

УДК 636.085.55; 633.2; 633.31; 631.53; 631.563.2

## ВПЛИВ ІНОКУЛЯНТУ МОЛОЧНОКИСЛИХ БАКТЕРІЙ НА ЯКІСТЬ СІНАЖУ З ЛЮЦЕРНИ

Лук'янець А. С.<sup>1</sup>, аспірантка, м.н.с. відділу біотехнології  
<https://orcid.org/0000-0002-2120-9909>

Даниленко С. Г.<sup>1</sup>, д.т.н., завідувачка відділу біотехнології  
<https://orcid.org/0000-0003-4470-4643>

Кулібаба С. В.<sup>2</sup> к. с.-г. н., старший науковий співробітник лабораторії генетики тварин,  
<https://orcid.org/0009-0001-1559-6076>

Жукорський О. М.<sup>2</sup>, д. с.-г. наук, професор, академік НААН, Директор інституту  
<https://orcid.org/0000-0001-5381-8517>

Заріцький Р. В.<sup>1</sup>, PhD, г.н.с. відділу біотехнології  
<https://orcid.org/0000-0003-1074-3118>

<sup>1</sup>Інститут продовольчих ресурсів НААН, Київ, Україна

<sup>2</sup>Інститут розведення і генетики тварин імені М.В. Зубця НААН,  
 с. Чубинське, Київська область, Україна

<https://doi.org/10.31073/foodresources2025-25-22>

**Предмет.** У роботі розглянуто вплив експериментальної бактеріальної композиції, сформованої на основі трьох штамів *Lentilactobacillus buchneri*, *Levilactobacillus brevis* та *Lactiplantibacillus plantarum*, на ферментаційну та поживну якість сінажу з люцерни. Поєднання цих культур сприяє формуванню широкого спектра антимікробних метаболітів із фунгіцидною та бактерицидною активністю. **Мета.** Метою дослідження було встановити ефективність нової бактеріальної композиції під час силосування люцерни та оцінити вплив цієї композиції на ферментаційні процеси, органічні кислоти, поживність та якість сінажу. **Методи.** Під час експериментальних досліджень сінажу з люцерни здійснювали порівняння дослідної композиції з контрольним зразком і визначали показники вологості, вміст азоту, сирого протеїну, клітковини, жиру, золи, розчинних та легкогідролізованих вуглеводів, а також органічних кислот відповідно до загальноприйнятих методик. **Результати.** Сінаж дослідної групи характеризувався підвищенням вмістом сирого протеїну, нижчим рівнем клітковини, вищою обмінною енергією та поживністю порівняно з контролем. Частка молочної кислоти становила 79,6% у досліді, що перевищувала показники контролю (61,6%) та свідчило про активніше молочнокисле бродіння. Вміст оцтової кислоти був нижчим, а масляна кислота в обох варіантах не виявлена. Обидва зразки відповідали вимогам I класу за ДСТУ 4684:2006, проте дослідний варіант демонстрував кращу збереженість азотистих речовин і більшу енергетичну цінність. **Сфера застосування результатів.** Отримані дані можуть бути використані при розробленні вискоєфективних бактеріальних заквасок для силосування бобових культур, оптимізації технологій виробництва білково-мінеральних кормів та формуванні раціонів для високопродуктивної худоби.

**Ключові слова:** люцерна, силосування, молочнокислі бактерії, ферментація, органічні кислоти, протеїн, якість сінажу

INFLUENCE OF LACTIC ACID BACTERIA INOCULANT  
ON THE QUALITY OF ALFALFA HAYLAGE

Alla Lukianets<sup>1</sup>, Postgraduate, Junior Researcher of the Department of Biotechnology  
<https://orcid.org/0000-0002-2120-9909>

Svitlana Danylenko<sup>1</sup>, D-r of Sc., Engineering, Prof., Head of Department of Biotechnology  
<https://orcid.org/0000-0003-4470-4643>

Svitlana Kulibaba<sup>2</sup>, PhD, Agricultural, Senior Researcher, Laboratory of Animal Genetics  
<https://orcid.org/0009-0001-1559-6076>

Ostap Zhukorskyi<sup>2</sup>, D-r of Sc. Agricultural, Professor, Academician of the NAAS  
<https://orcid.org/0000-0001-5381-8517>

Ruslan Zaritskyi<sup>1</sup>, PhD, Chief Researcher of the Department of Biotechnology  
<https://orcid.org/0000-0003-1074-3118>

<sup>1</sup>Institute of Food Resources of the NAAS, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Institute of Animal Breeding and Genetics named after M.V. Zubets of NAAS, Chubynske, Ukraine

**Subject.** The study examines the effect of an experimental bacterial composition based on three strains – *Lentilactobacillus buchneri*, *Levilactobacillus brevis*, and *Lactiplantibacillus plantarum* – on the fermentation and nutritional quality of alfalfa haylage. The combination of these cultures promotes the formation of a broad spectrum of antimicrobial metabolites with fungicidal and bactericidal activity.

**Purpose.** The aim of the study was to determine the effectiveness of the new bacterial composition during alfalfa ensiling and to assess its impact on fermentation processes, organic acids, nutritional value, and compliance with quality of haylage. **Methods.** During the experimental evaluation of alfalfa silage samples, the tested composition was compared with the control, and moisture, nitrogen, crude protein, fiber, fat, ash, soluble and easily hydrolyzed carbohydrates, as well as organic acids were determined according to standard analytical methods. **Results.** The silage of the experimental group was characterized by a higher crude protein content, lower fiber levels, increased metabolizable energy, and greater nutritional value compared with the control. Lactic acid accounted for 79.6%, exceeding the control value (61.6%), indicating more active lactic fermentation. Acetic acid content was lower, and butyric acid was not detected in either variant. Both samples met the requirements of Class I according to DSTU 4684:2006; however, the experimental variant demonstrated better preservation of nitrogenous substances and higher energy value. **Scope of results.** The obtained data may be used in the development of highly effective bacterial starters for ensiling legume crops, optimization of protein-mineral feed production technologies, and formulation of diets for high-producing livestock.

**Key words:** alfalfa, ensiling, lactic acid bacteria, fermentation, organic acids, protein, haylage quality

**Постановка проблеми.** Раціональне та збалансоване забезпечення тварин кормами є одним із ключових факторів, що визначають темпи росту та реалізацію їхнього генетичного потенціалу. Тому раціони для різних груп тварин мають формуватися з урахуванням зональних норм, віку, фізіологічного стану, напряму вирощування та продуктивності [1, 2].

У зимовий період основу раціонів великої рогатої худоби становлять об'ємні корми рослинного походження – сінаж, силос, сіно, отримані з бобових трав або їхніх сумішей із злаками. Правильна організація повноцінного годування безпосередньо впливає на обсяг та якість продукції тваринництва [3, 4].

Щоб компенсувати дефіцит білка, у багатьох господарствах вирощують бобові культури, що є цінним джерелом рослинного, легкозасвоюваного та високоякісного білка [5, 6]. Ефективність силосування та сінажування залежить від низки технологічних і біологічних чинників, що визначають якість і поживність корму [7].

Сінаж – це різновид силосованого корму, виготовлений переважно з трав'яних та бобових культур і характерний вмістом вологи на рівні 40–60%. Перетворення рослинної маси на корм відбувається шляхом мікробної ферментації з утворенням органічних кислот – процесу, відомого як силосування. Ферментація проходить у спеціальних сховищах різної конструкції, зокрема у баштових та бункерних силосах, силосних мішках або траншейних/навалених силосних спорудах.

Люцерна є однією з найцінніших бобових кормових культур завдяки високому вмісту сирого протеїну, незамінних амінокислот, мінеральних речовин і вітамінів. Саме тому її широко застосовують у раціонах жуйних тварин як джерело якісного білка. Однак, попри високу поживність, процес силосування люцерни залишається технологічно складним і потребує спеціальних прийомів. По-перше, рослина містить порівняно низьку кількість легкозброджуваних вуглеводів – лише 4–20 г/кг сухої речовини [8]. Саме вони є основним субстратом для молочнокислих бактерій, що забезпечують швидке зниження рН і стабілізацію силосу. Брак доступних вуглеводів сповільнює розвиток бажаної мікрофлори, що створює ризики вторинного бродіння й погіршення якості продукту.

По-друге, люцерна характеризується високою буферною здатністю – властивістю протидіяти зниженню рН під час ферментації. Це означає, що навіть за активної роботи молочнокислих бактерій підкислення маси відбувається повільніше, ніж у злакових культурах, що збільшує ймовірність розвитку небажаних мікроорганізмів. Сировина містить низьку концентрацію зброджуваних вуглеводів – переважно 5–25 г/кг сухих речовин – і характеризується високою буферною ємністю, що сповільнює зниження рН у початковій

етапи ферментації [9].

По-третє, стебла люцерни є трубчастими та порожнистими. Це ускладнює рівномірне ущільнення маси в траншеї та перешкоджає повному видаленню повітря під час закладки. Наявність повітряних поруш відкриває шлях до активного розвитку аеробних мікроорганізмів, серед яких дріжджі та плісняві гриби, що негативно впливають на збереження поживних речовин [10]. Люцерна є високоцінною кормовою культурою, багатою на сирий протеїн, проте її силосування ускладнене кількома технологічними факторами. Додатковою проблемою є стеблова структура з порожнистими міжвузлями, яка ускладнює повне витіснення повітря та сприяє розвитку аеробної мікробіоти [11].

Основними мікроорганізмами, що беруть участь у процесі силосування та сінажування, є молочнокислі бактерії. Ефективність їх розвитку зумовлена наявністю у рослинній масі природних цукрів – насамперед глюкози та фруктози, які виступають ключовими субстратами для подальшого перетворення на органічні кислоти. Від концентрації та доступності цих вуглеводів значною мірою залежить швидкість зниження рН і формування умов, несприятливих для розвитку небажаної мікробіоти, включно з клостридіями та гнилісними бактеріями [12, 13].

У якісному кормі частка молочної кислоти є домінуючою й може становити до 70% від загальної кількості органічних кислот [14].

Для силосування люцерни найбільш ефективним виявився штам *Lactobacillus plantarum* [15, 16], який забезпечує стабільну ферментацію навіть за надмірної вологості зеленої маси (понад 73,4%). На основі *Lactobacillus plantarum* було створено інокулянт Litosil Plus, який характеризувався сприятливим співвідношенням органічних кислот, помітним зниженням рН та збереженням сухої речовини й протеїну порівняно з контролем [17].

Усе це робить люцерну однією з найскладніших культур для силосування та вимагає застосування попереднього пров'ялювання, використання бактеріальних заквасок, а також дотримання оптимальних технологічних режимів ущільнення та герметизації.

На сьогодні створено низку біоконсервантів, здатних ефективно запобігати аеробному псуванню силосу, що проявляється у втраті поживних речовин під час виїмки маси з траншеї, а також унаслідок термічного ущільнення чи недостатньої герметизації. Відомо, що погіршення якості силосу пов'язане з активним розвитком аеробної мікрофлори – дріжджів і плісень, які ферментують цукри та крохмаль, супроводжуючи цей процес інтенсивним тепловиділенням.

У роботі [18] розглянуто ефективність бактеріального препарату «Сеносил» як інокулянта для підвищення якості силосу. Дослідження показало, що використання закваски зменшує протеолітичні процеси, знижує утворення аміачного азоту та масляної кислоти, що свідчить про стабільніший перебіг ферментації та кращу збереженість поживних речовин.

У публікації [19] узагальнено сучасні дані щодо ролі лактобактерій у силосуванні та показано, що *Lactobacillus plantarum*, *L. buchneri* та *Pediococcus* spp. здатні ефективно інтенсифікувати молочнокисле бродіння. Автори наголошують, що застосування таких інокулянтів забезпечує швидке зниження рН, пригнічення клостридій та зменшення протеолітичних втрат у рослинній сировині. Загалом дослідження демонструє, що правильно підібрані бактеріальні препарати є ключовим інструментом для покращення якості та стабільності силосу, особливо з важкосилосованих культур.

Актуальність роботи зумовлена потребою у науково обґрунтованому доборі складу комбінованого біопрепарату для сінажування, властивості якого були б максимально узгоджені з характеристиками рослинної сировини.

**Метою дослідження** було проведення порівняльного оцінювання силосу з люцерни у чистому вигляді та з додаванням закваски за якістю, поживністю та вмістом органічних кислот.

**Матеріали і методи.** Використовували композицію, сформовану на основі трьох штамів *Lentilactobacillus buchneri*, *Levilactobacillus brevis* та *Lactiplantibacillus plantarum* – таке поєднання сприяє утворенню широкого спектра антимікробних метаболітів із

вираженою фунгіцидною та бактерицидною дією.

Дослідження проводили у 2023–2025 рр. у Державному підприємстві "Дослідне господарство "Мирне" Інституту продовольчих ресурсів Національної академії аграрних наук України". У порівнянні брали участь: дослідна композиція (Д) – суміш *Lentilactobacillus buchneri*, *Levilactobacillus brevis* та *Lactiplantibacillus plantarum* у співвідношення 0,75:0,25:1 та контроль – суміш культур *Lactobacillus buchneri* (DSM22501/1k20738) *Lactobacillus plantarum* (DSM16568/1k20720) у співвідношення 1:1 (К). Оцінку якості здійснювали відповідно до ДСТУ 4684:2006 «Сінаж. Технічні умови»

У силосованій масі визначали:

- вміст вологи – метод передбачає висушування аналітичної наважки у сушильній шафі при температурі  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  до сталої маси;

- вміст азоту та розрахунок сирого протеїну - визначали за методикою ДСТУ EN ISO 5983-2:2022, що базується на кислотній мінералізації органічної речовини з подальшою дистиляцією утвореного аміаку водяною парою;

- вміст сирової клітковини – визначали відповідно до ДСТУ ISO 6865:2004 – методом проміжного фільтрування;

- вміст жиру – визначали відповідно до ДСТУ ISO 6492:2003 – методом екстракції органічним розчинником;

- вміст сирової золи – визначали відповідно до ДСТУ ISO 5984: 2004 – метод базується на спалюванні органічної речовини зразка у муфельній печі за високої температури до отримання залишку мінеральних компонентів;

- вміст розчинних та легкогідролізованих вуглеводів – визначали відповідно до вимог ГОСТ 26176-91 – метод ґрунтується на екстрагуванні вуглеводів гарячою водою з подальшим гідролізом розчином мінеральної кислоти та фотометричним або титриметричним визначенням утворених моносахаридів;

- органічні кислоти – визначали згідно з ДСТУ 8564:2015, метод передбачає відгонку водяною парою у три фракції (дистилати 1–3) із подальшим титруванням дистилатів 0,05 М розчином NaOH у присутності фенолфталеїну.

Обробку даних і побудову графіків здійснювали за допомогою програмного забезпечення Excel (США).

**Результати та обговорення.** У таблиці 1 наведено показники якості сінажу з люцерни, отриманого за умов одночасної закладки із застосуванням бактеріальних заквасок.

Таблиця 1

**Показники якості сінажу з люцерни,  
отриманого за одночасної закладки із застосуванням закваски**

| Показник                                              | Од.<br>вимірю<br>вань | Зразок К                |                       | Зразок Д                |                       |
|-------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
|                                                       |                       | На натуральну<br>вологу | Абс. сух.<br>речовина | На натуральну<br>вологу | Абс. сух.<br>речовина |
| Масова частка сухої речовини                          | %                     | 47,06 $\pm$ 0,5         | -                     | 47,92 $\pm$ 0,5         | -                     |
| Масова частка сирого протеїну                         | %                     | 8,02 $\pm$ 0,2          | 17,05 $\pm$ 0,5       | 8,43 $\pm$ 0,2          | 17,59 $\pm$ 0,5       |
| Масова частка сирової клітковини                      | %                     | 11,86 $\pm$ 0,2         | 25,21 $\pm$ 0,5       | 11,58 $\pm$ 0,2         | 24,16 $\pm$ 0,5       |
| Масова частка легкокорозчинних вуглеводів (цукрів)    | %                     | 0,81 $\pm$ 0,05         | 1,73 $\pm$ 0,2        | 0,94 $\pm$ 0,05         | 1,96 $\pm$ 0,2        |
| Масова частка легко гідролізних вуглеводів (крохмаль) | %                     | 3,04 $\pm$ 0,05         | 6,45 $\pm$ 0,2        | 2,66 $\pm$ 0,05         | 5,55 $\pm$ 0,2        |
| Масова частка сирого жиру                             | %                     | 1,12 $\pm$ 0,05         | 2,39 $\pm$ 0,2        | 1,17 $\pm$ 0,05         | 2,44 $\pm$ 0,2        |
| Масова частка сирової золи                            | %                     | 5,54 $\pm$ 0,05         | 11,78 $\pm$ 0,2       | 5,17 $\pm$ 0,05         | 10,78 $\pm$ 0,2       |
| Обмінна енергія                                       | МДж/кг                | 4,36                    | 9,26                  | 4,55                    | 9,50                  |
| Чиста енергія лактації                                | МДж/кг                | 2,56                    | 5,45                  | 2,69                    | 5,61                  |
| Поживність                                            | корм.од.              | 0,32                    | 0,69                  | 0,35                    | 0,73                  |

У таблиці 1 наведено ключові показники якості сінажу у двох досліджуваних варіантах – зразок К та зразок Д. Порівняння включає вміст сухої речовини, протеїну та клітковини у перерахунку на суху речовину, а також показник обмінної енергії.

Обидва зразки мають майже однакову частку сухої речовини, що відповідає оптимальному діапазону для люцернового сінажу (40–60%). Зразок Д має лише незначну перевагу (+0,86%), що практично не впливає на якість.

Сінаж Д має трохи вищий вміст протеїну (+0,41% у натуральній масі; +0,54% у СР). Вищий вміст протеїну у зразку Д свідчить про збереження більшої кількості азотистих речовин та успішніше пригнічення протеолітичних небажаних процесів. Сінаж Д має дещо нижчу частку клітковини (на 1,05% у СР), що покращує перетравність.

Обмінна енергія у зразку Д (9,50 МДж/кг) була вищою порівняно із зразком К (9,26 МДж/кг). Підвищення цього показника корелює зі зменшенням частки клітковини та збільшенням протеїну, що позитивно впливає на кормову цінність продукту.

Вміст цукрів є дещо вищим у зразку Д, що може покращувати процес ферментації. За вмістом сирого жиру сінаж Д також мав мінімальну перевагу.

Вміст крохмалю у обох зразках Д і К був помірним (2,66%, 3,04% відповідно), що відповідає бобовому типу рослинної сировини. До того ж зразок К містить дещо більше крохмалю на 0,39%, що також позитивно впливає на енергетичні властивості, втім він має дещо вищу зольність.

Чиста енергія лактації – це розрахована енергія, яка фактично доступна для виробництва молока та підтримки життєдіяльності. Чиста енергія повинна бути на рівні 8-10 МДж. Чиста енергія лактації (МДж/кг) у зразку Д становила 2,69 МДж/кг на натуральну вологу та 5,61 МДж/кг у перерахунку на суху речовину, що дещо перевищує відповідні показники контролю (2,56 та 5,45 МДж/кг). Це свідчить про підвищений рівень енергетичної доступності корму у дослідному варіанті.

Поживність, виражена у кормових одиницях, також була вищою у дослідному зразку. На натуральну вологу її значення становило 0,35 корм. од., а на суху речовину – 0,73 корм. од., натомість у контролі показники були дещо нижчими – 0,32 та 0,69 корм. од. відповідно. Підвищення поживності в дослідному зразку може бути пов'язане з більш ефективним бродінням і збереженням структурних вуглеводів та енергоємних компонентів.

Автори [21] показали, що середній вміст сухої речовини в силосі становив 372,66 г/кг, при цьому майже третина зразків (30%) мала показники нижчі за 350 г/кг. Лише 15% зразків характеризувалися вмістом сирого протеїну понад 200 г/кг. Концентрація молочної кислоти виявилася вищою за 10 г/кг вихідної маси у всіх зразках, окрім одного, і варіювала в межах 0,73–14,67% у перерахунку на суху речовину.

Результати аналізу зразків сінажу за вмістом органічних кислот наведені на рис. 1. Вміст кислот наведено у відсотках від їх загальної кількості.

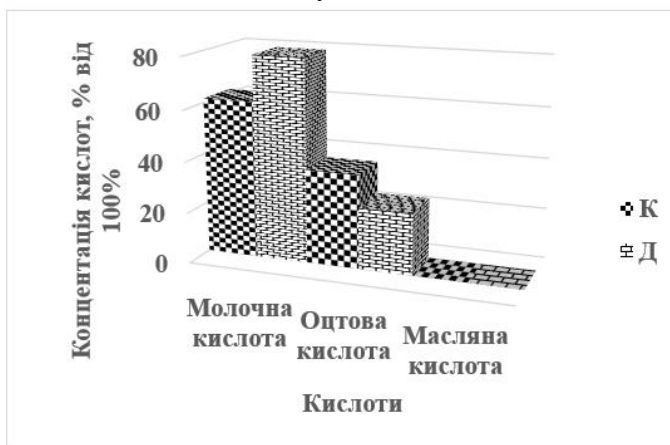


Рис. 1. Вміст органічних кислот у зразках сінажу

У обох зразках домінувала молочна кислота, проте її частка в дослідному силосі була суттєво вищою – 79,6% проти 61,6% у контролі. Це свідчить про інтенсивніше молочнокисле бродіння внаслідок дії інокулянта.

Вміст оцтової кислоти був вищим у контролі 36,9% порівняно з дослідним варіантом 24,2%. Зниження частки оцтової кислоти у зразку Д може вказувати на оптимізований перебіг ферментації та менший розвиток небажаних гетероферментативних

процесів.

Масляна кислота не виявлена в обох зразках, що є показником відсутності маслянокислого бродіння та підтверджує добру санітарну якість корму.

В роботі [20] оцінили вплив гомоферментативного інокулянту молочнокислих бактерій на ферментацію та розвиток мікробної спільноти люцерни, силосованої за двох значень вмісту сухої речовини 38 та 46%. В обох випадках суху речовину люцерну обробляли або не обробляли інокулянтом, що містив *Pediococcus acidilactici*, *Enterococcus faecium* та *Lactobacillus plantarum*, з цільовою нормою внесення 165 000 КУО/г сирової маси. Обробка інокулянтом призвела до швидшого зниження рН та, загалом, до найвищого вмісту молочної кислоти та нижчого вмісту оцтової кислоти, що цілком узгоджується з нашими результатами.

А в роботі [21] наведено, що середній вміст оцтової кислоти становив 29,82 г/кг сухої речовини. Небажану масляну кислоту зафіксовано у 35% зразків, її середній вміст становив 8,44 г/кг сухої речовини, а максимальне значення досягало 108,25 г/кг сухої речовини, що свідчить про не дуже якісний силос.

Застосування силосного препарату Xinlaiwang I-alfalfa сприяло суттєвому підвищенню вмісту сирого протеїну та молочної кислоти (LA) у силосі з люцерни [22].

У таблиці 2 узагальнено дані щодо відповідності дослідного (Д) і контрольного (К) сінажу встановленим нормативним вимогам до якості.

Таблиця 2

**Відповідності сінажу К та Д вимогам до якості  
(за ДСТУ 4684:2006 Сінаж. Технічні умови)**

| Показник                     | Вимоги ДСТУ 4684:2006                        |         |          | Результати |       |
|------------------------------|----------------------------------------------|---------|----------|------------|-------|
|                              | I клас                                       | II клас | III клас | К          | Д     |
| Суша речовина, %             | 40–55% (бобові >50%)<br>40–60% (бобові <50%) | –       | –        | 47,06      | 47,92 |
| Клітковина у СР, % ≤         | 30                                           | 33      | 35       | 25,21      | 24,16 |
| Протеїн у СР, % ≥            | 13                                           | 11      | 9        | 17,05      | 17,59 |
| Обмінна енергія,<br>МДж/кг ≥ | 9,1                                          | 8,6     | 8,1      | 9,26       | 9,50  |
| Кормові одиниці ≥            | 0,67                                         | 0,60    | 0,54     | 0,69       | 0,73  |

З таблиці 2 видно, що обидва зразки характеризуються високою якістю та повністю відповідають вимогам I класу сінажу за ключовими показниками – вмістом сухої речовини, сирого протеїну, клітковини, обмінної енергії та кормових одиниць. Обидва зразки сінажу мають подібні значення сухої речовини (47–48%) та демонструють характерно високий рівень білка (17–17,6% у перерахунку на суху речовину).

Дослідний зразок виявив незначні переваги перед контрольним зразком за рівнем протеїну, легкорозчинних цукрів, енергетичною цінністю та кормовою поживністю, натомість контроль мав вищий вміст крохмалю. Показники клітковини в обох випадках були нижчими за нормативи I класу, що свідчить про добру структурність і високу перетравність корму.

Отже, обидва зразки можуть розглядатися як високоякісні корми, придатні для використання в раціонах високопродуктивної худоби з метою підвищення поживності та оптимізації протеїнового балансу.

**Висновки.** Встановлено, що у зразку Д нагромадження молочної кислоти було істотно вищим (79,6%) порівняно з контролем (61,6%). Збільшення її частки на 18% свідчить про посилення гомоферментативного молочнокислого процесу, що є ключовим чинником формування високоякісного силосу. Такий результат вказує на ефективну колонізацію субстрату внесеними штамами та їх домінування над природною мікробіотою трав'яної маси.

У контрольному зразку частка оцтової кислоти була помітно вищою (36,9%), натомість у дослідному варіанті її вміст знизився до 24,2%. Це може свідчити про активнішу участь

природних гетероферментативних бактерій у контролі.

У жодному з досліджуваних зразків масляну кислоту не виявлено (0,00%), що вказує на відсутність розвитку маслянокислих клостридій. Це свідчить про належні умови анаеробіозу та адекватний рівень кислотності в обох варіантах сінажу. Такий результат є позитивним показником стабільності процесу та відсутності вторинного псування.

Отримані результати свідчать, що використання бактеріального інокулянта сприяло покращенню ферментаційного профілю сінажу, зокрема збільшенню частки молочної кислоти, яка є основною та найбільш бажаною кислотою у високоякісному сінажі. Зменшення концентрації оцтової кислоти у зразку Д додатково вказує на оптимізований перебіг ферментації та формування більш стабільного продукту зі зниженою інтенсивністю побічних процесів.

Застосування бактеріальних композицій є ефективним інструментом для покращення мікробіологічних та біохімічних характеристик сінажу, а також для забезпечення стабільної якості корму під час зберігання.

### Бібліографія

1. Giri A. K., Shrman K., Sharma P., Tiwari S. Effect of balanced ration feeding on dairy animals: A review. *International Journal of Advanced Biochemistry Research*. 2025. Vol. 9, № 7. P. 372–376. 10.33545/26174693.2025.v9.i7Se.4866.
2. Ібатулін І. І., Жуковський О. М. Довідник з повноцінної годівлі сільськогосподарських тварин. Київ : Аграрна наука, 2016. 336 с.
3. Palczynski L. J., Bleach E. C. L., Brennan M. L., Robinson P. A. Appropriate dairy calf feeding from birth to weaning: «It's an investment for the future». *Animals*. 2020. Vol. 10, №. 1. P. 116. 10.3390/ani10010116.
4. Elfeel A. A. Sustainable fodder production and optimization of cow feeding rations in the arid climate of southern Ukraine. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences*. 2024. Vol. 26, №. 100. P. 229–237. 10.32718/nvlvet-a10036.
5. Odeku O. A., Ogunniyi Q. A., Ogbale O. O., Fettke J. Forgotten gems: Exploring the untapped benefits of underutilized legumes in agriculture, nutrition, and environmental sustainability. *Plants*. 2024. Vol. 13, № 9. P. 1208. 10.3390/plants13091208.
6. Blacio M. V., Medina V. V., Baldeon S. E., Cedeño A. F., Tapia M. F., Salgado M. V., Mancero F. J., Carrillo E. R., Vargas P. A., Rivera S. A. Biotechnological strategies for improving corn silage: evaluating AMs-based biol as a fermentation enhancer. *Brazilian Journal of Biology*. 2025. Vol. 85. P. e295397. 10.1590/1519-6984.295397.
7. Huang Y., Liang L., Dai S., Wu C., Chen C., Hao J. Effect of different regions and ensiling periods on fermentation quality and the bacterial community of whole-plant maize silage. *Frontiers in Microbiology*. 2021. Vol. 12. P. 743695. 10.3389/fmicb.2021.743695.
8. Maasdorp B., Titterton M. The use of planted trees for fodder. *Proceedings of Workshop on Livestock Production Research in the Semi-Arid Tropics, held by Department for International Development (DFID). Matopos, Zimbabwe, Feb. 1999.*
9. Ergin S., Gumus H. Silage quality, fermentation dynamics and chemical composition of alfalfa silage prepared with salt and lactic acid bacteria inoculants. *Animal Nutrition and Feed Technology*. 2020. Vol. 20, № 3. P. 367–380. 10.5958/0974-181X.2020.00033.5.
10. Silva M. S. J. D., Jobim C. C., Poppi E. C., Tres T. T., Osmari M. P. Production technology and quality of corn silage for feeding dairy cattle in Southern Brazil. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2015. Vol. 44, № 9. P. 303–313.
11. Wang K., Wang F., Sun S., Zou Y., Gao Z., Hua Y., Qin L., Hu G. Ensiling characteristics, bacterial community structure, co-occurrence networks, and their predicted functionality in alfalfa haylage silage with or without foliar selenium application. *AgroNomy*. 2024. Vol. 14, № 11. P. 2709. 10.3390/agronomy14112709.
12. Tuovinen O. H., Niemelä S. I., Rajala-Schultz P. J. The role of microbes in ensiling. *Microorganisms*. 2025. Vol. 13, №. 10. P. 2237. 10.3390/microorganisms13102237.
13. Okoye C. O., Wang Y., Gao L., Wu Y., Li X., Sun J., Jiang J. The performance of lactic acid bacteria in silage production: A review of modern biotechnology for silage improvement. *Microbiological Research*. 2023. Vol. 266. P. 127212. 10.1016/j.micres.2022.127212.
14. Ávila C. L. S., Carvalho B. F. Silage fermentation – updates focusing on the performance of

micro-organisms. *Journal of Applied Microbiology*. 2020. Vol. 128, № 4. P. 966–984. 10.1111/jam.14450.

15. Arasu M. V., Jung M. W., Ilavenil S., Kim D. H., Park H. S., Park J. W., Al-Dhabi N. A., Choi K. C. Characterization, phylogenetic affiliation and probiotic properties of high cell density *Lactobacillus* strains recovered from silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2014. Vol. 94, № 12. P. 2429–2440. 10.1002/jsfa.6573.

16. Kravchenko N. O. Growth dynamics, antagonistic activity and acid production of *Lactiplantibacillus* (*Lactobacillus*) *plantarum* KT-L18/1 and *Bacillus subtilis* BPT-B1 inoculants in alfalfa silage. *Agricultural Science and Practice*. 2024. Vol. 11, № 2. P. 57–68. 10.15407/agrisp11.02.057.

17. Chernyuk S., Zahorodnii A., Chernyavskyy O., Polishchuk V., Polishchuk S., Karaulna V., Sobolev O., Merzlova H., Sliusarenko A., Fedorchenko M. Biological conservants impact on the silage quality and aerobic stability. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 9, № 1. P. 226–230.

18. Sychevskiy M., Kopylova K., Danylenko S. Efficiency of preparation Senosil for preservation silage. *Grain Products and Mixed Fodder's*. 2016. № 3 (63). P. 226–230.

19. Даниленко С. Г., Хоньків М. О., Іскра К. О. Лактобактерії для силосування рослинної сировини. *Аграрна наука та харчові технології*. 2019. 5 (108), т. 1. С. 3–12.

20. Li Y., da Silva E. B., Li J., Kung L. Jr. Effect of homo-fermentative lactic acid bacteria inoculants on fermentation characteristics and bacterial and fungal communities in alfalfa silage. *Fermentation*. 2022. Vol. 8, № 11. P. 621. 10.3390/fermentation8110621.

21. Juráček M., Bíro D., Šimko M., Gálik B., Rolinec M., Pastierik O., Majlát M., Herkeľ R., Hanušovský O., Gajdošík P. The quality of farm-scale alfalfa silages. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*. 2016. Vol. 19, № 2. P. 54–58. 10.15414/afz.2016.19.02.54–58.

22. Wang S.-Y., Yuan-Yuan J., Guolin Y., Bin L., Gao F.-Q. Effects of inoculants on the quality of alfalfa silage/ *Frontiers in Microbiology*. 2025. Vol. 16. P. 1541454. 10.3389/fmicb.2025.1541454.

## References

1. Giri, A. K., Shrman, K., Sharma, P., Tiwari, S. (2025). Effect of balanced ration feeding on dairy animals: A review. *International Journal of Advanced Biochemistry Research*, 9 (7, Special Issue), 372–376. <https://doi.org/10.33545/26174693.2025.v9.i7Se.4866>.

2. Ibatullin, I. I., Zhukorskyi, O. M. (2016). *Dovidnyk z povnotsinnoi hodivli silskohospodarskykh tvaryn* [Handbook on complete feeding of farm animals]. Kyiv: Agricultural Science, 336 p. [in Ukrainian].

3. Palczynski, L. J., Bleach, E. C. L., Brennan, M. L., Robinson, P. A. (2020). Appropriate dairy calf feeding from birth to weaning: «It's an investment for the future». *Animals*, 10 (1), 116. <https://doi.org/10.3390/ani10010116>.

4. Elfeel, A. A. A. (2024). Sustainable fodder production and optimization of cow feeding rations in the arid climate of southern Ukraine. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences*, 26 (100), 229–237. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a10036>.

5. Odeku, O. A., Oggunniyi, Q. A., Ogbale, O. O., & Fettke, J. (2024). Forgotten gems: Exploring the untapped benefits of underutilized legumes in agriculture, nutrition, and environmental sustainability. *Plants*, 13 (9), 1208. <https://doi.org/10.3390/plants13091208>.

6. Blacio, M. V., Medina, V. V., Baldeon, S. E., Cedeño, A. F., Tapia, M. F., Salgado, M. V., Mancero, F. J., Carrillo, E. R., Vargas, P. A., Rivera, S. A. (2025). Biotechnological strategies for improving corn silage: Evaluating AMs-Based biol as a fermentation enhancer. *Brazilian Journal of Biology*, 85, e295397. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.295397>.

7. Huang, Y., Liang, L., Dai, S., Wu, C., Chen, C., Hao, J (2021) Effect of Different Regions and Ensiling Periods on Fermentation Quality and the Bacterial Community of Whole- Plant Maize Silage. *Front. Microbiol.* 12:743695. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.743695>.

8. Maasdorp, B., Titterton, M. (1999, February). The use of planted trees for fodder. In *Proceedings of the Workshop on Livestock Production Research in the Semi-Arid Tropics*, held by Department for International Development (DFID). Matopos, Zimbabwe.

9. Ergin, S., Gumus, H. (2020). Silage quality, fermentation dynamics and chemical composition of alfalfa silage prepared with salt and lactic acid bacteria inoculants. *Animal Nutrition and Feed Technology*, 20 (3), 367–380. <https://doi.org/10.5958/0974-181X.2020.00033.5>.

10. Silva, M. S. J. D., Jobim, C. C., Poppi, E. C., Tres, T. T., Osmari, M. P. (2015). Production technology and quality of corn silage for feeding dairy cattle in Southern Brazil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 44(9), 303–313.

11. Wang, K., Wang, F., Sun, S., Zou, Y., Gao, Z., Hua, Y., Qin, L., Hu, G. (2024). Ensiling characteristics, bacterial community structure, co-occurrence networks, and their predicted functionality in

- alfalfa haylage silage with or without foliar selenium application. *AgroNomy*, 14 (11), 2709. <https://doi.org/10.3390/agroNomy14112709>.
12. Tuovinen, O. H., Niemelä, S. I., & Rajala-Schultz, P. J. (2025). The Role of Microbes in Ensiling. *Microorganisms*, 13(10), 2237. <https://doi.org/10.3390/microorganisms13102237>.
13. Okoye, C.O.; Wang, Y.; Gao, L.; Wu, Y.; Li, X.; Sun, J.; Jiang, J. The performance of lactic acid bacteria in silage production: A review of modern biotechnology for silage improvement. *Microbiol. Res* 2023, 266, 127212. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2022.127212>.
14. Ávila, C. L. S., Carvalho, B. F. Silage fermentation-updates focusing on the performance of microorganisms. *J Appl Microbiol.* 2020 Apr;128(4):966-984. <https://doi.org/10.1111/jam.14450>. Epub 2019 Oct 3. PMID: 31519038.
15. Arasu, M. V., Jung, M. W., Ilavenil, S., Kim, D. H., Park, H. S., Park, J. W., Al-Dhabi, N. A., Choi, K. C. (2014). Characterization, phylogenetic affiliation and probiotic properties of high cell density *Lactobacillus* strains recovered from silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94 (12), 2429–2440. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6573>.
16. Kravchenko, N. O. (2024). Growth dynamics, antagonistic activity and acid production of *Lactiplantibacillus* (= *Lactobacillus*) *plantarum* KT-L18/1 and *Bacillus subtilis* BPT-B1 inoculants in alfalfa silage. *Agricultural Science and Practice*, 11 (2), 57–68. <https://doi.org/10.15407/agrisp11.02.057>.
17. Chernyuk S., Zahorodnii A., Chernyavskyy O., Polishchuk V., Polishchuk S., Karaulna V., Sobolev O., Merzlova H., Sliusarenko A., Fedorchenko M. (2019). Biological conservants impact on the silage quality and aerobic stability. *Ukrainian Journal of Ecology*. 9 (1): 226–230.
18. Sychevskiy, M., Kopylova, K., & Danylenko, S. (2016). Efficiency of preparation Senosil for preservation silage. *Grain Products and Mixed Fodder's*, 3 (63), 226–230.
19. Danylenko, S. H., Khonkiv, M. O., Iskra, K. O. (2019). *Laktobakterii dlia sylosuvannia roslynnoi syrovyny* [Lactobacteria for ensiling plant raw materials]. *Ahrarna nauka ta kharchovi tekhnolohii* [Agricultural Science and Food Technology], 5 (108), 3–12. [in Ukrainian].
20. Li, Y., da Silva, E. B., Li, J., & Kung, L., Jr. (2022). Effect of Homo-Fermentative Lactic Acid Bacteria Inoculants on Fermentation Characteristics and Bacterial and Fungal Communities in Alfalfa Silage. *Fermentation*, 8 (11), 621. <https://doi.org/10.3390/fermentation8110621>.
21. Juráček, M., Bíro, D., Šimko, M., Gálik, B., Rolinec, M., Pastierik, O., Majlát, M., Herkeľ, R., Hanušovský, O., Gajdošík, P. (2016). The quality of farm-scale alfalfa silages. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*, 19(2), 54–58. [doi.org/10.15414/afz.2016.19.02.54-58](https://doi.org/10.15414/afz.2016.19.02.54-58).
22. Wang, S.-Y., Yuan-Yuan, J., Guolin, Y., Bin, L., & Gao, F.-Q. (2025). Effects of inoculants on the quality of alfalfa silage. *Frontiers in Microbiology*, 16. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1541454>.