

Original researches

Changes in the goat's milk composition due to heat stress at the farm of the Ukrainian steppe zone

S. V. Chumak, V. O. Chumak, A. V. Horchanok

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

Received: 10 April 2021

Revised: 24 April 2021

Accepted: 05 May 2021

Dnipro State Agrarian and Economic
University, Sergii Efremov Str., 25, Dnipro,
49600, Ukraine

Tel.: +38-066-572-53-95

E-mail: chumak.s.v@dsau.dp.ua

Cite this article: Chumak, S. V., Chumak, V. O., & Horchanok, A. V. (2021). Changes in the goat's milk composition due to heat stress at the farm of the Ukrainian steppe zone. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 9(2), 74–81. doi: 10.32819/2021.92011

Abstract. The aim of the study was to identify the relationship between milk indicators of dairy goats that are staying under heat stress with the climatic conditions of the Ukrainian steppe zone. The main research areas of animals' reaction to temperature stress were monitoring their physiological state, changes in behavior and metabolism through the neuroendocrine mechanisms of their regulation, assessing the immune system functional state, the antioxidant defense system, and determining the activity of the microbiota of the gastrointestinal tract. It is important to control the respiratory rate of animals, which becomes especially important when the air humidity is high and the reversal of the fat/protein ratio in milk is detected. It occurs under stressful conditions and significantly affects the technological properties of milk, especially in animals with high milk productivity. It is useful to provide goats after kidding with the opportunity to stay for a long time with an adequate photoperiod, this will affect the synthesis of prolactin and the level of milk yield at the peak of lactation. When feeding highly productive animals, it becomes important to regulate both the appetite of animals and the composition of the diet. This is important to prevent digestive disorders because the state of the ruminant stomach microbiota of the feed affects the synthesis of the constituent components of milk. When breeding, attention should be paid to multiple pregnancies, because the long-term effect of gonadotropins and other biologically active substances from the placenta affects the ability of females to produce greater milk secretion in the next lactation. According to the obtained results, staying in the transition zone according to the THI (more than 65) affected some of the chemical parameters of goat's milk. In particular, there was a decrease in fat content, and therefore also the dry matter content and the fat/protein ratio, as well as urea, as one of the indicators of the rumen microbiota state. A significant increase in the number of somatic cells was observed almost three times, which confirms the presence of stress response from the mammary gland. For an objective assessment of the animals' welfare state in terms of climatic conditions, it is advisable to use the definitions of the temperature-humidity index, and to confirm the stress response in dairy goats from any factor of keeping and feeding – laboratory determination of stress biomarkers in the composition of blood, milk, and urine.

Keywords: goat milk; heat stress

Зміни складу козиного молока за теплового стресу в умовах господарства степової зони України

С. В. Чумак, В. О. Чумак, А. В. Горчанок

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Дніпро, Україна

Анотація. Виявлено взаємозв'язки показників молока із перебуванням молочних кіз в умовах теплового стресу за кліматичних умов степової зони України. Основні напрямки досліджень реакції тварин на температурний стрес полягають у моніторингу фізіологічних ознак тварин, змінах поведінки та метаболізму через нейро-ендокринні механізми їхньої регуляції, проведенні оцінки функціонального стану імунної системи, системи антиоксидантного захисту, визначенні активності мікробіоти травного каналу. Важливим є контроль частоти дихання тварин, що набуває особливого значення при високій вологості повітря та виявлення реверсії співвідношення жир/білок у складі молока. Вона відбувається за стресових умов та суттєво позначається на технологічних властивостях молока, особливо у тварин із високою молочною продуктивністю. Корисним є забезпечення козематок після окоту можливістю перебувати тривалий час при адекватному фотоперіоді, це позначиться на синтезі пролактину та рівні надоїв на піку лактації. При годівлі високопродуктивних тварин набуває значення необхідності регуляції як апетиту тварин, так і складу раціону. Це важливо для запобігання порушенню травлення, адже стан мікробіоти передшлунків позначається на синтезі складових компонентів молока. При селекції слід звернути увагу на багатоплідність, адже тривалий ефект гонадотропінів та інших біологічно активних речовин із плаценти впливає на здатність самок до більшої секреції молока в наступну лактацію. Згідно отриманих результатів перебування у перехідній зоні за значеннями ТВІ (понад 65) позначилось на деяких хімічних показниках козиного молока. Зокрема, відбулось зниження вмісту жиру, а через це також вміст сухої речовини та відношення жир/білок, а також сечовини, як одного із показників стану мікробіоти передшлунків. Спостерігали суттєве зростання кількості соматичних клітин майже утричі, що підтверджує наявність стресової реакції з боку молочної залози. Для об'єктивної оцінки стану добробуту тварин за кліматичними умовами доцільно застосовувати визначення температурно-вологісного індексу, а для підтвердження стресової реакції у молочних кіз від будь-якого чинника утримання та годівлі – лабораторне визначення біомаркерів стресу у складі крові, молока та сечі.

Ключові слова: козине молоко; тепловий стрес

Вступ

Проведена значна кількість досліджень по ефектам, які зумовлюють температурний стрес у великої рогатої худоби. Вплив кліматичних змін на тваринництво проявляється зниженням надоїв та якості молока, зменшенням продуктивності та виробництва м'яса. Інформація щодо наслідків теплового стресу та використання визначення температурно-вологісного індексу – TBI (або temperature-humidity index, THI) чи індексу теплового стресу (HSI) як міри комфорту тварин, широко використовується для оцінки тяжкості теплового стресу молочних корів і щоденно доступна виробникам молока у багатьох країнах світу. Традиційно ідентифікація тварин з економічно вигідними генетичними ознаками є основною причиною виявлення біомаркерів. Поведінкові, морфологічні, фізіологічні реакції тварин і генетичні маркери важливі через можливість пошуку рішення щодо пристосованості тварин до кліматичних змін, що висвітлено в оглядах Nabeeb et al. (2018), Sejian et al. (2019a).

Температура навколишнього середовища поза зоною комфорту – потужний стресовий фактор, що не лише знижує продуктивні та репродуктивні показники, але й пригнічує імунітет. Це тісно пов'язано з нейроендокринними змінами, що відбуваються коли тварини зазнають стресу. Серед домашніх жуйних тварин кози найбільш пристосований вид до впливу теплового стресу з точки зору виробництва, розмноження та стійкості до хвороб. Основний висновок, який можна зробити, полягає в тому, що крайні сценарії кліматичних змін негативно вплинуть на молочну галузь і що значення кіз для молочної галузі зростатиме пропорційно різниці змін температури навколишнього середовища (Silanikove & Koluman, 2015).

Через збільшення виробництва козиного молока проводиться пошук показників швидкої діагностики ознак теплового стресу та розробка необхідної стратегії для пом'якшення його наслідків на виробництво козиного молока та сиру. Особливо це актуально в країнах із тропічним і субтропічним кліматом. Вологість важлива для процесів терморегуляції, оскільки її високий відсоток, пов'язаний із високими температурами, може безпосередньо порушити терморегуляцію впливаючи на невідновлювальні механізми (конвенція, випромінювання, випаровування) та послаблюючи накопичення тепла у тварин, оскільки чутливі механізми терморегуляції регулюються градієнтом між тілом тварини та атмосферою, але навіть в ідеальних умовах висока вологість робить механізм неефективним (Sejian et al., 2018).

Загалом, основні напрямки досліджень – це: 1) моніторинг теплофізіологічних ознак тварин (температура тіла, частота дихання та скорочень серця, швидкість потовиділення) для виявлення теплового стресу, 2) опис ефектів на поведінку, метаболічні процеси та нейроендокринні механізми їхньої регуляції, зокрема роботу травної системи та репродуктивної здатності, 3) оцінка функціонального стану імунної системи та системи антиоксидантного захисту для збереження здоров'я тварин, 4) виявлення зміни в мікробіоті травного тракту та наслідкам цього на організм тварини, склад і якість отриманої продукції, 5) порівняння ефективності, технологічної придатності та селекційної цінності запровадження біомаркерів для прогнозування продуктивності або створення пропозицій щодо покращання ефективності молочного козівництва у майбутньому.

Накопичені результати широко представлені у змістовних оглядах Fonseca et al. (2016), Sejian et al. (2019b, 2021).

Визначення температури поверхні тіла широко використовується для оцінки теплового балансу, її визначають ректально, вагінально, а також у вмістимому рубця. Проте це є складним при великій кількості тварин і залежить від умов господарювання. Температурно-вологісний індекс є альтернативою визначення оцінки дискомфорту, пов'язаного з навколишньою температурою та відносною вологістю повітря, адже для під-

тримки гомеостазу важливим є швидкість випаровування через шкіру та слизові оболонки, потовиділення. Але, з іншого боку не усі тварини реагують однаково на стресові фактори навколишнього середовища, це залежить від генотипу, віку, рівня продуктивності. Кіз вважають більш толерантними до теплового стресу порівняно з молочними коровами через їх вищу швидкість потовиділення і меншу масу тіла, що дозволяє мати більшу тепловіддачу. Коли поведінкової реакції недостатньо для підтримки температури тіла в нормі, тоді задіюється нейро-ендокринні перебудови через системи гіпоталамо-гіпофізарно-надниркові залози, симпатико-наднирково-мозкову та гіпоталамо-гіпофізарно-щитоподібної залози, які активуються для компенсації теплового дисбалансу (Afsal et al., 2018).

Тироліберин стимулює вивільнення тиреотропіну з передньої частини гіпофіза, який у свою чергу стимулює синтез і вивільнення тиреоїдних гормонів (трийодтиронін і тироксин) у щитоподібній залозі. Це коригує метаболізм на користь зменшення використання енергії та тепловиробництва під час впливу підвищеної вологості та температури, що вимагає нормалізації температури ядра тіла. Зменшення синтезу гормонів щитоподібної залози погіршує надої та склад молока. Цитрат і холін вказували на появу ознак запалення, тому вони запропоновані як ключові біомаркери в складі молока (Contreras-Jodar et al., 2018, 2019).

Енергія замість виробництва продукції спрямовується нейроендокринною реакцією на те, щоб допомогти тварині впоратися зі стресовими станами через зміну швидкості метаболізму, периферичного кровообігу, дихання та запасання енергії. Виявили погіршення якісних показників молока та зміну функціональної активності імунних клітин.

Тепловий стрес спричиняє порушення концентрацій у клітинах прооксидантів та антиоксидантів, що призводить до надмірного виробництва вільних радикалів із оксигену та нітрогену, а це порушує внутрішньоклітинний метаболізм при гіпертермії. Наслідком є активація генів, як реакція на тепловий шок, клітинний ріст і модуляція хімічних реакцій у клітині. Негативні наслідки теплового стресу позначились на міграції лейкоцитів через стінки судин, адгезії клітин, стані гемопоезу, а позитивні – в активації метаболізму пилкоцитів. Порушення щільного з'єднання між клітинами кишкового бар'єру є важливим патогенним фактором, що призводить до збільшення проникності епітелію кишечника для антигенів, включаючи ендотоксини.

Мікробіота травного каналу має значний вплив на підтримку гомеостазу тварини-господаря. Зв'язок між ними відбувається як через елементи нервової системи (блукаючий, симпатичні і спинномозкові нерви) та гуморальні шляхи (цитокіни, гормони і нейропептиди як сигнальні молекули) (Mayer et al., 2014).

Визначальними метаболітами як біомаркери теплового стресу були фенілаланін, фенілацетат, фенілацетилгліцин, фенілглюкілат і гіпурат. Збільшення виведення цих сполук із сечею свідчить про більше утворення мікробіотою травного каналу за умови теплового стресу. Молочні кози менше споживають корму на 22–35% і дають на 3–10% менше молока зі зниженим вмістом жиру, білка та лактози, а також зміненими коагуляційними властивостями. РНК-секвендування (RNA-seq) показало, що зміни в складі молока супроводжувались регуляцією експресії генів казеїну, синтезу жиру та лактози, а також регуляцією експресії генів, пов'язаних з молочними катепсинами. Незважаючи на зменшення споживання корму, неестерифіковані в крові жирні кислоти та глюкоза в крові не зазнали змін. Зниження секреції інсуліну після їжі, а також деградація м'язів – це можливі механізми підтримки рівня глюкози в крові в умовах теплового стресу. Тепловий стрес під час вагітності може позначитись на продуктивності потомства, але це питання потребує подальшого дослідження у молочних кіз (Salama et al., 2014).

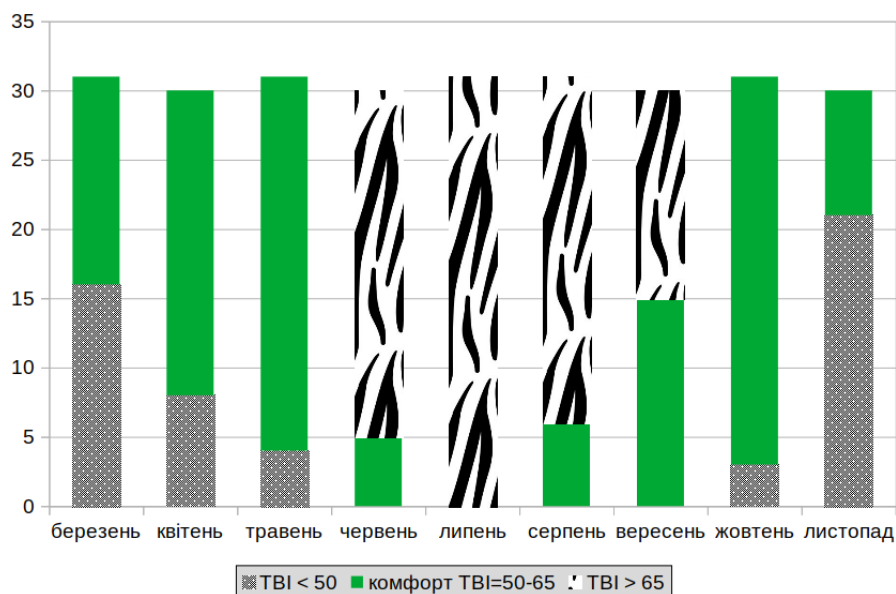


Рис. 1. Кількість днів протягом кожного місяця лактації, коли температурно-вологісний індекс (ТВІ) перебував у відповідному інтервалі.

Зааненські кози в середземноморських кліматичних умовах Туреччини за значеннями ректальної температури зазнавали надзвичайного температурного стресу лише в літній сезон. Частота серцевих скорочень найбільше змінювалась у зимовий сезон, а частота дихання навесні виявилась найнижчою, в влітку найвищою ($P < 0,05$). Найвище значення кортизолу (96,62 нг/мл) отримано навесні, а найнижче (60,58 нг/мл) восени. Рівень триодтироксину найвищий узимку та навесні, а найнижчий восени, а тироксину – взимку був статистично вищим, ніж в інші сезони ($P < 0,05$), особливо восени. Білок теплового шоку 70 (HSP70) у плазмі виявився навесні статистично низьким ($P < 0,05$), його зміни відображали коливання значень ТВІ в різні сезони, особливо за термічного стресу влітку (Yilmaz et al., 2018).

Метою нашої роботи було виявити взаємозв'язки показників молока кіз за перебування тварин в умовах теплового стресу.

Матеріал і методи досліджень

Робота виконана на молочних козах зааненської породи, що належали фермерському господарству “Миколаїво-Петрівське”, село Веселе, Синельниківського району, Дніпропетровської області (Україна). Тварини знаходились на цілорічному безприв'язному утриманні з вигульними майданчиками і вільним доступом до корму та води (подається в автопоїлки).

Розрахунок температурно-вологісного індексу (temperature-humidity indexes, THI) виконано згідно з формулою (Dikmen & Hansen, 2009).

$$THI = (1,8 * T + 32) - (0,55 - 0,0055 * W) * (1,8 * T - 26,8),$$

де T – температура повітря, °C;

W – відносна вологість повітря, %.

Інформація про показники температури та вологості повітря одержані за матеріалами сайту <https://meteoport.com/weather/archive/>.

Відбір зразків молока забезпечував можливість виявити особливості фізико-хімічного складу молока кіз під час перебування в умовах теплового стресу.

У лабораторії проби молока нагрівали до температури +38°C, гомогенізували і визначали фізико-хімічний склад молока методом інфрачервоної спектроскопії (ISO 9622:1999) на

приладі “Dairy Spec Fourier Transform Spectrometer”, а кількість соматичних клітин тієї ж проби методом проточної цитометрії за допомогою “SomaCount Flow Cytometer”. Обидва апарати – складові приладу DairySpecCombi фірми Bentley, що сертифікований за ISO 9001:2000 у США.

Статистичну обробку результатів (обрахунок середніх значень, похибки та стандартних відхилень) проводили за допомогою програмного продукту Statistica.

Результати

Зміни кліматичних умов у місці перебування тварин протягом лактації наведено на рис. 1.

Тварини у квітні, травні та жовтні перебувають у найбільш комфортних умовах. У березні та листопаді переважають дні, коли тварини можуть зазнати холодного стресу, а в липні – щодня була загроза теплового стресу.

Реакція на тепловий стрес молочної продуктивності кіз зааненської породи в умовах степу України наведена на рис. 2–4.

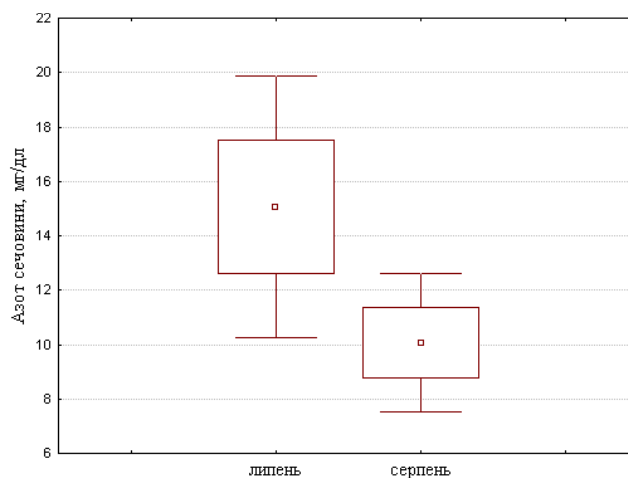


Рис. 2. Динаміка вмісту сечовини у складі молока (середні значення, величини похибки та стандартного відхилення).

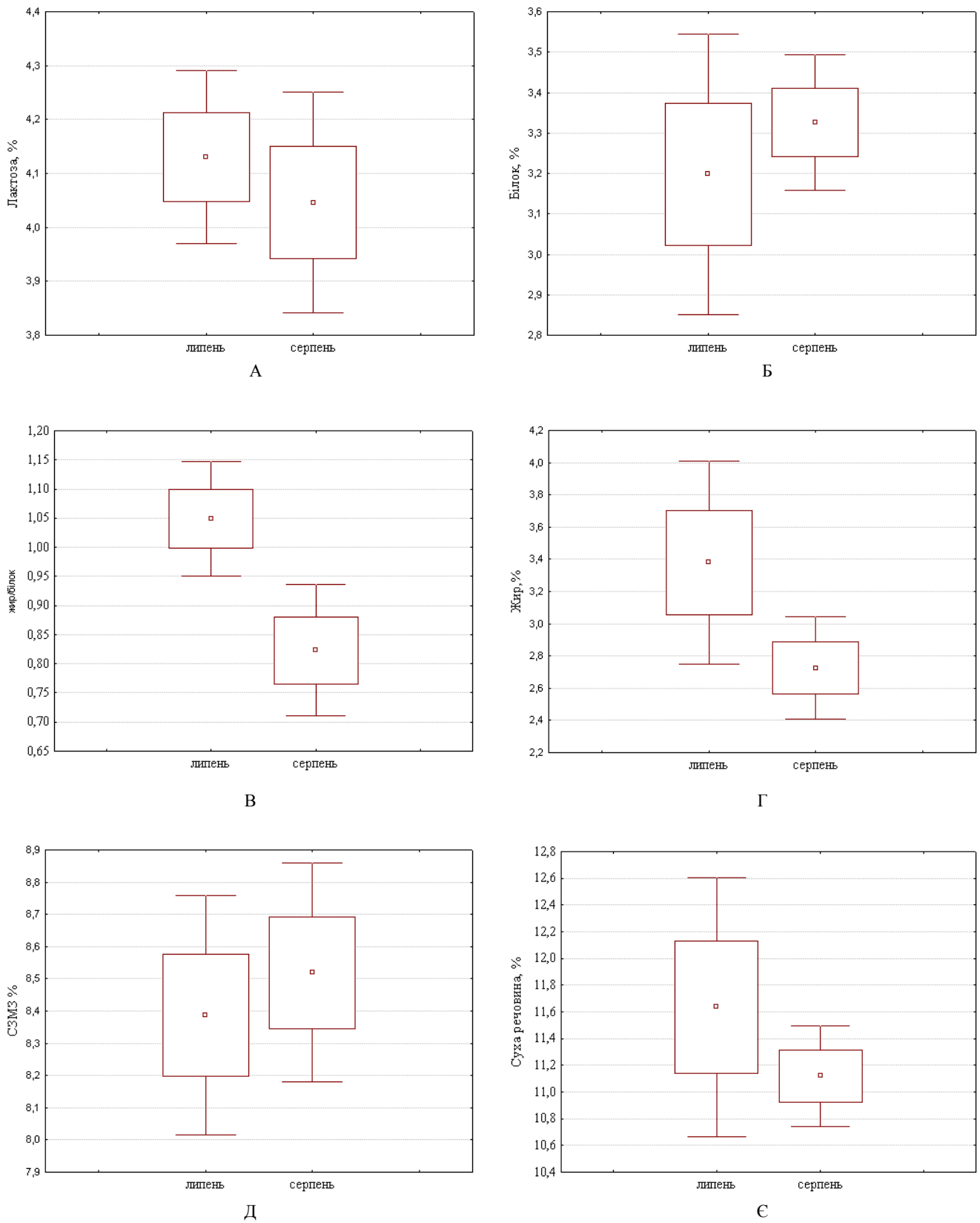


Рис. 3. Динаміка фізико-хімічних властивостей молока (середні значення, величини похибки та стандартного відхилення відповідно А – лактози, Б – білка, В – відношення жир/білок, Г – жиру, Д – СЗМЗ (сухий знежирений молочний залишок), Є – сухої речовини).

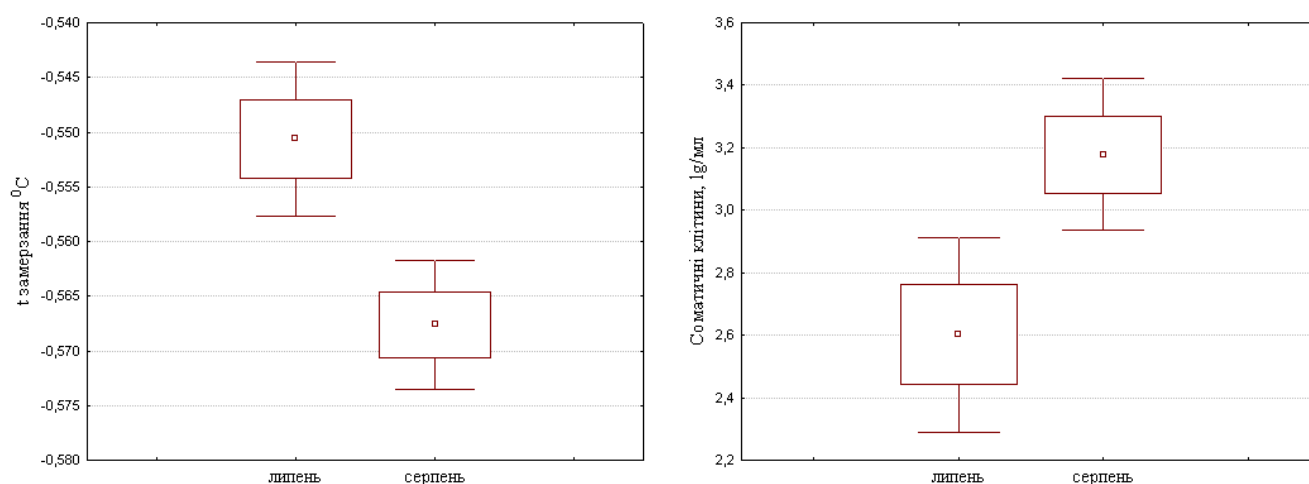


Рис. 4. Динаміка загального рівня А – температури замерзання молока, Б – кількість соматичних клітин у молоці (середні значення, величини похибки та стандартного відхилення).

Спостерігали зниження концентрації азоту сечовини молока на 60%, хоча були значні індивідуальні коливання цього показника.

Динаміку змін основних компонентів молока (жиру, білка, лактози) та показників, які характеризують їхнє співвідношення наведено на рис. 3. Виявлено зниження вмісту жиру молока на 29%, тоді як відмінності за концентрацією білка та лактози не спостерігали. Наслідком цього стало зменшення відношення жир/білок у козиному молоці на 27% та сухої речовини на 9% протягом місяця.

Динаміку депресії (температури замерзання) та кількості соматичних клітин у складі молока наведено на рис. 4. Протягом місяця відбулось зниження температури замерзання молока на 3%, проте утрічі підвищилась кількість соматичних клітин, а саме від $2,858 \pm 0,048$ lg/мл до $3,365 \pm 0,087$ lg/мл.

Обговорення

Розрахунки температурно-вологісного індексу (ТВІ) під час проведення досліджень на молочних козах забезпечить можливість адекватного порівняння результатів від застосування технологічних прийомів для вчасного запобігання появі стресової реакції на перебування тварин поза межами комфортних умов. Тому оцінка добробуту тварин у конкретних господарствах має обов'язково враховувати цей показник при поясненні зміни продуктивності або фізико-хімічних властивостей молока.

Тепловий стрес спричиняє значні втрати виробництва молока кіз, коли ТВІ перевищує 75. Розподіл за різними кліматичними умовами – термонейтральні (ТВІ = 59–65) та тепловий стрес (ТВІ = 77–86). Для протоколів оцінки добробуту на молочних фермах в Італії пропонується визначення трьох кліматичних сезонів залежно від діапазону ТВІ: холодний (<50), нейтральний (50–65) та жаркий (>65). Для молочних порід кіз при інтенсивних системах вирощування встановлено зону комфорту – інтервал ТВІ=55–70 (Batini et al., 2016). ТВІ > 80 має помірний вплив на надої, а небезпека виникає при ТВІ > 85 (Silanikove & Koluman, 2015).

Наразі існує можливість використання метеорологічних даних, доступних широкому колу фахівців з метою виявлення взаємозв'язку між станом навколишнього середовища та продуктивними якість молочних тварин, зокрема корів. Використання формули $TVI = 1,8 \times T - (1 - RH / 100) \times (T - 14,3) + 32$, згідно якої значення нижче 68 відповідають комфортним

умовам для корів, 68–71 – стан незначного, 72–79 – помірного, 80–89 – сильного стресу (Mylostyyvi & Chernenko, 2019).

При розрахунках ТВІ за використання формули, що була обрана нами, різниця у результатах становила 0,2–0,5, тобто фактично повністю співпадає у діапазоні температур від -20 °C до +45 °C та відносній вологості від 30 до 100%.

Зааненські кози можуть адаптуватися до сезонних змін погоди та екологічних умов регіону. Автори з Туреччини використали розрахунки за формулою $TVI = T - (0,31 - 0,31 \cdot RH) \cdot (T - 14,4)$, яку запропоновано для овець, означають відсутність теплового стресу при значенні $TVI < 22,3$, стрес середньої сили в інтервалі $22,3 \leq TVI < 23,3$, загрозливий – $23,3 \leq TVI < 25,6$, а надзвичайний при перевищенні 25,6 (Yilmaz et al., 2018).

Ми вважаємо, що більш зручно застосовувати формули, які дають результати у цілих числах. Крім того терморегуляція у овець має суттєві відмінності від кіз, на що вказують порівняльні дослідження, наприклад у Бразилії. Автори виявили особливості реакції кіз та овець у відповідь на спеку. Так, у овець були вищі ($P < 0,05$) фізіологічні параметри (температура ректальна та поверхні тіла, частота серцевих скорочень і дихання), а у кіз було меншим ($P < 0,05$) споживання води та тривалість споживання корму. Менша чутливість кіз до теплового стресу може бути пов'язана із більшою ефективністю використання води та перетравлення клітковини. З практичної точки зору, ці результати показують важливість годування тварини в прохолодний проміжок доби, а також деяких харчових стратегій щодо енергетичної цінності раціону (Machado et al., 2019).

На підставі дослідження стану кіз місцевої іспанської породи Мурчіано-Гранадіна виявляли найменший вміст жиру, білка, сухої речовини та лактози у липні–серпні, а з листопада по лютий – найвища молочна продуктивність. Окоти влітку–восени забезпечували обсяг надою молока, вихід жиру та білка майже на 14, 19 та 23% вище порівняно із зимово-весняними окотами. За теплового стресу у кіз підвищувалась ректальна температура (+0,58°C), частота дихання (+48 вдихів/хв), споживання води (+77%) і випаровування води (+207%). Через задишку знизилась концентрація і парціальний тиск CO_2 у крові, проте підтримання рН крові досягалось зниженням концентрації іонів гідрокарбонату та збільшенням хлоридів. У кіз максимальний апетит виявляли при інтервалі температури навколишнього середовища від 0 °C до +10 °C, потім він поступово втрачався при підвищенні температури до +40 °C. Жирність молока і концентрація соматичних клітин збільшувались зі зростанням кількості

окотів, що пов'язано із більшим розміром вимені. Обсяг загальної надою молока підвищується при збільшенні кількості козенят, що пояснюють гормональною стимуляцією від більшого утворення плацентарного гонадотропіну, прогестерону і пролактину при багатоплідній вагітності. Кози з двома козенятами давали майже на 15% більше молока, жиру та білка за лактацію, ніж при наявності лише одного козеняти (Hamzaoui et al., 2013; Vermejo et al., 2020; Pizarro et al., 2020).

За нашими результатами у складі молока було зниження вмісту жиру, однак концентрація білка та лактози залишалась на попередньому рівні.

У молоці чорногорської балканської породи кіз вміст жиру збільшувався протягом лактації, тоді як вміст білка та сухий знежирений молочний залишок були відносно стабільними в першій половині лактації (приблизно до 120 днів), а потім збільшували до кінця лактації (Marković et al., 2020).

В умовах Сербії у кіз зааненської породи найнижчі значення жиру, білка, сухої речовини та лактози були в серпні, а найвищі в грудні (Kljajević et al., 2018).

Місцеві породи також реагують на зовнішні умови. Так, у кіз чорної бенгальської породи в Індії у домусонний сезон (березень–червень, температура $+42,6 \pm 1,5$ °C) молочний жир ($2,35 \pm 0,25\%$ проти $3,12 \pm 0,2\%$), білок ($2,69 \pm 0,17\%$ проти $3,21 \pm 0,17\%$), СЗМЗ ($7,89 \pm 0,6\%$ проти $8,125 \pm 0,33\%$) були найнижчими порівняно із сезоном мусонів (листопад–лютий, температура $+8,6 \pm 0,9$ °C). Це пояснюють секрецією пролактину, концентрація якого в плазмі вища перед мусоном, ніж у сезон після мусону. Зменшення концентрації жиру та білка в молоці – це результат високої температури навколишнього середовища, це суттєво позначається та поживній цінності молока у різні сезони року (Bhatta et al., 2015).

Відповідно до законодавства Малайзії у складі молока повинно бути не менше 3,25% жиру і 8,5% сухого знежиреного молочного залишку. Проте молоко за вмістом жиру від порід Jamparagi (4,20%) та британської альпійської (3,70%) відповідало вимогам, а Shami (3,12%) та тогенбургської (3,08%) було нижче, ніж за цим стандартом. Уміст білка у всіх чотирьох порід був значно вищим ($P < 0,05$), ніж від британської альпійської породи (2,75%). Це підтверджує той факт, що склад молока в межах кожної породи може відрізнятися між географічним регіоном (через температуру навколишнього середовища, сезон), поживністю та складу кормів (Mohsin et al., 2019).

Зааненські кози у тропічних умовах Бразилії для терморегуляції в сезон дощів (січень–червень) позбавлялись надлишкового ендогенного тепла шляхом почашення дихання, а у сухий сезон (липень–грудень) — конвекцією. В умовах термічного стресу знижується активність осі гіпоталамус-гіпофіз-щитовидна залоза в спробі знизити швидкість метаболізму. Значення Т4 у крові тварин у сухий період становить $4,25$ мкг/дл, а дощовий $4,32$ мкг/дл, тобто знаходяться в референсних межах $3,74$ – $4,41$ мкг / дл, що підтверджує можливість підтримувати гомеотермію навіть у стресових умовах навколишнього середовища (De Vasconcelos et al., 2019).

Серед поголів'я тварин із посушливих місць також виявляли зміни хімічного складу молока. Однак значну увагу приділяли не лише вивченню впливу температури та вологості, але також і рівню освітлення місць перебування тварин. Наприклад, надой у кіз за умови перебування протягом трьох місяців при $+37^{\circ}\text{C}$ між 10^{00} і 22^{00} год та $+23$ °C решту часу при відносній вологості повітря 70% за зниження освітленості суттєво скоротились від $2\ 172$ до $1\ 550$ г / день, проте вміст білка та жиру в молоці був подібним у обох групах ($3,63\%$ та $4,34\%$ відповідно), а лактоза зросла ($4,77\%$ проти $4,67\%$). Частота серцевих скорочень була стабільною 113 ударів на хвилину, частота дихання була нижчою вранці порівняно з денною (58 проти 91). Ректальна температура вище при перебуванні на сонці ($40,4$ °C проти $39,6$ °C).

Рівень тироксину був подібним протягом сухостойного періоду, але зростав до 40 днів після окоту ($110 \pm 6,59$ проти $156 \pm 8,76$ нг / мл). Плазматичний IGF-1 вищий за кращого освітлення (279 ± 62 проти 162 ± 27 нг / мл) протягом сухостою, але під час лактації зрівнявся до 132 ± 24 нг / мл. Рівень пролактину змінювався аналогічно – у сухостійний період $17,2 \pm 1,6$ проти $10,6 \pm 0,99$ нг / мл, а протягом лактації $0,61 \pm 0,28$ нг / мл. Ефекти пояснюють залежною від освітлення зміною секреції пролактину, а не різницею у споживання корму або виділенням інсуліноподібного фактору росту 1. Чутливість до рівня пролактину, особливо на початку лактації, лежить в основі більш високого надою протягом усієї подальшої лактації (Mabjeesh et al., 2013).

Бедуїнські кози в посушливих умовах Алжиру під час ранньої лактації (до 90 днів після окоту) мали середньодобовий надій $0,56$ кг. Молочний жир, білок, лактоза, СЗМЗ становили відповідно $3,49\%$, $3,89\%$, $4,88\%$, $10,7\%$. Щоденне виробництво молока зростало з 1-го по 6-й тиждень після окоту, досягаючи піку лактації ($0,71 \pm 0,09$ кг), а потім значно зменшувалось ($0,31 \pm 0,07$ кг) до 13-го тижня ($P < 0,01$). Концентрація жиру знизилася на з 1-го ($6,65 \pm 1,54\%$) до 3-го тижня лактації ($3,00 \pm 0,17\%$), а потім стабілізувалась. Рівень білків, лактози та СЗМЗ були найвищими на 1-му тижні після окоту ($4,47 \pm 0,40$, $5,59 \pm 0,49$ та $12,21 \pm 1,00\%$ відповідно), потім зменшилися протягом 1-го місяця лактації, перш ніж стабілізуватися протягом двох наступних місяців (Koufi et al., 2019).

Співвідношення поживних речовин у молочній сировині впливає на технологічні параметри. При збільшенні відношення вмісту жиру до білка знижуються процеси синерезису (вільного зменшення об'єму згустку за 1 годину за рахунок виділення сироватки), оскільки жир заважає відходу сироватки; при збільшенні співвідношення жиру до білка більша кількість жиру переходить у сири, зменшуючи його втрати із сироваткою. У досліджуваному молоці в середньому відношення жиру до білка знаходилося в межах $1,21:1$ (при оптимальному співвідношенні $1,2$ – $1,1:1$), навесні було вищим $1:1,395$ – $1:1,271$, а влітку нижчим $1:1,138$ – $1:1,098$. Порівняно більш висока енергетична цінність молока кіз була у весняний період порівняно з калорійністю влітку у господарствах Сумської, Донецької та Харківської областей (Ladyka et al., 2014).

Середні значення та стандартні відхилення окремих фізико-хімічних параметрів молока місцевих кіз в Україні протягом лактації такі: жир $4,32 \pm 1,25$ %, білок $3,22 \pm 0,24$ %, лактоза $4,78 \pm 0,37$ %, співвідношення жир / білок $1,35 \pm 0,42$, сухий знежирений молочний залишок $8,67 \pm 0,65$ %, густина 29 ± 3 0 А, температура замерзання $-0,567 \pm -0,039$ °C, електропровідність $4,49 \pm 0,47$ мС / см, рН $6,73 \pm 0,09$, кислотність $15,7 \pm 1,9$ °T (Antonenko et al., 2019).

Молочну продуктивність кіз зааненської породи у Київській області було проаналізовано на величину надою, вміст жиру та білка в молоці за 250 днів лактації. Найвищим надій молока був за третю лактацію ($815,4$ кг, коливання від 699 кг до 934 кг), що майже на чверть більше від першої ($619,5$ кг, інтервал від 440 кг до 1076 кг), рівень мінливості надою був найнижчим за четвертою лактацією (від 550 кг до 692 кг). Середній вміст жиру $3,3\%$ (інтервал від $3,2\%$ у третю лактацію до $3,5\%$ у п'яту та шосту), а рівень білка залишалась на одному рівні $3,0\%$ (Maslyuk, 2019).

Найбільший вміст жиру та білка в козиному молоці було протягом зими, як в Україні, так і у Франції. Запропоновано виключити вимоги до щільності та кислотності із «Козине молоко. ДСТУ 7006: 2009», а також зменшити вимоги до жиру ($\geq 3,3\%$) та білка ($\geq 2,8\%$), змінити вимоги щодо кількості соматичних клітин ($\leq 1000 \times 10^3$ клітин/мл) та бактеріального забруднення відповідно до європейських стандартів. Влітку у зразках молока в Україні інтервал вмісту жиру становив $3,46 \pm 0,12\%$, білка $2,83 \pm 0,03\%$, температура замерзання молока $-0,540 \pm 0,003$ °C, кількість соматичних клітин $697 \pm 81 \times 10^3$ клітин/мл, а у зразках із

Франції відповідно $3,40 \pm 0,09\%$, $3,16 \pm 0,09\%$, $-0,549 \pm 0,001^\circ\text{C}$, $2046 \pm 304 \times 10^3$ клітин/мл (Zazharska et al., 2021).

Дослідження на зааненських козах в Австралії показали, що надій за лактацію дорівнює 519 л за вмісту жиру 4,2%, білка 2,9%, соматичних клітин $6,2 \times 10^5$ клітин / мл. Виробництво молока досягло максимуму в лютому, а було найнижчим у червні (2,4 проти 1,8 л від кози на добу відповідно). Максимальний удій був за третьої лактації, а у подальшому тривалість лактації скорочується, а кількість соматичних клітин зростає (Zamuner et al., 2019).

На 173 фермах молочних кіз Північної Італії дослідити взаємозв'язок між факторами управління, надоями та якістю молока, з особливим акцентом на кількості соматичних клітин молока (SCC) і синдромі реверсії молочного жиру / білка. Середнє виробництво молока становить 1,25 кг з високою мінливістю, жиру 3,49%, білка 3,59%, лактози 4,36%, сечовини 39,7 мг/дл. Синдром реверсії поширився після 100 днів лактації (співвідношення жир/білок стало менше 1) та супроводжувався зростанням з 5,4 до 5,8 lg клітин / мл протягом лактації соматичних клітин в молоці. Втрата 0,23 кг на доїння була за зростання на кожну додаткову одиницю lg клітин / мл (Sandrucci et al., 2019).

В умовах Іспанії у складі козиного молока виявляли жиру $5,52 \pm 0,54\%$, білка $3,78 \pm 0,36\%$, лактози $4,67 \pm 0,09\%$, сухої речовини $14,71 \pm 0,91\%$, рН $6,73 \pm 0,16$, кількість соматичних клітин $730,61 \pm 369,35 \times 10^3$ клітин/мл. Істотних відмінностей між породами не виявлено, але показники жиру, білка та сухої речовини були вищими взимку. До кінця лактації вміст жиру, білка, твердих речовин і мінеральних речовин збільшується, тоді як вміст лактози зменшується (Ramos-Pereira et al., 2019).

За наших досліджень за умов теплового стресу також відбулась реверсія співвідношення жир/білок молока та значне підвищення кількості соматичних клітин.

Висновки

Згідно отриманих результатів перебування у перехідній зоні за значеннями ТВІ (понад 65) позначилось на деяких хімічних показниках козиного молока. Зокрема, відбулось зниження вмісту жиру, а через це також вміст сухої речовини та відношення жир/білок. Проте спостерігали суттєве зростання кількості соматичних клітин майже утричі, що підтверджує наявність стресової реакції з боку молочної залози.

Для об'єктивної оцінки стану добробуту тварин за кліматичними умовами доцільно застосовувати визначення температурно-вологісного індексу, а для підтвердження стресової реакції у молочних кіз від будь-якого чинника утримання та годівлі – лабораторне визначення біомаркерів стресу у складі крові, молока та сечі.

References

- Afsal, A., Sejian, V., Bagath, M., Krishnan, G., Devaraj, C. & Bhatta, R. (2018). Heat stress and livestock adaptation: neuro-endocrine regulation. *International Journal of Veterinary and Animal Medicine*, 1(2), 108–115.
- Antonenko, P. P., Chumak, S. V., & Chumak, V. O. (2019). Physical and chemical composition of goat milk during smallholder production in the conditions of the natural and agricultural zone of the Steppe of Ukraine. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 7(4), 198–204.
- Battini, M., Barbieri, S., Fioni, L., & Mattiello, S. (2015). Feasibility and validity of animal-based indicators for on-farm welfare assessment of thermal stress in dairy goats. *International Journal of Biometeorology*, 60(2), 289–296.
- Bhatta, M., Das, D. & Ghosh, P.R. (2015). Influence of seasonal variation in the general composition of black bengal goat (*Capra Aegagrus Hircus*) milk. *Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research*. 2 (4), 148–152.
- Contreras-Jodar, A., Salama, A. A. K., Hamzaoui, S., Vailati-Riboni, M., Caja, G. & Loor, J. J. (2018). Effects of chronic heat stress on lactational performance and the transcriptomic profile of blood cells in lactating dairy goats. *Journal of Dairy Research*, 85 (4), 423–430.
- Contreras-Jodar, A., Nayan, N.H., Hamzaoui, S., Caja, G. & Salama, A.A.K. (2019). Heat stress modifies the lactational performances and the urinary metabolomic profile related to gastrointestinal microbiota of dairy goats. *PLoS ONE*, 14 (2), e0202457.
- De Vasconcelos, A.M., Osterno, J.J., Rogério, M.C.P., Façanha, D.A.E., Landim, A.V., Pinheiro, A.A., Silveira, R.M.F. & Ferreira, J.B. (2019). Adaptive profile of Saanen goats in tropical conditions. *Biological Rhythm Research*, 52 (5), 748–758.
- Delgado Bermejo, J.V., Limón Pérez, F.A., Navas González, F.J., León Jurado, J.M., Fernández Álvarez, J., & Telo da Gama, L. (2020). Conditioning factors of linearized wood's function lactation curve shape parameters, milk yield, fat and protein content in murciano-granadina primiparous does. *Animals*, 10 (11), 2115.
- Fonseca, W. J. L., Azevêdo, D. M. M. R., Campelo, J. E. G., Fonseca, W. L., Luz, C. S. M., Oliveira, M. R. A., Evangelista, A. F., Borges, L. S. & Sousa Júnior, S. C. (2016). Effect of heat stress on milk production of goats from Alpine and Saanen breeds in Brazil. *Archivos de Zootecnia*, 65 (252), 615–621.
- Habeeb, A.A., Gad, A.E. & Atta, M.A. (2018). Temperature-Humidity Indices as Indicators to Heat Stress of Climatic Conditions with Relation to Production and Reproduction of Farm Animals. *The International Journal of Biotechnology and Recent Advances*, 1(1), 35–50.
- Hamzaoui, S., Salama, A.A.K., Albanell, E., Such, X. & Caja, G. (2013). Physiological responses and lactational performances of late lactating dairy goats under heat stress conditions. *Journal of Dairy Science*, 96 (10), 6355–6365.
- Kljajevic, N.V., Tomasevic, I.B., Miloradovic, Z.N., Nedeljkovic, A., Miocinovic, J.B. & Jovanovic, S.T. (2018). Seasonal variations of Saanen goat milk composition and the impact of climatic conditions. *The Journal of Food Science and Technology*, 55 (1), 299–303.
- Kouri, F., Charallah, S., Kouri, A., Amirat, Z. & Khammar, F. (2018). Milk production and its relationship with milk composition, body and udder morphological traits in Bedouin goat reared under arid conditions. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 41 (1), e42552.
- Ladyka, L. M., Shapovalov, S. O., Fotina, T. I., Kysel'ov, O. V., Kalashnikov, V. O., & Ryzhkova, T. M. (2014). Fizyko-khimichnyy sklad kozyachoho moloka za umov provedennya monitorynhovykh doslidzhen' yoho yakosti na skhodi Ukrayiny [Physico-chemical composition of goat's milk under the conditions of monitoring studies of its quality in eastern Ukraine]. *Naukovo-Tekhnichnyy Byuletyn Instytutu Biolohiyi Tvaryn i Derzhavnoho Naukovo-doslidnoho Kontrol'noho Instytutu Vetpreparativ ta Kormovykh Dobavok*. 15 (1), 27–33 (in Ukrainian).
- Mabjeesh, S.J., Sabastian, C., Gal-Garber, O. & Shamay, A. (2013). Effect of photoperiod and heat stress in the third trimester of gestation on milk production and circulating hormones in dairy goats. *Journal Dairy Science*. 96 (1), 189–197.
- Machado, N.A.F., Filho, J.A.D.B., de Oliveira, K.P.L., de Oliveira, M., Parente, M., de Siqueira, J.C., Pereira, A.M., Santos, A.R.D., Sousa, J.M.S., Rocha, K.S., de Souza Viveiros, K.K. & dos Santos Costa, K. (2019). Biological rhythm of goats and sheep in response to heat stress. *Biological Rhythm Research*, 51(7), 1044–1052.
- Maslyuk, A.M. (2019). Vikova dynamika ta povtoryuvanist' rivnya produktyvnosti kiz zaanens'koyi porody. [The age-related dynamics and repeatability of the productivity level the saanen goats breed]. *Vivcharstvo ta kozivnytstvo*, 4, 194–207 (in Ukrainian).

- Marković, B., Marković, M., Radonjić, D., Mirecki, S. & Veljić, M. (2020). Factors affecting milk yield and composition of indigenous balkan goat breed reared in semi extensive conditions. *Indian Journal of Animal Research*, 54 (3), 379–383.
- Mayer, E. A., Knight, R., Mazmanian, S.K., Cryan, J. F. & Tillisch, K. (2014). Gut microbes and the brain: paradigm shift in neuroscience. *The Journal of Neuroscience*, 34 (46), 15490–15496.
- Mohsin, A.Z., Sukor, R., Selamat, J., Hussin, A.S.M & Ismail, I.H. (2019). Chemical and mineral composition of raw goat milk as affected by breed varieties available in Malaysia. *International Journal of Food Properties*, 22 (1), 815–824.
- Mylostyvyi, R. and Chernenko, O. (2019). Correlations between environmental factors and milk production of Holstein Cows. *Data*, 4 (3), 103.
- Pizarro, M. G., Landi, V., Navas, F. J., León, J. M., Martínez, A., Fernández, J. & Delgado, J. V. (2020). Non-parametric analysis of the effects of nongenetic factors on milk yield, fat, protein, lactose, dry matter content and somatic cell count in Murciano-Granadina goats. *Italian Journal of Animal Science*, 19 (1), 960–973.
- Ramos-Pereira, J., Rios, E.A., Rodríguez-Calleja, J.M., Santos, J.A. & López-Díaz, T.M. (2019). Studies of the microbiological and physico-chemical composition of goat's milk from North-Western Spain. *Milk Science International*, 72 (7), 39–44.
- Salama, A. A. K., Caja, G., Hamzaoui, S., Badaoui, B., Castro-Costa, A., Facanha, D. A. E., Guilhermino, M. M. & Bozzi, R. (2014). Different levels of response to heat stress in dairy goats. *Small Rumin Research*. 121 (1), 73–79.
- Sandrucci, A., Bava, L., Tamburini, A., Gislón, G. & Zucali, M. (2019) Management practices and milk quality in dairy goat farms in Northern Italy, *Italian Journal of Animal Science*, 18 (1), 1–12.
- Sarangi, S. (2018). Adaptability of goats to heat stress: A review. *The Pharma Innovation Journal*, 7 (4), 1114–1126.
- Sejian, V., Bhatta, R., Gaughan, J.B., Dunshea, F.R. & Lacetera, N. (2018). Review: Adaptation of animals to heat stress. *Animal*, 12 (2), 431–444.
- Sejian, V., Bagath, M., Krishnan, G., Rashamola, V. P., Pragna, P., Devaraj, C. & Bhatta, R. (2019). Genes for resilience to heat stress in small ruminants: A review. *Small Ruminant Research*, 173, 42–53.
- Sejian, V., Silpa, M.V., Reshma Nair, M.R., Devaraj, C., Krishnan, G., Bagath, M., Chauhan, S.S., Suganthi, R.U., Fonseca, V.F.C., König, S., Gaughan, J.B., Dunshea, F.R. & Bhatta, R. (2021). Heat stress and goat welfare: adaptation and production considerations. *Animals*, 11 (4), 1021.
- Silanikove, N., & Koluman (Darcan), N. (2015). Impact of climate change on the dairy industry in temperate zones: Predications on the overall negative impact and on the positive role of dairy goats in adaptation to earth warming. *Small Ruminant Research*, 123(1), 27–34.
- Yilmaz, M., Altin, T., Kiral, F., Taskin, T., Ekren Asici, G.S. & Kizilkaya, K. (2018). Effects of the season on physiological and endocrine traits and on HSP70 in Saanen goats under Mediterranean climate conditions. *Medycyna Weterynaryjna*, 74 (1), 39–47.
- Zamuner, F., DiGiacomo, K., Cameron, A. W. N. & Leury, B. J. (2019). Effects of month of kidding, parity number, and litter size on milk yield of commercial dairy goats in Australia. *Journal of Dairy Science*, 103, (1), 954–964.
- Zazharska, N., Fotina, T., Yatsenko, I., Tarasenko, L., Biben, I., Zazharskyi, V., Brygadyrenko, V. & Sklyarov, P. (2021). Comparative analysis of the criteria for goat milk assessment in Ukraine and France. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11 (2), 144–148.