – № 22-1. – S. 170–177. – ISSN 2079-6668.

4. Evtisova, S. Kh. Konservirovanie s primeneniem molochnokislyh zakvasok / S. Kh. Evtisova. – Tekst : neposredstvennyj // Kormoproizvodstvo. – 1998. – № 7. – S. 28–30. – ISSN 1562-0417.

5. Abraskova, S. V. Osobennosti processov fermentacii vo vremja zagotovki, hranenija, ispol'zovanija silosa i senazha / S. V. Abraskova. – Tekst : neposredstvennyj // Nashe sel'skoe hozjajstvo. – 2013. – № 4. – S. 60–64. – ISSN 2073-2937.

6. Patent 2271123 S2, Rossijskaja Federacija, MPK A23K 3/00(2006.01). Sposob silosovanija trav : № 2003133115/13 : zajavleno 13.11.2003 : opublikovano 10.03.2006, Bjul. № 7 / Pobednov Yu. A., Mamaev A. A. ; patentoobladatel' Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut kormov im. V. R. Vil'yamsa. – 6 s. – Tekst : neposredstvennyj.

В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ ФГБОУ ВО ЯРОСЛАВСКАЯ ГСХА В 2021 ГОДУ ВЫШЛА МОНОГРАФИЯ **ВОРОНИН А.Н., ТРУФАНОВ А.М., ЩУКИН С.В.**

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗАГОТОВКИ КОРМОВ

В монографии обобщён опыт научно-исследовательских и учебных учреждений по совершенствованию технологий заготовки кормов. Особое внимание уделяется вопросам совершенствования технологических операций по возделыванию кормовых культур с использованием инновационных технологических решений.

Издание предназначено для руководителей хозяйств и фермеров, специалистов сельского хозяйства, научных сотрудников, специализирующихся в области кормопроизводства, аспирантов и студентов сельскохозяйственных вузов.

УДК 636.085:631.17; ББК 42.2; ISBN 978-5-98914-239-2; 228 СТР.

**ПО ВОПРОСАМ ПРИОБРЕТЕНИЯ ОБРАЩАТЬСЯ
ПО АДРЕСУ:**

150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58, ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА

e-mail: e.bogoslovskaya@yarcx.ru