

М. А. ТЕР-КАРАПЕТЯН, В. А. ПЕТРОСЯН

ДИНАМИКА ПРОЦЕССОВ БРОЖЕНИЯ ПРИ СИЛОСОВАНИИ
БОТВЫ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ СЕРНИСТЫМИ ПРЕПАРАТАМИ

Ботва сахарной свеклы является исключительно ценным дополнительным кормом, имеющим важное значение для укрепления кормовой базы животноводства.

Она ценна не только в количественном (ботва получается от 50 до 60% от веса корнеплодов), но и в качественном отношении, поскольку содержит ряд важных для сельскохозяйственных животных питательных веществ.

По данным разных исследователей [2, 3], химический состав ботвы сахарной свеклы колеблется в следующих пределах: влажность—75—85%, сухое вещество—15—25, сырой протеин ($N \times 6,25$)—1,5—3,1, в том числе белки 0,8—2,5, БЭВ—6—13, в том числе растворимые моно- и дисахариды—3,0—3,8,* сырая клетчатка 1,6—2, сырой жир (эфирный экстракт) 0,3—0,5, зола 2,0—5,4, каротин 3 мг%.

Питательная ценность ботвы сахарной свеклы достигает 0,15—0,20 кормо-единиц на 1 кг.

Использование такой ботвы в корм для сельскохозяйственных животных проводится в разных странах, в частности в Германии и США, [4, 5] тремя путями: в виде зеленого корма, в виде сенной муки, полученной преимущественно путем искусственной сушки и, наконец, в виде силоса как спонтанного, так и консервированного химическими реагентами.

Силосование ботвы сахарной свеклы с помощью консервирующих реагентов является одним из лучших способов ее использования, поскольку при этом сохраняется большинство питательных веществ исходной массы и получается сочный корм превосходного качества.

Консервирование ботвы практикуется уже 30 лет во многих странах, в частности в Голландии, с помощью соляной кислоты [6], в Германии с помощью муравьиной кислоты [7], в СССР с помощью соляной кислоты и кормовой патоки [8]. За последние годы в СССР также началось успешное применение сернистых препаратов в деле силосования ботвы сахарной свеклы, в частности в Харьковском зоотехническом институте и в Армянском научно-исследовательском институте животноводства и ветеринарии [9, 10]. Лабораторные опыты, проведенные в отделе технологии кормов и биохимии АрмНИИЖиВ в 1957—58 гг., дали основные характеристики 4—5-месячных силосов, полученных из мытой

* Данные получены в нашей лаборатории.

и немытой ботвы сахарной свеклы, заложенных как обычным способом, так и применением консервирующих реагентов, а именно: кислого препарата из смеси соляной кислоты и глауберовой соли (ААЗ) и сернистого препарата из водного раствора сернистого ангидрида.

В этих опытах установлены потери сухих веществ растворимых углеводов, азотистых веществ, а также интенсивность образования органических кислот (летучие и нелетучие).

Опыты показали, что методы консервирования имеют определенные преимущества, по сравнению с обычным способом силосования.

Целью настоящей работы является: во-первых, изучение динамики бродильных процессов при силосовании ботвы сахарной свеклы как обычным способом, так и сернистыми препаратами, а именно сернистым ангидридом и метабисульфитом калия за период от одного до семи месяцев после закладки и, во-вторых, сравнение влияния разных препаратов на ход бродильных процессов при силосовании.

Методика исследований

В качестве исходного сырья использовалась ботва сахарной свеклы из колхоза села Катнаджур Спитакского района Армянской ССР на фоне урожайности корнеплодов 280 ц/га 1958 г. и 300 ц/га—1959 г. Ботва использовалась за 12—14 ч. после уборки без предварительного провяливания.

Зеленая масса 1958 г. была отличного качества, а 1959 г. из-за ранних заморозков содержала около 15—20% замерзших листьев.

Силосование в лабораторных условиях проводилось с немытой и очищенной от земли ботвой. Зеленая масса размельчалась на куски длиной 3—4 см, закладывалась в полулитровые бутылки и плотно утрамбовывалась.

Бутылки закрывались резиновыми пробками, в которые были вставлены стеклянные трубки длиной в 1 м. Благодаря такому устройству, сок, стекающий от силосной массы во время бурного брожения, легко передвигается по трубке без потери.

В опытах 1958 г. консервирование проводилось с помощью 6% раствора сернистого ангидрида, добавленного к массе, из расчета 2 г ангидрида на 1 кг зеленой массы, а в опытах 1959 г.—с помощью порошкообразного метабисульфита калия с содержанием соответственно 1 и 2 г сернистого ангидрида на 1 кг зеленой массы.

Лабораторный силос хранился в тени при комнатной температуре, сроком от 1 до 7 мес. и периодически подвергался химическому исследованию.

Анализ углеводов в силосах проводился [11] по следующей схеме, принятой в нашей лаборатории. Свежий силос фиксировался в 80%-ом этиловом спирте и в спиртовом экстракте определялись растворимые сахара (моно- и дисахариды). Остаток материала после спиртовой экстракции экстрагировался горячей водой и в экстракте определялись крахмалистые полисахариды.

Определение влаги, общего азота и разных показателей кислотности проводилось на средней пробе свежего силоса общепринятыми методами.

Экспериментальная часть

В экспериментальной части приведены данные опытов 1958—1959 гг. и 1959—1960 гг. по динамике расщепления растворимых углеводов, образования органических кислот и превращения азотистых соединений.

Динамика расщепления растворимых углеводов

Полученные данные (табл. 1) показывают, что силосование с помощью сернистого ангидрида до 2,5 мес. после закладки резко подавляет расщепление моно- и дисахаридов, имеющее место при обычном силосном брожении.

Таблица 1

Результаты от абсолютно сухого вещества в %

Варианты	Реагенты	Продолжи- тельность (месяцы)	Моно + ди- сахариды		Крахмалистые полисахариды	
			силос обычный	силос суль- фитный	силос обычный	силос суль- фитный
Опыты 1958—59 гг.						
Ботва исходная	SO ₂ 0,2%		16,0	16,0	2,2	2,2
Влажность 76,3%						
Силос		1	4,0	17,8	2,4	4,4
		2,5	3,9	16,8	1,4	3,4
		6	3,9	9,8	1,2	1,9
Опыты 1959—60 гг.						
Ботва исходная	K ₂ S ₂ O ₅ (0,2% SO ₂)		16,4	16,4	4,3	4,3
Влажность 84,5%						
Силос		1	3,1	16,0	3,1	3,9
		2	3,0	15,6	2,7	4,2
		3	1,8	5,9	2,5	3,5
	6	1,7	2,7	1,5	2,9	
	7	1,5	2,3	1,5	2,6	
	K ₂ S ₂ O ₅ (0,1% SO ₂)	1	То же	5,9	То же	3,5
		2		4,6		3,0
		3		4,5		3,0
		6		2,6		2,9
		7		2,0		2,9

В обычном силосе из ботвы расщепление моно- и дисахаридов, показывающее интенсивность бродильных процессов, фактически завершено к первому месяцу после закладки. В силосе, консервированном сернистым ангидридом, это расщепление наступает после второго месяца закладки.

При силосовании ботвы сахарной свеклы обычным способом имеет место расщепление крахмалоподобных углеводов, вследствие чего их концентрация снижается от 2,2 до 1,2% от абсолютно сухого вещества исходного сырья.

Этот процесс частично подавляется при наличии сернистого ангидрида, поскольку в данном случае концентрация крахмалоподобных полисахаридов снижается от 2,2 до 1,9% к шестому месяцу после закладки.

Потери суммы растворимых углеводов достигаются для обычного силоса 13,1%, а для силоса с сернистым ангидридом лишь только 6,5 от абсолютно сухого вещества исходного сырья.

При силосовании с помощью метабисульфита калия концентрацией 2 г SO_2 на 1 кг сырья расщепление моно- и дисахаридов до второго месяца закладки также подавляется. Однако в отличие от сернистого ангидрида оно происходит более интенсивно и остаточная концентрация сахаров к 6—7 мес. закладки почти приравнивается к таковой обычного силоса.

Силосование в присутствии метабисульфита калия концентрацией 0,1% SO_2 мало подавляет процесс расщепления моно- и дисахаридов. Здесь с первого же месяца после закладки происходит довольно интенсивный распад моно- и дисахаридов, что в конце концов приближает динамику их расщепления к таковой обычного силоса.

По сравнению с обычным силосом при силосовании ботвы сахарной свеклы с помощью метабисульфита происходит также определенное замедление процесса распада крахмалоподобных углеводов. В общем к 6—7 мес. после закладки в лабораторном силосе с метабисульфитом найдено снижение бродильных потерь, в значительно меньшей степени, чем в случае применения сернистого ангидрида.

В процессе этих исследований характеризовался также состав моно- и дисахаридов спиртовых экстрактов ботвы сахарной свеклы до и после силосования методом хроматографии на бумаге.

Приведенные на рис. 1 хроматограммы показывают, что спиртовой экстракт ботвы сахарной свеклы содержит некоторое количество сахарозы, в основном глюкозу и фруктозу, и следы арабинозы и ксилозы.

В одномесечном обычном силосе расщеплено наибольшее количество фруктозы и определенная часть глюкозы, в то время как при консервировании сернистым ангидридом процесс расщепления фруктозы сильно тормозится, по всей вероятности, вследствие специфического действия сульфита на ферментативные процессы расщепления фруктозы.

Методом хроматографии на бумаге исследовался также углеводный состав крахмалоподобных полисахаридов ботвы сахарной свеклы до и после силосования.

Состав этот исследуется в горячеводном экстракте после гидролиза и нейтрализации гидролизатов.

Приведенная на рис. 2 хроматограмма показывает, что в состав

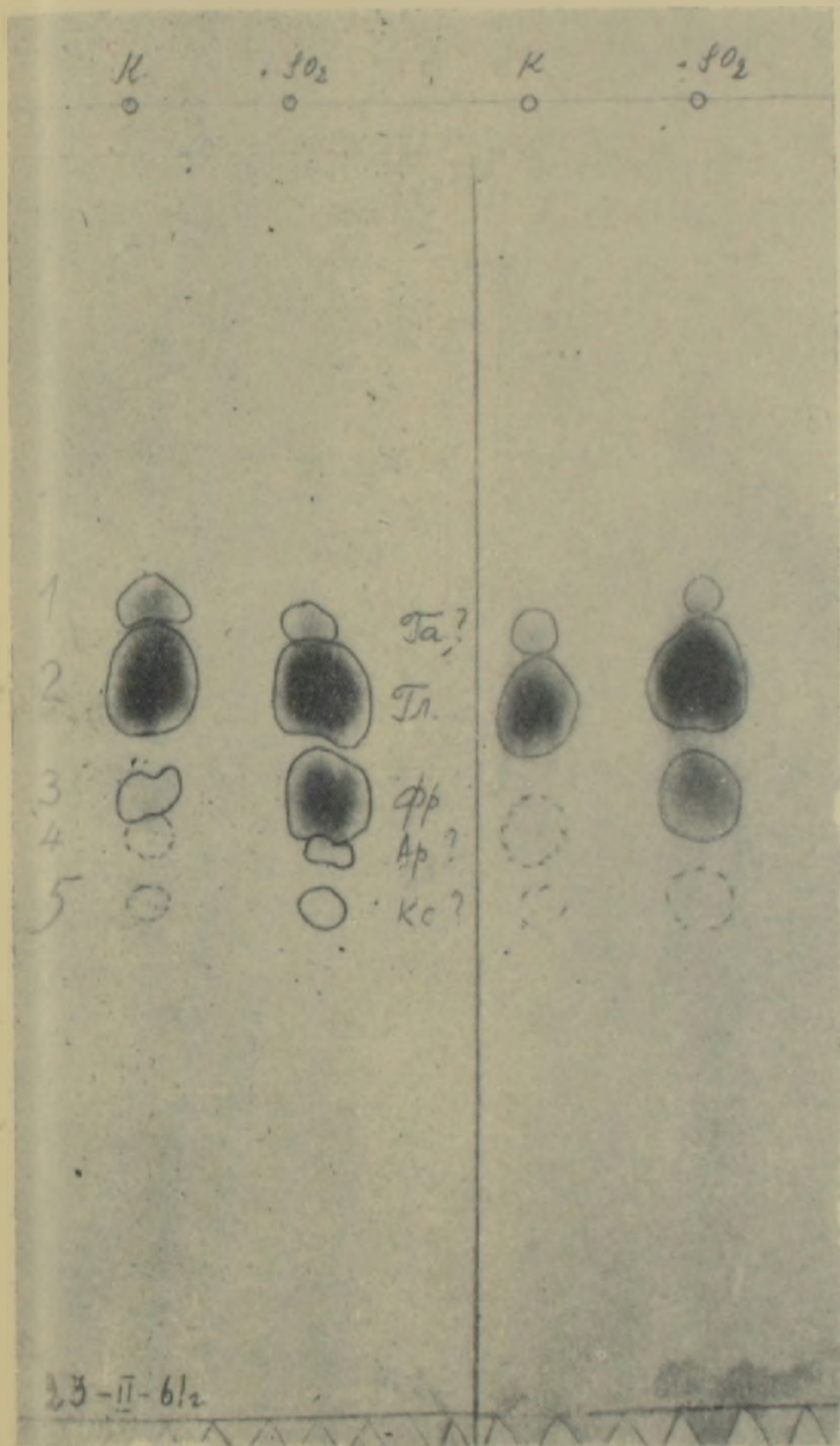


Рис. 1. Моносахариды спиртового экстракта ботвы сахарной свеклы.

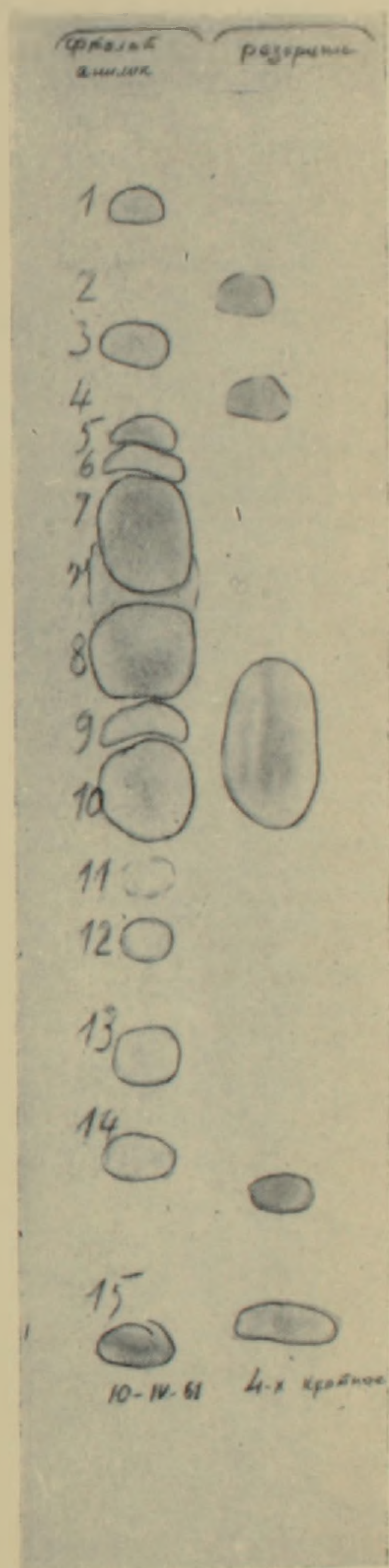


Рис. 2. Гидролизат горячего водного экстракта ботвы сахарной свеклы.

крахмалоподобных полисахаридов ботвы сахарной свеклы входит девять соединений, проявляемых фталатом анилина. Среди них преобладает глюкоза (8), имеется также в определенном количестве ксилоза (11) и арабиноза (10) и, вероятно, фруктоза (9), галактиоза (7) и рамноза (13). В фракции присутствует также в малых количествах пять неидентифицированных соединений (пятна 1, 2, 3, 4 и 9).

Динамика образования органических кислот

Как основные показатели образования органических кислот при силосовании обычным способом и с помощью сернистых препаратов изучались рН, общая титруемая кислотность (ОТК), концентрация молочной, уксусной и масляной кислот, последние в свободном и связанном состоянии.

В табл. 2 приведены результаты изменений, концентрации водородных ионов и общей титруемой кислотности, а в табл. 3 — результаты динамики образования отдельных органических кислот.

Таблица 2
ОТК в мл-ах 1/20 N NaOH на 100 г свежего вещества

Варианты	Реагенты	Продолжи- тельность (месяцы)	рН		Общая титруемая кислотность	
			силос обычный	силос суль- фитный	силос обычный	силос суль- фитный
Опыты 1958—59 гг.						
Ботва исходная Силос из ботвы	SO ₂ 0,2 ⁰ / ₀	—	6,8	6,8	0,5	0,5
		1	4,4	6,1	10,2	1,8
		2,5	4,3	4,8	11,0	3,2
		6	4,5	4,7	11,5	8,0
Опыты 1959—60 гг.						
Ботва исходная Силос из ботвы	K ₂ S ₂ O ₅ (0,2 ⁰ / ₀ SO ₂)	—	6,8	6,8	0,5	0,5
		1	4,4	5,4	9,6	2,0
		2	4,3	4,6	8,8	4,8
		3	4,4	4,3	8,6	8,0
		6	4,5	4,7	8,0	8,0
	K ₂ S ₂ O ₃ (0,1 ⁰ / ₀ SO ₂)	7	4,8	5,1	8,8	8,5
		1	То же	4,6	То же	5,2
		2		4,5		5,8
		3		4,3		8,2
		6		4,6		7,0
	7		4,6		6,0	

Полученные данные показывают определенные расхождения в динамике образования кислот между обычным силосом и силосами, заложёнными с помощью сернистых препаратов.

При обычном силосовании рН резко понижается к концу первого месяца после закладки до рН=4,4 и достигает своего минимального

Т а б л и ц а 3

В ‰ от свежего вещества

Варианты и реагенты	Продолжитель- ность (месяцы)	Молочная кислота		Уксусная кислота		Масляная кислота	
		силос обычный	силос суль- фитный	силос обычный	силос суль- фитный	силос обычный	силос суль- фитный
Опыты 1958—59 гг.							
Силос из ботвы с SO ₂ 0,2%	1	1,15	0,40	0,86	0,26		
	2,5	1,18	0,40	1,03	0,40		
	6	1,28	0,43	0,95	0,46		
Силос из ботвы с K ₂ S ₂ O ₅ (0,2% SO ₂)	1	1,31	0,35	0,72	0,07	0,01	0,02
	2	1,02	0,73	0,69	0,34	0,03	
	3	1,07	1,42	0,67	0,34	—	—
	6	0,86	0,72	0,80	0,88	—	0,07
	7	0,73	0,74	0,94	0,90	0,06	0,11
Силос из ботвы с K ₂ S ₂ O ₅ (0,1% SO ₂)	1		0,85		0,26		0,02
	2		0,96		0,36		—
	3	То же	1,28	То же	0,46	То же	—
	6		0,99		0,56		—
	7		0,66		1,17		0,02

значения ($\text{pH}=4,3$) в возрасте 2—2,5, в то время как таковая у сульфитных силосов передвигается в кислую сторону значительно медленнее, достигая минимального значения в случае метабисульфита к 3 мес. закладки, а в случае сернистого ангидрида—к 6 мес.

По общей титруемой кислотности (ОТК) лабораторный силос, заложенный с помощью 0,2 сернистого ангидрида и метабисульфита, определенно уступает обычному силосу, в частности, в первые 2 месяца после закладки.

В дальнейшем, у обоих видов консервированных силосов по мере ускорения бродильных процессов общая титруемая кислотность постепенно повышается и к 6—7 мес. приравнивается к кислотности обычного силоса.

Сернистый ангидрид резко, а метабисульфит калия в меньшей степени тормозят процесс образования молочной кислоты, в частности, в первые месяцы после закладки силоса.

Сернистый ангидрид сильнее подавляет образование уксусной кислоты, чем метабисульфит. Так, например, в 6-месячном возрасте, в то время как при применении ангидрида образование уксусной кислоты подавлено около 50%, в сериях с метабисульфитом фактически нет подавления.

Сернистые препараты не подавляют образование следов масляной кислоты при силосовании ботвы сахарной свеклы, наоборот, в силосах с такими препаратами часто образуются малые количества масляной кислоты, о механизме синтеза которого еще нет обоснованной гипотезы.

Динамика превращения азотистых соединений

Нами изучались в основном сохранение общего азота и процесс превращения структурных спиртонерастворимых азотистых соединений в спирторастворимую форму, т. е. до состояния аминокислот и пептидов. Экспериментальные результаты по применению метабисульфита калия приведены в табл. 4.

Таблица 4

Результаты в % от абсолютно сухого материала

Образцы	Продолжительность (месяцы)	Силос обычный		Силос с $K_2S_2O_5$ 0,1% SO_2	
		раствори- мый	расщепле- ние	раствори- мый	расщепле- ние
Исходное сырье		1,08	22,8	1,08	22,8
Силос	1	2,01	42,4	2,21	46,6
	2	2,16	45,5	2,28	48,0
	3	2,08	43,0	2,28	48,0
	6	2,10	44,2	2,22	46,8
	7	2,07	43,6	2,14	45,0

Общий азот исходного сырья и силосов = 4,75% с колебанием $\pm 2\%$ в разных образцах.

Данные таблицы еще раз подтверждают высокое содержание азотистых соединений в ботве сахарной свеклы и показывают, что метод консервирования сернистыми препаратами не вносит существенных изменений в процесс расщепления белков, происходящий во время силосного брожения.

Интересно отметить также, что уже во втором месяце закладки почти половина общего азота переходит в легко растворимое состояние, что указывает на глубокий распад белковых соединений исходной зеленой массы.

Приведенные выше исследования приводят нас к следующим основным выводам.

1. Сернистые препараты значительно подавляют процессы брожения в силосе из ботвы сахарной свеклы. На это указывают как удлинение срока наступления интенсивного брожения (латентная фаза), так и торможение степени расщепления растворимых углеводов и накопление органических кислот.

2. В условиях вышеизложенных лабораторных опытов сернистый ангидрид оказался более эффективным, по сравнению с метабисульфитом, с точки зрения как степени потерь растворимых углеводов, так и образования органических кислот при силосовании.

3. Подавляющее действие сернистых препаратов сильнее над процессом расщепления моно- и дисахаридов, чем крахмалоподобных полисахаридов. Оно выражено в равной степени над реакциями образования молочной и уксусной кислот, однако в первые два месяца после заклад-

ки силоса образование уксусной кислоты подавлено в большей степени, чем синтез молочной кислоты.

Сернистые препараты не подавляют образование следов масляной кислоты, побочного продукта нормального силосного брожения, однако они предупреждают массовое образование масляной кислоты в случае гниения или горячего силосования сахарной свеклы (неопубликованные данные).

4. Сернистые препараты не оказывают существенного влияния на процесс расщепления белков, происходящий при силосовании ботвы сахарной свеклы. Это указывает, что в данном процессе преобладающая роль принадлежит собственным ферментам растения, чем ферментам микробного происхождения.

5. Обнаружено, что при наличии сернистых соединений реакция расщепления фруктозы значительно подавлена, в то время как интенсивность расщепления сахарозы и глюкозы определенно сохранена.

Институт животноводства и ветеринарии
Министерства сельского хозяйства АрмССР

Поступило 30.VI 1961 г.

Մ. Ա. ՏԵՐ-ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ, Վ. Ա. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ

ԽՄՈՐՄԱՆ ՊՐՈՑԵՍԻ ԴԻՆԱՄԻԿԱՆ ՇԱՔԱՐԻ ՃԱԿՆԴԵՂԻ ՓՐԵՐԸ ՄՄՄԲԱՅԻՆ ՊՐԵՊԱՐԱՏՆԵՐՈՎ ՍԻԼՈՍԱՑՆԵԼՈՒ ԺԱՄԱՆԱԿ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Հեղինակների նպատակն է եղել ուսումնասիրել խմորման պրոցեսների դինամիկան շաքարի ճականդեղի փրերից սովորական, ծծմբային անհիդրիդով և կալիումի մետաբիսուլֆիտով պատրաստված 1—7 ամսական հասակ ունեցող սիլոսներում, ինչպես նաև խմորման պրոցեսի ընթացքի վրա այդ փորձերից յուրաքանչյուրի ազդեցության համեմատությունը Հետազոտություններից ստացված տվյալները բերվում են աղյուսակներ 1, 2, 3, 4-ում և լուսանկարներ 1, 2-ում:

Ուսումնասիրությունների արդյունքները հիմք են տալիս հանդելու հետևյալ հիմնական եզրակացություններին.

1. Շաքարի ճականդեղի փրերի սիլոսացման ժամանակ ծծմբային պրեպարատների օգտագործման հետևանքով սիլոսում խմորման պրոցեսները ճնշվում են: Այդ հանգամանքը բացատրվում է նախ՝ խմորման բուռն պրոցեսն սկսվելու երկարաձգմամբ (լատենտ փուլ) և ապա, դրա հետևանքով, լուծելի ածխաջրերի ճեղքման աստիճանի ու օրգանական թթուների կուտակման արգելակմամբ:

2. Կարորատուր պայմաններում դրված սիլոսացման փորձերից պարզվեց, որ լուծելի ածխաջրերի կորստի խնայման և օրգանական թթուների առաջացման տեսակետից, ծծմբային անհիդրիդը, կալիումի մետաբիսուլֆիտի համեմատությամբ, ավելի էֆեկտիվ է:

3. Մոնո- և դիսախարիդների ճեղքման պրոցեսի վրա ծծմբային պրեպարատների ճնշող ազդեցությունը, օսլայանման պոլիսախարիդների համեմատու-

լիւծեղ է արտահայտվում: Կաթնաթթվի ու քաղախաթթվի առաջնական ֆրակցիայի վրա, այդ պրեպարատների ազդեցությունը հավասարապես արտահայտվում, այն տարբերությամբ, միայն, որ սիլոսացման առաջին երեք ամիսների ընթացքում, կաթնաթթվի համեմատությամբ, քաղախաթթվի սինթեզն զգալիորեն ճնշվում է:

2. Նշված պրեպարատները չեն ճնշում նաև յուղաթթվի հետքերի առաջացման պրոցեսը, ինչպես այդ հատուկ է նորմալ սիլոսացման պրոցեսին, այն տարբերությամբ, որ շաքարի ճականդեղի փրերի սիլոսացման դեպքում նրանք կանխում են այդ մասսայական առաջացման նույնիսկ նեխման կամ տաք սիլոսացման ճանապարհով դեպքում սիլոսներում (չհրապարակված տվյալներ):

4. Ծծմբային պրեպարատները շաքարի ճականդեղի փրերի սիլոսացման ժամանակ էական ազդեցություն չեն թողնում սպիտակուցային նյութերի ճեղքման պրոցեսի վրա: Այդ շուրջ է տալիս, որ սիլոսացման պրոցեսում գերակշռող դերը պատկանում է ո՛չ թե միկրոբային ծագում ունեցող ֆերմենտներին, այլ՝ բույսերի սեփական ֆերմենտներին:

5. Հաստատված է նաև, որ ծծմբային պրեպարատների առկայության պայմաններում ֆրուկտոզայի ճեղքման ֆրակցիան զգալիորեն ճնշվում է այն դեպքում, երբ սախարոզայի ու գլյուկոզայի ճեղքման ինտենսիվությունը որոշակի կերպով պահպանվում է:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Доклад Н. С. Хрущева на Январском пленуме ЦК КПСС 1961 г., М., 1961.
2. Горб Т. В. Сбор. тр. Харьковского зоотехнического института, 10, 158, 1959.
3. Максак В. Я. Журн. Животноводство, 9, 42, 1959.
4. Höncamp F., Gschwendner B. u. Müllner H. Die landwirtsch. Versuchsstat. 88. 305, 1916.
5. Костромина В. П. Журн. Животноводство, 12, 75, 1956.
6. По Киршу и Гильдебранту. Холодное силосование. Centralbl. f. d. Zuckerindustrie S. 1. 915, 1933.
7. Temper (1937) по Костроминой (см. 5)
8. Рискина. Журн. Проблемы животноводства, 11, 29, 1936.
9. Тер-Карапетян М. А., Азарян Э. Х. Научный отчет АрмНИИЖиВ, 1957.
10. Тер-Карапетян М. А., Азарян Э. Х. Труды АрмНИИЖиВ, 4, 97, 1960.
11. Тер-Карапетян М. А., Оганджаниян А. М. Труды АрмНИИЖиВ, 4, 89, 1960.