

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/nvlvet10618
<https://nvlvet.com.ua/index.php/journal>

UDC 636.2:618.619. 615.015.4

The content of saturated fatty acids in the blood plasma of cows in the winter period depends on autonomic nervous regulation

I. A. Hryshchuk¹✉, V. I. Karpovskiy¹, O. V. Zhurenko¹, D. I. Kryvoruchko¹, B. V. Gutyj²

¹National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

²Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Ukraine

Article info

Received 18.04.2022
Received in revised form
18.05.2022
Accepted 19.05.2022

National University of Life and
Environmental Sciences of
Ukraine, Heroiv Oborony Str., 15,
Kyiv, 03041, Ukraine.
Tel.: +38-050-519-05-41
E-mail: hitmane2012@gmail.com

Stepan Gzhytskyi National
University of Veterinary Medicine
and Biotechnologies Lviv,
Pekarska Str., 50, Lviv,
79010, Ukraine.

Hryshchuk, I. A., Karpovskiy, V. I., Zhurenko, O. V., Kryvoruchko, D. I., & Gutyj, B. V. (2022). The content of saturated fatty acids in the blood plasma of cows in the winter period depends on autonomic nervous regulation. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences, 24(106), 114–118. doi: 10.32718/nvlvet10618

The tone of the autonomic nervous system is one of the key systems of the nervous system in regulating homeostasis. In turn, this can affect the metabolism of organic substances in the animal's body, which is reflected in physiological indicators. The aim of the study was to determine the influence of the tone of the autonomic nervous system on the content of saturated fatty acids. Groups of animals were formed according to Baesky's method, according to which they were divided into three groups: normotonic, sympathotonic, and vagotonic. Blood was collected in winter. Chromatographic research revealed the following: caproic acid in normotonic (1.19 ± 0.01) is 0.15 % less compared to sympathotonic ($P \leq 0.01$) and 0.15 % more compared to vagotonic ($P \leq 0.001$). Caprylic acid is 0.28 % more in normotonic (1.19 ± 0.05) compared to sympathotonic ($P \leq 0.001$) and, comparing the indicators with the third group, 0.37 % more than vagotonic ($P \leq 0.001$). Lauric acid in normotonic (0.54 ± 0.03) is higher than vagotonic by 0.13 % ($P \leq 0.01$). Myristic acid has a lower percentage ratio in normotonic (2.62 ± 0.08) compared to sympathotonic by 0.30 % ($P \leq 0.001$). Palmitic acid is 2.95 % less in normotonic (17.59 ± 0.46) compared to vagotonic ($P \leq 0.001$). Arachidic acid has a lower percentage ratio in normotonic (0.21 ± 0.01) compared to sympathotonic by 0.08 % less ($P \leq 0.001$). Cows belonging to the normotonic group have the most saturated fatty acids: capric (1.19 ± 0.05), lauric (0.54 ± 0.03); and the least myristic (2.62 ± 0.08) and arachidic (0.21 ± 0.01). Animals belonging to the group of sympathotonic have the most saturated fatty acids: caproic (1.18 ± 0.04), myristic (2.92 ± 0.03) and arachidic (0.29 ± 0.01). Cows belonging to the group of vagotonic have the least saturated fatty acids: caproic (0.88 ± 0.01), capric (0.82 ± 0.03) and lauric (0.41 ± 0.01); the most palmitic acid (20.54 ± 0.16). Considering all factors, we can conclude that the tone of the autonomic nervous system in the body of cows plays an indirect role in the metabolism of saturated fatty acids in blood plasma. This can be facilitated by the influence of the departments of this nervous system, namely the sympathetic and parasympathetic nervous systems, which, depending on the peculiarities of the animal's physiological state, affect the body as a whole.

Key words: cows, autonomic nervous system, saturated fatty acids, metabolism, blood plasma.

Вміст насичених жирних кислот у плазмі крові корів у зимовий період залежно від автономної нервової регуляції

I. A. Гришук¹✉, В. І. Карповський¹, О. В. Журенко¹, Д. І. Криворучко¹, Б. В. Гутій²

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

²Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна

Тонус автономної нервової системи є однією з ключових систем нервової системи у регулюванні гомеостазу. Своєю чергою це впливає на метаболізм органічних речовин в організмі тварини, що відображається у фізіологічних показниках. Метою дослідження

ня було визначити вплив тонусу автономної нервової системи на вміст насичених жирних кислот. Групи тварин формувалися за методикою за Бавеським, за якою були поділені на три групи: нормотоніки, симпатотоніки, ваготоніки. Відбір крові проводили у зимовий період. При хроматографічному дослідженні встановлено таке: капронової кислоти у нормотоніків ($1,19 \pm 0,01$) на $0,15\%$ менше порівняно з симпатотоніками ($P \leq 0,01$) та на $0,15\%$ більше порівняно з ваготоніками ($P \leq 0,001$). Каприлової кислоти у нормотоніків ($1,19 \pm 0,05$) порівняно з симпатотоніками на $0,28\%$ більше ($P \leq 0,001$) та, зіставляючи показники із третьою групою, на $0,37\%$ більше, ніж у ваготоніків ($P \leq 0,001$). Лауринової кислоти у нормотоніків ($0,54 \pm 0,03$) більше, ніж у ваготоніків, на $0,13\%$ ($P \leq 0,01$). Міристинова кислота має менше відсоткове відношення у нормотоніків ($2,62 \pm 0,08$) порівняно з симпатотоніками на $0,30\%$ ($P \leq 0,001$). Пальмітинової кислоти у нормотоніків ($17,59 \pm 0,46$) порівняно з ваготоніками на $2,95\%$ менше ($P \leq 0,001$). Арахінова кислота має менше відсоткове співвідношення у нормотоніків ($0,21 \pm 0,01$) порівняно з симпатотоніками на $0,08\%$ менше ($P \leq 0,001$). Корови, які належать до групи нормотоніків, мають найбільше насичених жирних кислот: капронової ($1,19 \pm 0,05$), лауринової ($0,54 \pm 0,03$); та найменше міристинової ($2,62 \pm 0,08$) і арахінової ($0,21 \pm 0,01$). Тварини, що належать до групи симпатотоніків, мають найбільше насичених жирних кислот: капронової ($1,18 \pm 0,04$), міристинової ($2,92 \pm 0,03$) та арахінової ($0,29 \pm 0,01$). Корови, що належать до групи ваготоніків, мають найменше насичених жирних кислот: капронової ($0,88 \pm 0,01$), капринової ($0,82 \pm 0,03$) та лауринової ($0,41 \pm 0,01$); найбільше пальмітинової кислоти ($20,54 \pm 0,16$). З урахуванням всіх факторів можна зробити висновок, що тонус автономної нервової системи в організмі корів відіграє опосередковану роль у метаболізмі насичених жирних кислот в плазмі крові. Цьому можуть сприяти вплив відділів даної нервової системи, а саме симпатична та парасимпатична нервова система, що залежно від особливостей фізіологічного стану тварини впливають на організм загалом.

Ключові слова: корови, автономна нервова система, насичені жирні кислоти, метаболізм, плазма крові.

Вступ

Вітчизняне тваринництво нині являє собою важливу галузь національної економіки, яка забезпечує задоволення потреб населення в продуктах харчування і переробну промисловість в сировині, створення необхідних державних резервів тваринницької продукції. Розглядаючи сучасне сільськогосподарське підприємство з виготовлення тваринної продукції, можна зробити висновок, що за тривалий час їх розвиток набув вагомих результатів. На продуктивність тварин впливає багато факторів, що сприяє своєю чергою формуванню питань щодо їх вивчення та запобігання негативних ефектів від них (Acharya et al., 2022).

Одним з таких питань є розгляд автономної нервової системи як фактора, що відіграє роль у метаболічних процесах в організмі тварини. Автономна нервова система, як вже нам відомо, поділяється на симпатичну та парасимпатичну нервову систему, які впливають на внутрішні процеси організму: кров'яний тиск, частоту серцевих скорочень та дихання, температуру тіла, процеси травлення, баланс води та електролітів, утворення біологічних речовин (піт, слюна, сльози), дефекацію та ін. (Stanković et al., 2021; Valensi, 2021). Парасимпатичний відділ нервової системи в організмі тварини переважає в період спокою, коли тварина перебуває у фізіологічно сталому положенні. В організмі протікають процеси відновлення та зберігання, накопичення і засвоєння енергії та утворення резервів. У серцево-судинній системі зменшується частота серцевих скорочень, знижується кров'яний тиск. У травній системі стимулюються процеси травлення поживних субстратів, з яких енергетичні продукти використовуються на живлення тканин і запасання (Messina et al., 2017; Kitajima et al., 2022).

Варто зауважити, що симпатична нервова система переважає в період впливу стресових факторів, що підготує тварину до дії надзвичайних обставин. В організмі пришвидшуються частота серцевих скорочень, підвищується кров'яний тиск, вивільнюються енергетичні резерви, розширюються дихальні шляхи (Erdmann et al., 2018; Duan et al., 2021).

Як відомо, жирні кислоти є невід'ємною частиною організму людини і тварини. Завдяки даним сполукам

є можливість передачі нервових імпульсів, енергетичне живлення клітин, синтез певних гормонів і ліпідів, синтез модифікованих білків, запасання енергетичних резервів за допомогою синтезу триацилгліцеридів. Споживаючи поживні субстрати, в організм вивільняється певна кількість вільних жирних кислот (Cheng et al., 2021; Mlynec et al., 2021; Tilahun et al., 2022). В кровотоці вони захоплюються білками та надходять у клітину. В плазмі активується ацил-КоА, жирні кислоти надходять в мітохондрії, де перетворюються в АТФ. Надмірне накопичення вільних жирних кислот токсичне для організму, для запобігання цьому вони зв'язуються з гліцином з утворенням триацилгліцериду, який потім використовується як енергетичний резерв (Tessari et al., 2020; Mylostyvyi et al., 2021; Kra et al., 2021).

Переважно жирні кислоти розщеплюються для живлення та функціонування організму. Підвищення використання жирних кислот пропорційно впливу навантаження, стресу та ін. Сталість вільних жирних кислот в організмі постійно коливається (Lymperopoulos et al., 2022; Vanacker et al., 2022). Цьому може посприяти вплив автономної нервової системи, що буде розглянуто в даній статті.

Метою дослідження було визначити вплив тонусу автономної нервової системи на вміст насичених жирних кислот в плазмі крові корів у зимовий період залежно від автономної нервової регуляції.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводили на коровах української чорно-рябої породи 3–4 лактації. Типи автономної регуляції визначали за рахунок визначення стану серцево-судинної системи за Бавеським. Суть методу полягає у тому, що тварині проводять електрокардіограму (ЕКГ), після цього визначають моду в діапазоні значень кардіоінтервалу, потім формують групи тварин (3 групи): нормотоніки – тип нервової діяльності з урівноваженою дією симпатичної і парасимпатичної нервової систем; симпатотоніки – тип нервової діяльності, де симпатична нервова система переважає над парасимпатичною; ваготоніки – тип нервової діяльно-

сті, де парасимпатична нервова діяльність переважає над симпатичною.

Матеріалом для дослідження слугували зразки крові, отримані з яремної вени зранку перед годівлею. Кров стабілізували гепарином, плазму отримували центрифугуванням.

Екстракцію ліпідів з плазми крові проводили за методом Фолча (Folch et al., 1957). Наступним етапом підготовки проб було проведення гідролізу та метилювання жирних кислот ліпідів, отриманих з плазми крові. Для цього до 100 мг отриманого жиру додавали 4 см³ метилового розчину гідроксиду натрію, приєднували зворотний холодильник до колби з вмістом і кип'ятили до зникнення крапель жиру, помішуючи вміст колби з інтервалом 30–60 секунд. До вмісту колби додавали 5 см³ метилового розчину трифториду бору, продовжуючи кип'ятіння до 1 год. У киплячу суміш через верхню частину зворотного холодильника додавали 3 см³ гексану та знімали з елемента нагрівання. До ще гарячого розчину додавали 20 см³ насиченого розчину хлориду натрію і перемішували 15 секунд. Відбирали верхній (гексановий) шар для дослідження (Sinyak et al., 1976).

Аналіз метилових ефірів жирних кислот проводили на газовому хроматографі Trace GC Ultra (США) з полум'яно-іонізаційним детектором. Умови хроматографування: температура колонки – 140–240 °С, температура детектора – 260 °С. Проба у хроматограф вводилася за допомогою автосамплера TriPlus в дозі

1 мкл. Тривалість аналізу складала 65 хв. Ідентифікування жирних кислот проводили за допомогою стандартного зразка Supelco 37 Component FAME Mix. Кількісну оцінку спектру жирних кислот ліпідів жовтків здійснювали методом внутрішньої нормалізації, визначаючи їх вміст у відсотках. Дослідження проводили у 3-х паралелях.

Експериментальні дослідження узгоджуються з основними принципами “Європейської конвенції з захисту хребетних тварин, що використовуються для експериментальних та наукових цілей” (Страсбург, 1986) та декларації “Про гуманне ставлення до тварин” (Гельсінкі, 2000).

Статистичну обробку експериментальних даних проводили загальноприйнятими методами варіаційної статистики. Вірогідність різниці показників оцінювали за t-критерієм Ст'юдента. Відмінності між показниками, що порівнювались, вважали вірогідними за рівня значущості $P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$, $P \leq 0,001$.

Результати досліджень

Показники плазми крові насичених жирних кислот, отримані за допомогою хроматографічного дослідження, були в межах норми. Серед отриманих результатів дослідних груп корів коливалися показники капронової, капринової, лауринової, міристинової, пальмітинової та арахінової кислот (табл. 1).

Таблиця 1

Вміст насичених жирних кислот у плазмі крові корів у зимовий період ($M \pm m$)

НЖК	Нормотонік	Симпатотонік	Ваготонік
Капронова C6:0	1,03 ± 0,01	1,18 ± 0,04**	0,88 ± 0,01***
Каприлова C8:0	0,78 ± 0,13	0,80 ± 0,01	0,65 ± 0,01
Капринова C10:0	1,19 ± 0,05	0,91 ± 0,01***	0,82 ± 0,03***
Лауринова C12:0	0,54 ± 0,03	0,51 ± 0,01	0,41 ± 0,01**
Міристинова C14:0	2,62 ± 0,08	2,92 ± 0,03**	2,75 ± 0,01
Пентадеканова C15:0	0,33 ± 0,03	0,31 ± 0,01	0,33 ± 0,01
Пальмітинова C16:0	17,59 ± 0,46	18,04 ± 0,16	20,54 ± 0,16***
Арахінова C20:0	0,21 ± 0,01	0,29 ± 0,01***	0,22 ± 0,01

Примітка: * $P \leq 0,05$, ** $P \leq 0,01$, *** $P \leq 0,001$ – щодо даних групи нормотоніків; дані представлено як масова частка жирної кислоти у % від суми жирних кислот

Порівняння отриманих результатів виконувалося на основі дослідної групи нормотоніків, оскільки у даних тварин відділи автономної нервової системи (симпатична та парасимпатична) впливають рівномірно на організм. З урахуванням цього було проаналізовано дані хроматографічного дослідження, на основі яких було виявлено:

- Капронової кислоти у нормотоніків (1,19 ± 0,01) на 0,15 % менше порівняно з симпатотоніками ($P \leq 0,01$) та на 0,15 % більше порівняно з ваготоніками ($P \leq 0,001$).
- Каприлової кислоти у нормотоніків (1,19 ± 0,05) порівняно з симпатотоніками на 0,28 % більше

($P \leq 0,001$) та зіставляючи показники із третьою групою – на 0,37 % більше, ніж у ваготоніків ($P \leq 0,001$).

- Лауринової кислоти у нормотоніків (0,54 ± 0,03) більше, ніж у ваго тоніків, на 0,13% ($P \leq 0,01$).
- Міристинова кислота має менше відсоткове відношення у нормотоніків (2,62 ± 0,08) порівняно з симпатотоніками на 0,30 % ($P \leq 0,001$).
- Пальмітинової кислоти у нормотоніків (17,59 ± 0,46) порівняно з ваготоніками на 2,95 % менше ($P \leq 0,001$).
- Арахінова кислота має менше відсоткове співвідношення у нормотоніків (0,21 ± 0,01) порівняно з симпатотоніками на 0,08 % менше ($P \leq 0,001$).

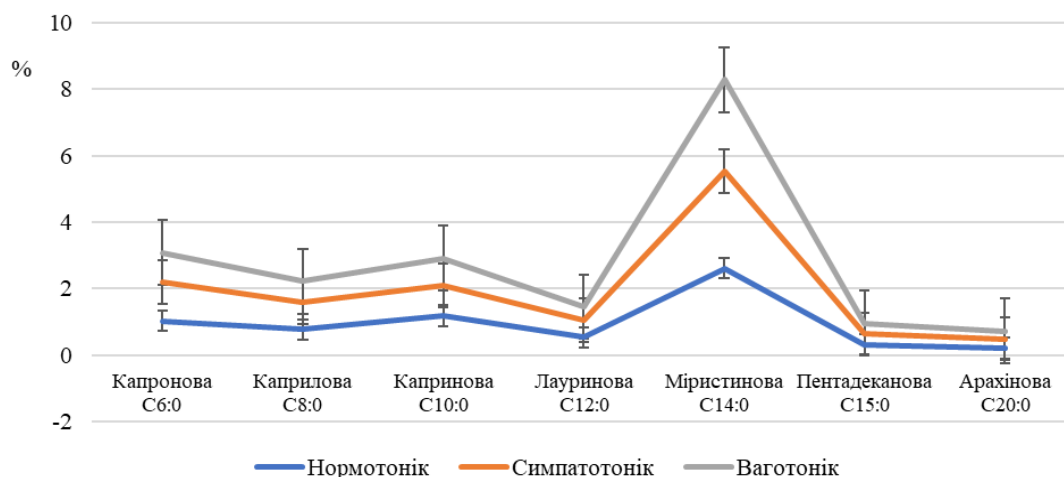


Рис. 1. Вміст насичених жирних кислот у плазмі крові корів за різного тонусу автономної нервової системи

Також варто зазначити, що нормотоніки мають найбільші показники насичених жирних кислот, таких як капринова ($1,19 \pm 0,05$), лауринова ($0,54 \pm 0,03$) та найменшу кількість міристинової ($2,62 \pm 0,08$) та арахінової ($0,21 \pm 0,01$). Симпатотоніки мають найбільше капронової ($1,18 \pm 0,04$), міристинової ($2,92 \pm 0,03$) та арахінової кислот ($0,29 \pm 0,01$). Ваготоніки мають найменше капронової ($0,88 \pm 0,01$), капринової ($0,82 \pm 0,03$), лауринової ($0,41 \pm 0,01$) та найбільше пальмітинової кислоти ($20,54 \pm 0,16$).

Обговорення

Автономна нервова система в організмі людини і тварини має певний вплив у регулюванні метаболічних процесів. Пояснити це можна на прикладі передачі нервового імпульсу від шлунково-кишкового тракту до ядра одинокого шляху довгастого мозку. Наприклад, описати опосередковану дію на метаболізм глюкози за рахунок іннервації аферентними волокнами воротної вени печінки, що вчені називають “гепатопортальним датчиком глюкози” (Imai et al., 2022).

Залежно від фізіологічного стану тварини в її організмі переважають процеси симпатичної або парасимпатичної нервової системи. Це своєю чергою несе певний вплив на процеси енергетичного обміну, синтезу та розщеплення речовин. Аналізуючи попередні дослідження, встановили, що одним з ключових механізмів в опосередкованому впливі на метаболізм глюкози і ліпідів є відділи автономної нервової системи. З боку симпатичної нервової системи здійснюється за рахунок іннервації печінки, жирової тканини, скелетних м’язів, виділення адреналіну та глюкагону. З боку парасимпатичної нервової системи – за рахунок виділення інсуліну та іннервації печінки (Straznický et al., 2009).

На показники жирних кислот, в тому числі й насичених жирних кислот, в організмі корови впливають досить багато факторів, до яких можна зарахувати вік, період лактації, раціон, умови утримання, фізіологічні показники та ін. Це своєю чергою викликає багато питань і спонукає до вивчення даних процесів (Piccioli-Cappelli et al., 2022; Grille et al., 2022). В на-

шому випадку ми розглядаємо, яку роль тону автономної нервової системи відіграє в показниках насичених жирних кислот.

Проаналізувавши отримані дані щодо вмісту насичених жирних кислот у плазмі крові корів, спостерігаємо певну відмінність, а саме у капронової, капринової, лауринової, міристинової, пальмітинової та арахінової ($P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$, $P \leq 0,001$). На основі цього можна сказати, що у даних дослідних групах корів тону автономної нервової системи може опосередковано впливати на вміст насичених жирних кислот, що відображається в отриманих результатах хроматографічного дослідження.

Висновки

За даними дослідженнями було встановлено, що нормотоніки мають найбільші показники насичених жирних кислот, таких як капринова ($1,19 \pm 0,05$), лауринова ($0,54 \pm 0,03$) та найменшу кількість міристинової ($2,62 \pm 0,08$) та арахінової ($0,21 \pm 0,01$); симпатотоніки – капронової ($1,18 \pm 0,04$), міристинової ($2,92 \pm 0,03$) та арахінової кислот ($0,29 \pm 0,01$), ваготоніки – капронової ($0,88 \pm 0,01$), капринової ($0,82 \pm 0,03$), лауринової ($0,41 \pm 0,01$) та найбільше пальмітинової кислоти ($20,54 \pm 0,16$).

Перспективи подальших досліджень. У перспективі планується провести дослідження вмісту насичених жирних кислот в плазмі крові корів у літній період залежно від автономної нервової регуляції.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

Acharya, R. Y., Hemsworth, P. H., Coleman, G. J., & Kinder, J. E. (2022). The Animal-Human Interface in Farm Animal Production: Animal Fear, Stress, Reproduction and Welfare. *Animals*, 12(4), 487. DOI: 10.3390/ani12040487.

- Cheng, Z., Wylie, A., Ferris, C., Ingvarstsen, K. L., Wathes, D. C., & Gpluse Consortium. (2021). Effect of diet and nonesterified fatty acid levels on global transcriptomic profiles in circulating peripheral blood mononuclear cells in early lactation dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 104(9), 10059–10075. DOI: 10.3168/jds.2021-20136.
- Duan, H., Cai, X., Luan, Y., Yang, S., Yang, J., Dong, H., ... & Shao, L. (2021). Regulation of the autonomic nervous system on intestine. *Frontiers in Physiology*, 12, 700129. DOI: 10.3389/fphys.2021.700129.
- Erdmann, S., Mohr, E., Derno, M., Tuchscherer, A., Schäff, C., Börner, S., ... & Röntgen, M. (2018). Indices of heart rate variability as potential early markers of metabolic stress and compromised regulatory capacity in dried-off high-yielding dairy cows. *Animal*, 12(7), 1451–1461. DOI: 10.1017/S1751731117002725.
- Folch, J., Lees, M., & Stanley, G. A. (1957). Simple Method for the Isolation and Purification of Total Lipides from Animal Tissues. *J. Biol. Chem*, 226(2), 497–501. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13428781>.
- Grille, L., Adrien, M. L., Méndez, M. N., Chilbroste, P., Olazabal, L., & Damián, J. P. (2022). Milk Fatty Acid Profile of Holstein Cows When Changed from a Mixed System to a Confinement System or Mixed System with Overnight Grazing. *International journal of food science*, 2022, 5610079. DOI: 10.1155/2022/5610079.
- Imai, J., & Katagiri, H. (2022). Regulation of systemic metabolism by the autonomic nervous system consisting of afferent and efferent innervation. *International immunology*, 34(2), 67–79. DOI: 10.1093/intimm/dxab023.
- Kitajima, K., Oishi, K., Kojima, T., Uenishi, S., Yasunaka, Y., Sakai, K., ... & Hirooka, H. (2022). An Assessment of Stress Status in Fattening Steers by Monitoring Heart Rate Variability: A Case of Dietary Vitamin A Restriction. *Frontiers in Animal Science*, 2, 799289. DOI: 10.3389/fanim.2021.799289.
- Kra, G., Nemes-Navon, N., Daddam, J. R., Livshits, L., Jacoby, S., Levin, Y., ... & Moallem, U. (2021). Proteomic analysis of peripheral blood mononuclear cells and inflammatory status in postpartum dairy cows supplemented with different sources of omega-3 fatty acids. *Journal of proteomics*, 246, 104313. DOI: 10.1016/j.jprot.2021.104313.
- Lymperopoulos, A., Suster, M. S., & Borges, J. I. (2022). Short-Chain Fatty Acid Receptors and Cardiovascular Function. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(6), 3303. DOI: 10.3390/ijms23063303.
- Messina, G., Valenzano, A., Moscatelli, F., Salerno, M., Lonigro, A., Esposito, T., ... & Cibelli, G. (2017). Role of autonomic nervous system and orexinergic system on adipose tissue. *Frontiers in physiology*, 8, 137. DOI: 10.3389/fphys.2017.00137.
- Młynek, K., Danielewicz, A., & Strączek, I. (2021). The effect of energy metabolism up to the peak of lactation on the main fractions of fatty acids in the milk of selected dairy cow breeds. *Animals*, 11(1), 112. DOI: 10.3390/ani11010112.
- Mylostyvyi, R., Sejian, V., Izhboldina, O., Kalinichenko, O., Karlova, L., Lesnovskay, O., ... & Midyk, S. (2021). Changes in the Spectrum of Free Fatty Acids in Blood Serum of Dairy Cows during a Prolonged Summer Heat Wave. *Animals*, 11, 3391. DOI: 10.3390/ani11123391.
- Piccioli-Cappelli, F., Seal, C. J., Parker, D. S., Loor, J. J., Minuti, A., Lopreiato, V., & Trevisi, E. (2022). Effect of stage of lactation and dietary starch content on endocrine-metabolic status, blood amino acid concentrations, milk yield, and composition in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 105(2), 1131–1149. DOI: 10.3168/jds.2021-20539.
- Sinyak, K. M., & Orgel, M. Ya. (1976). Method of preparation of blood lipids for gas chromatographic research. *Lab. case*, 1, 37–41.
- Stanković, I., Adamec, I., Kostić, V., & Habek, M. (2021). Autonomic nervous system—Anatomy, physiology, biochemistry. In *International Review of Movement Disorders*, 1, 1–17. DOI: 10.1016/bs.irmvd.2021.07.006.
- Straznický, N. E., Nestel, P. J., & Esler, M. D. (2009). Autonomic Nervous System: Metabolic Function. *Encyclopedia of Neuroscience*, 2009, 951–959. DOI: 10.1016/B978-008045046-9.00638-0.
- Tessari, R., Berlanda, M., Morgante, M., Badon, T., Gianesella, M., Mazzotta, E., ... & Fiore, E. (2020). Changes of plasma fatty acids in four lipid classes to understand energy metabolism at different levels of non-esterified fatty acid (NEFA) in dairy cows. *Animals*, 10(8), 1410. DOI: 10.3390/ani10081410.
- Tilahun, M., Zhao, L., Sun, L., Shen, Y., Ma, L., Callaway, T. R., ... & Bu, D. (2022). Fresh *Phyllanthus emblica* (Amla) Fruit Supplementation Enhances Milk Fatty Acid Profiles and the Antioxidant Capacities of Milk and Blood in Dairy Cows. *Antioxidants*, 11(3), 485. DOI: 10.3390/antiox11030485.
- Valensi, P. (2021). Autonomic nervous system activity changes in patients with hypertension and overweight: role and therapeutic implications. *Cardiovascular Diabetology*, 20(1), 1–12. DOI: 10.1186/s12933-021-01356-w.
- Vanacker, N., Blouin, R., Ster, C., & Lacasse, P. (2022). Effect of different fatty acids on the proliferation and cytokine production of dairy cow peripheral blood mononuclear cells. *Journal of Dairy Science*, 105(4), 3508–3517. DOI: 10.3168/jds.2021-21296.