

УДК 636.085.52

© 2019

DOI: 10.31073/kormovyrobnytstvo201988-14

М. Ф. Кулик, доктор сільськогосподарських наук, член-кореспондент
НААН

В. П. Жуков, Ю. В. Обертюх, кандидати сільськогосподарських наук

І. О. Виговська, Л. О. Гончар

Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН

О. І. Скоромна, кандидат сільськогосподарських наук

Т. Ю. Ткаченко, І. П. Зелінська

Вінницький національний аграрний університет

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ НОВИХ КРИТЕРІЇВ ОЦІНКИ ЯКОСТІ СИЛОСУ

Експериментально обґрунтовано нові критерії оцінки якості силосу з кукурудзи. До показників доброякісного силосу, а саме: рН, загальна кислотність, уміст молочної, оцтової та масляної кислот та аміаку включати і перетравність сухих речовин на тваринах, а також проводити визначення бактеріального білка, як важливого фактору впливу молочно- і пропіоновокислих бактерій біоконсервантів на біологічну цінність білка корму, що є критерієм оцінки біологічних консервантів на здатність стимулювання приросту бактеріального білка в силосі.

Ключові слова: *силос з кукурудзи, якісні показники силосу, перетравність сухої речовини, біологічні консерванти, молочнокислі та пропіоновокислі бактерії.*

Якість силосу визначають за кольором, запахом, смаком, структурою силосованих часточок рослин. Доброякісний силос має колір майже такий, як частинки рослин (рослин сировини перед силосуванням). Проте в кольорі допускаються відтінки жовтого, жовто-зеленого і світло-коричневого кольору. Зіпсований силос набуває матового відтінку, а потім темніє, стає брудно-сірим та темно-коричневим. Доброякісний має приємний запах плодів або свіжоспеченого хліба чи квашених яблук, а зіпсований — запах редьки, оселедців, прогірклої олії. Пояснюється це наявністю в такому силосі масляної кислоти, що надає йому гострого і неприємного запаху. Смак доброякісного силосу – слабо-кислий, кислий, приємний. Структура відповідає структурі часточок рослин до силосування.

Найбільш поширеними критеріями оцінки якості силосу є його рН водної витяжки та вміст сухої речовини. Якщо силос має рН нижче 4, то це свідчить про його високу якість. Оптимальні величини рН асоціюються з високим вмістом молочної кислоти та кращим збереженням корму. Якщо

значення рН вищі, ніж 4,4 або ферментація в процесі силосування проходить за протеолітичним типом, то в результаті цього утворилась не молочна, а масляна кислота, аміни та аміак. Оскільки масляна кислота значно слабша за молочну і має низьку консервуючу здатність, то якість силосу гірша. Високі рівні амонію, амінів та масляної кислоти – критерії силосу низької якості.

Доброякісний силос містить близько 20 % вільних кислот (2/3 – молочна кислота та 1/3 оцтова). Вміст масляної кислоти в силосі високої якості не допускається. Поряд з цим суха речовина силосу має вищу перетравність, ніж сіно (63 % проти 60 %). Така різниця здається незначною, проте при згодовуванні цих кормів досхочу в поєднанні з концкормами є досить суттєвою (рис. 1). Силос з концкормами забезпечує на 4—8 % вищу молочну продуктивність і прирости живої маси тварин на відгодівлі, ніж сіно при такій же кількості концентрованих кормів [1].

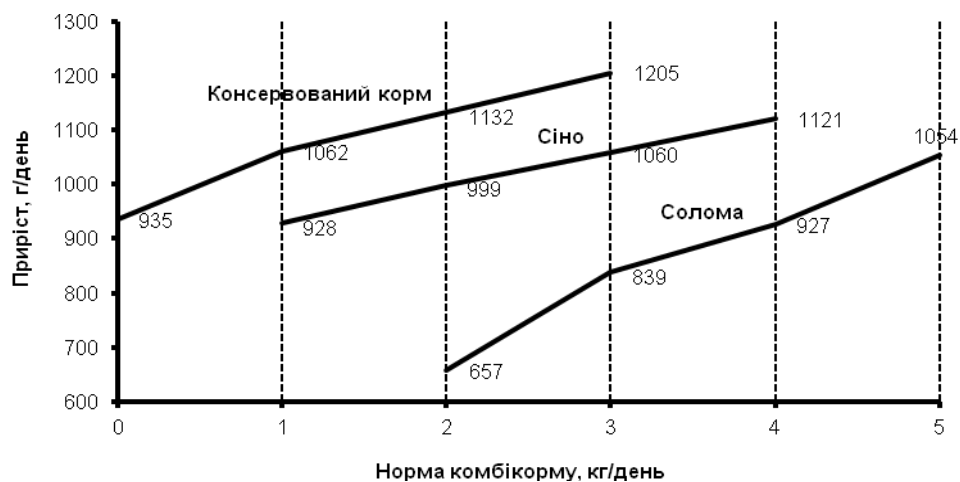


Рис. Середньодобові прирости живої маси молодняка великої рогатої худоби при згодовуванні консервованого корму, сіна і соломи при різній кількості споживання комбікорму

Виникає питання – які ж фактори силосу забезпечують вищу перетравність сухої речовини порівняно з сіном? Якщо вести мову за величину рН водної витяжки силосу то вона кисла, а сіна – близька до нейтральної. Адже рН кормів впливає на добровільне споживання кукурудзяного силосу та сінажу з люцерни. Бікарбонат натрію збільшує споживання органічних речовин у лінійній регресії з найбільшим збільшенням (1,08 кг/добу) при дозі бікарбонату натрію 4,5 % [2]. Оптимальний рівень рН силосу з люцерни для максимального його поїдання коровами в проведених дослідках був 5,7 [3]. Таким чином рівень рН впливає на добровільне поїдання коровами кукурудзяного силосу і оптимальним є рН від 5 до 6, тоді як вищі та нижчі рівні кислотності можуть понижувати споживання корму [4]. Проте силос заготовлений із трав чи кукурудзи не може мати рН в межах 5 і 6, так як такий корм буде низькоякісним.

Матеріали і методи дослідження. В умовах експериментальної бази Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН у 2017 р. було заготовлено в 3-ох амфорах силос кукурудзи початку воскової стиглості із вмістом 30 % зерна у вегетативній масі. У кожену амфору було закладено до 1,8 т силосованої маси. У першу амфору закладали масу кукурудзи, що силосується, без внесення біологічних, тобто, бактеріальних консервантів, а в дві амфори – із внесенням відповідних препаратів. З вересня місяця 2018 р. розпочалися дослідження якості заготовлених силосів і перетравності сухих речовин у балансових дослідах на баранах. Перший балансовий дослід проведено при згодовуванні силосу після розкриття, тобто, розгерметизації амфори. Підготовчий період був 5 діб, а основний – 7 діб, тобто, впродовж першого і другого періодів відбору проб. Упродовж 12 діб основного періоду досліду силос в амфорі був розгерметизований.

Результати досліджень і обговорення. Показники якості силосу після розгерметизації свідчать, що силос на початку проведення балансового досліду мав рН 4,02, а на сьому добу відбору проб величина рН була на рівні 6,44. Аналогічно змінювалися показники вмісту аміаку і титруємої кислотності (табл. 1).

1. Показники якості розгерметизованого кукурудзяного силосу заготовленого без консерванту (контроль)

Дні відбору	Суша речовина, %	рН	Аміак, мг%	Титруєма кислотність, %	Молочна кислота, %	Оцтова кислота, %	Масляна кислота, %
1	29,5	4,02	56,3	2,3	1,35	0,77	0,0
2	30,3	4,07	42,0	2,1	1,20	0,51	0,0
5	31,0	4,61	26,6	0,63	0,44	0,13	0,05
6	31,5	5,91	25,2	0,45	0,35	0,01	0,07
7	31,0	5,98	22,4	0,36	0,29	0,01	0,06
8	31,7	5,88	19,6	0,29	0,23	0,01	0,04
9	32,0	6,44	14,0	0,25	0,17	0,01	0,06

Показники якості силосу (табл. 1) свідчать про суттєві зміни величини рН, титруємої кислотності та співвідношення молочної і оцтової кислот з появою масляної кислоти. Вологість силосу була відносно постійною при незначних коливаннях. Виймання корму з амфори проводилося вручну, тому його верхній шар був завжди розрихлений. Після виймання необхідної маси силосу його поміщали в поліетиленові мішки на одну добу для згодовування баранам. Поліетиленові мішки забезпечували однакові умови зберігання корму умовно без доступу повітря, але корм нагрівався. Нагрівання силосу є свідченням повторної ферментації. Показники перетравності сухих речовин силосу наведені в таблиці 2. Результати дослідження ілюструють невисоку перетравність сухих речовин силосу з кукурудзи, який був закладений без бактеріальних добавок, тобто, біологічного консерванту. Перетравність сухих речовин силосу встановлена на рівні 53,9 %.

2. Перетравність у дослідах на баранах сухої речовини кукурудзяного силосу закладеного без бактеріального (біологічного) консерванту

№ тварини	Задано сухих речовин, г	Спожито сухих речовин, г	Виділено з калом сухих речовин, г	Виділено з калом сухих речовин, %	Перетравність сухих речовин, %
I	938	518	218	42,1	57,9
II	938	857	402	46,9	53,1
III	938	791	372	47,0	53,0
IV	938	625	303	48,5	51,5
M ± m		698 ± 89	324 ± 47	46,1 ± 1,6	53,9 ± 1,6

Друга амфора була закладена з такої самої сировини (кукурудза початок воскової стиглості) як і перша, але з використанням бактеріального консерванту № 1. Показники якості силосу подані в таблиці 3. Порівняно з показниками якості силосу, який був заготовлений без консерванту (табл. 1) силос із біоконсервантом № 1 після розгерметизації амфори мав рН водної витяжки 3,86 проти 4,02 (табл. 1) і нижчу концентрацію аміаку 27,3 мг% проти 56,3 мг% (табл. 1). Концентрація аміаку в силосі — це показник протеолітичної дії клостридій, оскільки ця сполука утворюється в невеликих кількостях силосними мікроорганізмами і рослинними ферментами [5]. Тому, якщо за критерій оцінки силосу брати наявність аміаку в ньому, то достовірне збільшення азоту аміачної форми в силосованій масі, особливо, в початковий період процесу силосування, відноситься до погіршення його якості. Відомо, що утворення аміаку з амінокислот у процесі силування без порушення технології зумовлено головним чином діяльністю мікробів, а не дією рослинних протеолітичних ферментів [5].

3. Показники якості розгерметизованого кукурудзяного силосу закладеного з бактеріальним консервантом № 1

Дні відбору	Суша речовина, %	рН	Аміак, мг%	Титруєма кислотність, %	Молочна кислота, %	Оцтова кислота, %	Масляна кислота, %
1	28,9	3,86	27,3	2,29	1,51	0,59	0,0
2	31,3	4,10	28,0	1,68	0,99	0,53	0,0
3	31,6	4,37	27,3	1,21	0,77	0,28	0,02
4	29,2	4,88	26,6	0,65	0,41	0,14	0,03
5	30,7	5,40	25,9	0,49	0,36	0,07	0,03

За стандартними показниками оцінки якості силос (табл. 3) був доброякісним із такою самою оцінкою силосу без консерванту (табл. 1). При такому аналізі показників якості силосу з першої (табл. 1) і другої (табл. 3) амфор можна зробити помилкове заключення, що при заготівлі силосу з кукурудзи початку воскової стиглості і вмістом 30 % зерна у вегетативній масі використовувати бактеріальні закваски різних штамів молочнокислих бактерій в поєднанні з пропіоновокислими недоцільно, але балансовий дослід

на баранах щодо вивчення перетравності сухої речовини силосу, закладеного з біоконсервантом, показав вищу на 8,8 % перетравність (табл. 4). Звідси висновок, що до стандартних критеріїв оцінки якості силосу з кукурудзи слід додати і показники перетравності сухих речовин, так як це характеризує продуктивну дію корму. Паралельно з цим виникає питання, а які ж фактори обумовлюють підвищення перетравності сухих речовин силосу закладеного з молочно- і пропіоновокислими бактеріями?

У дослідях щодо впливу бактеріального консерванту — літосилу, на мікробіологічні процеси в силосі встановлено, що у рослинній масі після внесення літосилу уже через 12 год. спостерігається збільшення кількості молочнокислих і пропіоновокислих бактерій [6]. Гомоферментативні молочнокислі бактерії продукують до 85 % молочної кислоти, а гетероферментативні до 50 %. Гомоферментативні молочнокислі бактерії або термобактерії є досить великі палички, розташовані окремими клітинами або короткими ланцюжками. Вони не здатні зброджувати пентози та глюканат, а гексози розщеплюють гліколітичним шляхом. Гетероферментативні або стрептобактерії зброджують гексози гліколітичним шляхом, а пентози – за окисним пентозофосфатним. Клітини цих бактерій розташовуються у вигляді ланцюжків. Бактеріоцини грамозитивних бактерій пригнічують неспоріднені мікроорганізми. У складі бактеріоцинів часто наявні поліпептиди, що наближує їх до «класичних» антибіотиків. Термін «бактеріоцин» сформулював американський вчений Якобе у 1953 р. Синтез лактобактеріями бактеріоцинів супроводжується появою в середині клітин та у міжклітинному просторі характерних глобул розміром 40—50 мкм, які є фрагментами зруйнованої цитоплазматичної мембрани.

4. Перетравність у дослідях на баранах сухої речовини кукурудзяного силосу закладеного з біологічним консервантом

№ тварини	Задано сухих речовин, г	Спожито сухих речовин, г	Виділено з калом сухих речовин, г	Виділено з калом сухих речовин, %	Перетравність сухих речовин, %
I	938	748	321	42,9	57,1
II	938	880	357	40,6	59,4
III	938	896	311	34,7	65,3
IV	938	842	293	34,8	65,2
M ± m		842 ± 38	321 ± 16	38,3 ± 2,4	61,8 ± 2,4

Деякі лактобактерії здатні до синтезу неідентифікованих нині субстанцій, яким властива бактеріостатична дія. Встановлено, що за хімічною природою — це низькомолекулярні речовини непептидної природи, що проявляють свою активність за наявності кислоти або пероксиду водню.

Лактобактерії незалежно від джерел виділення є дуже подібними морфологічно і якщо охарактеризовані вище біохімічні моменти дії молочнокислих бактерій в шлунково-кишковому тракті людей і тварин, то

це, на наш погляд, має місце і в силосній масі при внесенні молочно- і пропіоновокислих бактерій в сировину при заготівлі силосу і в процесі зберігання. Підтвердженням нерозкритої дії молочно- і пропіоновокислих бактерій у силосі, як біологічному середовищі розвитку і життєдіяльності бактерій, послужили дослідження із висушеною при 65°C силосною масою 3-х варіантів корму. Відважували наважки по 5 г повітряно сухої маси силосу з кукурудзи, заготовленого без консерванту і два варіанти, один з них є силос з біоконсервантом № 1 і третій з біологічним консервантом № 2. До наважок добавляли по 100 мл дистильованої води, нагрівали до кипіння і кип'ятили впродовж 30 хв. Після в стакани доливали воду до мітки 100 мл, частково охолоджували і проводили віджимання провареної силосної маси через подвійну нейлонову тканину. Одержується суспензія водорозчинних фракцій білків, протеїну, амінокислот, мінеральних речовин, крохмалю, вітамінів та інших біологічно активних речовин.

Молочнокислі бактерії синтезують вітаміни групи В (В₁, В₂, В₅ і В₇) та незамінні амінокислоти, а пропіоновокислі бактерії додатково синтезують вітамін В₁₂, утворюючи слиз і надаючи силосу специфічний приємний смак.

Одержану суспензію залишали в кімнатних умовах на 1 год. Результати відстоювання суспензій показали, що різниця є переконливою між силосом, який закладений без біоконсервантів порівняно до контролю. Суспензія силосу без біоконсерванту залишилась однорідною, тоді як суспензія силосів з біоконсервантами частково розділилась. Морфоструктура молочно- і пропіоновокислих бактерій, клітини яких знаходяться у вигляді ланцюжків, під час кип'ятіння піддаються денатурації, випадають в осад, утворюючи з крохмалем відповідні агрегатні утворення. У суспензії контрольного силосу такі зміни відсутні.

Оскільки молочно- і пропіоновокислих бактерії біоконсервантів при внесенні в силосовану масу інтенсивно розмножується, то в силосі повинно збільшитись бактеріального білка. Різниця у вмісті загального протеїну між силосом, який закладено без біоконсерванту і з біологічними консервантами нами не виявлено. У складі 3-ох варіантів суспензій містяться водорозчинні фракції білків, протеїну і клітини бактерій, які в процесі віджимання провареної маси силосів пройшли крізь нейлонову тканину, тому наступним етапом досліджень було визначення вмісту аміаку в суспензіях 3-х силосів на принципі реакції дезамідування.

Концентрацію аміаку в силосах визначають за класичним методом Конвея, в основі якого є витіснення аміаку з амонійних солей водної витяжки корму концентрованим розчином лугу. Дифузія відбувається, коли чашки Конвея знаходяться 24 год. при кімнатній температурі. При підвищеній температурі 40 °С відомо, що амінокислоти глутамін і аспарагін чутливі до гідролізу амідного зв'язку в лужному середовищі під дією високої концентрації NaOH, тобто, під дією лугу відщеплюється аміак, відбувається реакція дезамідування.

Хід аналізу наступний. У внутрішню камеру чашки Конвея додавали 2 мл 0,02 N розчину сірчаної кислоти і туди ж додавали 3—4 краплини індикатора Ташира. У зовнішню камеру чашки в один бік добавляли 2 мл водної суспензії силосів, а в другий бік 4 мл 33 % розчину NaOH. Після цього чашки поміщали в термостат на 24 год. при температурі 40 °С. Результати досліджень подані в таблиці 5.

5. Уміст аміаку в суспензії силосів унаслідок дезамідування глютамінової та аспарагінової амінокислот

Варіант силосу	Аміак, мг%	± до контролю, мг%
Суспензія силосу без біоконсерванту (контроль)	56	—
Суспензія силосу з біоконсервантом № 1	76	20
Суспензія силосу з біоконсервантом № 2	65	9

Беззаперечно, епіфітна мікрофлора у вегетативній масі кукурудзи, що силосується, без добавлення молочно- і пропіоновокислих бактерії також розмножується і в силосі приростає бактеріальний білок з глютаміновою і аспарагіновою амінокислотами, проте добавлення біоконсервантів стимулює процес розмноження власних бактерій. Підтвердженням цього є збільшення аміаку (табл. 5) через реакцію дезамідування глютаміну і аспарагіну. Збільшення бактеріального білка в суспензії з біоконсервантом № 1 через збільшення на 20 мг% аміаку є порівняно суттєвим щодо суспензії контрольного силосу, тому фактор стимулювання розмноження відповідних штамів бактерій переконливо підтверджує підвищення перетравності сухих речовин силосу, закладеного з біоконсервантом № 1 (табл. 4). Поряд з цим підвищення в суспензії силосу з біоконсерванту № 1 вмісту бактеріального білка є підставою проводити оцінку бактеріальних консервантів на здатність стимулювати приріст мікробного білка в силосі. Адже рівень стимулювання розмноження різних штамів бактерій, які містяться в кожному біоконсерванті, очевидно, є різним. Так окремі бактеріальні препарати (біоконсерванти) пригнічують повторну ферментацію силосу за рахунок підвищеного вмісту оцтової кислоти, але вплив їх на біохімічну цінність корму невідома. Бактеріальний білок різних популяцій молочнокислих, пропіоновокислих і оцтовокислих бактерій матиме різну ступінь біологічної цінності в шлунково-кишковому тракті тварин.

Зміни величини рН і вмісту кислот (табл. 1) виражають пряму залежність між цими показниками і періоду розгерметизації силосу та частково рівнем споживання силосу баранами і зазначеними критеріями оцінки силосу. Виходить, що споживання силосу збільшується зі зниження кислотності й вмісту оцтової та молочної кислоти. По заключенню Шпаара (2012) якість силосу характеризується кормовою цінністю, а саме: високою концентрацією енергії, вмістом молочної кислоти, незначним розщепленням

протеїну і кількістю залишкового цукру [7]. Чим вищі ці показники, тим краще споживання корму і його продуктивна дія. Силос не повинен містити масляної кислоти, а вміст оцтової кислоти на суху речовину не повинен перевищувати 0,5 %. У протилежній оцінці споживання значно зменшується.

Висновки. Молочнокислі та пропіоновокислі бактерії в середовищі силосної маси здійснюють вплив на патогенні та умовно патогенні мікроорганізми в результаті синтезу антимікробних компонентів (молочної, пропіонової та інших кислот) синтезу вітамінів, незамінних і замінних амінокислот та конкуренції за поживні інгредієнти, адже розщеплення пентоз і гексоз створює адгезію на поверхні частинок силосу, що є фактором підвищення його перетравності в шлунково-кишковому тракті тварин і продуктивної дії. Це дає підставу зробити заключення, що застосування бактеріальних консервантів при заготівлі силосу з кукурудзи у фазі початку воскової стиглості зерна є обов'язковим технологічним прийомом. До показників доброякісного силосу, а саме: рН, загальна кислотність, вміст молочної, оцтової і масляної кислот та аміаку включати і перетравність сухих речовин на тваринах, а також проводити визначення бактеріального білка в суспензії після варіння повітряно сухої маси силосу через дезамідування глютаміну і аспарагіну, як важливого фактору впливу молочно- і пропіоновокислих бактерій біоконсервантів на біологічну цінність білка корму, що є критерієм оцінки біологічних консервантів на здатність стимулювання приросту бактеріального білка в силосі.

Бібліографічний список

1. Кулик М.Ф., Засуха Т.В., Юрченко В.К., та ін. Основи технологій виробництва продукції тваринництва: практ. посіб.; за ред. М.Ф. Кулика, Т.В. Засухи. Київ: Сільгоспосвіта, 1994. 432 с.
2. Shaver R.D., Erdman R.A., O'connor A.M., Vandersall J.H. Effects of silage pH on voluntary intake of corn silage and alfalfa haylage. *Journal of Dairy Science*. 1985. V. 68, Is. 2. P. 338–346. doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(85)80830-4
3. Erolman R. Forage pH effects on intake in early lactation dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 1988. V. 71(5). P. 1198–1203. doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79674-5
4. Shaver R.D., Erdman R.A., Vandersall J.H. Effects of silage pH on voluntary intake of corn silage. *Journal of Dairy Science*. 1984. V. 67(9). P. 2045–2049. doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(84)81542-8
5. Мак-Дональд П. Биохимия силоса; пер. с англ. Н. М. Спичкина; под ред. и с предисл. К.И. Каменской. Москва: Агропромиздат, 1985. 272 с.
6. Кулик М.Ф., Калетник Г.М., Овсієнко А.І. та ін. Консерванти і поживність кормів. Київ: Урожай, 1992. 208 с.
7. Шнаар Д. Кукуруза: выращивание, уборка, хранение и использование. Киев: Издательский дом «Зерно», 2012. 464 с.