



Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.

Серія: Ветеринарні науки

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.

Series: Veterinary sciences

ISSN 2518-7554 print
ISSN 2518-1327 online

doi: 10.32718/nvlvet11704
<https://nvlvet.com.ua/index.php/journal>

UDC 636.09:636.4.03

Ketosis of cattle: causes, consequences and prevention measures

S. V. Hural'ska[✉], V. M. Olishev'skyi

Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine

Article info

Received 11.12.2024
Received in revised form
13.01.2025
Accepted 14.01.2025

Polissia National University,
Stary Boulevard, 7, Zhytomyr,
10008, Ukraine.
Tel.: +38-067-410-91-56
E-mail: gural'ska@ukr.net

Hural'ska, S. V., & Olishev'skyi, V. M. (2025). Ketosis of cattle: causes, consequences and prevention measures. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences, 27(117), 27–33. doi: 10.32718/nvlvet11704

Bovine ketosis is one of the most common metabolic diseases that significantly affects the productivity of the dairy herd and the economic efficiency of livestock farms. The article discusses the main causes of ketosis, including negative energy balance, dietary disorders, protein and vitamin deficiencies, and excessive mobilization of body fat reserves. Particular attention is paid to the clinical manifestations of the disease, which range from subclinical forms with decreased productivity to severe clinical manifestations such as weight loss, nervous disorders, and intoxication. Based on the analysis of the works of leading scientists in this area, the main methods of diagnosing ketone bodies in blood, milk and urine are presented, as well as recommendations for the timely detection of latent forms of the disease. The main goal of ketosis treatment is to compensate for glucose deficiency in the body, and it should be aimed at restoring energy balance in the first place. Initially, it is necessary to ensure rapid administration of glucose, followed by therapy aimed at maintaining its long-term level. Particular attention is paid to preventive measures, which include optimizing the diet, monitoring the condition of cows in transition, using high-quality feed and regular monitoring of energy balance. The article is based on the results of numerous studies and analyzes the current approach to dairy herd health management. The data presented in the article can be useful for both practicing veterinarians and dairy farm owners.

Key words: *Aelurostrongylus abstrusus*, helminths, cats, coproscopy, pulmonary helminthiasis, diagnostics.

Кетоз великої рогатої худоби: причини, наслідки та заходи профілактики

С. В. Гуральська[✉], В. М. Олішевський

Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

Кетоз великої рогатої худоби є одним із найпоширеніших метаболічних захворювань, яке значно впливає на продуктивність молочного стада та економічну ефективність тваринницьких господарств. У статті розглядаються основні причини виникнення кетозу, серед яких негативний енергетичний баланс, порушення раціону, недостатність білків та вітамінів, а також надмірна мобілізація жирових запасів організму. Особливу увагу приділено клінічним проявам захворювання, які варіюються від субклінічних форм зі зниженням продуктивності до важких клінічних проявів, таких як втрата ваги, нервові розлади та інтоксикація. На основі аналізу праць провідних науковців даної проблематики представлено основні способи діагностики кетонічних тіл у крові, молоці та сечі, а також рекомендації щодо своєчасного виявлення прихованих форм захворювання. Основною метою лікування кетозу є компенсація дефіциту глюкози в організмі, воно має бути спрямоване на відновлення насамперед енергетичного балансу. Спочатку необхідно забезпечити швидке введення глюкози з подальшою терапією, спрямованою на підтримання її тривалого рівня. Особлива увага приділена профілактичним заходам, які включають оптимізацію раціону, контроль за кондицією корів у перехідний період, використання високоякісних кормів і регулярний моніторинг енергетичного балансу. Стаття базується на результатах численних досліджень та аналізує сучасний підхід до управління здоров'ям молочного стада. Наведені у статті дані можуть бути корисними як для практикуючих ветеринарів, так і для власників молочних господарств.

Ключові слова: метаболічні захворювання, молочне скотарство, етіологія, діагностика.

Вступ

Кетоз великої рогатої худоби є серйозною проблемою у молочному скотарстві, яка впливає на здоров'я тварин, їхню продуктивність і економічні показники господарств (Horst et al., 2021; Huralska & Olisheskyi, 2024; Ruppert & Kersten, 2024). Це метаболічне захворювання виникає внаслідок порушення енергетичного балансу організму, коли потреби корів у енергії значно перевищують її споживання з кормом (Bansod et al., 2020). Зазвичай кетоз діагностують у високопродуктивних молочних корів (Compton et al., 2015; Guliński, 2021) у перші тижні після отелення – період, коли потреби організму в енергії для лактації максимально зростають (Vlizlo et al., 2021; Mann & McArt, 2023; Taechachokevivat et al., 2024).

Захворювання супроводжується накопиченням у крові кетонів (ацетон, ацетоацетат і β -гідроксибутират), які є продуктами розпаду жирів, що організм починає використовувати як альтернативне джерело енергії (Bansod et al., 2020). Однак надлишок кетонів викликає інтоксикацію, порушення роботи печінки, зниження апетиту та загального стану тварини. У субклінічній формі кетозу тварини можуть виглядати здоровими, але показники їх продуктивності значно знижуються, що нерідко залишається непоміченим (Bauer & Jagusiak, 2022). Клінічні форми кетозу, навпаки, мають більш виражені симптоми, включаючи втрату ваги, нервові розлади та сильне зниження надоїв Guliński (2021).

Розповсюдженість кетозу у молочному скотарстві обумовлена не лише високими вимогами до продуктивності корів, а й недоліками у годівлі, умовах утримання та управлінні стадом (Bansod et al., 2020). Неправильно збалансовані раціони, дефіцит вітамінів та мінералів, а також ожиріння корів перед отеленням створюють сприятливі умови для розвитку захворювання (Chuang et al., 2016; Ruppert & Kersten, 2024).

Мета дослідження

Метою даної статті є аналіз причин виникнення кетозу, його клінічних проявів, діагностики, сучасних методів лікування та профілактичних заходів. Використання системного підходу до профілактики та управління захворюванням може суттєво знизити ризики виникнення кетозу у стаді, підвищити продуктивність тварин та зберегти їхнє здоров'я.

Результати та їх обговорення

Розвиток молочної галузі та підвищення продуктивності корів залежать від правильної організації годівлі, дотримання гігієнічних норм утримання тварин та якості вирощування молодняку. Проте технологічні процеси, що застосовуються у молочному скотарстві, нерідко негативно впливають на фізіологію корів. Це знижує їхню стійкість до несприятливих умов зовнішнього середовища та сприяє виникненню патологій, пов'язаних із порушеннями обміну речовин (Anderson et al., 2021).

В сучасних реаліях передового тваринництва дійні корови, генетично запрограмовані на високу молочну продуктивність (Nadtochii et al., 2012; Compton et al., 2015; Bali et al., 2016) та стикаються з метаболічним стресом у післяотельний період (Hryshchuk et al., 2021; Mylostyvyi et al., 2021). Після отелення потреба корови в поживних речовинах значно зростає для підтримки процесів молокоутворення, що змушує організм адаптувати енергетичний обмін у печінці та периферичних тканинах (Mylostyvyi et al., 2021).

Одним із найпоширеніших захворювань високопродуктивних корів є кетоз (Cocco et al., 2021; Mohammed et al., 2022). Це захворювання супроводжується порушеннями вуглеводно-ліпідного та білкового обміну, а також надмірним накопиченням кетонів, що призводить до ураження нервової, ендокринної, серцево-судинної, гепатобіліарної та ниркової систем організму (Deniz, 2011; Kroezen et al., 2018; Myette-Côté et al., 2021).

Основною причиною кетозу є негативний енергетичний баланс, який виникає, коли споживання енергії з кормом не відповідає потребам організму корови (Compton et al., 2015). Це часто трапляється у період лактації, після отелення корова витрачає велику кількість енергії на виробництво молока; низька якість корму, недостатнє споживання кормів з високою енергетичною цінністю або порушення в раціоні; надмірне накопичення жирових запасів до отелення, ожиріння корів сприяє розвитку кетозу; порушення мікрофлори рубця, недостатнє розщеплення кормів у травному тракті (Kroezen et al., 2018; Yan et al., 2020; Mylostyvyi et al., 2021; Melendez et al., 2024).

У відповідь на дефіцит енергії організм починає використовувати жирові запаси. При цьому утворюється надлишок кетонів (ацетону, ацетоацетату та β -гідроксибутирату), що призводить до інтоксикації (McArt et al., 2011; Bansod et al., 2020; Anderson et al., 2021).

Захворювання супроводжується підвищенням концентрації кетонів у крові, зокрема β -гідроксибутирату (Compton et al., 2015; Bansod et al., 2020). Воно характеризується зростанням рівня кетонів у крові або молоці, що свідчить про переважання обмінних процесів у печінці. Це своєю чергою спричиняє клітинний стрес і пошкодження органу, знижуючи його функціональність. Такий стан пов'язаний із формуванням кетонів, оскільки ацетон, ацетоацетат і β -гідроксибутират відображає здатність печінки трансформувати циркулюючі неетерифіковані жирні кислоти у глюкозу через глюконеогенез. В численних господарствах, де відсутня можливість для достатнього моціону, кетоз є надзвичайно розповсюдженим явищем, переважно у зимово-весняний період (McArt et al., 2011; Santschi et al., 2016; De Jong et al., 2023).

У країнах Європи поширеність випадків субклінічного кетозу на фермах із високопродуктивними коровами становить приблизно 9–34 %. Однак деякі дослідження свідчать, що до 50 % корів у період ранньої лактації стикаються із субклінічним кетозом. У дослідженнях, проведених на молочних фермах України, виявлено, що 36 % тварин мають підвищений

рівень кетонових тіл протягом 1–2 тижнів після отелення (Karavansky et al., 2022).

Для діагностики кетозу використовують такі методи, як аналіз крові, сечі або молока на вміст кетонових тіл, вимірювання рівня глюкози в крові та спостереження за поведінкою і станом корів (Compton et al., 2015; Taechachokevivat et al., 2024). Субклінічний кетоз діагностується при рівні β -гідроксибутирату в сироватці крові від 1,2 ммоль/л. Клінічні симптоми зазвичай спостерігаються при концентрації кетонових тіл від 3,0 ммоль/л і вище. Проте часто корови з високим рівнем β -гідроксибутирату не демонструють помітних клінічних ознак, таких як зміни апетиту чи поведінки (Santschi et al., 2016; Song et al., 2021; De Jong et al., 2023).

Субклінічний кетоз і передотельні захворювання значною мірою спричиняють економічні втрати та зниження добробуту молочних корів, поширеність субклінічного кетозу як захворювання базуються на емпіричних дослідженнях, проведених у країнах Європи та Північної Америки. При вимірюванні концентрації β -гідроксибутирату в крові (поріг для СКК: 1,2 ммоль/л) реєстрували наявність таких захворювань, як молочна гарячка, затримка плаценти, мастит, метрит, зміщення сичуга, кульгавість і клінічний кетоз. Понад 95 % усіх корів були обстежені на другому тижні лактації. В усіх досліджуваних країнах поширеність субклінічного кетозу становила 24,1 %, коливаючись від 8,3 % до 40,1 % (Brunner et al., 2019; Chisato et al., 2023).

Ожиріння та гіподинамія є ключовими факторами, що сприяють розвитку кетозу. Субклінічний кетоз призводить до зниження молочної продуктивності корів і суттєвого погіршення якості молока, що в результаті негативно впливає на прибутковість тваринницьких господарств (Boghian, 2018; Gryshchenko, 2019; Melendez & Serrano, 2024).

У корів, хворих на кетоз, поряд зі змінами фізико-хімічного складу молока, спостерігається підвищення рівня соматичних клітин. Середній рівень соматичних клітин у молоці хворих тварин складав 349 тис./см³, тимчасом як у здорових – 90 тис./см³, що значно погіршувало якість молока. Збільшення кількості соматичних клітин у молоці корів із субклінічним кетозом зумовлене зниженням загальної резистентності організму та порушенням функції макрофагів, зокрема їх здатності до фагоцитозу. При кетонемії відбувається посилене утворення гістаміну, який сприяє виникненню запальних процесів у молочній залозі. Також зменшується здатність лейкоцитів мігрувати до вогнищ запалення, що подовжує перебіг захворювання (Karavansky et al., 2022).

Кетоз характеризується підвищенням рівня кетонових тіл у крові та молоці, зокрема β -гідроксимаєляної кислоти, ацетону та ацетооцтової кислоти, спричиняє значні економічні втрати для виробників молока через витрати на діагностику, лікування та зниження благополуччя корів (Loor et al., 2007; Compton et al., 2015; Bauer & Jagusiak, 2022).

Кетоз диференціюється на клінічний і субклінічний типи залежно від проявів, і обидва можуть бути діагностовані. Клінічний кетоз характеризується та-

кими симптомами, як анорексія, облизування, сліпота, твердий сухий кал, швидка втрата маси тіла, зниження надоїв та інші ознаки, які виникають, коли рівень кетонових тіл у крові значно перевищує норму. Субклінічний кетоз, навпаки, супроводжується підвищеним рівнем кетонових тіл у кровообігу без явних клінічних симптомів. Діагностика клінічного кетозу здійснюється за допомогою оцінки клінічних ознак і лабораторних аналізів крові, молока та сечі на вміст кетонових тіл (Cook et al., 2001; Wallester et al., 2023; Taechachokevivat et al., 2024).

Рівень захворюваності на клінічний кетоз становить 2–15 % (Duffield et al., 2009), тимчасом як субклінічний кетоз спостерігається у 26–60 % випадків (Wagner & Schimek, 2010; McArt et al., 2012). Субклінічний кетоз супроводжується підвищенням концентрації кетонових тіл у крові, що може негативно впливати на репродуктивну функцію корів і знижувати молочну продуктивність, не викликаючи при цьому очевидних клінічних симптомів (Singh et al., 2017).

Згідно з дослідженням (Bansod et al., 2020), первинний кетоз розвивається через недостатнє забезпечення організму корів глюкозою після отелення, що спричиняє негативний енергетичний баланс. Вторинний кетоз своєю чергою може виникати як наслідок інших захворювань, зокрема анорексії.

Поширеність кетозу тісно пов'язана з якістю раціону та генетичними особливостями корів. Діагностичним порогом для кетозу вважається рівень β -гідроксибутирату в сироватці крові в межах 1200–1400 мкмоль/л. Клінічний кетоз характеризується явними симптомами, такими як виснаження та нервові розлади, тимчасом як субклінічний кетоз проявляється без очевидних клінічних ознак у великої рогатої худоби (Bansod et al., 2020).

Кетоз характеризується не лише з порушенням енергетичного метаболізму та резистентністю до інсуліну, а й із виникненням окислювального стресу та порушенням функції печінки (Chuang et al., 2016). Biswal et al. (2009) встановили, що при кетозі у корів спостерігається підвищення рівня кальцію та фосфору в сироватці крові. Дослідження (Reddy et al., 2014) виявили зв'язок між субклінічним маститом і субклінічним кетозом у корів першої лактації. Зокрема, серед 62 корів із субклінічним маститом у 28 було діагностовано субклінічний кетоз.

Кетоз проявляється у двох основних формах – субклінічний кетоз непомітний на перший погляд, але характеризується зниженням продуктивності, втратою ваги та зменшенням споживання корму. Клінічний кетоз проявляється яскраво вираженими симптомами, такими як зниження апетиту або відмова від корму; запах ацетону з рота, молока або сечі; слабкість, млявість, зниження ваги та надоїв; спостерігаються сильні нервові розлади, які можуть бути наслідком інтоксикації кетоновими тілами (тремор, некоординованість рухів). Ці симптоми супроводжуються зниженням продуктивності, збільшенням супутніх захворювань (мастит, метрит та зміщення сичуга) і незадовільною репродуктивною функцією (Guliński, 2021).

Дані про поширеність кетозу значно варіюються залежно від джерела інформації. Найчастіше ця про-

блема спостерігається у корів із високою молочною продуктивністю, які мають недостатню вгодованість (Guliński, 2021). Період від тільності до лактації є перехідним етапом, що супроводжується значними фізіологічними, метаболічними та запальними змінами. Продуктивна лактація значною мірою залежить від здатності корів адаптуватися в післяютельний період (Horst et al., 2021).

Рекомендації щодо лікування кетозу наведено в багатьох працях науковців (Alon et al., 2020; Nguyen & Diep, 2020; Shkilnyk et al., 2020; Steeneveld et al., 2020; Cascone et al., 2022) результати їх досліджень доводять, що лікування має бути спрямоване на відновлення насамперед енергетичного балансу: введення глюкози; застосування препаратів для стимуляції апетиту, тобто легкозасвоювані корми; гормональні препарати для активізації процесів гліюконеогенезу та введення пробіотиків для підтримки мікрофлори рубця. Основною метою лікування є компенсація дефіциту глюкози в організмі. Спочатку необхідно забезпечити швидке введення глюкози з подальшою терапією, спрямованою на підтримання її тривалого рівня. Використання кортикостероїдів тривалої дії виявляється ефективним при лікуванні кетозу, оскільки вони сприяють розщепленню м'язового білка для синтезу глюкози, що швидко відновлює знижений рівень цукру в крові.

Після отелення у дійних корів продуктивність молока швидко зростає, але споживання поживних речовин не може повністю забезпечити потреби для виробництва молока, що призводить до негативного енергетичного балансу. Молочні корови з негативним енергетичним балансом мають підвищений ризик розвитку клінічного або субклінічного кетозу. Кетоз у молочних корів впливає на зниження виробництва молока, споживання сухої речовини, а також на їхнє здоров'я, імунну систему та репродуктивну здатність. Пропіленгліколь може бути ефективним засобом для стимуляції гліюконеогенезу у жуйних і здатний пригнічувати утворення кетонів. Додавання пропіленгліколю молочним коровам під час перинатального періоду є результативним методом для зменшення негативного енергетичного балансу (Zhang et al., 2020). Авторами (Gordon et al., 2017; Nguyen & Diep, 2020; Cascone et al., 2022) було встановлено ефективність використання пропіленгліколю при кетозі корів, лікування було найефективнішим у перші 7 днів лактації (76,5 % оброблених корів), ніж у наступні дні. Пропіленгліколь позитивно вплинув на показники якості молока, а також показав збільшення надою молока (Gordon et al., 2017; Cascone et al., 2022), що підтверджує економічну ефективність застосованого лікування. Capel et al., (2021) у своїх дослідженнях, навпаки, не виявляли позитивних змін на показники якості та кількості молока.

У молочних корів із клінічним кетозом спостерігається надмірний розпад жирової тканини (ліполіз) і системне запалення. Ліполіз у корів може бути спричинений як канонічним (гормонально регульованим), так і запальним ліполітичним шляхами. На сьогодні найпоширенішим методом лікування є пероральне введення пропіленгліколю. Додавання ніацину та

флуніксину меглюміну до терапії клінічного кетозу сприяє підвищенню чутливості жирової тканини до інсуліну, а також зменшує запалення та інфільтрацію макрофагів у жирову тканину (Chirivi et al., 2024).

Застосування кормової добавки, яка містить шишки хмелю, вітамін Е, метіонін, холін і карнітин, протягом двадцяти днів у корів із субклінічним кетозом сприяє нормалізації мінерального обміну. Результати дослідження показали, що двадцятиденне згодовування кормової добавки сприяло зниженню кетонурії та кетонемії. У кінці досліду у крові корів було виявлено підвищення рівня загального кальцію та неорганічного фосфору, зниження активності лужної фосфатази та її співвідношення із загальним кальцієм. Нормалізація мінерального обміну також підтверджувалася збалансованою гормональною регуляцією: зниженням рівня паратгормону та підвищенням рівня кальцитоніну в плазмі крові. Згідно з отриманими результатами, запропонована кормова добавка ефективно нормалізує мінеральний обмін, а також може бути використана для профілактики та комплексного лікування корів, хворих на кетоз (Shkilnyk et al., 2020).

Результати інших досліджень Kravchenko et al. (2017) демонструють, що використання кормової добавки "BergaFat F-100" ефективно компенсує енергетичний дефіцит у післяродовий період. Це значно знижує кількість випадків кетозу серед корів, зменшує рівень кетонових тіл у крові хворих тварин і сприяє нормалізації біохімічних показників крові. Введення препарату кекстон зменшувало рівень кетонових тіл у крові корів на третю (майже у 1,4 раза) та дев'яту добу (у 2,5 раза) після отелення, а також підвищувало середньодобовий надій молока у дослідних тварин (Huralska & Olishkevskyi, 2024). Ці результати узгоджуються з дослідженнями Walsh et al. (2007), які встановили зв'язок між рівнем кетонових тіл у крові в передродовий період і репродуктивною функцією корів. Зокрема, нетільні корови після першого осіменіння демонстрували тенденцію до підвищення концентрації кетонових тіл у крові в період від 3 до 9 тижнів після отелення порівняно з тільними коровами.

Профілактика кетозу ґрунтується на оцінці фізичного стану тварин, аналізі раціону та регулярному моніторингу крові, молока й сечі для виявлення кетонових тіл. Ці заходи є найефективнішими методами ранньої діагностики кетозу, що сприяють підвищенню продуктивності тварин і економічної рентабельності господарства. Для запобігання кетозу необхідне збалансування раціону в забезпеченні корів достатньою кількістю енергії, білків, жирів та мікроелементів; посилення контролю за загальним станом корів для уникнення ожиріння до отелення; забезпечення доступу до якісного корму та використання легкозасвоюваних кормових добавок; регулярний моніторинг та проведення аналізів на вміст кетонових тіл, особливо в післяютельний період (Kachhawaha et al., 2016; Bansod et al., 2020).

Висновки

1. Кетоз великої рогатої худоби є одним із викликів для сучасного молочного скотарства, оскільки це метаболічне захворювання суттєво знижує продуктивність корів, негативно впливає на їхнє здоров'я та підвищує витрати на лікування. Високопродуктивні корови, особливо в перехідний період, перебувають у зоні найбільшого ризику через значні енергетичні потреби, які часто не задовольняються раціоном.

2. Основні причини розвитку кетозу включають негативний енергетичний баланс, порушення обміну речовин через дефіцит поживних речовин, ожиріння до отелення, а також недостатню якість кормів. Захворювання може проявлятися у субклінічній або клінічній формах, кожна з яких має свої особливості діагностики та підходів до лікування.

3. Ефективна робота з кетозом включає своєчасну діагностику, використання сучасних методів лікування та впровадження профілактичних заходів. Важливими аспектами профілактики є балансування раціону, забезпечення корів енергетично насиченими кормами, контроль за кондицією тіла тварин, особливо у перехідний період, та регулярний моніторинг вмісту кетонів у крові, молоці та сечі.

4. Застосування лікувальних заходів, таких як введення глюкози, використання кортикостероїдів, пробіотиків і стимуляторів апетиту, дозволяє знизити прояви захворювання і мінімізувати його наслідки. Крім того, системний підхід до профілактики кетозу сприяє не лише підвищенню надоїв і покращенню економічних показників господарства, а й збереженню здоров'я корів.

5. Таким чином, профілактика та своєчасне лікування кетозу повинні бути інтегрованою частиною програми управління здоров'ям молочного стада. Використання сучасних діагностичних інструментів та науково обґрунтованих методів годівлі сприятиме зниженню поширеності цього захворювання та забезпечить стабільну роботу господарств у галузі молочного скотарства.

Перспективи подальших досліджень. На перспективу планується проведення патоморфологічних досліджень органів корів за поліморбінної патології.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

- Alon, T., Rosov, A., Lifshitz, L., Dvir, H., Gootwine, E., & Moallem, U. (2020). The distinctive short-term response of late-pregnant prolific ewes to propylene glycol or glycerol drenching. *Journal of Dairy Science*, 103(11), 10245–10257. DOI: 10.3168/jds.2020-18227.
- Anderson, J. C., Mattar, S. G., Greenway, F. L., & Lindquist, R. J. (2021). Measuring ketone bodies for the monitoring of pathologic and therapeutic ketosis. *Obesity Science & Practice*, 7(5), 646–656. DOI: 10.1002/osp4.516.
- Bali, G., Hussain, K., Razzaque, W. A., Sharma, U., & Beigh, S. A. (2016). Clinico-biochemical studies of ketosis in buffalo (*Bubalus bubalis*). *Buffalo Bulletin*, 35, 27–32. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Clinico-biochemical-studies-of-ketosis-in-buffalo-Bali-Hussain/0df3fb43f4f14f63866c426ffddde26b84eda35c>.
- Bansod, A. P., Jadhao, A. D., & Surjagade, R. S. (2020). Ketosis in Dairy Animals. *Intas Polivet*, 21(2), 382–385. URL: <https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ipo&volume=21&issue=2&article=023&type=pdf>.
- Bauer, E. A., & Jagusiak, W. (2022). The Use of Multi-layer Perceptron Artificial Neural Networks to Detect Dairy Cows at Risk of Ketosis. *Animals (Basel)*, 12(3), 332. DOI: 10.3390/ani12030332.
- Biswal, S., Nayak, D. C., Parida, G. S., & Sardar, K. K. (2009). Biochemical studies on blood metabolites in ketotic crossbred cows following treatment. *The Indian Journal of Veterinary Sciences and Biotechnology*, 5(1), 75–78. URL: <https://indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijfv&volume=5&issue=1&article=033&type=pdf>.
- Boghian, V. (2018). Ethio-pathogenetic mechanisms involved in ketosis of dairy cows. *Rev Rom Med Vet*, 28(4), 46–50. URL: https://agmv.ro/wp-content/uploads/2019/10/Vol.28No4_46_50_Ethio-pathogenetic-mechanisms.pdf.
- Brunner, N., Groeger, S., Canelas Raposo, J., Bruckmaier, R. M., & Gross, J. J. (2019). Prevalence of subclinical ketosis and production diseases in dairy cows in Central and South America, Africa, Asia, Australia, New Zealand, and Eastern Europe. *Translational Animal Science*, 3(1), 84–92. DOI: 10.1093/tas/txy102.
- Capel, M. B., Bach, K. D., Mann, S., & McArt, J. A. A. (2021). A randomized controlled trial to evaluate propylene glycol alone or in combination with dextrose as a treatment for hyperketonemia in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 104(2), 2185–2194. DOI: 10.3168/jds.2020-19111.
- Cascone, G., Licitra, F., Stamilla, A., Amore, S., Dipasquale, M., Salonia, R., Antoci, F., & Zecconi, A. (2022). Subclinical Ketosis in Dairy Herds: Impact of Early Diagnosis and Treatment. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 895468. DOI: 10.3389/fvets.2022.895468.
- Chirivi, M., Cortes, D., Rendon, C. J., & Contreras, G. A. (2024). Lipolysis inhibition as a treatment of clinical ketosis in dairy cows: Effects on adipose tissue metabolic and immune responses. *Journal of Dairy Science*, 107(7), 5104–5121. DOI: 10.3168/jds.2023-23998.
- Chisato, K., Yamazaki, T., Kayasaki, S., Fukumori, R., & Oikawa, S. (2023). Epidemiological Features of Postpartum Subclinical Ketosis in Dairy Herds in Hokkaido, Japan. *Animals*, 14(1), 144. DOI: 10.3390/ani14010144.
- Chuang, X. U., Shen, T. Y., Yao, Y., Yu, H., Xia, C., & Zhang, H. (2016). Blood clinicopathological differences between type I and II ketosis in dairy cows. *Indian Journal of Animal Research*, 50(5), 753–758. DOI: 10.18805/ijar.7495.
- Cocco, R., Canozzi, A. M. E., & Fischer, V. (2021). Rumination time as an early predictor of metritis and subclinical ketosis in dairy cows at the beginning of lactation: Systematic review-meta-analysis. *Preventive*

- Veterinary Medicine, 189, 105309. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2021.105309.
- Compton, C., Young, L., & McDougall, S. (2015). Subclinical ketosis in postpartum dairy cows fed a predominantly pasture-based diet: Defining cut-points for diagnosis using concentrations of beta-hydroxybutyrate in blood and determining prevalence. *New Zealand Veterinary Journal*, 63(5), 241–248. DOI: 10.1080/00480169.2014.999841.
- Cook, N., Ward, W., & Dobson, H. (2001). Concentrations of ketones in milk in early lactation and reproductive performance of dairy cows. *Veterinary Record*, 148, 769–772. DOI: 10.1136/vr.148.25.769.
- De Jong, E., Rijpert-Duvivier, A., Veldman, H., Steeneveld, W., & Jorritsma, R. (2023). Milk β -hydroxybutyrate metrics and its consequences for surveillance of hyperketonaemia on commercial dairy farms. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1272162. DOI: 10.1016/j.cvfa.2013.04.002.
- Deniz, A. (2011). Subclinical ketosis in dairy cattle – the silent profit robber. *International Dairy Topics*, 10(6), 7–9. URL: <http://www.positiveaction.info/pdfs/articles/dt10.6p7.pdf>.
- Duffield, T., Lissemore, K., McBride, B., & Leslie, K. (2009). Impact of hyperketonemia in early lactation dairy cows on health production. *Journal of Dairy Science*, 92(2), 571–580. DOI: 10.3168/jds.2008-1507.
- Gordon, J. L., LeBlanc, S. J., Kelton, D. F., Herdt, T. H., Neuder, L., & Duffield, T. F. (2017). Randomized clinical field trial on the effects of butaphosphancyanocobalamin and propylene glycol on ketosis resolution and milk production. *Journal of Dairy Science*, 100, 3912–3921. DOI: 10.3168/jds.2016-11926.
- Gryshchenko, V. A. (2019). Blood and acid composition of blood and biles in calves at enteropathology and application of milk phospholipides. *Ukrainian Journal of Veterinary Sciences*, 10(4), 36–42. DOI: 10.31548/ujvs2019.04.005 (in Ukrainian).
- Guliński, P. (2021). Ketone bodies – causes and effects of their increased presence in cows' body fluids: A review. *Veterinary World*, 14(6), 1492–1503. DOI: 10.14202/vetworld.2021.1492-1503.
- Horst, E. A., Kvidera, S. K., & Baumgard, L. H. (2021). Invited review: The influence of immune activation on transition cow health and performance—A critical evaluation of traditional dogmas. *Journal of Dairy Science*, 104(8), 8380–8410. DOI: 10.3168/jds.2021-20330.
- Hryshchuk, I. A., Karpovsky, V. I., Danchuk, V. V., Postoy, R. V., Gutyj, B. V., Kubiak, K., Midyk, S. V., & Trokoz, V. A. (2021). Blood fatty acid composition in cows depending on the type of autonomic regulation in summer period. *Ukrainian Journal of Veterinary Sciences*, 12(4). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Veterenarna/article/view/15658>.
- Huralska, S., & Olishevskiy, V. (2024). Prevention of ketosis in cows: the role and effectiveness of Kexxtone. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 26(113), 120–125. DOI: 10.32718/nvlvet11318.
- Kachhawaha, S., Singh, A. P., Tanwar, R. K., Chahar, A., & Bihani, D. K. (2016). Effect of Propylene Glycol Supplementation in Cows with Subclinical Ketosis. *Intas Polivet*, 17(1), 63–66. URL: <https://indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ipo&volume=17&issue=1&article=021&type=pdf>.
- Karavansky, M. O., Rud, V. O., & Tarasenko, L. O. (2022). Changes of biochemical indexes of blood of high-performance cows are at subclinical ketosis and its effect on milk productivity. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 24(106), 168–171. DOI: 10.32718/nvlvet10625 (in Ukrainian).
- Kravchenko, S. O., Kanivets, N. S., & Romanenko, Ye. V. (2017). Profilaktyka ketozu vysokoproduktyvnykh koriv u vesniansyi period. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 4, 94–96. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VPDAA_2017_4_21 (in Ukrainian).
- Kroezen, V., Schenkel, F. S., Miglior, F., Baes, C. F., & Squires, E. J. (2018). Candidate gene association analyses for ketosis resistance in Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 101(6), 5240–5249. DOI: 10.3168/jds.2017-13374.
- Loor, J. J., Everts, R. E., Bionaz, M., Dann, H. M., Morin, D. E., Oliveira, R., & Lewin, H. A. (2007). Nutrition-induced ketosis alters metabolic and signaling gene networks in liver of periparturient dairy cows. *Physiological Genomics*, 32(1), 105–116. DOI: 10.1152/physiolgenomics.00188.2007.
- Mann, S., & McArt, J. A. (2023). Hyperketonemia: A Marker of Disease, a Sign of a High-Producing Dairy Cow, or Both? *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 39(2), 307–324. DOI: 10.1016/j.cvfa.2023.02.004.
- McArt, J., Nydam, D., & Oetzel, G. (2012). A field trial on the effect of propylene glycol on displaced abomasum, removal from herd, reproduction in fresh cows diagnosed with sub-clinical ketosis. *Journal of Dairy Science*, 95(5), 2505–2512. DOI: 10.3168/jds.2011-4908.
- McArt, J., Nydam, D., Ospina, P. A., & Oetzel, G. R. (2011). A field trial on the effect of propylene glycol on milk yield and resolution of ketosis in fresh cows diagnosed with subclinical ketosis. *Journal of Dairy Science*, 94(12), 6011–6020. DOI: 10.3168/jds.2011-4463.
- Melendez, P., & Serrano, M. V. (2024). Update on ketosis in dairy cattle with major emphasis on subclinical ketosis and abdominal adiposity. *Veterinary Medicine and Science*, 10(5), e1525. DOI: 10.1002/vms3.1525.
- Mohammed, N., Jaiswal, M., & Kumar Bihani, D. (2022). Prevalence of subclinical and clinical ketosis in cattle in and around Bikaner. *Biological Rhythm Research*, 53, 501–509. DOI: 10.1080/09291016.2019.1629167.
- Myette-Côté, É., St-Pierre, V., Beaulieu, S., Castellano, C. A., Fortier, M., Plourde, M., & Cunneane, S. C. (2021). The effect of a 6-month ketogenic medium-chain triglyceride supplement on plasma cardiometabolic and inflammatory markers in mild cognitive impairment. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 169, 102236. DOI: 10.1016/j.plefa.2020.102236.
- Mylostyyvi, R., Lesnovskay, O., Karlova, L., Khmeleva, O., Kalinichenko, O., Orishchuk, O., Tsap, S., Begma, N., Cherniy, N., Gutyj, B., & Izhboldina, O. (2021). Brown Swiss cows are more heat resistant than Holstein cows under hot summer conditions of the continental climate

- of Ukraine. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 9(4), 2134. DOI: 10.31893/jabb.21034.
- Mylostyvyi, R., Sejian, V., Izhboldina, O., Kalinichenko, O., Karlova, L., Lesnovskay, O., Begma, N., Marenkov, O., Lykhach, V., Midyk, S., Cherniy, N., Gutyj, B., & Hoffmann, G. (2021). Changes in the spectrum of free fatty acids in blood serum of dairy cows during a prolonged summer heat wave. *Animals*, 11(12), 3391. DOI: 10.3390/ani11123391.
- Nadtochii, V. M., Nadtochii, V. P., & Osipenko, O. P. (2012). Fyzyko-khimichni pokaznyky moloka koriv, khvorykh na subklinichnu formu mastytu. *Tekhnologhiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva: zbirnyk naukovykh prats*, 7(90), 131–134. URL: <http://193.138.93.8/handle/BNAU/402> (in Ukrainian).
- Nguyen, H. T., & Diep, T. T. (2020). Efficacy of propylene glycol on prevention and treatment of ketosis for dairy cows in lactation stage. *The Journal of Agriculture and Development*, 19(2), 28–35. DOI: 10.52997/jad.4.02.2020.
- Reddy, B. Soma Sekhar, Kumari, K. Nalini, Reddy, B. Sudhakara, & Reddy, Y. Ravindra. (2014). Therapeutic Management of Ketosis Associated with Subclinical Mastitis in Transition Cows. *Intas Polivet*, 15(2), 504–506. URL: <https://indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ipo&volume=15&issue=2&article=116&type=pdf>.
- Ruppert, P. M., & Kersten, S. (2024). Mechanisms of hepatic fatty acid oxidation and ketogenesis during fasting. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, 35(2), 107–124. DOI: 10.1016/j.tem.2023.10.002.
- Santschi, D. E., Lacroix, R., Durocher, J., Duplessis, M., Moore, R. K., & Lefebvre, D. M. (2016). Prevalence of elevated milk β -hydroxybutyrate concentrations in Holstein cows measured by Fourier-transform infrared analysis in dairy herd improvement milk samples and association with milk yield and components. *Journal of Dairy Science*, 99, 9263–9270. DOI: 10.3168/jds.2016-11128.
- Shkilnyk, O., Petrukh, I., Ostapiv, D., Kozak, M., Vlizlo, V., Pavlyuk, I., Vezdenko, O., Sekh, O., Ponomarjova, S., & Kalynovska, L. (2020). Effect of feed additive on mineral homeostasis of cows with ketosis. *Scientific and Technical Bulletin of State Scientific Research Control Institute of Veterinary Medical Products and Fodder Additives and Institute of Animal Biology*, 21(1), 247–251. DOI: 10.36359/scivp.2020-21-1.3.
- Singh, G., Randhawa, S. S., Uppal, S. K., Randhawa, C. S., & Chand, N. (2017). Evaluation of efficacy of propylene glycol in the treatment of subclinical ketosis and its effect on plasma concentration of various metabolic parameters. *Journal of Animal Research*, 7(4), 691–697. DOI: 10.5958/2277-940X.2017.00106.1.
- Song, Y., Looor, J. J., Li, C., Liang, Y., Li, N., Shu, X., Yang, Y., Feng, X., Du, X., Wang, Z., Liu, G., & Li, X. (2021). Enhanced mitochondrial dysfunction and oxidative stress in the mammary gland of cows with clinical ketosis. *Journal of Dairy Science*, 104(6), 6909–6918. DOI: 10.3168/jds.2020-19964.
- Steenefeld, W., Amuta, P., van Soest, F. J. S., Jorritsma, R., & Hogeveen, H. (2020). Estimating the combined costs of clinical and subclinical ketosis in dairy cows. *PLOS ONE*, 15(4), e0230448. DOI: 10.1371/journal.pone.0230448.
- Taechachoekvivat, N., Kou, B., Zhang, T., Montes, M. E., Boerman, J. P., Doucette, J. S., & Neves, R. C. (2024). Evaluating the performance of herd-specific long short-term memory models to identify automated health alerts associated with a ketosis diagnosis in early-lactation cows. *Journal of Dairy Science*, 107(12), 11489–11501. DOI: 10.3168/jds.2023-24513.
- Vlizlo, V. V., Prystupa, O. I., Slivinska, L. G., Lukashchuk, B. O., Hu, Shan, Gutyj, B. V., Maksymovych, I. A., Shcherbatyy, A. R., Lychuk, M. G., Chernushkin, B. O., Leno, M. I., Rusyn, V. I., Drach, M. P., Fedorovych, V. L., Zinko, H. O., & Yaremchuk, V. Y. (2021). Functional state of the liver in cows with fatty liver disease. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(3), 168–173. DOI: 10.15421/2021_159.
- Wagner, S., & Schimek, D. (2010). Evaluation of the effect of bolus administration of 50% dextrose solution on measures of electrolyte energy balance in post-partum dairy cows. *American Journal of Veterinary Research*, 71(9), 1074–1080. DOI: 10.2460/ajvr.71.9.1074.
- Walleser, E., Reyes, J. M., Anklam, K., Pralle, R. S., White, H. M., Unger, S., & Döpfer, D. (2023). Novel prediction models for hyperketonemia using bovine milk Fourier-transform infrared spectroscopy. *Preventive Veterinary Medicine*, 213, 105860. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2023.105860.
- Walsh, R. B., Walton, J. S., Kelton, D. F., LeBlance, S. J., Leslie, K. E., & Duffield, T. F. (2007). The effect of subclinical ketosis in early lactation on reproductive performance of postpartum dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90(6), 2788–2796. DOI: 10.3168/jds.2006-721.
- Yan, Z., Huang, H., Freebern, E., Santos, D. J., Dai, D., Si, J., & Zhang, Y. (2020). Integrating RNA-Seq with GWAS reveals novel insights into the molecular mechanism underpinning ketosis in cattle. *BMC Genomics*, 21(1), 489. DOI: 10.1186/s12864-020-06909-z.
- Zhang, F., Nan, X., Wang, H., Zhao, Y., Guo, Y., & Xiong, B. (2020). Effects of propylene glycol on negative energy balance of postpartum dairy cows. *Animals*, 10, 1526. DOI: 10.3390/ani10091526.