

**МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
В ПЕРИОД СОЗРЕВАНИЯ СИЛОСА С УГЛЕКИСЛЫМ ГАЗОМ
ПРИ НИЗКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ**

Е. Н. МАКСИМОВА, Г. И. ПЕРЕВЕРЗЕВА, Т. М. ПОДКОЛЗИНА, А. В. БАКАНОВ
(Кафедра микробиологии, кафедра кормления с.-х. животных)

В последнее время сотрудники кафедры кормления сельскохозяйственных животных Тимирязевской академии успешно проводят опыты по силосованию и сенажированию зеленых кормов с использованием углекислого газа [1, 2, 3]. Этот метод уже заре-

комендовал себя в практике различных хозяйств нашей страны. Однако механизм действия CO_2 изучен еще недостаточно.

В Швеции, ФРГ и других странах Западной Европы ведутся успешные опыты по холодильному хранению зеленых кор-

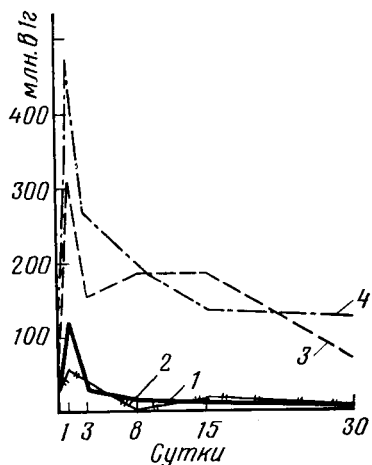


Рис. 1. Динамика развития гнилостных и молочнокислых бактерий в силосах из злаковых трав при температуре 28°.

1 и 2 — гнилостные бактерии в контроле и в силосе с CO₂; 3 и 4 — молочнокислые бактерии в контроле и в силосе с CO₂.

мов, создана специальная опытная уборочная техника и холодильные установки, разработана методика холодильного хранения [5]. Проводятся многочисленные опыты по скармливанию таких кормов овцам и коровам.

Исследованию микробиологических и биохимических процессов, происходящих в

кормах, хранимых при пониженных температурах, посвящены лишь отдельные работы.

Так, Г. Веттерау [4] отмечает, что богатые белком кормовые растения в холодные месяцы хранить лучше, чем в теплые, поскольку при пониженных температурах молочнокислые бактерии проявляют большую активность, чем другие группы микроорганизмов, хотя образование молочной кислоты в таких условиях идет крайне медленно.

В. Пиррус [6] указывает, что в зимний период низкая температура заметно подавляет жизнедеятельность микроорганизмов в силосе и сенаже.

В лабораторных опытах по хранению райграса английского при температуре +1°, -5° и -12° в аэробных и анаэробных условиях было установлено, что холодильное хранение кормов в анаэробных условиях при -5° и -12° способствует сохранению питательных веществ [7].

В связи с изложенным выше нами была поставлена задача изучить влияние низкой температуры на микробиологические и биохимические процессы в силосах с углекислым газом.

В лабораторных опытах для силосования использовали злаковые травы в стадии цветения, клевер до бутонизации (2-го укоса) и кукурузу в стадии выбрасывания метелок. Сырье брали на Опытной станции полеводства Тимирязевской академии. Измельченную растительную массу закладывали в пол-литровые бутылки (по 20 в каждом варианте), уплотняли и закрывали эластичными пробками. Плотность расти-

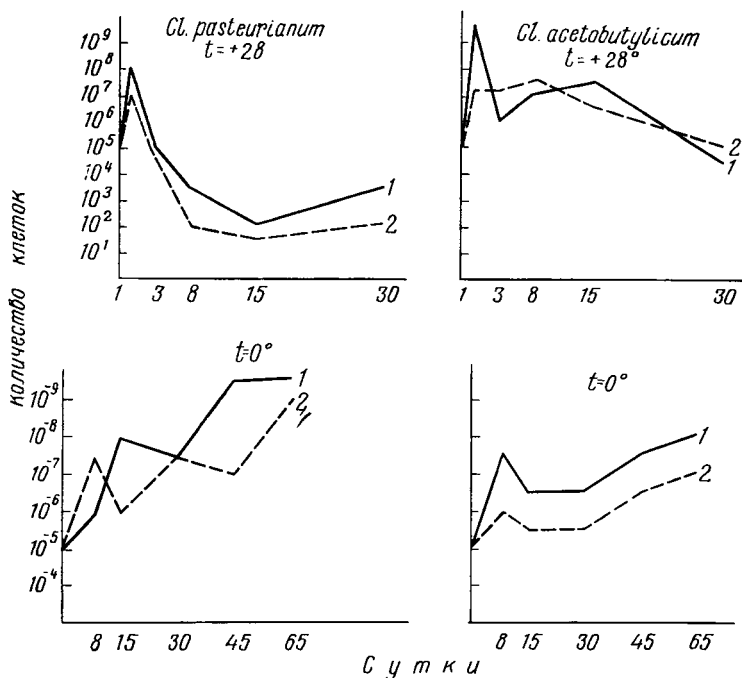


Рис. 2. Динамика развития бактерий рода Clostridium в силосах из злаковых трав.

1 — контроль; 2 — CO₂.

тельной массы составляла в среднем 1 кг/дм³. Половину сосудов после набивки растительной массы (злаковые травы) заполняли (в течение 3 мин) углекислым газом с помощью трубки, опущенной до дна бутылки и соединенной через редуктор с баллоном. Углекислый газ как более тяжелый вытеснял воздух. Половину контрольных и наполненных CO₂ бутылей помещали в термостаты при 28°, остальные бутылки — в камеру охлаждения (t=0°) во Всесоюзном научно-исследовательском институте холода (ВНИИХ).

Анализы проводили в исходной растительной массе, а также на 1, 3, 8, 15 и на 30-е сутки хранения сырья при 28°, и на 8, 15, 30, 45 и 65-е сутки хранения растительной массы, которая инкубировалась при 0°.

В опытах определяли количество молочнокислых бактерий на сусло-агаре с мелом, гнилостных бактерий — на пептонном агаре, дрожжей и грибов — на сусло-агаре со стрептомицином, бактерий группы кишечной палочки — на среде Булара в пробирках с поплавками, *Cl. pasteurianum* — на среде Федорова, *Cl. acetobutylicum* — на кукурузном заторе; pH, содержание сахара, крахмала, молочной, уксусной и масляной кислот — по общепринятым методикам.

При 28° микробиологические процессы в силосе злаковых трав протекали наиболее интенсивно в первую неделю заквашивания. Максимальная численность гнилостных микроорганизмов, а также молочнокислых бактерий наблюдалась уже в 1-е сутки ферментации, что говорит о короткой фазе развития смешанной микрофлоры (рис. 1). Уже к 8-м суткам брожения интенсивность микробиологических процессов значительно снижалась.

Гнилостных микроорганизмов в контрольном силосе было больше, чем в силосе с углекислым газом (120 млн. и 63 млн. соответственно), а молочнокислых бактерий в период максимального их развития, наоборот, больше в силосе с CO₂. Следовательно, при наличии CO₂ создаются анаэробные условия, вследствие чего подавляется развитие гнилостных бактерий и интенсифицируется молочнокислое брожение. В силосе, созревающим в атмосфере CO₂, отмечается повышенное количество дрожжей.

Размножение кишечной палочки в силосе было максимальным в 1-е сутки (10⁷ — 10⁸ клеток на 1 г). К 30-м суткам ферментации их количество снижалось до 10⁴ клеток в 1 г. Наблюдалась тенденция к торможению развития группы *Coli-aerogenes* в варианте с CO₂.

В исследуемых силосах довольно многочисленными оказались группы микроорганизмов *Cl. pasteurianum* и *Cl. acetobutylicum*: в исходном сырье 10⁵ клеток в 1 г, в 1-е сутки ферментации — уже 10⁸ — 10⁹ клеток *Cl. pasteurianum* и 10⁹ — 10¹⁰ *Cl. acetobutylicum*. На 3-и сутки силосования их количество уменьшилось (рис. 2). Следует отметить, что к 15-м суткам ферментации численность *Cl. pasteurianum* сильно сократилась (10²), тогда как *Cl. acetobutylicum* была еще значительной (10⁶ — 10⁷).

В варианте с CO₂ сахара потреблялись медленнее, что связано с менее интенсивным развитием аэробных гнилостных бактерий (табл. 1). Количество крахмала в разные сроки созревания силосов колебалось.

В процессе развития молочнокислых бактерий в силосах накапливались молочная и уксусная кислоты, происходило снижение pH. К 30-м суткам ферментации в контро-

Т а б л и ц а 1

Динамика pH и содержания сахара, крахмала, органических кислот в сухом веществе силосуемых злаковых трав при 28°

Сутки	pH	Сахар, %	Влажность, %	Кислоты, %		Соотношение кислот, %		Крахмал, %
				молочная	уксусная	молочная	уксусная	
Контроль								
Исходное	5,87	7,02	71,96					4,25
1	4,65	6,13	72,89	Не определяли				3,26
3	4,44	5,05	72,79					1,12
8	4,15	3,42	71,66	1,124	0,330	77,30	22,70	2,29
15	4,04	4,05	70,45	1,029	0,452	69,48	30,52	0,32
30	4,05	2,04	72,08	1,012	0,515	66,27	33,73	2,49
С CO ₂								
Исходное	5,87	7,02	71,96					
1	4,73	6,36	71,87	Не определяли				2,88
3	4,65	5,37	71,23					2,50
8	4,26	3,92	71,58	0,840	0,239	77,80	22,20	2,85
15	4,24	3,31	70,25	1,082	0,385	73,75	26,26	3,46
30	4,10	2,56	72,61	0,853	0,356	69,74	30,25	2,65

П р и м е ч а н и е. Масляная кислота не обнаружена в контроле, а в опытном варианте были ее следы на 30-е сутки.

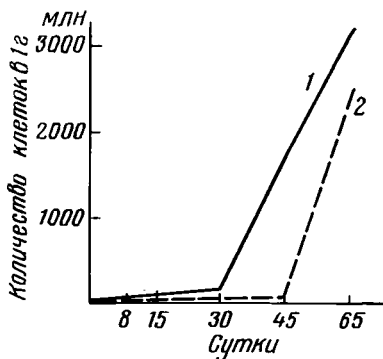


Рис. 3. Динамика развития гнилостных бактерий в силосах из злаковых трав при температуре 0°. Обозначения те же, что на рис. 2.

ле накапливалось 17,6 % кислот, из них 66,27 % приходилось на молочную кислоту; в силосе с CO₂ — соответственно 15,4 и 69,74 %.

При консервировании злаковых трав с применением CO₂ при пониженной температуре развитие гнилостной микрофлоры задерживалось, но лишь на некоторое время, то же наблюдалось и в контрольном варианте (рис. 3). Так, температура 0° предохраняла корм от гниения в течение 30 сут, применение CO₂ на фоне низкой температуры — 45 сут. Количество молочнокислых бактерий в охлажденных кормах было невелико, в контроле — 2,2—6,18 % от общего количества микроорганизмов. Углекислый газ оказал некоторое стимулирующее действие на развитие молочнокислых бактерий при охлаждении. Количество их в варианте с CO₂ составляло 13,30—21,36 % от общего количества микроорганизмов.

Численность кишечной палочки в охлажденных кормах была весьма большой:

к 65-м суткам 10⁸—10⁹ клеток в 1 г. Развитие этой группы микроорганизмов тормозилось в атмосфере CO₂.

Количество маслянокислых бактерий в охлажденных кормах также оказалось значительным: *Cl. pasteurianum* — от 10⁶ до 10⁸ клеток, *Cl. acetobutlicum* — от 10⁶ до 10¹⁰ клеток. CO₂ тормозил развитие *Cl. pasteurianum* (рис. 2).

Растительная масса ни в одном из вариантов не засилосовалась (табл. 2). Уровень pH снижался медленно до 30-х суток (до 5,05—5,10), а затем стал повышаться вследствие развития гнилостных микроорганизмов. Образующаяся молочная кислота связывалась продуктами распада белка, а также разлагалась маслянокислыми бактериями и дрожжами, которые активно развивались с 30-х суток. В контроле к 65-м суткам накапливалось значительное количество масляной кислоты — 1,3 %.

В охлажденном силосе с CO₂ масляная кислота присутствовала лишь в незначительном количестве, молочной кислоты накапливалось здесь меньше, а уксусной — больше, чем в контроле. По-видимому, при использовании CO₂ лучше развиваются гетероферментативные молочнокислые бактерии [5]. Углекислый газ в охлажденных кормах способствовал сохранению сахаров (до 45-х суток хранения), а также и крахмала. Однако на 45—65-е сутки содержание последнего в контроле резко возросло, по-видимому, в связи с синтезом гликогена гнилостными бактериями, которые в этом силосе активно размножались.

При силосовании кукурузы ход и интенсивность микробиологических процессов в массе, хранимой при 28° и 0°, также резко различались. При температуре 28° кукуруза (содержание сахара 15,17 %) хорошо засилосовалась.

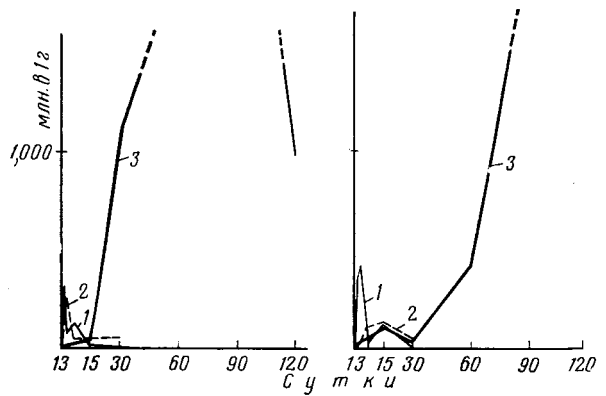
О развитии гнилостных, молочнокислых и маслянокислых бактерий в кукурузном силосе можно судить по рис. 4 и 5.

Т а б л и ц а 2

Динамика pH и содержания сахара, крахмала, органических кислот в сухом веществе силосуемых злаковых трав при 0°

Сутки	pH	Сахар, %	Влажность, %	Кислоты, %			Соотношение кислот, %		Крахмал, %
				молочная	уксусная	масляная	молочная	уксусная, масляная	
Контроль									
8	6,22	6,42	72,18	0,677	0,238	Нет	73,98	26,02	5,11
15	5,53	6,29	72,85	0,754	0,308	0,083	65,85	34,15	5,01
30	5,10	5,00	89,60	0,570	1,563	0,019	26,48	72,63	8,44
45	6,11	3,27	73,64	0,269	0,418	Нет	39,15	60,85	3,54
65	9,60	2,67	73,16	0,343	0,166	1,304	18,91	81,09	5,52
С CO ₂									
8	6,28	6,86	70,57	0,718	0,20	0,090	71,23	28,77	4,61
15	5,75	6,02	71,86	0,897	0,264	Нет	77,26	22,74	2,89
30	5,05	6,31	72,88	0,460	2,152	»	17,61	82,39	4,49
45	5,85	3,38	73,36	0,296	1,177	»	20,09	79,91	4,19
65	7,85	2,52	72,28	0,187	5,463	0,001	3,30	96,70	6,35

Рис. 4. Динамика развития гнилостных и молочнокислых бактерий в кукурузном (слева) и клеверном (справа) силосах, созревающих при разной температуре. 1 — гнилостные бактерии, $t=28^\circ$; 2 — молочнокислые бактерии, $t=28^\circ$; 3 — гнилостные бактерии, $t=0^\circ$.



Биохимические анализы показали, что к 30-м суткам величина рН кукурузного силоса равнялась 4,2. Наблюдалось накопление молочной кислоты в течение всего срока силосования (табл. 3).

В охлажденной кукурузной массе интенсивное развитие гнилостной микрофлоры начиналось лишь с 15-х суток инкубации. В дальнейшем оно шло бурно и к 90-м суткам количество гнилостных микроорганизмов достигало 3,1 млрд. клеток в 1 г, но к 120-м суткам несколько снижалось. Низкая температура резко подавляла развитие молочнокислых бактерий. Их количество составляло 3% от общей численности микроорганизмов только к 60-м суткам хранения.

В кукурузном силосе, созревающем при 28° , количество маслянокислых бактерий было максимальным в 1-е сутки силосования, а при 0° такое же их количество отмечалось лишь на 30-е сутки. Однако в дальнейшем оно продолжало нарастать и достигло 10^8-10^{10} клеток в 1 г. Развитие *Cl. acetobutlicum* происходило несколько по-иному: максимум (10^9 клеток на 1 г) отмечался на 60-е сутки, а затем количество микроорганизмов этой группы снизилось до 10^2 в 1 г.

Данные биохимических анализов (табл. 3) свидетельствуют о том, что кукурузная зеленая масса не заsilосовалась. Уровень рН

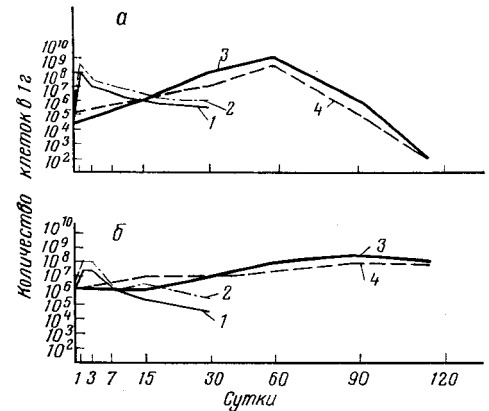


Рис. 5. Динамика развития бактерий *Cl. acetobutlicum* (вверху) и *Cl. butircum* в силосах, созревающих при разных температурах.

1 и 2 — кукурузный силос при $t=28^\circ$ и $t=0^\circ$; 3 и 4 — клеверный силос при $t=28^\circ$ и $t=0^\circ$.

Таблица 3

Динамика рН и содержания сахара и органических кислот в сухом веществе силосуемой массы кукурузы при 28° и 0°

Сутки	рН	Сахар, %	Влажность, %	Кислоты, %			Соотношение кислот, %	
				молочная	уксусная	масляная	молочная	уксусная, масляная
При 28°								
Исходное	6,30	15,17	89,35	—	—	—	—	—
3	4,28	3,38	30,40	0,704	1,451	Нет	32,67	67,33
7	4,27	2,00	89,35	0,980	2,170	»	31,11	68,89
15	4,25	1,23	86,66	1,334	2,228	»	37,45	62,55
30	4,20	0,40	89,45	1,324	2,217	»	37,39	62,61
При 0°								
15	5,60	6,50	88,72	0,880	7,612	»	10,94	89,06
30	5,40	2,85	88,75	0,658	1,587	»	15,18	84,82
60	6,77	1,64	89,30	0,320	4,434	0,002	6,82	93,18
90	7,77	0,86	91,10	0,114	2,302	0,041	4,83	95,17
120	7,94	0,94	91,23	0,143	1,080	0,031	11,45	88,55

Динамика рН и содержания сахара и органических кислот в сухом веществе силосуемой массы клевера при 28° и 0°

Сутки	рН	Сахар, %	Влажность, %	Кислоты, %			Соотношение кислот, %	
				молочная	уксусная	масляная	молочная	уксусная, масляная
Контроль (при 28°)								
Исходное	6,60	6,83	88,84	—	—	—	—	—
3	6,67	0,64	86,92	0,335	1,656	Нет	16,82	83,18
7	6,51	0,22	86,22	0,311	1,746	»	15,12	84,84
15	6,70	0,18	85,95	0,383	2,338	0,166	13,27	86,73
30	6,67	0,16	87,20	0,295	1,402	0,345	14,45	85,55
При 0°								
Исходное								
15	6,95	4,25	85,96	0,129	2,248	Нет	7,38	92,62
30	6,71	1,98	85,50	0,416	3,763	»	9,95	90,05
60	7,58	0,96	85,60	0,246	2,492	0,022	9,25	90,75
90	9,10	0,75	87,00	Нет	1,017	0,152	Нет	100,00
120	9,48	0,48	89,55	0,046	1,748	0,072	0,42	99,58

не опускался ниже 5,4. Несмотря на то, что молочнокислых бактерий было очень мало, молочная кислота все же накапливалась. По-видимому, это связано с деятельностью настоящих молочнокислых бактерий, которые присутствуют в таких кормах в больших количествах. Уменьшение содержания молочной кислоты к 120-м суткам хранения обусловлено расходом ее маслянокислыми бактериями, которые размножились в корме. К концу срока хранения обнаружено накопление масляной кислоты.

Сахара в охлажденной кукурузной массе сохранялись значительно лучше: так, на 15-е сутки их содержание составляло 6,5 % при 0° и лишь 1,23 % при 28°, на 30-е сутки — соответственно 2,85 и 0,04 %.

В клеверной массе (исходное содержание сахара 6,83 %) направленность микробиологических процессов была аналогична той, что наблюдалась в кукурузной массе. Однако отмечались и некоторые особенности. При 28° получился силос низкого качества (табл. 4), уровень рН на протяжении всего периода был высоким (6,51—6,77), молочной кислоты накопилось мало (0,29 %), преобладали летучие кислоты, в том числе масляная.

Максимальное количество гнилостных микроорганизмов отмечалось на 3-и сутки силосования. Численность молочнокислых бактерий достигала максимума лишь на 15-е сутки и равнялась к этому сроку только 45,4 % от общего количества микроорганизмов (рис. 4). Группа маслянокислых бактерий в этом силосе была более многочисленной, чем в кукурузном, во все сроки инкубации (рис. 5).

Таким образом, условия для развития молочнокислых бактерий в клеверном силосе складывались менее благоприятно. Это связано с недостатком легко растворимых углеводов, повышенным содержанием

белковых соединений, низким содержанием сухого вещества в клеверной массе.

При 0° гнилостные процессы начинали развиваться в клеверном силосе активно лишь с 30-х суток. К 60-м суткам количество гнилостных микроорганизмов было таким же, как в 1-е сутки при 28°. Холод резко подавлял развитие молочнокислых бактерий в клеверной массе. Они были обнаружены лишь на 90-е сутки (760 тыс. клеток в 1 г). Маслянокислые бактерии присутствовали в охлажденной клеверной массе в большом количестве (10^6 — 10^9 клеток) в течение всего срока хранения.

Динамика развития *Cl. acetobutyliticum* была иной. Достигнув на 60-е сутки своего максимума (10^8), количество клеток этой группы снизилось до 10^2 в 1 г.

Сравнивая содержание сахаров в клеверной массе, хранимой при разных температурах, можно отметить лучшее сохранение их в варианте с пониженной температурой. Так, на 15-е сутки в контроле содержание сахара было 0,18 %, в опытном варианте — 4,25 %.

Выводы

1. Углекислый газ подавляет развитие гнилостных микроорганизмов, бактерий группы кишечной палочки, маслянокислых бактерий, интенсифицирует молочнокислое брожение и рост дрожжей в силосуемой массе. Размножение *Cl. pasteurianum* угнетается в конце первой недели брожения, тогда как *Cl. acetobutyliticum* продолжает активно развиваться и на 3-й месяц.

Введение углекислого газа в силосуемую массу способствует более экономичному расходу сахаров в процессе ферментации. В таких силосах содержится больше молочной кислоты, чем в контроле, и не отмечается накопления масляной кислоты.

2. Низкая температура (0°) подавляет развитие молочнокислых бактерий, задерживает развитие гнилостных, маслянокислых бактерий, но в конце ферментации в охлажденной массе активизируется рост дрожжей, гнилостных, маслянокислых бак-

терий. В результате совместного действия низкой температуры и углекислого газа количество молочнокислых бактерий увеличилось, а развитие гнилостных бактерий задерживалось по сравнению с контролем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баканов В. Н., Менькин В. К., Подколзина Т. М. Углекислый газ в силосную траншею. — Сельск. хоз-во России, 1974, № 8, с. 13. — 2. Баканов В. Н., Менькин В. К., Подколзина Т. М. Методические указания по силосованию и приготовлению сенажа с использованием углекислого газа, ТСХА, 1975. — 3. Баканов В. Н., Менькин В. К., Подколзина Т. М. Использование углекислого газа при консервировании зеленых растений. — Докл. ТСХА, 1975, вып. 210, с. 93—

97. — 4. Веттерау. Производство силоса. М., «Колос», 1975. — 5. Переверзев Г. И., Подколзина Т. М., Баканов А. В. Динамика микроорганизмов и питательных веществ в силосах с углекислым газом. — Изв. ТСХА, 1977, вып. 2, с. 24—29. — 6. Пиррус В. Сохраняемость силоса и сенажа в аэробных условиях в зависимости от температуры. — Сб. науч. тр. Эст. НИИ земледелия и мелиорации. Т. 30, 1974, с. 190. — 7. Albygm H. J., Weise F. Völkeurode, 1972, Jg. 22, H. 2, S. 109—116.

Статья поступила 10 июля 1978 г.

SUMMARY

Carbon dioxide suppresses the development of aerobic putrefactive microorganisms and bacillus coli, and intensifies lactic fermentation. In silage making under low temperature (0°) the development of putrefactive microorganisms in the vegetative mass begins about 30 days later. In this case the application of CO₂ allows to keep fodder up to 45 days. However, fodder is not fully conserved.