

МОЛОЧНОКИСЛОЕ БРОЖЕНИЕ ПРИ СИЛОСОВАНИИ Lactic fermentation during silosing

В. Д. Харитонова, студент

Т. В. Павленкова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Уральский государственный аграрный университет

(Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 42)

Аннотация

Статья посвящена изучению процесса молочнокислого брожения при силосовании растительных кормов, являющегося ключевым фактором сохранения качества и питательных свойств растительного сырья. Рассматриваются биохимические механизмы молочнокислого брожения, условия его протекания и факторы, влияющие на эффективность ферментации. Особое внимание уделено роли молочнокислых бактерий, участвующих в процессе консервирования растительной массы, а также значению pH среды, влажности и состава исходного материала.

Ключевые слова: молочнокислое брожение, молочнокислые бактерии, силосование, растительное сырье, молочная кислота.

Summary

The article is devoted to the study of the process of lactic acid fermentation during the silosing of plant fodder, which is a key factor in preserving the quality and nutritional properties of plant raw materials. The article discusses the biochemical mechanisms of lactic acid fermentation, the conditions under which it occurs, and the factors that affect the efficiency of fermentation. Special attention is given to the role of lactic acid bacteria involved in the process of preserving plant mass, as well as the importance of pH, moisture content, and composition of the initial material.

Keywords: lactic acid fermentation, lactic acid bacteria, silage, plant raw materials, lactic acid.

Силосование — это метод консервации зеленых кормов, позволяющий сохранить их свежесть и питательные свойства на длительный срок путём естественной ферментации. Суть метода заключается в создании бескислородных (анаэробных) условий, в которых активно размножаются полезные микроорганизмы, особенно молочнокислые бактерии. Эти бактерии перерабатывают содержащиеся в растительном материале сахара в молочную кислоту, снижая уровень pH и создавая среду, неблагоприятную для гниения и плесени [1].

Молочнокислое брожение является основным процессом, происходящим при силосовании растительных кормов. Оно представляет собой анаэробное превращение сахаров, содержащихся в сырье, в молочную кислоту, выполняющее две основные функции:

- Консервирование зеленой массы путем снижения кислотности (pH), подавляя рост патогенных микроорганизмов.
 - Сохранение ценных питательных веществ (белков, углеводов).
- Основные этапы молочнокислого брожения включают три фазы:
- Анаэробная фаза: Активируются гетероферментативные бактерии, производящие уксусную и пропионовую кислоты наряду с молочной.
 - Стадия гомоферментативного молочнокислого брожения: Доминируют лактобациллы, синтезирующие преимущественно молочную кислоту.

- Фаза стабилизации: Образуется устойчивый кислый продукт с низкой активностью микрофлоры.

Эффективность процесса зависит от уровня сахара в растениях, температуры, содержания влаги и плотности укладки силоса. Правильное управление этими факторами обеспечивает получение качественного корма с высоким содержанием белка и энергии.

Суть процесса:

После закладки растительной массы в силосную траншею или башню, доступ кислорода ограничивается. Аэробные микроорганизмы (например, бактерии гниения) сначала активно размножаются, потребляя кислород. Однако, по мере его истощения, создаются благоприятные условия для развития анаэробных молочнокислых бактерий (лактобацилл). Эти бактерии преобразуют сахара (глюкозу, фруктозу и др.), содержащиеся в растительном материале, в молочную кислоту [3].

Роль молочной кислоты в брожении при силосовании является центральной и критически важной. Она выступает в качестве естественного консерванта, обеспечивая сохранность корма и предотвращая его порчу. Это происходит благодаря нескольким механизмам:

1. *Снижение pH*: Накопление молочной кислоты приводит к значительному снижению уровня pH в силосе (обычно до 3,8-4,2). Это создаёт крайне неблагоприятную среду для развития большинства нежелательных микроорганизмов, таких как бактерии гниения, плесневые грибы и другие патогены. Они просто не могут выживать и размножаться при таком низком pH. Ингибирование роста микроорганизмов: Низкий pH напрямую ингибирует ферментные системы многих микроорганизмов, нарушая их метаболизм и размножение. Молочная кислота также обладает прямым антимикробным действием.

2. *Стабилизация силоса*: Поддержание низкого pH за счёт молочной кислоты способствует стабилизации силоса, предотвращая его дальнейшее брожение и порчу после извлечения из силосной ямы.

3. *Повышение питательной ценности*: поскольку молочнокислое брожение предотвращает потерю питательных веществ, связанную с гниением и плесневением, можно говорить о косвенном вкладе молочной кислоты в сохранение питательной ценности силоса.

В итоге, эффективность силосования напрямую зависит от количества и скорости накопления молочной кислоты. Недостаточное количество молочной кислоты приводит к снижению консервирующих свойств силоса и риску его порчи. Поэтому, контроль процесса молочнокислого брожения является важнейшей задачей при силосовании.

Факторы, влияющие на молочнокислое брожение:

- 1) Состав растительной массы: содержание сахаров, белков и влаги в исходном сырье напрямую влияет на интенсивность брожения. Высокое содержание сахаров обеспечивает больше субстрата для молочнокислых бактерий.

- 2) Влажность: оптимальная влажность для силосования составляет 65-75%. Слишком высокая влажность может привести к развитию нежелательной микрофлоры, а слишком низкая – к недостаточному брожению.

- 3) Уплотнение: тщательное уплотнение силосной массы необходимо для удаления воздуха и создания анаэробных условий.

- 4) Температура: оптимальная температура для развития молочнокислых бактерий составляет 25-35°C.

- 5) pH: как уже упоминалось, снижение pH до 3,8-4,2 является критическим фактором, обеспечивающим консервацию.

б)Наличие ингибиторов: наличие в растительном материале веществ, ингибирующих рост молочнокислых бактерий (например, некоторые органические кислоты или фенольные соединения), может негативно сказаться на процессе силосования.

Возможные проблемы:

1) Маслянокислое брожение: при слишком высокой влажности или недостаточном уплотнении может развиваться маслянокислое брожение, приводящее к образованию масляной кислоты и неприятного запаха. Этот процесс снижает питательную ценность силоса.

2) Дрожжевое брожение: в случае недостаточного уплотнения или длительного хранения может начаться дрожжевое брожение, что приводит к потемнению и потере качества силоса.

Качество готового силоса оценивается по ряду критериев, позволяющих определить степень пригодности корма для сельскохозяйственных животных [5]. Ниже представлена таблица физико-химических показателей готового силоса с указанием диапазона нормативных значений (таблица 1).

Таблица 1

Физико-химические показатели готового силоса

Показатель	Нормы
Сухое вещество, %	25–40
Органические кислоты:	
- Молочная кислота, %	60–80
- Уксусная кислота, %	До 10
- Масляная и пропионовая кислоты, %	Незначительное количество
Водородный показатель (рН)	3,8–4,2
Общий азот, мг/кг	Соответствует требованиям по содержанию белка
Аммонифицированный азот, % от общего азота	Не более 10
Подвижные сахара, %	2–4
Протеины и аминокислоты	Баланс соответствует потребностям животных
Витамины и минералы	Содержатся в достаточном количестве (витамин А, витамины группы В, Са, Р, Mg)

Анализируя таблицу 1, физико-химические показатели готового силоса показали, что соблюдение рекомендуемых стандартов позволяет эффективно сохранять питательные компоненты растительного сырья и минимизировать потери в процессе ферментации. Качество силоса определяется комплексом факторов, включая оптимальное содержание сухих веществ, сбалансированное соотношение органических кислот, правильный водородный показатель и сохранение важных нутриентов (белков, аминокислот, витаминов и минералов).

Физико-химический анализ готового силоса проводится лабораторным способом с целью оценки его качества и пригодности для скармливания животным [5]. Процедура состоит из ряда последовательных этапов:

1. Отбор пробы:

- Пробу берут из центральной части партии силоса, используя специальную технику отбора образцов (методом щупа или бурового инструмента).

- Для точности рекомендуется брать несколько проб из разных участков силоса и смешивать их перед проведением анализов.

2. Подготовка образца:

- Измельчают отобранный образец до размера частиц менее 1 мм, высушивая предварительно при температуре +60 °С до постоянной массы.

- Высушенную массу используют для последующих измерений.

3. Измерение содержания сухого вещества:

- Определяют сухое вещество путем взвешивания и последующего нагревания образца до полного удаления влаги.

- Процент сухого вещества рассчитывается по формуле: $(m_1 - m_2) / m_1 (m_1 - m_2) / m_1$, где m_1 — масса влажного образца, m_2 — масса высушенного образца.

4. Определение количества органических кислот:

- Используют титрование раствором гидроксида натрия или калия для расчета общей кислотности.

- Затем определяют содержание каждой отдельной кислоты хроматографическим методом (ГХ или ВЭЖХ).

5. Определяют водородный показатель (рН):

- Применяют рН-метры, погруженные непосредственно в образец или после экстракции водной суспензии.

6. Анализ содержания аммонифицируемого азота:

- Проводят реакции гидролиза белка и определение выделившегося аммиака колориметрически либо спектрофотометрически.

7. Исследование наличия подвижных сахаров:

- Обычно применяют реакцию с фенолом в присутствии серной кислоты (метод Хагендорфа) или более точные инструментальные методы (ГХ, ВЭЖХ).

8. Количественное измерение витамина А (каротина):

- Экстрагируют каротин из образца и количественно оценивают его содержание методами спектроскопии или жидкостной хроматографии.

9. Проверка наличия макро- и микроэлементов:

- Минералы и металлы определяются атомно-абсорбционной спектрометрией или масс-спектрометрией.

10. Проведение сенсорного анализа:

- Проверяется внешний вид, запах и консистенция силоса специалистами-дегустаторами.

Полученные данные сравнивают с нормативными показателями, установленными ГОС-Тами и международными стандартами, что позволяет объективно оценить качество готового силоса и его пригодность для потребления животными.

В заключении, можно сделать вывод, что молочнокислое брожение играет ключевую роль в процессе силосования, обеспечивая эффективное консервирование кормов и сохранение их питательной ценности. Проведение тщательного анализа физико-химических показателей го-

тового силоса позволяет контролировать качество полученного продукта и оперативно реагировать на отклонения от нормы. Соблюдение рекомендованных технологических параметров (температуры, плотности упаковки, уровня влажности и наличия доступной углеводной базы) создает оптимальные условия для молочнокислого брожения, ведущего к образованию необходимой концентрации молочной кислоты и поддержанию низкого значения pH. Контроль уровня аммонифицируемого азота и содержания витаминов подтверждает высокое качество силоса и его пригодность для употребления животными.

Библиографический список

1. *Буряков Н. П., Жученко А. А.* Биотехнология современных методов заготовки кормов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2023. № 4. С. 34-41.
2. *Васильев Ю. В., Старцев Г. Н.* Оптимизация технологических приемов приготовления высококачественных силосов // АПК: экономика, управление. 2021. № 6. С. 62-69.
3. *Калашникова Е. М., Дмитриченко К. К.* Физиолого-биохимические основы молочнокислого брожения в производстве силоса // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 5. С. 78-84.
4. *Чугунова Н. Р., Яшин А. В.* Практическое руководство по приготовлению высокопитательного силоса // Ползуновский альманах. 2022. № 4. С. 123-131.
5. *Яковлева Э. А., Шибяев И. В.* Технология и оборудование для эффективного силосования фуражных культур // Техника и технология пищевых производств. 2025. № 1. С. 81-89.