

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

КРАВЧУК СВІТЛАНА ВОЛОДИМИРІВНА

УДК 636.09:591.165:612.392.4

ДИСЕРТАЦІЯ

**ВЕГЕТАТИВНА РЕГУЛЯЦІЯ ЖИРНОКИСЛОТНОГО ГОМЕОСТАЗУ
У СВИНЕЙ ЗА ЗАСТОСУВАННЯ НАНОЦИТРАТІВ
ЗАЛІЗА ТА ГЕРМАНІЮ**

211 «Ветеринарна медицина»

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело _____ **Світлана КРАВЧУК**

Науковий керівник:

Олена ЖУРЕНКО

доктор ветеринарних наук, професор

Київ – 2026

АНОТАЦІЯ

***Кравчук С.В.* Вегетативна регуляція жирнокислотного гомеостазу у свиней за застосування наноцитратів заліза та германію.** – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 211 «Ветеринарна медицина». Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2026.

У дисертаційній роботі на підставі сучасних інструментальних, лабораторних і статистичних методів дослідження встановлено тонус автономної нервової системи, зміни жирнокислотного складу ліпідів плазми крові у свиней за впливу наноцитратів металів.

Експериментальні дослідження виконувалися на базі свиногокомплексу ТОВ «Кошет», село Чопівці, Мукачівського району, Закарпатської області. Для досліджень були відібрані свиноматки гібрид першого покоління(F1) порід Великої білої та Ландрас в кількості 30 голів. Годівля тварин проводилася готовими повноцінними кормами відповідно до раціону господарства. Всі маніпуляції з свинями проводилися з урахуванням основних принципів біоетики, відповідно до Статті 26 Конституції України [88], Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для експериментальних та інших наукових цілей (1986) директива 2010/63/EU, 2010 [45] та «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених Першим національним конгресом з біоетики України [87].

Першим етапом проведення досліджень було визначення тонуру автономної нервової системи у свиней використовуючи варіаційно-пульсометричне дослідження. Отримані групи свиней нормотоніки, ваготоніки, симпатотоніки були розподілені на контрольну та дослідну групу. Дослідній групі застосовували кормову добавку наносполуки мікроелементів феруму в дозі – 3 мг/добу та германію – 0.01 мг/добу на кожну голову за

допомогою випоювання протягом 60 діб, контрольна група споживала стандартний раціон.

Другий етап досліджень передбачав лабораторне дослідження плазми крові свиней щодо показників вмісту жирних кислот на 10-ту, 40-ву та 60-ту добу експерименту з урахуванням типу тонусу автономної нервової системи.

Третій етап дослідження передбачав аналіз отриманих результатів, їх статистичну обробку та оформлення наукової роботи.

На 10-ту добу застосування кормової добавки серед насичених жирних кислот виявлено зміни між контрольною та дослідною групами свиней. Так, у нормотоніків контрольної групи вміст міристинової кислоти був вищим на 23,53 % ($P < 0,05$), пальмітинової кислоти – на 9,4 % ($P < 0,01$). У тварин дослідної групи виявлено підвищення вмісту гептадеканової кислоти у 1,6 раза ($P < 0,01$) та стеаринової кислоти – на 9,8 % ($P < 0,05$). Симпатотоніки характеризувалися підвищенням у дослідній групі вмісту пентадеканової кислоти у 1,5 раза ($P < 0,05$) та зниженням вмісту стеаринової кислоти на 11,94 % ($P < 0,05$). У контрольній групі встановлено вищі значення вмісту пальмітинової кислоти на 21,89 % ($P < 0,01$) та нижчі – міристинової кислоти у 1,9 раза ($P < 0,01$). У ваготоніків у дослідній групі відмічено зниження вмісту пальмітинової кислоти на 9,6 % ($P < 0,05$) та стеаринової кислоти на 8,3 % ($P < 0,05$) порівняно з контрольною групою. Початкове зменшення показників насичених жирних кислот у корів дослідних груп свідчить про поступове накопичення кормової добавки у організмі тварини, що позитивно впливає на окисні процеси, що змінює концентрацію жирних кислот, але згідно оцінки загальної кількості значень від тварин, прослідковується не однорідна зміна вмісту відносно похибки.

За оцінки ненасичених жирних кислот на 10 добу застосування модифікованого раціону годівлі, встановлені зміни у концентрації жирних кислот при зіставленні контрольної і дослідної групи. Свині із нормотонією в

період споживання наноаквахалтів зростав вмістом: олеїнової кислоти на 20,9% ($P<0,05$), ліноленової кислоти у 1,9 рази ($P<0,05$), цис-8,11,14-ейкозатрієнової кислоти на 54,4 % ($P<0,05$), цис-11,14,17-ейкозатрієнової кислоти у 1,9 рази ($P<0,05$), цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнової кислоти у 1,4 рази ($P<0,01$). Свині із стандартним раціоном годівлі мали менші показники: цис-11-ейкозенової кислоти на 26,7 % ($P<0,05$), цис-11,14-ейкозадієнової кислоти на 29,3 % ($P<0,05$), арахідонової кислоти на 20,7 % ($P<0,05$), докозадієнової кислоти і нервонової кислоти на 43,2 % та 43,8 % ($P<0,01$).

На 10 добу досліджень у тварин із симпатотонією вміст ненасичених жирних кислот підвищувався у дослідній групі, так рівень пальмітолеїнової кислоти зріс у 1,7 рази ($P<0,001$), лінолевої кислоти на 10,48 % ($P<0,01$), ліноленової кислоти у 1,92 рази ($P<0,05$), арахідонової кислоти на 12,8 % ($P<0,05$). Зменшення показників ненасичених жирних кислот відмічається у контрольних груп тварин: у олеїнової кислоти на 14,27 % ($P<0,05$), цис-11-ейкозенової кислоти на 35,71 % ($P<0,05$), цис-8,11,14-ейкозатрієнової кислоти на 28 % ($P<0,05$), цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнової кислоти на 28,57 % ($P<0,05$).

Група ваготоніків в період виконання дослідження на 10 добу мали зміни у відсотковому вмісті ненасичених жирних кислота. Виявлено зростання показників: пальмітолеїнової кислоти на 35,48% ($P<0,01$), ліноленової кислоти у 1,7 рази, цис-11,14-ейкозадієнової кислоти у 1,6 рази ($P<0,05$), нервонової кислоти на 29,31% ($P<0,05$) у дослідної групи. Контрольна група свиней на 10 добу по ліпідним показникам крові мала менший вміст: олеїнової кислоти на 15,8% ($P<0,05$), ліноленової кислоти у 1,7 рази та докозадієнової кислоти на 26,47% ($P<0,05$). При оцінці 10 доби дослідження виявлено початкові зміни у показниках жирних кислот в крові свиней, які споживали кормову добавку. Згідно огляду отриманих даних, розбіжність чисел спостерігається, але не

занадто велика, про що свідчить коефіцієнт Ст'юдента підчас співставлення контрольної і дослідної груп.

Починаючи оцінку вмісту жирних кислот на 40 добу дослідження, було встановлено більш кращі зміни у дослідних груп тварин, що відобразилося у отриманих результатах. У дослідної групи нормотоніків відмічено зростання міристинової кислоти у 1,7 рази ($P < 0,01$) та зменшення бегенової кислоти на 18,2% ($P < 0,01$) і гептадеканової кислоти на 26,1% ($P < 0,05$). Контрольна група нормотоніків підвищилася концентрація пальмітинової кислоти на 13,82% ($P < 0,01$), стеаринової кислоти на 12% ($P < 0,01$). Групи свиней із симпатотонією та базовим раціоном годівлі мали підвищення: пентадеканової кислоти на 25% ($P < 0,01$), пальмітинової кислоти на 15,36% ($P < 0,01$) та стеаринової кислоти на 17,84% ($P < 0,01$). У дослідної групи симпатотоніків було зменшення відсоткового вмісту: міристинової кислоти у 1,5 рази ($P < 0,01$), гептадеканової кислоти на 20,75% ($P < 0,01$) та бегенової кислоти на 32,5% ($P < 0,01$). Свині із ваготонією мали більші показники у пентадеканової кислоти на 40,9% ($P < 0,01$), пальмітинової кислоти на 17,36% ($P < 0,01$) та стеаринової кислоти на 13,44% ($P < 0,01$). Також виявлено менші показники у дослідної групи ваготоніків у міристинової кислоти у 1,5 рази ($P < 0,01$), гептадеканової кислоти на 22,6% ($P < 0,01$) та бегенової кислоти на 17,83% ($P < 0,01$).

За хроматографічного аналізу крові свиней на показники ненасичених жирних кислот на 40 добу було виявлено зростання: олеїнової жирної кислоти на 13,2% ($P < 0,01$), цис-11-ейкозенової кислоти на 30,3% ($P < 0,05$), цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота на 21,15% ($P < 0,05$), арахіднової кислоти на 15,31% ($P < 0,05$), нервонової кислоти на 51% ($P < 0,01$) і цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнової кислоти на 57,89% ($P < 0,01$). Виявлено менші значення жирних кислот у контрольної групи нормотоніків: у лінолевої кислоти на 7,8% ($P < 0,01$), цис-11,14-ейкозадієнової кислоти на 45,1% ($P < 0,01$), докозадієнової кислоти на 30,5% ($P < 0,05$). У груп симпатотоніків показники ненасичених жирних кислот також зазнали змін. Визначено, що дослідна група

симпатотоніків мала більші показники таких жирних кислот як: олеїнова кислота на 19,9% ($P<0,001$), ліноленова кислота у 1,8 разів ($P<0,01$), цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота на 43,9% ($P<0,05$), цис-11,14-ейкозадієнова кислота у 2,05 рази ($P<0,01$), нервонова кислота на 51% ($P<0,01$) та цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнова кислота на 57,89% ($P<0,01$). Контрольна група симпатотоніків мала значно менших вміст: лінолевої кислоти на 9,6% ($P<0,001$), цис-11,14-ейкозадієнової кислоти у 2,05 рази ($P<0,01$) та арахідонової кислоти на 18,1% ($P<0,01$). У свиней із ваготонією дослідної групи було виявлено більші показники: олеїнової кислоти на 22,13% ($P<0,01$), ліноленової кислоти у 1,85 разів ($P<0,05$), цис-8,11,14-ейкозатрієнової кислоти на 23,53% ($P<0,05$), арахідонової кислоти на 22,25% ($P<0,001$), нервонової кислоти на 32,26% ($P<0,01$) та цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнової кислоти на 26,62% ($P<0,01$). Також на 40 добу у контрольній групі тварин із ваготонією виявлено менші значення у лінолевої кислоти на 7,3% ($P<0,01$), цис-11,14-ейкозадієнової кислоти на 27,67% ($P<0,05$), та декозадієнової кислоти на 43,75% ($P<0,01$).

Згідно оцінки показників жирних кислот у крові свиней на 40 добу встановлено, що тривале споживання наноаквасполук в порівнянні із 10 добою дослідження більш суттєво вплинуло на показники. Залишається суттєва різниця між показниками контрольних і дослідних груп, що відображається у зменшенні насичених жирних кислот та зростання ненасичених жирних кислот. Це відображає процеси зміни ліпідних процесів в більш значимих результатах, що підтверджується у даних Стьюдента.

На 60 добу дослідження оцінка вмісту жирних кислот у свиней із симпатотонією у дослідної групи визначено зменшення: міристинової кислоти на 44,44% ($P<0,01$), пальмітинової кислоти на 13,62% ($P<0,01$), бегенової кислоти на 20,31% ($P<0,05$), а контрольна група мала зростання пентадеканової кислоти на 36,36% ($P<0,05$), стеаринової кислоти на 5,9% ($P<0,01$). Насичені жирні кислоти у тварин із симпатотонією встановлено

підвищення відсоткового вмісту у: пентадеканової кислоти на 23,8% ($P<0,01$) та стеаринової кислоти на 6,9% ($P<0,05$) в контрольній групі, а у дослідній групі зменшувалися показники у міристинової кислоти на 34,48% ($P<0,01$) та пальмітинової кислоти на 13,77% ($P<0,001$). Ваготоніки на 60 добу дослідження характеризувалися підвищенням пентадеканової кислоти на 40,9% ($P<0,05$) у тварин із модифікованим раціоном годівлі та зниження міристинової кислоти на 33,3% ($P<0,05$) і пальмітинової кислоти на 8,8% ($P<0,01$).

Рівень ненасичених жирних кислот на 60 добу у дослідній групі нормотоніків за період споживання кормової добавки зростав, у олеїнової кислоти на 9,1% ($P<0,05$), ліноленової кислоти на 71,4% ($P<0,05$), цис-8,11,14-ейкозатрієнової кислоти на 24,01% ($P<0,05$), цис-11,14,17-ейкозатрієнової кислоти на 23,46% ($P<0,01$). Контрольна група нормотоніків мала менші показники лінолевої кислоти на 10,1% ($P<0,05$), цис-11,14-ейкозадієнової кислоти на 26,56% ($P<0,05$), арахідонової кислоти на 14,34% ($P<0,01$) та докозадієнової кислоти на 27,69% ($P<0,01$).

Газова хроматографія ліпідного складу у симпатотоніків дослідної групи встановила більший рівень олеїнової кислоти на 8,76% ($P<0,01$), цис-11-ейкозенової кислоти на 19,57% ($P<0,01$), ліноленової кислоти на 38,9% ($P<0,05$), цис-8,11,14-ейкозатрієнової кислоти на 36,59% ($P<0,05$), цис-11,14,17-ейкозатрієнової кислоти на 43,75% ($P<0,05$), Цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнової кислоти на 18,71% ($P<0,01$). Свині маючи стандартний раціон мали менші показники пальмітолеїнової кислоти на 28,95% ($P<0,05$), лінолевої кислоти на 6,43% ($P<0,01$), цис-11,14-ейкозадієнової кислоти на 24,44% ($P<0,05$), арахідонової кислоти на 14,74% ($P<0,01$) та нервонової кислоти на 17,86% ($P<0,05$).

Свині із ваготонією по ліпідному профілю крові на 60 добу проявляли зростання у дослідній групі олеїнової кислоти на 9,05% ($P<0,01$), ліноленової кислоти на 54,55% ($P<0,05$), цис-8,11,14-ейкозатрієнової кислоти на 20,35%

($P < 0,05$), докозадієнової кислоти на 11,91% ($P < 0,05$), цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнової кислоти на 7,34% ($P < 0,01$). У контрольної групи тварин по вмісту ліпідів виявлено менші значення пальмітолеїнової кислоти на 21,62% ($P < 0,01$), лінолевої кислоти на 3,2% ($P < 0,01$), цис-11,14-ейкозадієнової кислоти на 26,92% ($P < 0,05$), арахідонової кислоти на 6,2% ($P < 0,01$), нервонової кислоти на 22,64% ($P < 0,01$).

В загальному 60 доба дослідження і застосування кормової добавки сприяє збереженню впливу наноаквахелатів на ліпідний метаболізм у крові свиней, і залежно від тонусу автономної нервової системи показники відмінностей між контрольною та дослідною групою були суттєвими, що відображає показники похибки та коефіцієнт Стюдента. Також було встановлено взаємозалежність показників ліпідного складу крові свиней представлені у відсотковому співвідношенні жирних кислот та параметрів активності симпатичної і парасимпатичної нервової системи представлені тонусом автономної нервової системи та відображені у значеннях таких одиниць як автономний показник ритму, індекс автономної рівноваги та індекс напруги або стресу. Згідно результатів кореляційної залежності встановлено відповідні величина кореляції, що були підтвердженні однофакторним дисперсним аналізом.

Оцінивши отримані результати по корекції показників ліпідного обміну у організмі свиней виявлені відповідні зміни у вмісті жирних кислот. При цьому в результаті формування тварин відповідно до їх індивідуальних особливостей обміну речовин, що виражається у відмінностях нормального функціонування контролюючих систем гомеостазу і представленні активністю відділів автономної нервової системи мали досить гарні показники. Це пояснюється тим, що просте формування груп свиней відповідно до віку та статі в умовах господарства за повільної відтворюваності поголів'я, а відповідно і тварин для формування груп в достатній мірі не дозволяє виділити необхідну кількість голів з усіма необхідними ідентичними

параметрами, що обмежує дослідника у вивченні його наукових питань та прозорості оцінки отриманих даних.

Згідно проведеного дослідження формування тварин на три групи відповідно до симпато-вагусного балансу, за нашими даними допомогло розподілити свиней відповідно до інтенсивності процесів обміну. Тому у період застосування кормової добавки наноаквахелатів в різній мірі вплинуло на показники ліпідного обміну. Також встановлення тону автономної нервової системи забезпечило кращі показники коефіцієнту Стюдента. Додатковим підтвердженням залежності показників вмісту жирних кислот у крові свиней слугувало встановлення кореляційної залежності між даними тону автономної нервової системи та ліпідними показниками хроматографічного дослідження і застосування однофакторного дисперсного аналізу. Тому корекція ліпідного обміну повинна поєднуватися із встановлення тону автономної нервової системи.

Ключові слова: жирні кислоти, кров, жуйні, хроматографічний аналіз

ABSTRACT

Kravchuk S.V. Autonomic regulation of fatty acid homeostasis in pigs for the use of iron and germanium nanocitrates. Qualification thesis in the form of a manuscript.

Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in the speciality 211 ‘Veterinary Medicine’. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv, 2026.

In this thesis, based on modern instrumental, laboratory and statistical research methods, the tone of the autonomic nervous system and changes in the fatty acid composition of blood plasma lipids in pigs under the influence of metal nanocitrates were established.

To determine changes in lipid metabolism in pigs following the use of a feed supplement containing metal nanocitrates, three experimental groups of 10 animals each were formed according to the respective tone of the autonomic nervous system: normotonic, sympathotonic and vagotonic. Each group was then divided into a control group and an experimental group, each comprising 5 animals. The experimental group was administered a feed supplement containing nano-compounds of the trace elements iron at a dose of 3 mg/day and germanium at 0.01 mg/day per animal via drinking water for 60 days; the control group consumed a standard diet.

The experimental studies were carried out at the pig farm of Koshet Ltd, in the village of Chopivtsi, Mukachevo District, Zakarpattia Oblast. Thirty first-generation (F1) hybrid sows of the Large White and Landrace breeds were selected for the studies. The animals were fed complete commercial feed in accordance with the farm’s feeding regime. All procedures involving the pigs were carried out in accordance with the fundamental principles of bioethics, in line with Article 26 of the Constitution of Ukraine [88], the European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and other Scientific Purposes (1986),

Directive 2010/63/EU, 2010 [45] and the 'General Ethical Principles for Animal Experiments' adopted by the First National Congress on Bioethics of Ukraine [87].

The first stage of the study involved determining the tone of the autonomic nervous system in pigs using a variational-pulse-metric analysis. The resulting groups of normotonic, vagotonic and sympathotonic pigs were divided into a control group and an experimental group. The experimental group was administered a feed supplement containing nano-compounds of the trace elements iron at a dose of 3 mg/day and germanium at 0.01 mg/day per animal via drinking water for 60 days; the control group consumed a standard diet.

The second stage of the study involved laboratory analysis of the pigs' blood plasma for fatty acid content on days 10, 40 and 60, taking into account the tone of the autonomic nervous system.

The third stage of the study involved the analysis of the results obtained, statistical analysis of the data and the preparation of the scientific paper.

On the 10th day of feed supplement administration, differences were observed between the control and experimental groups of pigs in terms of saturated fatty acids. Thus, in the control group of normotensive pigs, the content of myristic acid was 23.53% higher ($P < 0.05$) and that of palmitic acid 9.4% higher ($P < 0.01$), whilst in the experimental group, the content of heptadecanoic acid was 1.6 times higher ($P < 0.01$) and that of stearic acid was 9.8% higher ($P < 0.05$). Sympathotonics showed a 1.5-fold increase ($P < 0.05$) in blood levels of pentadecanoic acid in the experimental group and an 11.94% decrease ($P < 0.05$) in stearic acid levels. The control group had 21.89% higher levels of palmitic acid ($P < 0.01$) and 1.9-fold lower levels of myristic acid ($P < 0.01$). The Vagotonic group showed a 9.6% lower palmitic acid content ($P < 0.05$) and an 8.3% lower stearic acid content ($P < 0.05$) in the experimental group compared to the control. The initial decrease in saturated fatty acid levels in cows of the experimental groups indicates a gradual accumulation of the feed additive in the animal's body, which has a positive effect on oxidative processes, altering the concentration of fatty acids;

however, according to an assessment of the overall range of values from the animals, a non-uniform change in content relative to the margin of error is observed.

When assessing unsaturated fatty acids on the 10th day of the modified feeding regime, changes in fatty acid concentrations were observed when comparing the control and experimental groups. In pigs with normotonia, during the period of nanoaquahalt consumption, the content of oleic acid increased by 20.9% ($P < 0.05$), linolenic acid by 1.9 times ($P < 0.05$), cis-8,11,14-eicosatrienoic acid by 54.4% ($P < 0.05$), cis-11,14,17-eicosatrienoic acid by 1.9 times ($P < 0.05$), and cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoic acid by 1.4 times ($P < 0.01$). Pigs on a standard diet had lower levels: cis-11-eicosenoic acid by 26.7% ($P < 0.05$), cis-11,14-eicosadienoic acid by 29.3% ($P < 0.05$), arachidonic acid by 20.7% ($P < 0.05$), docosadienoic acid and nervonic acid by 43.2% and 43.8% ($P < 0.01$).

On day 10 of the study in animals with sympathotonia, the levels of unsaturated fatty acids increased in the experimental group; with palmitoleic acid increasing 1.7-fold ($P < 0.001$), linoleic acid by 10.48% ($P < 0.01$), linolenic acid 1.92-fold ($P < 0.05$), and arachidonic acid by 12.8% ($P < 0.05$). A decrease in unsaturated fatty acid levels was observed in the control groups: oleic acid by 14.27% ($P < 0.05$), cis-11-eicosenoic acid by 35.71% ($P < 0.05$), cis-8,11,14-eicosatrienoic acid by 28% ($P < 0.05$), and cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoic acid by 28.57% ($P < 0.05$).

During the study period, the vagotonic group showed changes in the percentage content of unsaturated fatty acids on day 10. The following increases were observed: palmitoleic acid by 35.48% ($P < 0.01$), linolenic acid by a factor of 1.7, cis-11,14-eicosadienoic acid by a factor of 1.6 ($P < 0.05$), and nervonic acid by 29.31% ($P < 0.05$) in the experimental group. On day 10, the control group of pigs had lower blood lipid levels: oleic acid by 15.8% ($P < 0.05$), linolenic acid by 1.7 times, and docosadienoic acid by 26.47% ($P < 0.05$). An assessment on day 10 of the study revealed initial changes in the levels of fatty acids in the blood of pigs that had consumed the feed supplement. According to an analysis of the data obtained, a

discrepancy in the figures is observed, but it is not particularly large, as evidenced by the Student's t-test when comparing the control and experimental groups.

When the assessment of fatty acid content began on day 40 of the study, more favourable changes were observed in the experimental groups, as reflected in the results obtained. In the experimental group of normotensive animals, a 1.7-fold increase in myristic acid ($P < 0.01$) and a 18.2% decrease in behenic acid ($P < 0.01$) and a 26.1% decrease in heptadecanoic acid ($P < 0.05$) were observed. In the control group of normotonic pigs, the concentration of palmitic acid increased by 13.82% ($P < 0.01$) and that of stearic acid by 12% ($P < 0.01$). Groups of pigs with sympathotonia and a basal diet showed increases in: pentadecanoic acid by 25% ($P < 0.01$), palmitic acid by 15.36% ($P < 0.01$) and stearic acid by 17.84% ($P < 0.01$). In the experimental group of sympathotonics, there was a decrease in the percentage content of: myristic acid by 1.5 times ($P < 0.01$), heptadecanoic acid by 20.75% ($P < 0.01$) and behenic acid by 32.5% ($P < 0.01$). Pigs with vagotonia had higher levels of pentadecanoic acid by 40.9% ($P < 0.01$), palmitic acid by 17.36% ($P < 0.01$) and stearic acid by 13.44% ($P < 0.01$). Lower levels were also found in the experimental group of pigs with vagotonia for myristic acid (1.5-fold, $P < 0.01$), heptadecanoic acid (22.6%, $P < 0.01$) and behenic acid (17.83%, $P < 0.01$).

Chromatographic analysis of pig blood for unsaturated fatty acid levels at day 40 revealed an increase in: oleic acid by 13.2% ($P < 0.01$), cis-11-eicosenoic acid by 30.3% ($P < 0.05$), cis-8,11,14-eicosatrienoic acid by 21.15% ($P < 0.05$), arachidonic acid by 15.31% ($P < 0.05$), nervonic acid by 51% ($P < 0.01$) and cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoic acid by 57.89% ($P < 0.01$). Lower levels of fatty acids were found in the control group of normotensives: linoleic acid by 7.8% ($P < 0.01$), cis-11,14-eicosadienoic acid by 45.1% ($P < 0.01$), and docosadienoic acid by 30.5% ($P < 0.05$). In the group of sympathotonics, the levels of unsaturated fatty acids also changed. It was found that the experimental group of sympathotonics had higher levels of the following fatty acids: oleic acid by 19.9% ($P < 0.001$), linolenic acid by 1.8 times ($P < 0.01$), cis-8,11,14-eicosatrienoic acid by 43.9% ($P < 0.05$), cis-

11,14-eicosadienoic acid by 2.05 times ($P < 0.01$), nervonic acid by 51% ($P < 0.01$) and cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoic acid by 57.89% ($P < 0.01$). The control group of sympathotonics had significantly lower levels: linoleic acid by 9.6% ($P < 0.001$), cis-11,14-eicosadienoic acid by a factor of 2.05 ($P < 0.01$) and arachidonic acid by 18.1% ($P < 0.01$). In pigs with vagotonia in the experimental group, higher levels were observed: oleic acid by 22.13% ($P < 0.01$), linolenic acid by 1.85 times ($P < 0.05$), cis-8,11,14-eicosatrienoic acid by 23.53% ($P < 0.05$), arachidonic acid by 22.25% ($P < 0.001$), nervonic acid by 32.26% ($P < 0.01$) and cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoic acid by 26.62% ($P < 0.01$). Furthermore, on day 40, the control group of animals with vagotonia showed lower levels of linoleic acid by 7.3% ($P < 0.01$), cis-11,14-eicosadienoic acid by 27.67% ($P < 0.05$), and decadienoic acid by 43.75% ($P < 0.01$).

An assessment of fatty acid levels in the blood of pigs on day 40 revealed that prolonged consumption of nano-aqua-compounds had a more significant effect on these levels compared to day 10 of the study. There remains a significant difference between the control and experimental groups, reflected in a decrease in saturated fatty acids and an increase in unsaturated fatty acids. This reflects changes in lipid metabolism in more significant results, as confirmed by Student's t-test data.

On day 60 of the study, an assessment of fatty acid content in pigs with sympathotonia in the experimental group revealed a decrease in: myristic acid by 44.44% ($P < 0.01$), palmitic acid by 13.62% ($P < 0.01$), behenic acid by 20.31% ($P < 0.05$), whilst the control group showed an increase in pentadecanoic acid by 36.36% ($P < 0.05$) and stearic acid by 5.9% ($P < 0.01$). In animals with sympathotonia, an increase in the percentage content of saturated fatty acids was observed: pentadecanoic acid by 23.8% ($P < 0.01$) and stearic acid by 6.9% ($P < 0.05$) in the control group, whilst in the experimental group, levels of myristic acid decreased by 34.48% ($P < 0.01$) and palmitic acid by 13.77% ($P < 0.001$). On day 60 of the study, vagotonic animals were characterised by an increase in pentadecanoic acid by

40.9% ($P < 0.05$) in animals on the modified diet and a decrease in myristic acid by 33.3% ($P < 0.05$) and palmitic acid by 8.8% ($P < 0.01$).

The levels of unsaturated fatty acids in the experimental group of normotensive rats increased over the 60-day period of feed supplement administration: oleic acid by 9.1% ($P < 0.05$), linolenic acid by 71.4% ($P < 0.05$), cis-8,11,14-eicosatrienoic acid by 24.01% ($P < 0.05$), and cis-11,14,17-eicosatrienoic acid by 23.46% ($P < 0.01$). The control group of normotensives had lower levels of linoleic acid by 10.1% ($P < 0.05$), cis-11,14-eicosadienoic acid by 26.56% ($P < 0.05$), arachidonic acid by 14.34% ($P < 0.01$) and docosadienoic acid by 27.69% ($P < 0.01$).

Gas chromatography of the lipid composition in the sympathotonics of the experimental group revealed higher levels of oleic acid by 8.76% ($P < 0.01$), cis-11-eicosenoic acid by 19.57% ($P < 0.01$), linolenic acid by 38.9% ($P < 0.05$), cis-8,11,14-eicosatrienoic acid by 36.59% ($P < 0.05$), cis-11,14,17-eicosatrienoic acid by 43.75% ($P < 0.05$), cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoic acid by 18.71% ($P < 0.01$). Pigs on a standard diet had lower levels of palmitoleic acid by 28.95% ($P < 0.05$), linoleic acid by 6.43% ($P < 0.01$), cis-11,14-eicosadienoic acid by 24.44% ($P < 0.05$), arachidonic acid by 14.74% ($P < 0.01$) and nervonic acid by 17.86% ($P < 0.05$).

Pigs with hyperlipidaemia, as assessed by blood lipid profiles on day 60, showed an increase in the experimental group in oleic acid by 9.05% ($P < 0.01$), linolenic acid by 54.55% ($P < 0.05$), cis-8,11,14-eicosatrienoic acid by 20.35% ($P < 0.05$), docosadienoic acid by 11.91% ($P < 0.05$), cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoic acid by 7.34% ($P < 0.01$). In the control group of animals, lower lipid content was observed for palmitoleic acid by 21.62% ($P < 0.01$), linoleic acid by 3.2% ($P < 0.01$), cis-11,14-eicosadienoic acid by 26.92% ($P < 0.05$), arachidonic acid by 6.2% ($P < 0.01$), and nervonic acid by 22.64% ($P < 0.01$).

Overall, the 60-day study and use of the feed additive helped to maintain the effect of nanoaquachelates on lipid metabolism in the blood of pigs; depending on

the tone of the autonomic nervous system, the differences between the control and experimental groups were significant, as reflected by the error margins and Student's t-test. We also established a correlation between the indicators of the lipid composition of pigs' blood, presented as the percentage ratio of fatty acids, and the parameters of sympathetic and parasympathetic nervous system activity, represented by the tone of the autonomic nervous system and reflected in values such as the autonomic rhythm index, autonomic balance index and stress index. Based on the results of the correlation analysis, corresponding correlation coefficients were established, which were confirmed by one-way analysis of variance.

An assessment of the results obtained regarding the correction of lipid metabolism parameters in pigs revealed corresponding changes in fatty acid content. At the same time, the grouping of animals according to their individual metabolic characteristics, as reflected in differences in the normal functioning of homeostasis control systems and the activity of the autonomic nervous system, yielded quite good results. This is explained by the fact that simply forming groups of pigs according to age and sex under farm conditions, given the slow reproduction rate of the herd and, consequently, of the animals for group formation, does not sufficiently allow for the selection of the necessary number of animals with all the required identical parameters, which limits the researcher in studying their scientific questions and in the transparent evaluation of the data obtained.

According to the study, which involved dividing the animals into three groups based on their sympathetic-parasympathetic balance, our data showed that this helped to categorise the pigs according to the intensity of their metabolic processes. Consequently, during the period when the nanoaquahelate feed additive was administered, it had varying degrees of effect on lipid metabolism indicators. Furthermore, the regulation of the autonomic nervous system tone resulted in improved Student's t-test values. Additional confirmation of the relationship between fatty acid content in the pigs' blood was provided by the identification of a correlation between autonomic nervous system tone data and lipid parameters from

chromatographic analysis, as well as the application of one-way analysis of variance. Therefore, the correction of lipid metabolism should be combined with the regulation of the autonomic nervous system.

Keywords: fatty acids, blood, ruminants, chromatographic analysis,

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у науковому виданні,

включеному до категорії «В» Переліку наукових фахових видань України

1.Тодорюк В. Б., Карповський В. І., Журенко О. В., Криворучко Д. І., Журенко В. В., **Кравчук С. В.**, Химинець П. С. Визначення варіабельності серцевого ритму як показника впливу тонуусу автономної нервової системи у свиней. Наукові доповіді Нубіп України.2023. № 6/106. *(Тодорюком В. Б. зроблено аналіз отриманих результатів. Карповським В. І. підготовлено статтю до друку. Журенко О. В. проведено керівництво з написання рукопису. Криворучко Д. І. проведено літературний пошук. Журенком В. В. виконано статистичну обробку отриманих результатів. Кравчук С. В. визначено тонуус вегетативної нервової системи у тварин та проведено експеримент. Химинцем П. С. здійснено підбір матеріалів та методів досліджень.)*.

2. Kovalchuk, O.O., Tomchuk, V.A., Danchuk, V.O., **Kravchuk S.V.**, Karpovskyi V.I. Lipid metabolism indicators in sow blood under the influence of iron and germanium nanocompounds. Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine.2024. 20(2). *(Kovalchuk, O., зроблено аналіз отриманих результатів, Tomchuk, V. підготовлено статтю до друку Danchuk, V., виконано статистичну обробку результатів досліджень. Krawchuk, S. визначено вплив введення наночастинок заліза та германію на показники ліпідного обміну в крові свиноматок Karpovskyi, V. організовано проведення наукового експерименту)*.

3. Kovalchuk, O.O., Tomchuk, V.A., Danchuk, V.O., Khymynets P.S., Gutyj, B.V., **Kravchuk S.V.**, Zhurenko, O.V., Kryvoruchko D.I., Karpovskyi, V.V., Karpovskyi, P.V., Todoruk, V.B., Hrelia, R.V., Zhurenko, V.V. The intensity of carbohydrate metabolism in the body of sows under the action of ferrum and germanium nanocompounds. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences. 2024. 26(113). 179-183. <https://doi.org/10.32718/nvlvet11327>*(Ковальчук О. О. провів дослідження з задавання наночастинок Феруму та Германію свиням. Томчуком В. А. організовано проведення експерименту. Данчуком В. О. проведено статистичну обробку даних. Химинцем П. С. організовано проведення експерименту. Гутим Б. В. зроблено аналіз та інтерпретацію отриманих даних. Кравчук С. В. проведено серію лабораторних досліджень з задавання наносполук Феруму та Германію. Журенко О. В. підготовлено статтю до друку. Котворучко Д. І. проведено порівняльний аналіз досліджень та визначено відповідні узгодження і відмінності. Карповським В. В.*

сформульовано актуальність теми. Карповським П. В. виконано редагування англomовної редакції статті. Тодорюком В. Б. сформульовано наукову новизну. Грелем Р. В. виконано відбір проб крові для визначення показників вуглеводного обміну. Журенком В. В. проведено літературний пошук).

4. **Kravchuk S.V.** Zhurenko O.V. Kryvoruchko D.I, Zhurenko, V.V. Hryshchuk I.A. The influence of hemranium and iron nanocomposites on saturated fatty acid levels in pig blood, depending on vegetative regulation. Ukrainian Journal of Veterinary Sciences. 2025. 16(2), 76–94. *(Kravchuk S.V. проведено порівняльний аналіз досліджень та визначено відповідні узгодження і відмінності. Zhurenko O.V. підготовлено статтю до друку. Kryvoruchko D.I. сформульовано актуальність теми. Zhurenko V.V. проведена статистична обробка даних. Hryshchuk, I.A. сформульовано наукову новизну).*

5. **Kravchuk S.V.,** Zhurenko O.V. (2026). Vegetative regulation of saturated fatty acid levels in pig blood using iron and germanium nanoaquachelates. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences. 2026. 28 (121) *(Kravchuk S.V. проведено порівняльний аналіз досліджень та визначено відповідні узгодження і відмінності. Zhurenko O.V. підготовлено статтю до друку).*

Тези наукових доповідей

6. Тодорюк В.Б., Химинець П.С. **Кравчук С.В.,** Грищук І.А., Ільчишин М.М. Журенко О.В., Карповський В.І. Визначення варіабельності серцевого ритму як показника впливу тонуру автономної нервової системи у свиней. Міжнародна науково-практична конференція «Актуальні проблеми фізіології тварин» м. Львів 25– 26 травня 2023 р.: тези доповіді. Львів 2023. С 81. *(Тодорюком В. Б. проведено визначення варіабельності серцевого ритму. Химинцем П. С. проведено визначення тонуру автономної нервової системи у тварин. Кравчук С.В. проведення ЕКГ досліджень у свиней. Грищуком І. А. проведений статистичний аналіз отриманих результатів. Ільчишин М. М. підготовлено актуальність теми. Журенко О. В. організовано проведення досліджень. Карповським В. І. підготовлено тези до друку).*

7. Карповський В.І., Журенко О.В., Химинець П.С., **Кравчук С.В.:** «Вплив наноаквохелатів германію та феруму на морфологічні показники крові свиноматок з різним тонуру автономної нервової системи». Міжнародна науково-практична конференція науковців, викладачів та аспірантів: «Актуальні питання ветеринарної медицини: реалії та перспективи – 2024», 22 травня 2024 року, м. Харків. *(Карповським В. І. організовано проведення експерименту. Журенко О. В. проведено аналіз та інтерпретацію отриманих даних. Химинцем П. С., зроблений відбір проб крові для морфологічного дослідження. Кравчук С. В. проведена оцінка впливу наноаквохелатів Германію та Феруму на морфологічні показники крові свиноматок).*

8. **Кравчук С.В.**, Греля Р.В., Данчук В.О., Карповський В.І., Журенко О.В. Варіабельність серцевого ритму як показник визначення тонуру автономної нервової системи у свиней. «Єдине здоров'я – 2024»: Міжнародна наукова конференція, м. Київ, Україна. 2024 р.С.42 (*Кравчук С.В. проведено визначення варіабельності серцевого ритму у свиней. Грелем Р.В. підготовлено тези до друку Данчуком В.О. сформульовано наукову мету та актуальність дослідження Карповським В.І. проведений аналіз та інтерпретація отриманих даних. Журенко О.В. організовано проведення експерименту*).

9.Химинець П.С., **Кравчук С.В.**, Карповський В.І., Журенко О.В. Зміна морфологічних показників крові свиноматок з різним тонуру автономної нервової системи за впливу наноаквахелатів германію та феруму. Єдине здоров'я – 2024»: Міжнародна науково- конференція, м. Київ, 19-20 вересня 2024 року: тези доповіді. Київ, С.56. (*Химинцем П. С. підготовлено тези до друку. Кравчук С. В. визначено тонуру автономної нервової системи у тварин. Карповським В. І. організовано проведення експерименту. Журенко О. В. проведено аналіз та інтерпретація отриманих даних*).

10.**Кравчук С.В.**, Журенко О. В. Зміни вмісту насичених жирних кислот у свиней за використання наносполук германію та заліза залежно від вегетативної регуляції. «Єдине здоров'я–2025»: Міжнародна науково-конференція, м. Київ, 18 вересня 2025 року: тези доповіді. Київ, С. 114. (*Кравчук С.В. визначений тонуру автономної нервової системи у тварин, підготовлені тези до друку. Журенко О.В. проведений аналіз та інтерпретація отриманих даних*).

Технічні умови

Карповський В.І., Каплуненко В.Г., Величко В.О., Журенко О.В., Криворучко Д.І., Журенко В.В., Карповський В.І., Кульбако О.В., **Кравчук С.В.**, Химинець П.С., Ільчишин М.В., Греля Р.В., Данчук В.О. Добавка мікроелементна кормова “СТИМУЛ FG” . (*Здобувачем проведено дослідження з визначення впливу мікроелементної добавки на організм тварин*).

Зміст

АНОТАЦІЯ	2
ABSTRACT	10
СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ.....	18
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	23
ВСТУП.....	24
РОЗДІЛ 1	29
ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	29
1.1 Симпатична нервова система (СНС).....	29
1.1.1 Походження	29
1.1.2 Нейромедіатори.....	32
1.1.3 Організація симпатичної нервової системи	34
1.2 Парасимпатична нервова система (ПНС).....	36
1.2.1 Будова.....	36
1.2.2 Нейромедіатори.....	38
1.3 Перетравлення та всмоктування жирів у свині.....	41
1.3.1 Харчова цінність жирів та олій у раціонах свиней	45
1.3.2 Вплив співвідношення U:S на використання жирів та олій.....	46
1.3.3 Вплив довжини ланцюга жирних кислот та їхнього розподілу на використання жирів та олій	48
1.3.4 Вплив окислення на використання жирів та олій.....	49
1.3.5 Взаємодія між перетравленням та засвоєнням жирів та інших поживних речовин	50
1.3.6 Використання харчових жирів свиноматок та поросят-сисунів	52
Висновки до розділу 1	54
РОЗДІЛ 2	55
МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	55
2.1 Загальна схема дослідження	55
2.2 Методика визначення тонуру автономної нервової системи	56
2.3 Відбір проб крові.....	58
2.4 Екстракція ліпідів за Фолчем.....	58
2.5 Виконання хроматографічного дослідження	59

	22
2.6 Статистичний аналіз	62
Висновки до розділу 2	65
РОЗДІЛ 3	66
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	66
3.1 Варіаційно-пульсометричне дослідження свиней	66
3.2 Показники вмісту насичених жирних кислот у ліпідах плазми крові свиней на 10 добу дослідження.	67
3.3 Показники вмісту ненасичених жирних кислот у ліпідах плазми крові свиней на 10 добу дослідження.	70
3.4 Показники вмісту насичених жирних кислот у ліпідах плазми крові свиней на 40 добу дослідження.	74
3.5 Показники вмісту ненасичених жирних кислот у ліпідах плазми крові свиней на 40 добу дослідження.	77
Кореляція жирних кислота та показників варіаційної пульсометрії на 40 добу	81
3.6 Показники вмісту насичених жирних кислот у ліпідах плазми крові свиней на 60 добу дослідження.	101
3.7 Показники вмісту ненасичених жирних кислот у ліпідах плазми крові свиней на 60 добу дослідження.	104
3.8 Кореляція жирних кислота та показників варіаційної пульсометрії на 60 добу	108
Заключення до розділу 3	128
РОЗДІЛ 4	134
АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	134
ВИСНОВКИ.....	148
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	151

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АНС – автономна нервова система
СНС – Симпатична нервова система
ВШГ – верхніх шийних гангліїв
IML – інтермедіолатеральному клітинному стовпці
ILP – інтермедіолатеральній частині головного мозку
ICS – інтеркалатусу спіралісу
CAN – центральні вегетативні ядра
DCN – дорсальні спайкові ядра
ICPE – nucleus intercalatus pars paraependymalis
TRH – тиреотропін-вивільняючий гормон
NE – норадреналін
SCG – підколінкової гілки
ПНС – парасимпатична нервова система
АХ – ацетилхолін
NT – нейромедіатори
VIP – вазоактивний кишковий пептид
CGRP – геном кальцитоніну
PACAP – аденілатциклазу гіпофіза
DRG – дорсальних корінцевих гангліях
ВЖК – вільні жирні кислоти
ДЛЖК – довго ланцюгові жирні кислоти
SCFA – коротколанцюгові жирні кислоти
MCFA – середньоланцюгові жирні кислоти
LCFA – низьколанцюгові жирні кислоти
АМЕ – видиму метаболізовану енергію
NEM – неелювані речовини
PUFA – поліненасичених жирних кислот

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасні промислові господарства з вирощування та відгодівлі свиней характеризуються чітко організованою системою виробництва продукції тваринного походження, що базується на дотриманні технологічних циклів і забезпеченні стабільної продуктивності поголів'я. Ефективність такої системи значною мірою залежить від збалансованості раціонів годівлі на всіх етапах вирощування тварин. Водночас інтенсифікація виробництва та скорочення термінів відгодівлі свиней призводять до підвищеного навантаження на метаболічні процеси організму, що може супроводжуватися їх дисбалансом, зниженням продуктивності та, як наслідок, економічними втратами у господарствах. Одним із підходів до корекції зазначених порушень є використання кормових добавок, спрямованих на оптимізацію обміну речовин, покращення фізіологічного стану тварин та підвищення їх продуктивності. учасний ринок кормових добавок представлений широким спектром біологічно активних речовин, зокрема підкислювачами, пробіотиками, мінеральними комплексами та іншими сполуками, які потенційно здатні позитивно впливати на ріст тварин і підтримання гомеостазу. Однак ефективність їх застосування повинна враховувати економічну доцільність, а також стійкість тварин до стресових факторів, які виникають у періоди відлучення, перегрупування та зміни умов утримання. Незважаючи на значну кількість досліджень у цій галузі, недостатньо враховуються індивідуальні фізіологічні особливості організму тварин, зокрема тип автономної нервової регуляції, що може істотно впливати на ефективність дії кормових добавок. У зв'язку з цим розробка та удосконалення підходів до корекції ліпідного обміну у свинарстві є актуальною проблемою. Особливого значення набуває вивчення впливу наноаквахелатів металів з урахуванням індивідуальних особливостей організму тварин, що відкриває нові можливості для підвищення ефективності годівлі та оптимізації метаболічних процесів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Представлені в дисертації результати є частиною наукових досліджень Національного університету біоресурсів і природокористування України за такими держбюджетними темами: «Кортико-вегетативні механізми регуляції фізіологічних функцій у тварин та методи їх кореляції» (№ державної реєстрації 0121U109349, 2021–2026 рр.) та «Фізіолого-біохімічні механізми нейровісцеральних взаємин в організмі тварин за впливу новітніх наноаквахелатів біогенних елементів» (№ державної реєстрації 0123U102169, 2023–2024 рр.).

Мета та завдання дослідження. Мета роботи полягала у встановленні впливу тонуру автономної нервової системи на показники жирнокислотного складу крові свиней за застосування сполук наноцитратів.

Для досягнення мети було поставлено такі завдання:

- встановити тонус автономної нервової системи у свиней за допомогою варіаційно-пульсометричного дослідження;
- визначити вплив тонуру автономної нервової системи на вміст насичених жирних кислот у ліпідах плазми крові свиней;
- розкрити вплив тонуру автономної нервової системи на вміст ненасичених жирних кислот у ліпідах плазми крові свиней;
- дослідити вплив сполук наноцитратів на обмін ненасичених жирних кислот;
- встановити вплив сполук наноцитратів на обмін насичених жирних кислот у свиней залежно від тонуру автономної нервової системи;
- встановити кореляційну залежність показників жирнокислотного складу крові свиней та тонуру автономної нервової системи.

Об'єкт дослідження – жирнокислотний склад ліпідів крові свиней з різним тонусом автономної нервової системи за застосування сполук наноцитратів

Предмет дослідження – свині, жирні кислоти, кров, наноаквахелати, автономна нервова система.

Методи дослідження: клінічні (варіаційно-пульсометричне дослідження тону автономної нервової системи свиней), лабораторні (морфологічне та біохімічне дослідження), статистичні (обробка результатів досліджень)

Наукова новизна одержаних результатів. Результати проведених досліджень мають важливе фундаментальне та практичне значення для розуміння механізмів регуляції ліпідного обміну у свиней за застосування кормової добавки на основі наноаквахелатів металів з урахуванням тону автономної нервової системи. Отримані дані поглиблюють сучасні уявлення про особливості метаболічної адаптації організму тварин залежно від типу вегетативної регуляції та свідчать про доцільність диференційованого підходу до використання наносполук у годівлі свиней. Вперше проведені дослідження підтверджують важливість формування експериментальних і виробничих груп свиней відповідно до тону автономної нервової системи при застосуванні кормових добавок. Такий підхід забезпечує більш об'єктивну оцінку змін біохімічних та фізіологічних показників організму, підвищує точність інтерпретації отриманих результатів і дозволяє оптимізувати розрахунок доз та схем застосування модифікованих раціонів. Встановлені закономірності можуть бути використані для вдосконалення системи годівлі свиней, підвищення ефективності корекції обміну речовин і покращення продуктивних показників тварин. Уперше доведено, що застосування наноаквахелатів феруму та германію супроводжується модифікацією вмісту як насичених, так і ненасичених жирних кислот у плазмі крові, при цьому ступінь і динаміка цих змін мають залежність від вихідного типу автономної нервової регуляції тварин. Встановлені закономірності можуть бути використані для вдосконалення системи годівлі свиней, підвищення ефективності корекції обміну речовин і покращення продуктивних показників тварин.

Практичне значення одержаних результатів. Досліджено вплив кормової добавки на показники вмісту жирних кислот у ліпідах плазми крові. Встановлено відмінності у показниках насичених і ненасичених жирних кислот на 10, 40 і 60 добу в крові свиней різного тонуру автономної нервової системи за використання кормової добавки наноаквахелатів. Визначено взаємозалежність показників жирних кислот і вегетативної регуляції. Врахування отриманих результатів у практиці допоможе покращити загальну продуктивність свиней, завдяки більш кращому регулюванню процесів обміну ліпідів у організмі свині, що збільшить ефективність засвоювання корму за рахунок стабілізування енергетичного обміну. Застосування наноаквахелатів металів з урахуванням тонуру автономної нервової системи може бути використане у практиці сучасного свинарства для підвищення продуктивності тварин, покращення фізіологічного стану організму, оптимізації обмінних процесів і підвищення економічної ефективності виробництва продукції свинарства.

Особистий внесок здобувача. Здобувачем самостійно здійснено пошук і аналіз літератури за темою дисертаційної роботи, виконано експериментальні дослідження та статистичну обробку отриманих показників. Аналіз і узагальнення отриманих результатів виконані спільно з науковим керівником. Для публікації експериментальних досліджень разом із співавторами використовували лише ті результати, які були отримані особисто аспірантом. Внесок автора у спільні розробки зазначені у списку публікацій.

Апробація результатів дослідження дисертації. Матеріали дисертації доповідались на: Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми фізіології тварин», присвяченій 100-річному ювілею С.В. Стояновського, (м.Львів, 2023); Міжнародній науковій конференції «Єдине здоров'я – 2024» (м. Київ, 2024 р.); Міжнародній науково-практичній конференції науковців, викладачів та аспірантів: «Актуальні питання

ветеринарної медицини: реалії та перспективи – 2024», (м. Харків, 2024 р.)
Міжнародній наукова конференція «Єдине здоров'я – 2025». (м. Київ, 2025 р.)

Публікації. За темою дисертації опубліковано 11 наукових праць, з яких 5 статей у науковому виданні, включеному до категорії «В» Переліку наукових фахових видань України, 5 тез наукових доповідей, 1-ТУ .

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотацій, вступу, огляду літератури, матеріалів і методів дослідження, результатів досліджень, аналізу та узагальнення результатів досліджень, висновків і пропозицій виробництву, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг дисертації викладено на 166 сторінках комп'ютерного тексту, робота ілюстрована 16 таблицями і 38 рисунками. Список використаної літератури нараховує 165 джерел, з них 157 – латиницею.

РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Автономна нервова система (АНС) структурно та функціонально розташована як інтерфейс між внутрішнім та зовнішнім середовищем, координуючи функції організму для забезпечення гомеостазу (серцево-судинний та дихальний контроль, терморегуляція, моторика шлунково-кишкового тракту, сечовивідні та кишково-видільні функції, розмноження, метаболічна та ендокринна фізіологія), а також адаптивні реакції на стрес (реакція на втечу або бій). Таким чином, АНС має складне завдання забезпечити виживання, а також розмноження виду. Ці різноманітні ролі вимагають складних реакцій та залежать від інтеграції поведінкових та фізіологічних реакцій, які координуються центральною та периферичною нервовою системою. У 1898 році Ленглі, фізіолог Кембриджського університету, ввів термін «автономна нервова система» та визначив три окремі компоненти (симпатичний, парасимпатичний та кишковий) [19, 105].

1.1 Симпатична нервова система (СНС)

1.1.1 Походження

Тіла клітин пресинаптичних нейронів (прегангліонарних) симпатичного відділу АНС розташовані в інтермедіолатеральному ядрі латерального сірого стовпа, простягаючись від першого грудного до другого поперекового рівня спинного мозку (грудопоперековий відтік). Ці тіла клітин у грудопоперекових сегментах спинного мозку забезпечують прегангліонарну еферентну іннервацію симпатичних нейронів, які знаходяться в гангліях, розподілених у трьох розташуваннях: паравертебральних, превертебральних та превісцеральних або термінальних гангліях [27, 70].

Паравертебральні ганглії (симпатичний стовбур) – це парні структури, розташовані двосторонньо вздовж хребтового стовпа. Вони простягаються від верхніх шийних гангліїв (ВШГ), розташованих рострально на біфуркації внутрішніх сонних артерій, до гангліїв, розташованих у крижовій ділянці.

Загалом існує три шийні ганглії (ВШГ, середній шийний ганглії та нижній шийний ганглії; останній називається шийно-грудним або зірчастим ганглієм, оскільки він являє собою зрощену структуру, що поєднує нижній шийний та перший грудний паравертебральні ганглії), 11 грудних гангліїв, чотири поперекові ганглії та від чотирьох до п'яти крижових гангліїв [12, 50].

Превертебральні ганглії – це структури середньої лінії, розташовані попереду аорти та хребта, і представлені черевними гангліями, аорто-ренальними гангліями, а також верхніми та нижніми брижовими гангліями. Превісцеральні, або кінцеві ганглії, – це невеликі скупчення симпатичних гангліїв, розташованих поблизу цільових структур; їх також називають короткими норадренергічними нейронами, оскільки їхні аксони покривають обмежені відстані [71, 100].

Хоча головні нейрони зазвичай розглядаються як розташовані в інтермедіолатеральному клітинному стовпці (IML), існують чотири додаткові основні групи вегетативних нейронів: в інтермедіолатеральній частині головного мозку (ILP), інтермедіолатеральній частині фунікулярного нерва (ILF), ядрі інтеркалатусу спіралісу (ICS) та центральному вегетативному ядрі (CAN) або дорсальному спайковому ядрі (DCN) (анатомічна номенклатура – *nucleus intercalatus pars paraependymalis* (ICPE)). Для паравертебральних гангліїв >85%–90% пресинаптичних волокон походять з тіл клітин в ILP або ILF. Превертебральні ганглії та термінальні ганглії отримують більшу частку прегангліонарних терміналів від CAN/DCN. Ядро інтеркалатусу також вносить прегангліонарні волокна, але точний внесок до кінця не зрозумілий і ймовірно, обмежений. Відтік аксонів пресинаптичних нейронів, які є руховими волокнами, залишають спинний мозок через вентральні корінці та потрапляють у передні гілки спинномозкових нервів T1–L2 або L3 [121, 135]. Майже одразу після потрапляння всі пресинаптичні симпатичні волокна залишають передні гілки цих спинномозкових нервів і проходять до симпатичних стовбурів через мієлінізовані білі комунікативні гілки. У межах

симпатичних стовбурів пресинаптичні волокна слідуєть одним із наступних шляхів:

1. Прегангліонарний нейрон піднімається вгору до синапсу з вищим симпатичним паравертебральним ганглієм. Звідси постгангліонарний симпатичний нейрон, що рухається назад через сіру гілку зв'язкового нерву, призначений для: іннервації голови, шийних серцево-легеневих черевних нервів та спинномозкових нервів до ший, верхньої частини тулуба та верхньої кінцівки. Постсинаптичні симпатичні волокна стимулюють скорочення кровоносних судин (вазомоція) та м'яза, що виводить волоски (піломоція), і викликають потовиділення (судомоція).

2. Спускаються по симпатичному стовбуру до синапсу з постсинаптичним нейроном нижнього паравертебрального ганглію. Постсинаптичні волокна, що виходять через сірі гілки комунікантів, розподіляються спинномозковими нервами до нижньої частини тулуба та нижньої кінцівки.

3. Прегангліонарний нейрон може синапсувати з постгангліонарним симпатичним нейроном у симпатичному паравертебральному ганглії на цьому рівні. Звідси постгангліонарний симпатичний нейрон може подорожувати назад через сірі гілки комунікантів цього рівня до змішаних спинномозкових нервів середнього стовбура та далі до грудних серцево-легеневих черевних нервів.

4. Прегангліонарний нейрон проходить через паравертебральний ганглії без синапсу, продовжуючи рух як прегангліонарне нервеве волокно, доки не досягне віддаленого паравертебрального ганглію (черевного, верхнього та нижнього брижових гангліїв), розташованого попереду хребта. Звідси постгангліонарний симпатичний нейрон може подорожувати через сірі гілки комунікантів цього рівня до свого вісцерального ефекторного органу.

5. Деякі пресинаптичні симпатичні волокна проходять через черевні превертебральні ганглії без синапсу, продовжуючи закінчуватися безпосередньо на клітинах мозкової речовини надниркової залози. Клітини надниркової речовини функціонують як особливий тип постсинаптичних нейронів; замість того, щоб вивільняти свій нейромедіатор (адреналін) на клітини певного ефекторного органу, вони вивільняють його в кровотік, що призводить до поширеної симпатичної реакції [59, 122].

Оскільки паравертебральні та превертебральні ганглії розташовані відносно близько до спинного мозку, пресинаптичні волокна є відносно короткими, тоді як постсинаптичні волокна є відносно довгими, тому вони повинні поширюватися на всі частини тіла.

Відтік від спинного мозку до периферичних гангліїв організований сегментарно з деяким перекриттям. Дослідження ретроградного відстеження показують, що існує ростраль-каудальний градієнт: спинномозковий кортекс отримує іннервацію від сегментів спинного мозку T1–T3; зірчасті ганглії – від сегментів спинного мозку T1–T6; надниркова залоза – від сегментів спинного мозку T5–T11; червні та верхньо-брюшні ганглії – від сегментів спинного мозку T5–T12; а нижні брюшні та гіпогастральні ганглії – від сегментів спинного мозку L1–L2. Розподіл постсинаптичних волокон також відповідає регіональній схемі: голова, обличчя та шия отримують іннервацію від шийних гангліїв (сегменти спинного мозку T1–4), верхня кінцівка та грудна клітка – від зірчастих та верхніх грудних гангліїв (сегменти спинного мозку T1–8); нижня частина тулуба та черевна порожнина – від нижніх грудних гангліїв (сегменти спинного мозку T4–12), а область тазу та нижні кінцівки – від поперекових та крижових гангліїв (сегменти спинного мозку T10–L2) [51, 78]

1.1.2 Нейромедіатори

Прегангліонарним нейромедіатором симпатичної нервової системи є ацетилхолін, а постгангліонарним нейромедіатором – норадреналін для всіх

з'єднань органів-мішеней, за деякими винятками: (1) нейрони симпатичних гангліїв, що іннервують потові залози, є холінергічними, за винятком деяких ділянок гладкої шкіри (долоні та підшви), де норадреналін вивільняється як нейромедіатор; (2) ацетилхолін є рецептором для постгангліонарної передачі до хромафінних клітин мозкової речовини надниркових залоз; та (3) постгангліонарні симпатичні волокна до нирок вивільняють дофамін [103, 150].

Спинномозкові вегетативні ядра отримують значну супраспінальну інформацію від кількох систем нейромедіаторів, розташованих на різних рівнях нейроаксису; передній мозок і стовбур мозку забезпечують найбільшу інформацію. Схема іннервації, що розглядається на горизонтальних зрізах, демонструє сходоподібне розташування нервових закінчень. Не деталізуючи джерело чи хід конкретних систем, важливо зазначити, що такі різні нейромедіаторні системи впливають на прегангліонарні нейрони в межах цієї сходоподібної структури: моноаміни — адреналін, норадреналін (NE), серотонін; нейропептиди — субстанція Р, тиреотропін-вивільняючий гормон (TRH), мет-енкефалін, вазопресин, окситоцин та нейропептид; амінокислоти — глутамін та гліцин [132, 134].

Центральні вегетативні контрольні області, які модулюють активність прегангліонарних симпатичних та парасимпатичних нейронів, включають: передню та середню поясну кору (автономні реакції на важливі подразники та корелюють із симпатичною активністю); острівцева кора (свідоме тілесне відчуття, інтероцепція); мигдалина (надає емоційну цінність вхідній сенсорній інформації та запускає численні автономні та нейроендокринні реакції на стрес); гіпоталамус (пов'язаний з рештою центральної автономної мережі головним чином через дорсальний поздовжній пучок, але також медіальний пучок переднього мозку та тракт Гуддена; відповідає за генератор патернів для гомеостазу та стресових реакцій через проекцію з паравентрикулярного та дорсомедіального ядер та орексинових/гіпокретинових нейронів); сіре

періакведуктове ядро середнього мозку (інтеграція стресових, вегетативних та модуляторних реакцій на біль); парабрахіальне ядро мосту (збудження, контроль дихання та модуляція серцево-судинних та шлунково-кишкових рефлексів); ядро одиночного тракту (перша ретрансляційна станція для серцево-судинних, дихальних та шлунково-кишкових рефлексів); ростральний вентролатеральний довгастий мозку, включаючи групу C1 (опосередковують барорефлекс та реакції на гіпоксію та інші внутрішні стресори); і ростральна вентромедіальна довгаста ділянка та ядро білого шва (опосередковують симпатозбуджувальні реакції на зовнішні стресори та вплив холоду) [36, 130].

Очевидно, що дисфункція цих супраспінальних систем або зміни цих нейромедіаторів внаслідок захворювання чи фармакологічних агентів змінюють спинальний контроль периферичних гангліїв і призводять до клінічної дисфункції. Деякі приклади центральної вегетативної дисфункції включають вегетативну дисрефлексію внаслідок спинномозкової трансекції вище рівня спинномозкового T5, що призводить до невпорядкованої активації прегангліонарної симпатичної активації, що проявляється як важкі гіпертензивні кризи, спровоковані повним сечовим міхуром, ущільненням товстої кишки або навіть погладжуванням шкіри; хронічну гіпертензію у людей типу «А» або у стресових осіб внаслідок посилення центрального автономного відтоку у відповідь на посилений вхідний сигнал лімбічної системи [156, 157].

1.1.3 Організація симпатичної нервової системи

Очевидно, що структурна організація СНС дозволяє інтеграцію та поширення відповідей залежно від потреби. Множинні супраспінальні низхідні шляхи забезпечують щільну іннервацію всіх чотирьох основних вегетативних груп клітин у спинному мозку, але також існують чітко специфічні топографічні відповіді. У свою чергу, кожен прегангліонарний нейрон іннервує від 4 до 20 постгангліонарних ділянок, і кожен рівень спинномозкового відтоку може досягати кількох периферичних гангліїв, що

дозволяє додатково розсіювати симпатичну відповідь, коли це необхідно. На кожному грудному рівні знаходиться приблизно 5000 прегангліонарних нейронів. Оскільки прегангліонарний вихід до превертебральних гангліїв походить від більш медіально розміщених клітинних тіл, можливо, що більша кількість нейронів на певних сегментарних рівнях сприяє виходу. Таким чином, даний сегмент спинного мозку має потужну базу для впливу на понад 100 000 постгангліонарних нейронів. Хоча початкове мислення передбачало, що реакції були «все або нічого» та широко поширеними, анатомічні дослідження продовжують виявляти тонкощі структурних механізмів, які вказують на те, що система не лише готова до генералізованої активації периферичної симпатичної нервової системи, але й здатна контролювати відносно специфічні ділянки та функції [14, 142].

Постгангліонарні волокна в СНС долають досить довгі шляхи, щоб досягти органи-мішені. Наприклад, волокна перетинають екстракраніальні та внутрішньочерепні судини, щоб досягти таких цілей, як слізні залози, привушні залози, шишкоподібна залоза та зіниці. Волокна із зірчастих гангліїв проходять через плечове сплетення, щоб досягти судинних та шкірних цілей у верхній кінцівці та руці. У черевній порожнині аксони, що походять від паравертебральних гангліїв, постачають нутрощі, а також брижові судини. Поперекові та крижові паравертебральні ганглії проходять дистально вздовж периферичних нервів і кровоносних судин, щоб досягти дистальної судинної системи та шкірних структур у стопах. У людини для іннервації ноги необхідний симпатичний аксон довжиною 50 см, а його загальний діаметр оцінюється в 1,2 мкм, а об'єм аксона становить приблизно 565 000 мкм³. Цей аксональний цитоскелет та його метаболічні потреби забезпечуються перикаріоном розміром ~30 мкм із сомальним об'ємом 14 000 мкм³. З огляду на таку структурну архітектуру, ці нейрони вразливі до різних метаболічних та структурних пошкоджень. Хоча більшість прегангліонарних волокон мають відносно короткий шлях до своїх гангліозних цілей, верхні грудні прегангліонарні волокна долають відносно довші відстані, щоб досягти

зірчастої речовини та підколінкової гілки (SCG), а прегангліонарні волокна до мозкової речовини надниркових залоз та превертебральних гангліїв проходять через паравертебральний ланцюг, досягаючи цих вісцеральних цілей як червні нерви [7, 16].

1.2 Парасимпатична нервова система (ПНС)

1.2.1 Будова

Прегангліонарні парасимпатичні нейрони розташовані в загальному вісцеральному еферентному стовпчику стовбура мозку або в крижових сегментах спинного мозку S2-S4 (краніосакральний відтік). На відміну від наявності безперервних паравертебральних симпатичних гангліїв, парасимпатичні ганглії розташовані в тісному контакті з кінцевими органами, що нас цікавлять. Таке розташування призводить до значно довших прегангліонарних і значно коротших постгангліонарних парасимпатичних волокон, ніж у SNS, а також до органоспецифічного парасимпатичного виходу [32, 106].

До задіяних черепних нервів належать III, VII, IX та X черепні нерви, а крижовий відтік значною мірою обмежений рівнями крижового мозку 2, 3 та 4. Парасимпатичні волокна в III черепному нерві беруть початок у ядрах Едінгера-Вестфала середнього мозку та проходять по периферії нерву, виходячи разом з нервом до нижнього косого м'яза, щоб постачати цилиарний ганглії. Постгангліонарні волокна другого порядку виходять у цилиарних нервах та постачають зінично-звужувальні волокна райдужної оболонки та цилиарного м'яза, де їхня спільна дія дозволяє реагувати на близьку лінію, включаючи акомодацию. Слинovidільні ядра, розташовані поблизу понтомедулярного з'єднання, забезпечують прегангліонарну парасимпатичну іннервацию VII та IX черепних нервів. Верхнє слиновидільне ядро посиляє прегангліонарні волокна, які залишають лицевий нерв на рівні колінчастого ганглія (непарасимпатичного сенсорного ганглія), утворюючи великий поверхневий кам'янистий нерв до крилопіднебінних (сфенопіднебінних)

гангліїв, які забезпечують постгангліонарні секретомоторні та судинорозширювальні волокна до слізних залоз через верхньощелепний нерв. Інші прегангліонарні волокна в лицевому нерві продовжуються і згодом виходять через барабанну хорду, щоб приєднатися до язикового нерва, зрештою синапсуючись у піднижньощелепному ганглії [20, 67].

Найбільш каудальний черепний нерв, що бере участь у прегангліонарній парасимпатичній системі, – це блукаючий нерв (X черепний нерв). Дорсальне рухове ядро блукаючого нерву розташоване в довгастому мозку та посиляє прегангліонарні волокна для іннервації практично всіх систем органів у грудній клітці та черевній порожнині, включаючи шлунково-кишковий тракт аж до лівого ободового вигину (селезінкового вигину). Також ядро амбігуус постачає прегангліонарні волокна до блукаючого нерву, і вважається, що ці волокна здебільшого беруть участь у регуляції вісцеральних гладких м'язів, тоді як дорсальні рухові нейрони блукаючого нерву можуть мати секретомоторну природу. Крім того, ядро амбігуус, забезпечуючи вагусний вихід до нейронів серцевого ганглія, контролює синусовий вузол і відповідає за міжсерцевий контроль частоти серцевих скорочень. Язикоглотковий та блукаючий нерви також містять значну кількість аферентних волокон (у блукаючому нерві аферентні волокна можуть перевищувати еферентну систему волокон у співвідношенні 9:1, так що сенсорний компонент, пов'язаний з вегетативним контролем, існує в межах IX та X черепних нервів. Ці аферентні нерви забезпечують критичний компонент барорецепторної рефлекторної дуги, передаючи інформацію про системний артеріальний тиск до центральних серцево-судинних ділянок у *nucleus tractus solitarius* та інших центрів спинного мозку, що беруть участь у контролі артеріального тиску та частоти серцевих скорочень [18, 98].

Тіла парасимпатичних клітин у спинному мозку розташовані в крижовому парасимпатичному ядрі другого, третього та четвертого крижових сегментів. Ці нейрони посиляють прегангліонарні нервові волокна через

тазовий нерв до гангліїв, розташованих поблизу або всередині органів малого тазу. Постгангліонарні волокна відносно короткі та постачають холінергічні закінчення до структур, що беруть участь у видільній (сечовий міхур і кишечник) та репродуктивній (маткові труби та матка, передміхурова залоза, сім'явивідні міхурці, сім'явивідна протока та еректильна тканина) функціях. Цікаво, що тазові ганглії, що беруть участь у деяких із цих функцій, є змішаними гангліями (особливо у гризунів), де симпатичні та парасимпатичні нейрони є компонентами одного тазового ганглія. Хоча симпатичні та парасимпатичні нейрони переплітаються в цих гангліях, симпатичні та парасимпатичні гангліозні нейрони отримують свої команди від прегангліонарних нейронів з різним розташуванням (симпатичні з груднопоперекового рівня та парасимпатичні з крижового рівня). Таким чином, тазові ганглії, здається, отримують свої традиційні прегангліонарні сигнали, але можуть мати локальні взаємозв'язки, які не повністю виявлені сучасними дослідженнями [66, 104].

1.2.2 Нейромедіатори

Як зазначено для СНС, прегангліонарна іннервація є значною мірою холінергічною, причому ці терміналі вивільняють ацетилхолін (АХ) у гангліозних синапсах. На відміну від СНС, основним постсинаптичним нейромедіатором також є АХ. Як зазначено нижче, існують чіткі докази того, що холінергічні постгангліонарні нейрони в тазовому ганглії гризунів містять вазоактивний кишковий пептид та оксид азоту як дві інші нейроактивні сполуки. Вважається, що ці нейрони невід'ємно залучені до статевих функцій у самців, дозволяючи розвивати та підтримувати потенцію. Точні регуляторні фактори, що контролюють синтез та вивільнення цих молекул-медіаторів, а також специфічні рецепторні системи, що беруть участь, залишаються повністю невивченими [8, 136].

Поняття про наявність кількох медіаторів та системи хімічного кодування вегетативних нейронів зараз твердо встановлено (для повного

огляду). Спочатку вважалося, що головні нейрони були лише норадренергічними (містили NE), але протягом останніх двох десятиліть стало зрозуміло, що в межах одного нейрона може існувати кілька систем NT, і що в межах даного ганглію різноманітність і характер NT можуть бути досить великими. Крім того, склад нейромедіаторів (NT) може змінюватися залежно від розташування гангліїв: паравертебральні ганглії, як правило, мають менше нейромедіаторів, тоді як превертебральні та термінальні ганглії можуть мати різні NT, хоча, як зазначалося для SGC морської свинки, деякі паравертебральні ганглії мають широкий спектр нейромедіаторів. Точне розташування та функції цих множинних нейромедіаторів до кінця не зрозумілі, але існують деякі загальні принципи. Нейропептид NPY, ймовірно, є найпоширенішим пептидом у симпатичних гангліях і сильно колокалізований з NE. Судомоторний компонент гангліїв залежить від популяції клітин, які мають холінергічний характер [містять ацетилхолін як NT], і найчастішим пептидом, колокалізованим з ацетилхоліном, є вазоактивний кишковий пептид (VIP). Розподіл цих холінергічних клітин варіюється: у паравертебральних гангліях вони можуть становити 10–15% нейронної популяції, тоді як вони представляють [143, 153].

Хімічне кодування також показує, що гангліозні нейрони зі специфічними молекулами-медіаторами іннервують специфічні мішені або отримують специфічні аферентні входи. Очевидно, що антероградна та ретроградна транссинаптична інформація, здається, визначає фенотип нейрона-медіатора. Таким чином, дослідження нейронних ланцюгів показують, що специфічні для шляху комбінації визначають наявність та комбінації специфічних пептидів у вегетативних нейронах. Це особливо стосується превертебральних гангліїв, але дослідження на спинномозкових гангліях морських свинок показують, що молекули-медіатори відрізнятимуться залежно від органу-мішені, до якого вони надходять. Хоча всі зображені основні клітини мають норадренергічний характер (як показано за допомогою NA), нейропептиди, що містяться в нейронах, відрізняються

залежно від того, чи є мішенями секреторні (слинні та слізні залози), судинні (малі та великі артерії, артеріоли та артеріовенозні анастомози), зіничні чи шкірні [3, 63].

Прегангліонарні симпатичні нейрони спинного мозку традиційно розглядалися як холінергічні нейрони. Зовсім недавно було визнано, що тіла нейронних клітин у внутрішньомозковій порожнині (ППП) котів можуть містити різноманітні нейромедіатори, включаючи енкефалін, нейротензин, соматостатин та речовину Р. У гризунів нейрони, що містять вазоактивний кишковий пептид, пов'язаний з геном кальцитоніну (CGRP), також були локалізовані в внутрішньомозковій порожнині за допомогою імуноцитохімії. Також прегангліонарні волокна в сакральному парасимпатичному відтоку містять енкефалін. Очевидно, що нейротрансмісія є плюрихімічною як у прегангліонарних, так і в постгангліонарних системах волокон [83, 84].

Вісцеральні аферентні нейрони є полімодальними та збуджуються фізичними (розтягнення, скорочення), хімічними та тепловими подіями. Ці стимули передаються до нейронів спинного мозку та стовбура мозку, що призводить до регуляції органів-мішеней, рефлексів та відчуття. У щурів вагусні аферентні нейрони, що виникають у шлунку, можуть закінчуватися в межах довгастого мозку nucleus tractus solitarius поблизу дендритів від еферентних нейронів дорсального рухового ядра, що посиляють аксони назад до шлунка. Первинні аферентні нейрони спинного мозку, що іннервують нутрощі, мають численні функції (аферентні, еферентні та трофічні функції) та містять різноманітний асортимент нейропептидів, включаючи пептид, пов'язаний з геном кальцитоніну (CGRP), речовину Р, VIP та поліпептид, що активує аденілатциклазу гіпофіза (PACAP). Наприклад, аферентні нейрони сечового міхура рухаються в гіпогастральних та тазових нервах, а їхні клітинні тіла розташовані в дорсальних корінцевих гангліях (DRG) у спинномозкових сегментах T11–L2 та S2–S4 у людей та L1–L2 та L6–S1 у щурів. Аферентні волокна сечового міхура складаються з тонко мієлінізованих

волокон А-дельта та немієлінізованих волокон С. А-дельта -волокна – це мієлінізовані волокна, які передають сенсорну інформацію щодо наповнення та розтягнення сечового міхура до центральної нервової системи. У спинному мозку А-дельта волокна синапсуються як з інтернейронами, що беруть участь у спинномозкових рефlekсах, так і з нейронами спинномозкового тракту, що проектується до центрів мозку вищого порядку. С-волокна синапсуються на тих самих інтернейронах, що й А-дельта волокна; однак вони немієлінізовані та за нормальних умов нечутливі до наповнення сечового міхура. У людей С-волокна реагують лише тоді, коли присутній шкідливий подразник, такий як хімічне подразнення [76, 126].

Мобілізація/утилізація специфічних макронутрієнтів: ліпідів. Стимуляція β -АР у жировій тканині активує гормоночутливу ліпазу, ініціюючи ліполіз, розщеплення тригліцеринів на вільні жирні кислоти та гліцерин. Після мобілізації ці вільні жирні кислоти зв'язуються з альбуміном у крові та транспортуються до органів/тканин через серцево-судинну систему. Вільні жирні кислоти потрапляють у скелетні м'язи через різні білки активного транспорту, а потім у мітохондрії за допомогою карнітинових шляхів. У мітохондріях вони окислюються шляхом бета-окислення. Під час стимуляції β 1-АР збільшуються витрати енергії та окислення жирних кислот; однак, обидва ці процеси послаблюються, коли ліполіз фармакологічно пригнічується. Це свідчить про те, що β 1-АР можуть бути важливішими для мобілізації, ніж для утилізації ліпідів [29, 148].

1.3 Перетравлення та всмоктування жирів у свині

Перетравлення жирів у свині починається зі споживання корму. Коли корм потрапляє в рот, він піддається впливу слинних ферментів, включаючи ліпазу в концентрації 2–52 Од/л [2]. У новонароджених поросят активність лінгвальної та панкреатичної ліпази може бути присутньою на аналогічному або вищому рівні, ніж шлункові ліпази [39, 72], хоча біологічне значення лінгвальної ліпази зменшується з віком свиней [101]. Аналогічно, Tecles et al.

(2017) повідомляли про наявність загальної естерази – подібного ферменту до ліпази, який специфічно гідролізує водонерозчинні довголанцюгові триацилгліцерини – з рівнями активності 75,25–323,65 Од/л у слині свиней. Ці ферменти додатково змішуються з кормом шляхом подрібнення зубами, що вивільняє тригліцериди з кормової матриці та запускає процес емульгування тригліцеридів [141].

У шлунковій фазі первинний гідроліз відбувається з тригліцеридів до дигліцеридів та вільних жирних кислот – подальший гідроліз дигліцеридів на цьому етапі можна вважати незначним [85] – і починається пряме всмоктування коротколанцюгових вільних жирних кислот [160]. Вивільнення та всмоктування цих вільних жирних кислот є основним тригером для гормональних каскадів, включаючи реакцію ССК, яка контролює ситість та голод [91]. У людей шлункові ліпази сприяють до 40% загального перетравлення ліпідів, але свинячі шлункові ліпази незворотно інактивуються при рН 4 [11].

Незважаючи на дію як слинних, так і шлункових ліпаз, більшість споживаного жиру всмоктується в тонкому кишечнику свиней, причому понад 70% жиру, що потрапляє у дванадцятипалу кишку, присутній у вигляді тригліцеридів [73]. При потраплянні у водне середовище дванадцятипалої кишки, протягом години після споживання корму, більшість спожитих жирів все ще не емульговані [155] і тому присутні у формі великих крапель. У цих краплях міститься різноманітна кількість жиророзчинних поживних речовин, таких як вітаміни та каротиноїди - включення цих поживних речовин у ліпідні краплі, а пізніше в міцелярні структури, є життєво важливим для їх перетравлення та всмоктування [6].

У дванадцятипалій кишці жовчні солі та інші амфифільні сполуки (наприклад, ліпопротеїни, фосфоліпіди, лізофосфоліпіди) покривають поверхню жиру, де вони починають емульгуватися в менші краплі. Потрапляння крапель жиру в дванадцятипалу кишку стимулює вивільнення

бікарбонату натрію в просвіт та секрецію панкреатичних ферментів, включаючи коліпазу, ліпазу, фосфоліпазу та холестеринестеразу [4, 9].

Перш ніж відбудеться гідроліз тригліцеридів, панкреатична ліпаза повинна спочатку адсорбуватися на межі розділу олії та води краплі емульсії [119]. Прикріплення ліпази залежить не лише від загальної доступної площі поверхні, але й від наявності різних поверхнево-активних сполук, включаючи білки, жовчні солі, фосфоліпіди, моногліцериди та вільні жирні кислоти [95, 96, 120]. Коліпаза, яка складається як з гідрофобних, так і з гідрофільних амінокислот, відіграє ключову роль у процесі прикріплення ліпази: вона здатна утворювати комплекс один до одного з ліпазою, діючи як якір для ліпази та стабілізуючи фермент у його відкритій конформації, оголюючи його активний центр [37]. Крім того, за відсутності коліпази, жовчні солі та інші поверхнево-активні сполуки конкурують з ліпазою за доступну площу поверхні на межі розділу, знижуючи ефективність гідролізу ліпідів [154].

Після приєднання коліпазно-ліпазного комплексу тригліцериди гідролізуються на дигліцериди та вільні жирні кислоти (ВЖК). Дигліцериди потім додатково гідролізуються на моногліцериди та ще більше ВЖК; продуктами цього гідролізу є ВЖК з положень sn-1 та sn-3 та sn-2-моногліцерид [17, 144]. Активність ліпази пригнічується накопиченням моногліцеридів та ВЖК поблизу неї. Тому видалення цих продуктів гідролізу з інтерфази є важливою частиною процесу перетравлення жирів. Коротколанцюгові жирні кислоти та середньоланцюгові ЖК розчиняються як окремі компоненти в просвіті кишечника, тоді як для транспортування ДЛЖК та моногліцеридів у водну фазу потрібні полярні ліпіди, такі як жовчні солі та лізофосфоліпіди [154]. Ці полярні ліпіди здатні утворювати міцели змішаних солей жовчних кислот, які містять моногліцериди, вільні жирні кислоти та жиророзчинні поживні речовини. Формування цих змішаних міцелярних структур відбувається у тісній співпраці з коліпазно-ліпазним комплексом на межі крапель [40, 77]. Змішані міцели складаються з аполярного ядра з

жиророзчинних вітамінів та холестеринових ефірів, обгорнутих моношаром полярних ліпідів, включаючи моногліцериди, вільний холестерин, фосфоліпіди та лізофосфоліпіди. Змішані міцели, потім транспортуються до ентероцитів тонкого кишечника. Дослідження на мишах показують, що деякі жиророзчинні поживні речовини всмоктуються нижче в тонкому кишечнику, ніж вважалося раніше, ближче до дистального кінця тонкого кишечника в дистальному відділі порожньої та клубової кишки [52, 118], і – враховуючи, що коротколанцюгові жирні кислоти (SCFA) та середньоланцюгові жирні кислоти (MCFA) можуть всмоктуватися та метаболізуватися епітелієм товстої кишки [74] – це може бути те саме у свиней, хоча для підтвердження потрібні подальші дослідження.

У ранніх дослідженнях припускалося, що поглинання всіх ліпідів через мембрану ентероцитів є пасивним процесом, який включає дію, подібну до «фліпфлопу», через мембрану ентероцитів. «Фліп-флоп»-рухи, також відомі як транслокація фосфоліпідів, є поширеними у всіх фосфоліпідних бішарах і дозволяють міжмембранний транспорт фосфоліпідів [80]. На сьогоднішній день не всі деталі процесу поглинання ліпідів повністю вивчені, але зараз відомо, що коротколанцюгові жирні кислоти (SCFA) та середньоланцюгові жирні кислоти (MCFA) поглинаються шляхом простої дифузії через мембрану ентероцитів, тоді як низьколанцюгові жирні кислоти (LCFA) поглинаються через активний, опосередкований білками процес [85]. Наскільки важливим є цей опосередкований, активний транспорт жирних кислот у свиней, є нормальним чи високим, до кінця не визначено [79]. Незважаючи на складний фізіологічний процес, жир є порівняно засвоюваним порівняно з іншими макронутрієнтами. Це особливо стосується багатоплідних свиноматок, які мають більш зрілий та розвинений кишечник і мікробіоту. Порівняно з поросятами, що ростуть, це дозволяє збільшити засвоюваність жиру, що також частково пов'язано з практикою обмеження корму [13].

1.3.1 Харчова цінність жирів та олій у раціонах свиней

1. Корисна енергетична цінність, яку тварина може отримати з ліпідів, залежить від виду та віку і змінюється залежно від хімічного складу самих ліпідів. Понад 20 років тому було опубліковано загальне прогностичне рівняння енергії для свиней, більш відоме як рівняння Вайзмена. Розроблені рівняння є специфічними для виду та стадії життя тварин та віку. Це рівняння пов'язує видиму метаболізовану енергію (AME) для свійської птиці та перетравну енергію (DE) для свиней з рівнем насичення, довжиною ланцюга та рівнем вільних жирних кислот застосованого жиру. Оцінки вмісту ME та NE можна згодом розрахувати, що для свиней ME становить 98% від DE, а NE - 88% від ME. Аналогічно, повідомляли, що вміст ME становив 99% від DE, а NE – 90% від DE, виміряних за допомогою непрямой калориметрії [15, 24].

Прогнозування справжньої доступності та використання харчових жирів і олій у свиней ще більше ускладнюється ендогенними втратами жиру (ЕВЖ), що є терміном для позначення жирів, що містяться в травленні або фекаліях, які не мають харчового походження. Оцінки ЕВЖ можна проводити як для окремого інгредієнта, так і для цілого раціону, а середні значення ЕВЖ у свиней на зростанні коливаються від -1,33 до 14,02 г/кг споживання сухої речовини, причому результати між дослідженнями не узгоджуються. Різниця в ЕВЖ між джерелами ліпідів, ймовірно, пов'язана зі співвідношенням U:S у жирі, причому олії містять високу частку ненасичених жирних кислот, здатних полегшити виведення з фекаліями ендогенних втрат через мікробне гідрування ненасичених жирних кислот у задній кишці [25, 26].

Крім того, промислові процеси, такі як переробка, рафінування та крекінг, впливають на хімічну структуру, а отже, викликають зміни в метаболізованій енергії та чутливості до окислення. Крім того, через неідеальну обробку, транспортування, зберігання та обробку необхідно враховувати фактори, що розбавляють енергію, такі як волога, домішки та неомілювані продукти та неелювані речовини (NEM) [151]. Окрім

забезпечення енергії, харчові жири є джерелом жирних кислот, включаючи незамінні жирні кислоти лінолеву (n-6) та ліноленову (n-3) кислоти. Склад жирних кислот, включаючи співвідношення n-3 та n-6 жирних кислот, визначає багато фізичних властивостей жирів та олій, а також часто те, що відрізняє олії від інших жирів. Зміна співвідношення n-3:n-6 жирних кислот у раціонах свиней може суттєво впливати на продуктивність: було показано, що раціони з високим вмістом n-6 викликають зниження продуктивності у свиноматок [109, 124], хоча дані щодо поросят обмежені та часто суперечливі [139], тому необхідні подальші дослідження впливу різних співвідношень n-3:n-6 на практичне формулювання кормів.

У нещодавньому аналізі складу та якості зразків комерційних жирів та олій, Wealleans et al. (2021) виявили, що присутність факторів розрідження енергії – вологи, домішок та неомилюваних речовин – може знизити енергетичну цінність зразків олії до 46% від опублікованої оцінки для соєвої олії, тваринного жиру, кислих олій, соняшникової олії. Ці результати свідчать про те, що, оскільки високоякісні жири та олії все частіше використовуються для споживання людиною та замінюються дешевшими альтернативами, виробники кормів для свиней ризикують переоцінити внесок ліпідів у енергетичну цінність раціону, а також їхню якість [31]. Оскільки енергетичний внесок таких компонентів, як неомилюваних речовин, може призвести до значних змін в енергетичному вмісті жирів та олій, нещодавно було опубліковано модифіковане рівняння Вайзмана, що містить поправочний коефіцієнт неомилюваних речовин, для оцінки більш реалістичної харчової цінності ліпиду (рівняння 1). Як описано у Wealleans, включення цього поправочного коефіцієнта призводить до збільшення варіації енергії іноді до 45% [152].

1.3.2 Вплив співвідношення U:S на використання жирів та олій

Загальновідомо, що насичені жири засвоюються гірше, ніж ненасичені жирні кислоти. Однак важливо зазначити, що вимірювання засвоюваності

окремих жирних кислот сильно залежить від місцезнаходження [43]. Наприклад, стеаринова кислота (C18:0) часто може показувати дуже низькі (або навіть негативні) коефіцієнти засвоюваності з фекаліями; це, ймовірно, пов'язано з біогідруванням ненасичених жирних кислот, включаючи олеїнову (C18:1), лінолеву (C18:2) та ліноленову (C18:3).

Вищий рівень ненасиченості підвищує засвоюваність, тоді як довший ланцюг жирних кислот знижує засвоюваність. Аналогічно, як у поросят на відлученні, так і у поросят на відгодівлі ненасичені жирні кислоти засвоюються краще, ніж насичені жирні кислоти [146], а стеаринова кислота засвоюється гірше, ніж пальмітинова кислота. Сін виявили, що збільшення рівня високонасиченого смальцю знижує продуктивність поросят на відлученні. Аналогічно, виявили покращений приріст та ефективність при раціонах, складених з кокосовою олією, ніж зі смальцем або кукурудзяною олією. Це може бути частково зумовлено стереохімією: панкреатична ліпаза, здається, має більшу спорідненість до поліненасичених жирних кислот (PUFA), ніж до насичених жирних кислот [21]. Однак, засвоєння SFA може бути покращено шляхом додавання ненасичених жирних кислот; це збільшення, ймовірно, пов'язане з посиленням утворенням міцел і, отже, кращою загальною засвоюваністю жирів.

Через цю різницю в легкості засвоєння насичених і ненасичених жирів, співвідношення U:S жиру або олії визнано одним з найважливіших факторів, що контролюють засвоюваність ліпідів, поряд з перекисним окисленням [93]. Коли співвідношення $U:S \geq 1,5$, середня засвоюваність жиру становить 85–92%, але знижується, коли співвідношення менше 1/3; Powles визначили, що зміни співвідношення U:S супроводжуються відповідними криволінійними змінами значень перетравлюваної енергії (DE) [112].

Ступінь різниці в засвоєнні ненасичених і насичених жирних кислот може залежати від віку: молодим свиням може знадобитися більше НЖК у раціоні для ефективності використання жиру, ніж свиням на

вирощуванні/відгодівлі [56]. Відразу після відлучення вироблення ендогенних ферментів у шлунково-кишковому тракті свиней падає [62], а вироблення жовчних солей стає лімітуючим фактором для перетравлення жирів [107]. З віком свиней та зменшенням стресу від відлучення їхня травна система краще справляється зі складнішим перетравленням та засвоєнням насичених жирних кислот [34].

1.3.3 Вплив довжини ланцюга жирних кислот та їхнього розподілу на використання жирів та олій

Добре відомо, що жирні кислоти з коротшими ланцюгами перетравлюються та всмоктуються швидше та повніше, що призводить до вищих коефіцієнтів перетравлюваності. Навіть серед коротколанцюгових жирних кислот коротші ланцюги перетравлюються та всмоктуються швидше: Dicklin повідомили, що C6:0 мав у 7,5 раза більшу концентрацію в плазмі, ніж C8:0 через годину після інтубації новонароджених поросят. Аналогічно, середньоланцюгові жирні кислоти гідролізуються швидше, ніж низьколанцюгові жирні кислоти. Різниця у швидкості всмоктування може бути суттєвою: C4:0 може гідролізуватися вдвічі швидше, ніж C18:0, хоча загальне використання не завжди може бути збільшене. Довголанцюгові жирні кислоти також уповільнюють спорожнення шлунка, збільшуючи відчуття ситості та зменшуючи швидкість всмоктування всіх поживних речовин [35, 44].

Вплив довжини ланцюга окремої жирної кислоти також впливає на засвоюваність тригліцеридів. Наприклад, Price повідомили, що тригліцериди середнього ланцюга (MCT) засвоюються краще, ніж довголанцюгові тригліцериди (LCT) (98,5% MCT проти 93,4% LCT, $P < 0,001$), хоча різницю можна зменшити шляхом емульгування синтетичним емульгатором. Різниця в гідролізі та всмоктуванні між тригліцедами з різною середньою довжиною ланцюга починає проявлятися після потрапляння в кишечник, де коротші ланцюги можуть проходити безпосередньо через слизову оболонку шлунка,

тоді як LCT спочатку необхідно емульгувати солями жовчних кислот та гідролізувати [113].

Швидкість засвоєння з коротшими ланцюгами означає, що раціони, розроблені з тригліцеридами коротшої довжини ланцюга, ймовірно, будуть більш кетогенними і, теоретично, повинні сприяти швидшому та ефективнішому росту. Zhang повідомили, що заміна LCT на MCT у раціонах для поросят із затримкою внутрішньоутробного розвитку покращує енергетичний метаболізм кишечника та зменшує пошкодження кишечника. Однак Marten повідомили про обмежений вплив довжини ланцюга на швидкість росту або ефективність поросят [97, 113, 163].

Поряд з довжиною ланцюга жирних кислот, положення окремої жирної кислоти на тригліцериді має важливе значення для перетравлення жирів. Як самі жирні кислоти, так і їхнє положення контролюють поведінку всього жиру в кормових матрицях, стереоспецифічність жирних кислот у тригліцериді характерна для різних джерел жирів та олій і сприяє їх ефектам *in vivo*. Більшість природних олій сприяють ненасиченим жирним кислотам у положенні sn-2, переважно SFA у положеннях sn-1 та sn-3 [75]; sn-2 жирні кислоти абсорбуються неушкодженими та служать основними ланцюгами синтезу фосфоліпідів у тварин. Хоча повідомлялося, що панкреатична ліпаза має більшу спорідненість до ефірних зв'язків у положенні sn-1 порівняно з положенням sn-3, всі жирні кислоти в положеннях sn-1 та sn-3 гідролізуються під час травлення, на відміну від лише 22–25% жирних кислот у положенні sn-2 [102]. Ці відмінності в положенні та способи, якими вони впливають на абсорбцію, означають, що джерела ліпідів з подібним складом жирних кислот можуть мати різну доступність [115].

1.3.4 Вплив окислення на використання жирів та олій

У міру окислення жирів та олій вони стають більш насиченими [152], і це може бути одним із факторів, що сприяють впливу годування свиней перекисними жирами: DeRouchey та Yuan спостерігали зниження

засвоюваності поживних речовин при годуванні окисленим білим жиром відбірного сорту та рибацьким жиром відповідно [38, 161]. Однак Liu не виявили жодного впливу на використання поживних речовин окисленням у кукурудзяній олії, ріпаковій олії, жирі птиці або жирі [93]. Метааналіз, проведений Hung, показав, що не було значного впливу на ADFI у 48 з 65 досліджень у свиней на підростанні, хоча в усьому наборі даних перекисні раціони призвели до зниження ADFI на 3% [65]. Аналогічно, підсумовуючи 16 окремих досліджень продуктивності свиней, що порівнювали раціони з перекисними ліпідами порівняно з раціонами з неперекисними ліпідами, Hanson et al. (2014) повідомили про зниження продуктивності на 11,4, 8,8 та 3,4% відповідно в ADG, ADFI та G:F, і висунули теорію, що зниження продуктивності значною мірою пов'язане зі зниженням смакових якостей окислених ліпідів [23, 61, 140], спричиненим наявністю альдегідних сполук. Альдегіди пов'язані з сильними та згріклими смаками та запахами, що пов'язано зі зниженням смакових якостей та споживання корму. Присутність альдегідів також була пов'язана зі зниженням продуктивності, яке спостерігалось у свиней на вирощуванні та відгодівлі, яких годували високопероксидованими соєвою та кукурудзяною оліями [90, 108], хоча жодне з досліджень не спостерігало значного зниження ADFI.

1.3.5 Взаємодія між перетравленням та засвоєнням жирів та інших поживних речовин

Порівняно з свійською птицею, інформація про взаємодію між харчовими жирами та іншими поживними речовинами у свиней обмежена. Це може бути пов'язано з відносно нижчим рівнем доданого жиру в багатьох раціонах свиней. Наприклад, той факт, що додатковий жир уповільнює швидкість проходження травлення, добре описаний у свійській птиці при цьому менше доказів опубліковано у свиней [145]. Аналогічно, лише обмежена увага приділялася взаємодії між засвоюваністю жирів та білків і збільшення рівня жирів у раціоні мало значний, хоча й обмежений, позитивний вплив на засвоюваність кислот у клубовій кишці, але не у

фекаліях, у поросят, яких годували раціонами на основі соєвого або ріпакового шроту, тоді як Zhou повідомляли, що збільшення рівня ріпакової олії покращило загальне поглинання кислот у тракті [165]. Оскільки дані, отримані у бройлерів, вказують на протилежні реакції на збільшення рівня жирів у раціоні, подальша робота з оцінки взаємодії між жирами в раціоні та використанням інших поживних речовин у свиней була б корисною як для наукового розуміння, так і для практичних дієтологів [64].

Одна з найкраще вивчених взаємодій між жирами та іншими поживними речовинами в раціонах свиней – це взаємодія з харчовими волокнами. Повідомляють, що кожен 1 г НДФ/кг сухої речовини знижує засвоюваність енергії приблизно на 0,1%, але збільшення рівня розчинної клітковини має більший вплив на засвоєння жиру, ніж нерозчинної. Подібні результати були показані у людей, де раціони з високим вмістом клітковини посилюють мальабсорбцію жиру та збільшують виділення жиру. Це може бути простим ефектом розведення – вищий рівень клітковини в раціоні обов'язково збільшить об'єм корму, зменшуючи його енергетичну щільність. Однак, більш імовірно, що ефект клітковини полягає як у розведенні, так і в фізіологічній взаємодії [46, 48].

Відомо, що клітковина зв'язується з жовчними кислотами: деякі джерела клітковини, включаючи ізольовані пектини, можуть взаємодіяти з жовчними кислотами в умовах тонкого кишечника, що призводить до зниження швидкості реабсорбції та збільшення екскреції [41]. Це виведення солей жовчі може бути причиною корисного зниження рівня холестерину в плазмі після прийому добавок клітковини, але також знижує засвоюваність ліпідів, коли солі жовчі є лімітуючими факторами [42, 57]. Також було показано, що високий рівень харчових волокон може безпосередньо пригнічувати активність травних ферментів (включаючи ліпази), змінюючи ферменти на молекулярному рівні через електростатичні, водневі зв'язки або гідрофобні взаємодії, що змінюють третинну структуру ферментів [28, 111].

Aguilera-Angel продемонстрували, що вплив клітковини на активність панкреатичної ліпази сильно залежить від структури: хоча зміни молекулярної маси мали обмежений вплив на ефективність інгібування, збільшення ступеня метоксилювання полісахариду також збільшувало здатність клітковини пригнічувати активність ліпази [1]. Однак оцінка впливу клітковини на активність травних ферментів ускладнюється повідомленнями про збільшення секреції підшлункової залози після прийому добавок клітковини [69].

1.3.6 Використання харчових жирів свиноматок та поросят-сисунів

Єдина мета свиноматки під час лактації — захистити своїх поросят від харчових дистресів: щоб забезпечити їхній ріст, вона жертвує власними резервами організму, мобілізуючи м'язи та жир для виробництва достатньої кількості молока для подальшого росту поросят. Сучасні свиноматки відлучають до 35 поросят на рік, а в деяких випадках і більше, тому ця мобілізація резервів організму може бути надзвичайно великою. Ці втрати мають подальший вплив на репродуктивний успіх свиноматки в наступній лактації: Криволінійну залежність між втратою ваги під час лактації та тривалістю інтервалу між відлученням та вибракуванням у наступній лактації. Оскільки репродуктивна недостатність є основною причиною раннього вибракування, цей зв'язок чітко демонструє важливість мінімізації втрати ваги свиноматки для її майбутнього довголіття [53, 54].

Однак, хоча збільшення споживання жирів або енергії в раціоні здається значною мірою корисним для свиноматки, було показано, що високий рівень споживання жиру у поросних свиноматок негативно корелює з розвитком фолікулів у потомства самиць [158]. Окрім меншої кількості фолікулів та менших яєчників, потомство свиноматок, яких годували раціоном з високим вмістом жиру під час поросності, мало збільшену товщину спинного жиру як до, так і під час статевого дозрівання. Надмірна товщина спинного жиру є проблемою не лише у свиней на відгодівлі, але й у молодих свинок може спричинити зниження споживання корму під час лактації та призвести до

погіршення репродуктивної продуктивності, особливо враховуючи, що рівень гена *baх*, пов'язаного з апоптозом фолікулів, був значно підвищений у потомства від свиноматок, яких годували з високим вмістом жиру, що свідчить про швидший темп виснаження фолікулів та скорочення репродуктивного довголіття [114].

У свиноматок, що лактують, додавання жиру до раціону може покращити репродуктивні показники, особливо коли свиноматки перебувають під тепловим стресом, покращуючи показники зачаття та опоросу, а також подальший розмір посліду [125, 131]. Як продемонстрували Lauridsen, збільшення рівня доданого жиру в раціонах для лактації суттєво збільшує споживання енергії як до, так і після опоросу; збільшення споживання енергії зменшить негативний енергетичний баланс і сприятиме покращенню продуктивності [30, 86]. Ці покращення стану свиноматок зі збільшенням вмісту жиру в раціоні супроводжуються змінами концентрації жиру в молозиві та молоці свиноматки – у ранніх роботах повідомлялося про лінійну залежність між вмістом жиру в раціоні та концентрацією молочного жиру з незначною біотрансформацією профілю жирних кислот – таким чином покращуючи продуктивність поросят-сисунів [10, 110].

Як обговорювалося вище, існують практичні обмеження щодо включення доданого жиру до комерційних кормів. Водночас свиноматка має обмежену здатність споживати поживні речовини, і в сучасних генетичних лініях рідко може споживати достатньо, щоб покрити власні потреби в підтримці [89]. Ці проблеми посилюють те, що ефективність використання корму ME в раціоні для виробництва молока становить близько 72%, тоді як доступність енергії, мобілізованої з резервів організму, наближається до 87%, а це означає, що свиноматки продовжуватимуть мобілізувати резерви організму навіть за умови збільшення рівня в раціоні. Незважаючи на явну можливість покращення продуктивності, дослідження щодо використання емульгаторів та інших добавок у свиноматок обмежені.

Висновки до розділу 1

Автономна нервова система досить велика система, що локалізована у організмі ссавців та відіграє важливу роль у регулюванні механізмів, що контролюють сталість гомеостазу. Дана нервова система простягається по всім частинам тіла, забезпечуючи швидкий аналіз отриманих рецепторних сигналів та відповіді на них, особливо це стосується впливу негативних факторів зовнішнього середовища, що спричиняють стрес для тварини так і людини. Для врегулювання даного негативного впливу автономна нервова система залучає симпатичну і парасимпатичну нервову систему. В результаті, організм має спроможність вдало протистояти змінам оточуючого середовища. Саме дана нервова система забезпечує сталий контроль над обміном речовин у організмі, що описує її як один із необхідних факторів, що потрібно враховувати при оцінці обміну поживних речовин так і під час застосування методів у покращенні даних процесів.

Ліпідний обмін у організмі свиней дуже важлива складова, що забезпечує ріст і розвиток організму з подальшим наростанням маси тіла, для досягнення необхідної кондиції, яка передбачена технології вирощування. Контроль даного обміну речовин переважно забезпечується за допомогою симпатичної і парасимпатичної нервової системи, що виділяє дану нервову систему як важливий фактор при оцінці та спробам контролю ліпідного обміну. Тому використання різних кормових добавок необхідно поєднувати із аналізом даної нервової системи, оскільки кожен живий організм це індивідуальна система, що має відповідні особливості обміну речовин.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Загальна схема дослідження

Дисертаційна робота виконана впродовж 2022-2024 рр. на кафедрі біохімії та фізіології тварин ім. акад. М.Ф. Гулого а з 1 липня 2024 року на кафедрі фізіології хребетних і фармакології Національного університету біоресурсів і природокористування України згідно з схемою дослідження, представленою на рисунку 1.



Експериментальні дослідження виконувалися на базі свинокомплексу ТОВ «Кошет», село Чопівці, Мукачівського району, Закарпатської області. Для досліджень було відібрано свиноматки гібрид першого покоління(F1) порід Великої білої та Ландрас в кількості 30 голів. Годівля тварин

проводиться готовими повноцінними кормами відповідно до раціонів господарства. Всі маніпуляції з свинями проводилися з урахуванням основних принципів біоетики, відповідно до Статті 26 Конституції України [88], Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для експериментальних та інших наукових цілей (1986) директива 2010/63/EU, 2010 [45] та «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених Першим національним конгресом з біоетики України [87].

Першим етапом проведення дослідження було визначення тонусу автономної нервової системи у свиней використовуючи варіаційно-пульсометричне дослідження. Отримані групи свиней нормотоніки, ваготонкі, симпатотоніки були розподілені на контрольну та дослідну групу. Дослідній групу застосовували кормову добавку наносполуки мікроелементів феруму в дозі – 3 мг/добу та германію – 0.01 мг/добу на кожну голову за допомогою випоювання на протязі 60 діб, контрольна група споживала стандартний раціон.

Другий етап дослідження полягав у лабораторному дослідженні плазми крові свиней на показники вмісту жирних кислот на 10 день, 40 та 60, з урахуванням тонусу автономної нервової системи.

Третій етап дослідження полягав у аналіз отриманих результатів та статистичного аналізу даних та оформленні наукової роботи.

2.2 Методика визначення тонусу автономної нервової системи

Варіаційно-пульсометричне дослідження виконувалося за допомогою одноканального електрокардіографа Heart Mirror ІКО (Угорщина, Innomed). Проведення електрокардіографічного дослідження виконувалося на тварині у стані спокою та стоячому положенні. Місця кріплення електродів для виконання електрокардіограми обробляли спиртом та наносили електропровідний гель. Електроди для відведення R-L були розташовані таким чином, що негативний відвід був у точці 4-5 см від грудини між 5-м і 6-м ребрами з правого боку грудної клітки, а позитивний відвід – у тій самій точці

з лівого боку грудної клітки. Електроди для відведення А-В, яке було розташоване вздовж лінії, що проходить від довгої осі серця, через верхівку та основу, були розташовані таким чином, що негативний відвід був на остистому відростку осьового хребця (С2), а позитивний - на мечоподібному відростку в цьому дослідженні. Відведення А-В було в основному подібним за положенням до електродів, визначених у свиней [137]. Затискач який використовується при проведенні дослідження називається затискач типу «крокодил». Результати роботи серця були записані за допомогою паперу для електрокардіологічного дослідження. Швидкість протяжки стрічки під час запису кардіосигналів становила 50 мм/с.

Отриману електрокардіограму було обраховано відповідно до варіаційно-пульсометричного дослідження. Першим було визначено показник моди (M_o) – відображає інтервал скорочення серця у тварини, обчислено відповідно за відстанню проміжку R-R. Наступним встановлено значення амплітуди мови (AM_o) – вказує на відсоткову кількість отриманих показників моди. Після цього визначався варіаційний розмах (Δx), який відображає різницю між максимальним та мінімальним значення моди, для оцінки розбіжності даного показника. Після цього визначаються три основних показника, що свідчать про тонус автономної нервової системи. Індекс автономної рівноваги (ІАР) відображає активність симпатичної нервової системи визначається часткою між амплітудою моди та варіаційним розмахом. Автономний показник ритму (АПР) описує співвідношення впливу симпатичної і парасимпатичної нервової системи і вираховується за відповідною формулою:

$$АПР = 1 \div (M_o \times \Delta x) \quad (2.1)$$

Останній показник який визначає тонус автономної нервової системи є індекс напруги, або індекс стресу (ІН) – відображає активність симпатичної і парасимпатичної нервової системи та обчислюється за формулою:

$$ІН = AM_o \div (2 \times M_o \times \Delta x) \quad (2.2)$$

2.3 Відбір проб крові

Для виконання хроматографічного дослідження застосовували венозну кров. Відбір крові у свиней виконували через краніальну порожнисту вену в місці жолобу утвореного довгими мускулами шиї зліва або права на 1-2 см збоку від трахеї та на 1-2 см вище грудної кістки, із використанням стерильного шприца із 1% гепарином в розрахунку 3 краплі гепарину на 10 мл крові. Відібрану кров транспортували у термоконтейнері за температури 4°C. Для отримання плазми, кров з антикоагулянтном центрифугували 10 хвилин при 2000 об/хв. Під час відбору крові уникали зайвого стресу для тварини для запобігання змін показників в наслідок маніпуляцій з свинею.

2.4 Екстракція ліпідів за Фолчем

Отриману плазму крові за допомогою центрифугування змішували із сумішшю хлороформу та метанолу (за пропорцією спиртів 2:1) по співвідношенню 1:20 тобто на 1 мл плазми крові потрібно додати 20 мл суміші реактивів.

Сирий екстракт ретельно змішували з 0,2 його об'ємом води після цього суміш залишали для розділення на дві фази шляхом центрифугування. Об'єми верхньої та нижньої фаз становлять, відповідно, 40 і 60 відсотків від загального об'єму системи. Верхню фазу видаляли якомога більше за допомогою сифона, а видалення розчинених речовин завершували триразовим промиванням межі розділу невеликими кількостями чистих розчинників верхньої фази таким чином, щоб не порушити нижню фазу. Нижня фаза і залишки промивної рідини об'єднуються в одну фазу шляхом додавання метанолу, а отриманий розчин розбавляли до кінцевого об'єму шляхом додавання суміші хлороформу і метанолу в пропорції 2:1.

Наприклад, якщо потрібно промити 10 мл сирого екстракту, екстракт поміщали у 15-міліметрову центрифужну пробірку. До нього додавали 2 мл води, обидві рідини змішують за допомогою мішалки, потім мішалку промивали у пробірці мінімальною кількістю чистого розчинника нижньої

фази, а пробірку закривали алюмінієвою фольгою і центрифугували до повного розділення системи на дві фази без будь-якого міжфазного розчину. Тривалість центрифугування тривала 20 хвилин при 2400 об/хв для плазми крові. Об'єми верхньої та нижньої фаз становлять відповідно 4,8 та 7,2 мл. Верхня фаза видаляється якомога швидше за допомогою піпетки.

Далі внутрішню стінку пробірки промивали приблизно 1,5 мл чистої верхньої фази розчинника, яку обережно виливали з піпетки, щоб промивна рідина зібралася поверх нижньої фази без змішування двох фаз. Пробірку обережно обертали, щоб забезпечити змішування промивної рідини з рештою вихідної верхньої фази, а потім суміш видаляли. Це промивання стінок пробірки та міжфази чистою верхньою фазою розчинника повторювали двічі. Нарешті, нижню фазу розбавляли до об'єму 10 мл, як зазначено вище [49].

2.5 Виконання хроматографічного дослідження

Профілювання жирних кислот виконувалося в одиницях вимірювання які виражаються у відсотках від загальної кількості жирних кислот, також відомих як вага до ваги та скорочено по-різному як «%, маса:маса» або «г/100 г». Подання профілю застосовувалося тому, що є найпоширенішим способом вираження даних про жирні кислоти [133]. Маса є природною одиницею для аналізу, оскільки детектор реагує на загальну кількість спаленого С та Н, а не на молі кожного аналіту, що елюються з колонки. Цей метод є природним для досліджень, зосереджених на конкуренції між різними жирними кислотами за доступ до метаболізму, етерифікація та взаємоперетворення з однієї жирної кислоти в іншу.

Відсоткові показники профілю більш точніший, бо демонструють меншу варіабельність, ніж абсолютна концентрація і як правило, розподілялося нормально, що є статистичною перевагою.

Вибір капілярної колонки базувався на кращій можливості ідентифікування та кількісного визначення вмісту жирних кислот у досліджуваному зразку. Використовували традиційну капілярної колонки з

бісціанопропілової колонки, що продається для визначення трансжирних кислот для профілювання плазми крові. Жирні кислоти були класифіковані відповідно до категорій, що базувалися на основі довільних діапазонів вмісту. Категорія А включала жирні кислоти з вмістом $>0,30\%$ від загальної кількості жирних кислот, причому деякі із жирні кислоти, є критично важливими для інтерпретації метаболізму. Цей список містить 21 жирну кислоту, що в сумі становить $\geq 95\%$ від загальної кількості жирних кислот плазми. Наскільки нам відомо, наразі не існує зовнішньої стандартної суміші з усіма 21 жирними кислотами групи А [128, 129].

Категорія В включала 7 жирних кислот, вміст яких зазвичай становить від $0,10\%$ до $0,30\%$ від загальної кількості жирних кислот, які можна виявити, але можуть відрізнятися в різних пулах крові. Категорія С включає жирні кислоти, що становлять $<0,20\%$ від загальної кількості та потребують колонок з високою полярністю для виявлення. Не зважаючи на великий список жирних кислот значну роль приділяли саме жирним кислотам категорії А адже саме вони надавали більш чіткішу оцінку показників щодо відносного відсотка [22] Також були при цьому винятки такі як омега 9 та 6 жирні кислоти які мали низький відсотковий вміст, але були необхідними для детальної оцінки обміну ліпідів у організмі (Табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Категорії жирних кислот за вмістом у організмі

Жирна кислота	Категорія жирної кислот	Відсоток вмісту %
Лауринова C12:0	B	0,22
Міристинова кислота C14:0	A	1,44
Пентадеканова кислота C15:0	B	0,15
Пальмітинова кислота C16:0	A	23,78
Гептадеканова C17:0	B	0,25
Стеаринова кислота C18:0	A	7,25
Арахідова кислота C20:0	B	0,16
Докозанова кислота C22:0	A	0,34
Трикозанова кислота C23:0	B	0,12
Лігноцеринова кислота C24:0	A	0,32
Пальмітолеїнова кислота 16:1n-7	A	1,59
Транс-11-октадекенова кислота 18:1n-7	A3	1,50
Олеїнова кислота 18:1n-9	A	17,14
Ейкозенова кислота 20:1n-9	B	0,13
Ерукова кислота 22:1n-9	B4	0,05
Нервонова кислота 24:1n-9	A	0,51
Ейкозатрієнова кислота 20:3n-9	A5	0,05
Линолева кислота 18:2n-6	A	27,93
Гамма-ліноленова кислота 18:3n-6	A	0,33
Ейкозадієнова кислот 20:2n-6	A5	0,14
Дігомо-γ-ліноленова кислота 20:3n-6	A	0,86
Арахідонова кислота 20:4n-6	A	5,24
Докозадієнова кислота 22:2n-6	C	0,04
Докозатетраєнова кислота 22:4n-6	A5	0,11
Докозапентаєнова кислота 22:5n-6	A5	0,08
Альфа-ліноленова кислота 18:3n-3	A	0,82
Ейкозатрієнова кислота 20:3n-3	C	0,04
Ейкозапентаєнова кислота 20:5n-3	A	2,18
Докозагексаєнова кислота 22:6n-3	A	2,59

Профіль жирних кислот оцінювався інтегрованою площею піку, яка калібрувалася для отримання інтерпретованих результатів. Використовував класичний метод калібрування – це використання коефіцієнтів відгуку [82]. Відгуки змінювалися залежно від налаштувань. Основна варіація полягає в

інжекторі через диференціальне завантаження на капілярну колонку під час розділеного введення, при цьому детектор реагував аналогічно на кожну жирну кислоту відповідно до вмісту вуглецю та водню. Коефіцієнти відгуку визначався шляхом приготування зовнішньої стандартної суміші з однаковою вагою або відомою нерівною вагою та застосування корекції до необроблених площ на основі диференціального відгуку. Відсотки площі – це необроблені дані. Тому їх вважали є упередженими показниками, тому виконувалося калібрування для запобігання цього [55].

Позитивна ідентифікація аналізу метилового ефіру жирних кислот, включала положення та геометрію подвійних зв'язків, а також розгалуження ланцюга, яке виключає всі правильні структури. Час утримування та молекулярні маси відповідали стандарту. Усі невідомі піки, що з'являлися були оцінені чи є вони жирними кислотами чи ні за допомогою врахування часів утримування, такі як індекси утримування.

2.6 Статистичний аналіз

Критерій вірогідності Стюдента (t):

$$t = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 - m_2^2}} \quad (2.3)$$

з якого визначають **коефіцієнт вірогідності (p)** за таблицею Стюдента. Отриманий критерій вірогідності співставляється з показником у таблиці Стюдента, з врахуванням ступеня вибірки двох (n_1 і n_2) порівнюваних груп ($n_c - 2$). Наприклад, порівнюється вміст загального білка у сироватці крові 10 (n_1) корів, хворих на пневмонію, з 10 (n_2) клінічно здоровими. При цьому, $n_c = n_1 + n_2 - 2 = 10 + 10 - 2 = 18$. Критерій вірогідності (t) між двома групами показників склав 2,3, що при $n = 18$, за таблицею Стюдента, коефіцієнт вірогідності (p) буде $< 0,05$.

Якщо коефіцієнт вірогідності (p) буде $< 0,05$, то різниця між групами є слабо вірогідна; коли $p < 0,01$ — середньо вірогідна і $p < 0,001$ — сильно вірогідна. Якщо $p > 0,05$, то різниця між групами є не вірогідною [166].

Стандартні значення критерію Стьюдента (t_{st})

У такому випадку можна позначити, згідно з таблицею Стьюдента, $p < 0,5$ або $p < 0,1$ (залежно від значень t) і це свідчить про не вірогідність різниці між групами. Інколи, у таблицю Стьюдента вводять додаткові коефіцієнти вірогідності ($p < 0,02, < 0,03, < 0,04$).

Коефіцієнт кореляції (r):

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_1 - M_1) \times (X_2 - M_2)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_1 - M_1)^2 \times \sum_{i=1}^n (X_2 - M_2)^2}} \quad (2.4)$$

де:

X_1 і X_2 — результати окремих визначень,

M_1 і M_2 — середні арифметичні кожного ряду,

$(X_1 - M_1)$ і $(X_2 - M_2)$ — відхилення кожного із визначень від середньої арифметичної.

Коефіцієнти кореляції можуть коливатися від 0 до +1 при позитивній кореляції і від 0 до -1 — при негативній кореляції. При доброму співпадінні показників порівнюваних груп або методів коефіцієнт кореляції буде біля 1, а при відсутності зв'язку між результатами — біля 0. Чим менший коефіцієнт кореляції, тим нижчий ступінь співпадіння показників. Якщо коефіцієнт кореляції має негативне значення, то зв'язок між показниками чи групами має протилежні зміни.

Інтерпретація коефіцієнту кореляції:

$r = + 0,9$ і $>$ — дуже сильна позитивна кореляція;

$r =$ від $+ 0,7$ до $+ 0,9$ — сильна позитивна кореляція;

$r =$ від $+ 0,5$ до $+ 0,7$ — середня позитивна кореляція;

$r =$ від $+ 0,3$ до $+ 0,5$ — помірна позитивна кореляція;

$r = < + 0,3$ — слабка позитивна кореляція;

$r = -0,9$ і $>$ — дуже сильна негативна кореляція;

$r =$ від $-0,7$ до $-0,9$ — сильна негативна кореляція;

$r =$ від $-0,5$ до $-0,7$ — середня негативна кореляція;

$r =$ від $-0,3$ до $-0,5$ — помірна негативна кореляція;

$r = < -0,3$ — слабка негативна кореляція [123].

Одновимірний аналіз даних

Одновимірний аналіз виконується для опису розподілу та основних характеристик однієї кількісної змінної. Аналіз включає розрахунок мір центральної тенденції, мінливості та форми розподілу.

Спочатку необроблені дані впорядковуються у порядку зростання та визначається кількість спостережень (n). Середнє арифметичне обчислюється як сума всіх спостережень, поділена на їх кількість. Медіана визначається як середнє значення впорядкованого набору даних, а мода — як значення, що зустрічається найчастіше.

Для оцінки варіабельності даних визначаються мінімальне та максимальне значення, а діапазон розраховується як їх різниця. Дисперсія розраховується як середнє квадратичне відхилення кожного спостереження від середнього значення. Стандартне відхилення отримується як квадратний корінь з дисперсії та відображає ступінь розсіювання окремих значень навколо середнього значення. За необхідності стандартна похибка середнього значення розраховується шляхом ділення стандартного відхилення на квадратний корінь з розміру вибірки.

Форма розподілу оцінюється шляхом обчислення асиметрії, яка вказує на ступінь асиметрії, та ексцесу, який відображає піковість розподілу. Нормальність розподілу даних можна оцінити за допомогою графічних методів (гістограм, коробкових діаграм) або статистичних тестів, таких як тест Шапіро-Уїлка.

Результати одновимірного аналізу зазвичай представляють як середнє значення $\pm$ стандартне відхилення для даних з нормальним розподілом або як медіану з міжквартильним розмахом для ненормальних розподілів.

Висновки до розділу 2

Використання сучасних клінічних, лабораторних методів (хроматографія) та статистичної оцінки отриманих результатів дослідження в повному об'ємі надає інформацію про показники тонусу автономної нервової системи, зміни жирнокислотного складу крові у свиней з урахування індивідуальних особливостей та застосування кормової добавки наноаквахелатів. Етапність даного дослідження в повній мірі забезпечує оцінку змін показників ліпідного обміну у свиней та аналіз впливу тонуса автономної нервової системи.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Варіаційно-пульсометричне дослідження свиней

Оцінюючи активність відділів автономної нервової системи у свиней було встановлено характерні показники за варіаційно-пульсометричного дослідження, що відображають індивідуальні особливості кожної тварини, що відображені в у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Показники варіаційно-пульсометричного дослідження характерні для тонуру автономної нервової системи. ($M \pm m$, $n=10$)

	Нормотоніки	Симпатотоніки	Ваготоніки
Пульс за 1 хв	70,43±2,02	94±1,52**	53,57±1,26**
Mo	0,86±0,02	0,64±0,01**	1,12±0,03**
Амо	24,75±0,45	39,51±1,78**	11,87±0,25**
ΔX	0,16±0,01	0,07±0,01*	0,24±0,01**
ІН	94±5,37	437±38,18**	22,31±1,25**
ІАР	160±6,08	556±42,52**	49,92±2,77**
АПР	7,60±0,41	22,35±2,21**	3,75±0,17*

Примітка. * $P < 0,01$, ** $P < 0,001$ різниця достовірна порівняно зі значеннями нормотоніків.

За оцінки показників варіаційно-пульсометричного дослідження виявлено відмінності, що характеризують тонус автономної нервової системи. Так значення моди відносно дослідної групи нормотоніків було у симпатотоніків менше на 25,58% ($P < 0,001$), а у ваготоніків більше на 30,23% ($P < 0,001$).

Амплітуда моди характеризувалася відносно показників групи нормотоніків високими показниками у групи симпатотоніків на 59,63% ($P < 0,001$), а у ваготоніків зменшувався на 52,04% ($P < 0,001$). Показник варіаційної розбіжності даних, що описує розбіжність показника моди мав найменші значення у симпатотоніків у 2,29 разів ($P < 0,001$), а у ваготоніків найбільші у 1,5 рази по відношенню із нормотоніками.

Індекс автономної рівноваги, що характеризує активність симпатичної нервової системи мав досить значні показники саме у групи, що мала перевагу симпатотонії і характеризувалася найбільшим значенням в 3,5 разів відносно нормотоніків ($P < 0,001$), а тварини із найменшою активністю симпатичної нервовою системою такі як ваготоніків відповідно, мали найменші показники ІАР у 3,21 рази ($P < 0,001$).

Автономний показник ритму, як один із показників відображення активності відділів автономної нервової системи мав більші показник у групи симпатотоніків із перевагою симпатичної нервової системи у 2,94 рази ($P < 0,001$), а ваготоніків із перевагою активності парасимпатичної нервової системи даний показник був менший на 50,66% ($P < 0,001$).

Останні показник, що характеризує активність автономної нервової системи також відображає стресовий стан тварини, що і надає йому назву індекс стресу. Згідно оцінки даних варіаційно-пульсометричного дослідження встановлено, що збільшення даної перемінної виникає у свиней із перевагою впливу симпатичної нервової системи і відносно нормотоніків він у 4,65 разів більший ($P < 0,001$), а у ваготоніків 4,21 рази менший ($P < 0,001$).

3.2 Показники вмісту насичених жирних кислот у ліпідах плазми крові свиней на 10 добу дослідження

За аналізу вмісту насичених жирних кислот у ліпідах плазми крові свиней за застосування кормової добавки наноаквахелатів встановлено відмінності у тварин з нормотонією (Табл. 3.2)

Таблиця 3.2

Показники вмісту насичених жирних кислот у свиней нормотоніків на 10 день дослідження ($M \pm m$, $n=5$)

Показники	10 днів контроль	10 днів дослідна
міристинова кислота C14:0	0,21 $\pm$ 0,01	0,17 $\pm$ 0,01*
пентадеканова кислота C15:0	0,18 $\pm$ 0,03	0,16 $\pm$ 0,01
пальмітинова кислота C16:0	25,63 $\pm$ 0,34	23,43 $\pm$ 0,23**
Гептадеканова кислота C17:0	0,37 $\pm$ 0,03	0,59 $\pm$ 0,05**
Стеаринова кислота C18:0	28,16 $\pm$ 0,32	25,40 $\pm$ 0,34*
Бегенова кислота C22:0	1,20 $\pm$ 0,13	1,26 $\pm$ 0,04

Примітка. * $P < 0,05$, ** $P < 0,01$ різниця достовірна порівняно зі значеннями контрольної групи нормотоніків.

Згідно хроматографічного аналізу ліпідів плазми крові свиней нормотоніків на 10 день встановлено, що відсоток вмісту міристинової кислоти у контрольної групи було на 23,53% ($P < 0,05$) більше. Пальмітинова кислота характеризувалася більшою концентрацією у контрольної групи нормотоніків на 9,4% ($P < 0,01$). Гептадеканова кислота у дослідної групи свиней нормотоніків була більшою у 1,6 раза ($P < 0,01$) по відношенню до контролю.

Стеаринова кислота характеризувалася по вмісту у дослідної групи на 9,8% ($P < 0,05$) менше в порівнянні з контрольної групою тварин. Показники пентадеканової та бегенової кислоти залишилися без суттєвих змін.

За аналізу показників у контрольної і дослідної групи симпатотоніків стосовно вмісту насичених жирних кислот у крові свиней, було визначено зміни показників ліпідного вмісту плазми крові свиней, при використанні кормової добавки (Табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Показники вмісту насичених жирних кислот у свиней симпатотоніків на 10 добу дослідження ($M \pm m$, $n=5$)

Показники	10 доба контроль	10 доба дослідна
міристинова кислота C14:0	0,15 $\pm$ 0,03	0,28 $\pm$ 0,02**
пентадеканова кислота C15:0	0,16 $\pm$ 0,02	0,24 $\pm$ 0,01*
пальмітинова кислота C16:0	23,51 $\pm$ 0,74	19,29 $\pm$ 0,32**
Гептадеканова кислота C17:0	0,32 $\pm$ 0,07	0,43 $\pm$ 0,01
Стеаринова кислота C18:0	23,78 $\pm$ 0,53	20,94 $\pm$ 0,60*
Бегенова кислота C22:0	0,73 $\pm$ 0,06	0,65 $\pm$ 0,02

Примітка. * $P < 0,05$, ** $P < 0,01$ різниця достовірна порівняно зі значеннями контрольної групи симпатотоніків.

Відповідно до хроматографічного аналізу ліпідів плазми крові свиней симпатотоніків на 10 добу встановлено, що відсоток вмісту міристинової кислоти у контрольної групи було у 1,9 рази ($P < 0,01$) менше. Пентадеканова кислота у дослідної групи була більшою за відсотковим вмістом у 1,5 рази ($P < 0,05$) на відміну від контрольної групи. Пальмітинова кислота характеризувалася більшою концентрацією у контрольної групи нормотоніків на 21,89% ($P < 0,01$). Стеаринова кислота у дослідної групи свиней нормотоніків була меншою на 11,94% ($P < 0,05$) по відношенню до контролю. Показники гептадеканової та бегенової кислоти залишилися без суттєвих змін.

За аналізу вмісту насичених жирних кислот у ліпідах плазми крові свиней за застосування кормової добавки наноаквахелатів встановлено відмінності у тварин з ваготонією (Табл. 3.4). Дослідна група ваготоніків на 10 добу дослідження при застосуванні кормової добавки наноаквахелатів, характеризувалася найменшою відмінністю вмісту насичених жирних кислот серед інших груп тварин.

Було встановлено зменшення вмісту пальмітинової кислоти у дослідної групи ваготоніків на 9,6% ($P < 0,05$) та стеаринової кислоти на 8,3% ($P < 0,05$) в порівнянні з контрольною групою свиней.

Таблиця 3.4

Показники вмісту насичених жирних кислот у свиней ваготоніків на 10 добу дослідження ($M \pm m$, $n=5$)

Показники	10 доба контроль	10 доба дослідна
міристинова кислота C14:0	0,20±0,03	0,15±0,01
пентадеканова кислота C15:0	0,17±0,02	0,10±0,01
пальмітинова кислота C16:0	24,63±0,33	22,26±0,75*
Гептадеканова кислота C17:0	0,43±0,03	0,41±0,02
Стеаринова кислота C18:0	24,49±0,36	22,45±0,57*
Бегенова кислота C22:0	1,25±0,06	1,05±0,09

Примітка. * $P < 0,05$, різниця достовірна порівняно зі значеннями контрольної групи ваготоніків.

Відсотковий вміст міристинової, пентадеканової, гептадеканової та бегенової кислоти не мав значних змін між контрольною і дослідною групою, що вказує на першому етапі дослідження ліпідного вмісту крові про значимість індивідуальних особливостей організму.

3.3 Показники вмісту ненасичених жирних кислот у ліпідах плазми крові свиней на 10 день дослідження

10 доба дослідження показників ліпідного вмісту у крові свиней нормотоніків характеризуються відмінностями, про що свідчать показники хроматографічного дослідження плазми крові даних тварин (Табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Показники вмісту ненасичених жирних кислот у свиней нормотоніків на 10 добу дослідження ($M \pm m$, $n=5$)

Показники	10 доба контроль	10 доба дослідна
пальмітолеїнова кислота C16:1	0,17±0,02	0,19±0,01
олеїнова кислота C18:1n9	10,91±0,48	13,19±0,33*
лінолева кислота C18:2n6	23,81±0,24	23,65±0,32
цис-11-ейкозенова кислота (C20:1n9)	0,44±0,04	0,60±0,05*
ліноленова кислота (C18:3n3)	0,11±0,02	0,21±0,03*
цис-11,14-ейкозатрієнова кислота (C20:2n6)	0,29±0,02	0,41±0,03*
Цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота C20:3n6	0,68±0,08	1,05±0,04*
арахідонова кислота (C20:4n6)	5,85±0,32	7,06±0,18*

цис-11,14,17-ейкозатрієнова кислота C20:3n3	0,17±0,03	0,32±0,02*
докозадієнова кислота C22:2n6	0,21±0,03	0,37±0,02**
нервонова кислота C24:1n9	0,27±0,03	0,48±0,01**
цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнова кислота C22:6n3	1,08±0,06	1,52±0,07**

Примітка. *P<0,05, **P<0,01 різниця достовірна порівняно зі значеннями контрольної групи нормотоніків.

Тварини з нормотонією при оцінці ненасичених жирних кислот характеризувалося більшим вмістом олеїнової кислоти на 20,9% (P<0,05) в порівнянні з контрольною групою. Свині із стандартним раціоном годівлі мали менший вміст цис-11-ейкозенової кислоти на 26,7% (P<0,05) на відміну з тваринами із модифікованим раціоном.

Вміст ліноленової кислоти був більшим у дослідній групі свиней у 1,9 рази (P<0,05) в порівнянні із контрольною. Цис-11,14-ейкозадієнова кислота була меншою у тварин із стандартним раціоном годівлі на 29,3% (P<0,05). Цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота була більшою на 54,4% (P<0,05) у дослідної групи свиней на відміну із контрольними групами. Арахідонова кислота була меншою на 20,7% у тварин із стандартними раціоном годівлі (P<0,05) на відміну із модифікованим. Цис-11,14,17-ейкозатрієнова кислота була у 1,9 рази більшою саме у дослідної групи тварин (P<0,05).

Докозадієнова кислота і нервонова кислота їх вміст був меншим саме у свиней і стандартним раціоном годівлі на 43,2% та 43,8% відповідно до тварин яким застосовували наноаквахелати (P<0,01). Цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнова кислота характеризувалася більшим вмістом у дослідної групи тварин у 1,4 рази (P<0,01) в порівнянні і контролем. Дослідження вмісту ненасичених жирних кислот у контрольної і дослідної групи симпатотоніків за хроматографічного аналізу свідчить про відмінності на 10 день даних показників між групами тварин (Табл. 3.6).

Таблиця 3.6

**Показники вмісту ненасичених жирних кислот у свиней
симпатотоніків на 10 добу дослідження ($M \pm m$, $n=5$)**

Показники	10 діб контроль	10 діб дослідна
пальмітолеїнова кислота C16:1	0,24±0,02	0,41±0,02***
олеїнова кислота C18:1n9c	13,52±0,25	15,77±0,61*
лінолева кислота C18:2n6c	27,00±0,42	29,83±0,22**
цис-11-ейкозенова кислота (C20:1n9	0,45±0,05	0,70±0,02*
ліноленова кислота (C18:3n3)	0,14±0,03	0,27±0,01*
цис-11,14-ейкозатрієнова кислота (C20:2t6)	0,31±0,02	0,38±0,01
Цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота C20:3n6	0,36±0,03	0,50±0,02*
арахідонова кислота (C20:4n6)	7,34±0,18	8,28±0,14*
цис-11,14,17-ейкозатрієнова кислота C20:3n3	0,11±0,03	0,20±0,01
докозатрієнова кислота C22:2n6	0,24±0,03	0,28±0,02
нервонова кислота C24:1n9	0,31±0,03	0,32±0,02
цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнова кислота C22:6n3	1,20±0,09	1,68±0,02*

Примітка. * $P < 0,05$, ** $P < 0,01$ *** $P < 0,001$ різниця достовірна порівняно зі значеннями контрольної групи симпатотоніків.

Вміст ненасичених жирних кислот у свиней симпатотоніків становить значну відмінність по відсотковому вмісту. Так пальмітолеїнова кислота була більшою у дослідної групи у 1,7 рази по відношенню до контрольної ($P < 0,001$). Тварин зі стандартним раціоном годівлі мали менший вміст олеїнової кислоти на 14,27% ($P < 0,05$) по відношенню до свиней які споживали кормову добавку.

Лінолевої кислоти зростав вміст саме у дослідної групи на 10,48% ($P < 0,01$) за порівняння з контрольною групою. Цис-11-ейкозенової кислоти було менше в свиней з стандартним раціоном на 35,71% ($P < 0,05$) в порівнянні з тваринами із модифікованим раціоном.

Ліноленова кислота зростала саме у дослідної групи тварин у 1,92 рази ($P < 0,05$). Цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота зменшувалася у симпатотоніків

контрольної групи на 28% ($P<0,05$). Арахідонова кислота була значно більшою саме у дослідній групі симпатотоніків, які споживали додатково кормову добавку на 12,8% ($P<0,05$). Цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнова кислота зменшувалася по відсотковому вмісту в контрольній групі тварин на 28,57% на відміну від дослідної групи свиней ($P<0,05$). Також на 10 добу цис-11,14-ейкозадієнова, цис-11,14,17-ейкозатрієнова, докозадієнова, нервонова кислота не мали значних відмінностей між групами тварин симпатотоніків.

Група ваготоніків за хроматографічного аналізу вмісту ліпідів у крові свиней мала зрушення у концентрації ненасичених жирних кислот при використанні кормової добавки наноаквахелатів (Табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Показники вмісту ненасичених жирних кислот у свиней ваготоніків на 10 добу дослідження ($M\pm m$, $n=5$)

Показники	10 доба контроль	10 доба дослідна
пальмітолеїнова кислота C16:1	0,31 $\pm$ 0,02	0,42 $\pm$ 0,01**
олеїнова кислота C18:1n9c	12,43 $\pm$ 0,26	14,76 $\pm$ 0,88*
лінолева кислота C18:2n6c	22,40 $\pm$ 0,33	24,27 $\pm$ 0,74
цис-11-ейкозенова кислота (C20:1n9	0,46 $\pm$ 0,03	0,39 $\pm$ 0,02
ліноленова кислота (C18:3n3)	0,13 $\pm$ 0,02	0,22 $\pm$ 0,02*
цис-11,14-ейкозадієнова кислота (C20:2t6)	0,39 $\pm$ 0,03	0,63 $\pm$ 0,08*
Цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота C20:3n6	0,93 $\pm$ 0,06	0,97 $\pm$ 0,05
арахідонова кислота (C20:4n6)	8,47 $\pm$ 0,18	8,69 $\pm$ 0,33
цис-11,14,17-ейкозатрієнова кислота C20:3n3	0,23 $\pm$ 0,02	0,25 $\pm$ 0,03
докозадієнова кислота C22:2n6	0,50 $\pm$ 0,04	0,68 $\pm$ 0,06*
нервонова кислота C24:1n9	0,58 $\pm$ 0,04	0,75 $\pm$ 0,06*
цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнова кислота C22:6n3	1,60 $\pm$ 0,08	2,03 $\pm$ 0,19

Примітка. * $P<0,05$, ** $P<0,01$ різниця достовірна порівняно зі значеннями контрольної групи ваготоніків.

За хроматографічного дослідження плазми крові свиней на показники ліпідного вмісту, було визначено, що пальмітолеїнова кислота у дослідній групі ваготоніків було більше у відсотковій концентрації на 35,48% ($P<0,01$)

на відміну від контрольної групи. Олеїнова кислота мала менші показники саме у тварин із стандартним раціоном годівлі на 15,8% ($P<0,05$) за оцінки показників хроматограми. Ліноленова кислота мала більші показники у дослідної групи свиней, що становило у 1,7 рази більші значення на відміну від контрольної групи ($P<0,05$). За показниками вмісту цис-11,14-ейкозадієнної кислоти значний приріст становив, саме у свиней, які мали у раціоні годівлі суміш наноаквахелатів, що спричинило приріст даної жирної кислоти у 1,6 рази ($P<0,05$) по відношенню до групи тварин контролю. Докозадієнова кислота зменшувалася за вмістом у свиней із стандартним раціоном на 26,47% ($P<0,05$) при співставленні даних із дослідною групою тварин. Нервонова кислота характеризувалася збільшенням відсоткового місту у тварин яким задавали суміш нановкахелатів, що становило на 29,31% ($P<0,05$) за порівняння з базовою групою тварин. Також саму у даної групи на 10 день не мали значних змін у концентрації такі жирні кислоти як лінолева, цис-11-ейкозенова, цис-8,11,14-ейкозатрієнова, арахідонова, цис-11,14,17-ейкозатрієнова, цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнова.

3.4 Показники вмісту насичених жирних кислот у ліпідах плазми крові свиней на 40 день дослідження.

На 40 день дослідження згідно результатів хроматографічного аналізу було визначено зміни ліпідного вмісту у плазмі крові свиней нормотоніків (Табл. 3.8).

Таблиця 3.8

Показники вмісту насичених жирних кислот у свиней нормотоніків на 40 добу дослідження ($M \pm m$, $n=5$)

Показники	40 діб контроль	40 діб дослідна
міристинова кислота C14:0	0,15 $\pm$ 0,01	0,25 $\pm$ 0,02**
пентадеканова кислота C15:0	0,20 $\pm$ 0,02	0,24 $\pm$ 0,04
пальмітинова кислота C16:0	24,63 $\pm$ 0,34	21,64 $\pm$ 0,77**
Гептадеканова кислота C17:0	0,46 $\pm$ 0,03	0,34 $\pm$ 0,02*
Стеаринова кислота C18:0	27,55 $\pm$ 0,28	24,60 $\pm$ 0,46**
Бегенова кислота C22:0	1,32 $\pm$ 0,03	1,08 $\pm$ 0,04**

Примітка. * $P<0,05$, ** $P<0,01$ різниця достовірна порівняно зі значеннями контрольної групи нормотоніків.

Згідно даних хроматограми виявлено, що міристонової кислоти було більше у дослідної групи свиней у 1,7 рази ($P<0,01$) на відміну від контрольної групи. Також відмічається зростання пальмітинової кислоти у тварин із базовим раціоном годівлі на 13,82% ($P<0,01$) відносно тих хто отримував додаткового наноаквахелати. Гептадеканова кислоти становила менший вміст у дослідної групи свиней на 26,1% ($P<0,05$) за співставлення даних із базовою групою.

Стеаринова кислота зростала на 40 добу у контрольної групи тварин на 12% ($P<0,01$) за порівняння з дослідною групою. Бегенова кислота характеризувалася зменшеним вмістом у свиней, які харчувалися раціоном із наноаквахелатами на 18,2% ($P<0,01$).

40 доба дослідження для контрольної і дослідної групи симпатотоніків характеризувалося змінами насичених жирних кислот у плазмі крові свиней (Табл. 3.9).

Таблиця 3.9

Показники вмісту насичених жирних кислот у свиней симпатотоніків на 40 добу дослідження ($M \pm m$, $n=5$)

Показники	40 діб контроль	40 діб дослідна
міристинова кислота C14:0	0,32 $\pm$ 0,03	0,21 $\pm$ 0,02*
пентадеканова кислота C15:0	0,25 $\pm$ 0,01	0,20 $\pm$ 0,01*
пальмітинова кислота C16:0	23,96 $\pm$ 0,57	20,77 $\pm$ 0,22*
Гептадеканова кислота C17:0	0,53 $\pm$ 0,02	0,42 $\pm$ 0,02*
Стеаринова кислота C18:0	24,44 $\pm$ 0,45	20,74 $\pm$ 0,16**
Бегенова кислота C22:0	0,80 $\pm$ 0,04	0,54 $\pm$ 0,03*

Примітка. * $P<0,01$, ** $P<0,001$ різниця достовірна порівняно зі значеннями контрольної групи нормотоніків.

За аналізу результатів хроматографічного дослідження виявлено, що міристонової кислоти було менше у дослідної групи свиней у 1,5 рази ($P<0,01$) на відміну від контрольної групи. Також відмічається зростання

пентадеканової кислоти у тварин із базовим раціоном годівлі на 25% ($P<0,01$) відносно тих хто отримував додаткового наноаквахелати.

Пальмітинова кислота характеризувалася більшим вмістом у контрольної групи на 15,36% ($P<0,01$) по відношенню до тварин із додатковою кормовою добавкою. Гептадеканова кислоти становила менший вміст у дослідної групи свиней на 20,75% ($P<0,01$) за співставлення даних із базовою групою.

Стеаринова кислота зростала на 40 добу у контрольної групи тварин на 17,84% ($P<0,01$) за порівняння з дослідною групою. Бегенова кислота характеризувалася зменшеним вмістом у свиней, які харчувалися раціоном із наноаквахелатами на 32,5% ($P<0,01$).

Результати хроматографічного аналізу групи ваготоніків, характеризувалися змінами насичених жирних кислот по відношенню контрольної групи до дослідної, що становить значну відмінність у результатах (Табл. 3.10).

Таблиця 3.10

Показники вмісту насичених жирних кислот у свиней ваготоніків на 40 добу дослідження ($M\pm m$, $n=5$)

Показники	40 діб контроль	40 діб дослідна
міристинова кислота C14:0	0,28 $\pm$ 0,02	0,19 $\pm$ 0,02**
пентадеканова кислота C15:0	0,31 $\pm$ 0,02	0,22 $\pm$ 0,03*
пальмітинова кислота C16:0	25,01 $\pm$ 0,51	21,31 $\pm$ 0,31**
Гептадеканова кислота C17:0	0,31 $\pm$ 0,02	0,24 $\pm$ 0,02*
Стеаринова кислота C18:0	24,23 $\pm$ 0,46	21,36 $\pm$ 0,21***
Бегенова кислота C22:0	1,29 $\pm$ 0,03	1,06 $\pm$ 0,05**

Примітка. * $P<0,05$, ** $P<0,01$ *** $P<0,001$ різниця достовірна порівняно зі значеннями контрольної групи ваготоніків.

Згідно оцінки хроматограми виявлено, що міристинової кислоти було менше у дослідної групи свиней у 1,5 рази ($P<0,01$) на відміну від контрольної групи. Також відмічається зростання пентадеканової кислоти у тварин із

базовим раціоном годівлі на 40,9% ($P<0,01$) відносно тих хто отримував додаткового наноаквахелати.

Пальмітинова кислота характеризувалася більшим вмістом у контрольної групи на 17,36% ($P<0,01$) по відношенню до тварин із додатковою кормовою добавкою. Гепатадеканова кислоти становила менший вміст у дослідної групи свиней на 22,6% ($P<0,01$) за співставлення даних із базовою групою.

Стеаринова кислота зростала на 40 добу у контрольної групи тварин на 13,44% ($P<0,01$) за порівняння з дослідною групою. Бегенова кислота характеризувалася зменшеним вмістом у свиней, які харчувалися раціоном із наноаквахелатами на 17,83% ($P<0,01$).

3.5 Показники вмісту ненасичених жирних кислот у ліпідах плазми крові свиней на 40 добу дослідження.

На 40 добу застосування кормової добавки, встановлені зміни при аналізі ненасичених жирних кислот у свиней нормотоніків (Табл. 3.11).

Таблиця 3.11

Показники вмісту ненасичених жирних кислот у свиней нормотоніків на 40 добу дослідження ($M \pm m$, $n=5$)

Показники	40 діб контроль	40 діб дослідна
пальмітолеїнова кислота C16:1	0,13 $\pm$ 0,01	0,15 $\pm$ 0,01
олеїнова кислота C18:1n9c	12,57 $\pm$ 0,39	14,23 $\pm$ 0,23**
лінолева кислота C18:2n6c	22,34 $\pm$ 0,35	24,23 $\pm$ 0,27**
цис-11-ейкозенова кислота (C20:1n9	0,33 $\pm$ 0,03	0,43 $\pm$ 0,02*
ліноленова кислота (C18:3n3)	0,13 $\pm$ 0,02	0,20 $\pm$ 0,02
цис-11,14-ейкозадієнова кислота (C20:2t6)	0,28 $\pm$ 0,03	0,51 $\pm$ 0,06**
Цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота C20:3n6	1,04 $\pm$ 0,06	1,26 $\pm$ 0,07*
арахідонова кислота (C20:4n6)	6,86 $\pm$ 0,25	7,91 $\pm$ 0,26*
цис-11,14,17-ейкозатрієнова кислота C20:3n3	0,23 $\pm$ 0,02	0,27 $\pm$ 0,04
докозадієнова кислота C22:2n6	0,41 $\pm$ 0,05	0,59 $\pm$ 0,05*
нервонова кислота C24:1n9	0,51 $\pm$ 0,04	0,77 $\pm$ 0,05**
цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнова кислота C22:6n3	1,14 $\pm$ 0,06	1,80 $\pm$ 0,19**

Примітка. * $P < 0,05$, ** $P < 0,01$ різниця достовірна порівняно зі значеннями контрольної групи нормотоніків.

Аналізування показників ненасичених жирних кислот у свиней нормотоніків становило такі зміни як, зростання олеїнової жирної кислоти на 13,2% ($P < 0,01$) у дослідної групи по відношенню до контрольної. Лінолева кислота зменшувалася на 7,8% у тварин із стандартним раціоном годівлі ($P < 0,01$). Цис-11-ейкозенова кислота зростала у свиней, які споживали кормову добавку наноаквахелатів на 30,3% ($P < 0,05$) через 40 діб. Цис-11,14-ейкозадієнова кислота зменшувалася по відсотковій концентрації у контрольної групи тварин на 45,1% ($P < 0,01$) за зіставлення з протилежною групою.

Цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота зростала на 40 добу у дослідної групи на 21,15% ($P < 0,05$) за рахунок споживання наноаквахелатів. Арахідонова кислота мала більші показники у дослідної групи на 15,31% ($P < 0,05$).

Докозадієнова кислота характеризувалася меншими значеннями у тварин із стандартним раціоном годівлі на 30,5% ($P < 0,05$). Нервонова кислота мала збільшені показники у дослідної групи свиней на 51% ($P < 0,01$) по відношенню до контролю. Також цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнова кислота у тварин, які споживали наноаквахелатів була більшою за вмістом на 57,89% ($P < 0,01$).

За оцінки відсоткового вмісту ненасичених жирних кислот виявлено зміни ліпідного складу у плазмі крові свиней симпатотоніків дослідної та контрольної групи (Табл.3.12)

Таблиця 3.12

Показники вмісту ненасичених жирних кислот у свиней симпатотоніків на 40 добу дослідження ($M \pm m$, $n=5$)

Показники	40 діб контроль	40 діб дослідна
-----------	--------------------	--------------------

пальмітолеїнова кислота C16:1	0,30±0,03	0,35±0,04
олеїнова кислота C18:1n9c	13,67±0,18	16,39±0,20***
лінолева кислота C18:2n6c	25,04±0,24	27,71±0,40***
цис-11-ейкозенова кислота (C20:1n9	0,40±0,05	0,53±0,03
ліноленова кислота (C18:3n3)	0,11±0,01	0,20±0,02**
цис-11,14-ейкозадієнова кислота (C20:2t6)	0,22±0,02	0,45±0,04**
Цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота C20:3n6	0,41±0,03	0,59±0,06*
арахідонова кислота (C20:4n6)	7,13±0,26	8,42±0,27**
цис-11,14,17-ейкозатрієнова кислота C20:3n3	0,13±0,01	0,16±0,02
докозадієнова кислота C22:2n6	0,33±0,03	0,35±0,03
нервонова кислота C24:1n9	0,38±0,02	0,54±0,04**
цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнова кислота C22:6n3	1,30±0,06	1,67±0,07**

Примітка. *P<0,05, **P<0,01 ***P<0,001 різниця достовірна порівняно зі значеннями контрольної групи симпатотоніків.

Встановлено зміни ненасичених жирних кислот у свиней симпатотоніків становило такі зміни як, зростання олеїнової жирної кислоти на 19,9% (P<0,001) у дослідної групи по відношенню до контрольної. Лінолева кислота зменшувалася на 9,6% у тварин із стандартним раціоном годівлі (P<0,001).

Ліноленова кислота зростала у свиней, які споживали кормову добавку наноаквахелатів у 1,8 разів (P<0,01) через 40 діб. Цис-11,14-ейкозадієнова кислота зменшувалася по відсотковій концентрації у контрольної групи тварин у 2,05 рази (P<0,01) за зіставлення з протилежною групою.

Цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота зростала на 40 добу у дослідної групи на 43,9% (P<0,05) за рахунок споживання наноаквахелатів. Арахідонова кислота мала більші показники у дослідної групи на 18,1% (P<0,01).

Нервонова кислота мала збільшені показники у дослідної групи свиней на 51% (P<0,01) по відношенню до контролю. Також цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнова кислота у тварин, які споживали наноаквахелатів була більшою за вмістом на 57,89% (P<0,01).

Показники жирнокислотного аналізу ненасичених жирних кислот у групи ваготоніків дослідної та контрольної мають відмінності на 40 добу застосування кормової добавки наноаквахелатів (Табл. 3.13)

Таблиця 3.13

Показники вмісту ненасичених жирних кислот у свиней ваготонків на 40 добу дослідження ($M \pm m$, $n=5$)

Показники	40 діб контроль	40 діб дослідна
пальмітолеїнова кислота C16:1	0,39±0,03	0,31±0,02
олеїнова кислота C18:1n9c	12,88±0,30	15,73±0,42**
лінолева кислота C18:2n6c	23,47±0,25	25,33±0,49**
цис-11-ейкозенова кислота (C20:1n9	0,36±0,02	0,43±0,04
ліноленова кислота (C18:3n3)	0,13±0,01	0,24±0,03*
цис-11,14-ейкозадієнова кислота (C20:2n6)	0,34±0,02	0,47±0,04*
Цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота C20:3n6	1,02±0,03	1,26±0,09*
арахідонова кислота (C20:4n6)	7,19±0,13	8,79±0,25***
цис-11,14,17-ейкозатрієнова кислота C20:3n3	0,20±0,02	0,23±0,03
докозадієнова кислота C22:2n6	0,36±0,04	0,64±0,04**
нервонова кислота C24:1n9	0,62±0,03	0,82±0,05**
цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнова кислота C22:6n3	1,39±0,06	1,76±0,07**

Примітка. * $P < 0,05$, ** $P < 0,01$ *** $P < 0,001$ різниця достовірна порівняно зі значеннями контрольної групи ваготоніків.

Визначено відмінності ненасичених жирних кислот за хроматографічного аналізу у свиней ваготонків становило такі зміни як, зростання олеїнової жирної кислоти на 22,13% ($P < 0,01$) у дослідної групи по відношенню до контрольної.

Лінолева кислота зменшувалася на 7,3% у тварин із стандартним раціоном годівлі ($P < 0,01$). Ліноленова кислота зростала у свиней, які споживали кормову добавку наноаквахелатів у 1,85 разів ($P < 0,05$) через 40 діб.

Цис-11,14-ейкозадієнова кислота зменшувалася по відсотковій концентрації у контрольної групи тварин на 27,67% ($P < 0,05$) за зіставлення з протилежною групою. Цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота зростала на 40 добу у дослідної групи на 23,53% ($P < 0,05$) за рахунок споживання наноаквахелатів.

Арахідонова кислота мала більші показники у дослідної групи на 22,25% ($P<0,001$). Декозадієнова кислота зменшувалася на 40 добу у контрольної групи на 43,75% ($P<0,01$). Нервонова кислота мала збільшені показники у дослідної групи свиней на 32,26% ($P<0,01$) по відношенню до контролю.

Також цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнова кислота у тварин, які споживали наноаквахелатів була більшою за вмістом на 26,62% ($P<0,01$).

Кореляція жирних кислота та показників варіаційної пульсометрії на 40 добу

За оцінками впливу тонуру автономної нервової системи на показники вмісту жирних кислот, було встановлено, що за кореляційного аналізу визначено залежність між показниками варіаційно-пульсометричного дослідження та жирними кислотами у контрольної групи нормотоніків. Так пальмітинова кислота мала середню негативну кореляційну залежність і індексом напруги $r=(-0,51)$ ($P<0,001$), автономний показник ритму $r=(-0,68)$ ($P<0,001$) і з індексом автономної рівноваги $r=(-0,68)$ ($P<0,001$).

Міристинова кислота корелює з показниками тонуру автономної нервової системи та становить середню позитивну із індексом автономної рівноваги та індексом напруги $r=0,51; 0,56$ ($P<0,001$) і сильну позитивну кореляцію із автономним показником ритму $r=0,77$ ($P<0,001$). Стеаринова кислота по оцінці кореляції мала середню негативну кореляцію із індексом напруги $r=(-0,56)$ ($P<0,001$) і автономним показником ритму в $r=(-0,58)$ ($P<0,001$) та дуже сильну позитивну. Бегенова кислота характеризувалася середню позитивну кореляцією із індексом напруги $r=0,59$ ($P<0,001$), помірну негативну із індекс автономної рівноваги з показником $r=(-0,47)$ ($P<0,001$), а автономний показник ритму відображає сильну позитивну кореляцію $r=0,80$ ($P<0,001$) (Рис. 3.1).

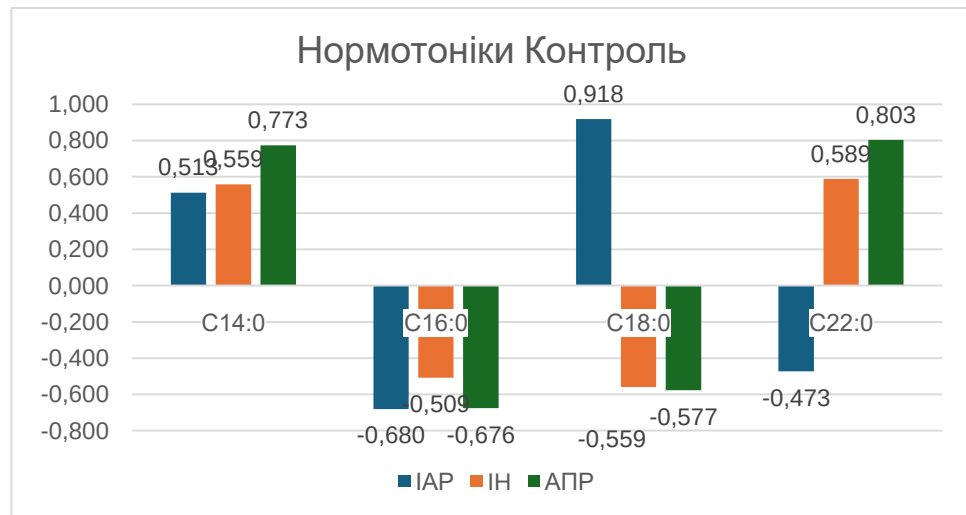


Рис 3.1 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами.

Визначаючи впливу тонуру автономної нервової системи на показники вмісту жирних кислот, було встановлено, що за кореляційного аналізу визначено залежність між показниками варіаційно-пульсометричного дослідження та жирними кислотами у дослідної групи нормотоніків. Так пальмітинова кислота мала високу позитивну кореляційну залежність і індексом напруги $r=0,86$ ($P<0,001$), із автономний показник ритму $r=0,89$ ($P<0,001$) і з індексом автономної рівноваги помірну негативну.

Міристинова кислота корелює з показниками тонуру автономної нервової системи та становить середню позитивну із індексом напруги $r=0,63$ ($P<0,001$) та автономним показником ритму $r=0,62$ ($P<0,001$).

Стеаринова кислота по оцінці кореляції мала середню позитивну кореляцію із індексом напруги $r=0,62$ ($P<0,001$), із автономним показником ритму в $r=0,61$ ($P<0,001$) та помірну негативну із індексом автономної рівноваги $r=(-0,34)$ ($P<0,001$).

Бегенова кислота характеризувалася середню негативну кореляцією із індексом напруги $r=(-0,59)$ ($P<0,001$), а із автономним показником ритму відображала помірну негативну кореляцію $r=(-0,48)$ ($P<0,001$) (Рис. 3.2).

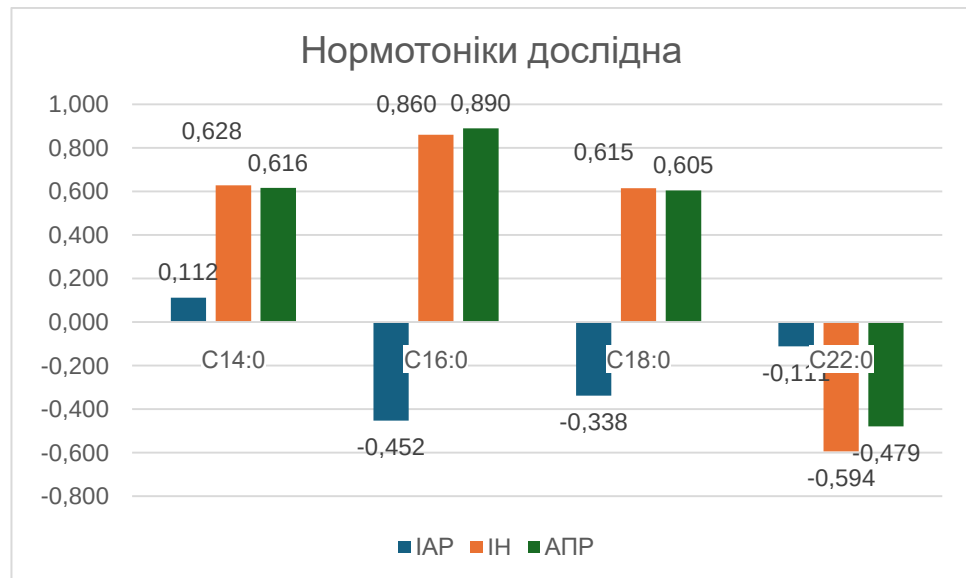


Рис 3.2 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами.

По показникам визначенню кореляційної залежності ненасичених жирних кислот виявлено у олеїнової кислоти сильну позитивну кореляцію $r=0,87$ ($P<0,001$) із індексом напруги, середню позитивну кореляцію $r=0,70$ ($P<0,001$) із автономним показником ритму та індексом автономної рівноваги $r=0,50$ ($P<0,001$).

Нервонова кислота характеризується корелюванням із індексом напруги в дуже сильну негативну кореляції $r=(-0,97)$ ($P<0,001$), із автономним показником ритму $r=(-0,99)$ ($P<0,001$) та слабку позитивну із індексом автономної рівноваги.

Цис-4,7,10,13,16,19-докозагексанова кислота має статистичну залежність між індексом напруги в $r=0,69$ ($P<0,001$) середню позитивну кореляцію та автономним показником ритму $r=0,53$ ($P<0,001$) (Рис. 3.3).

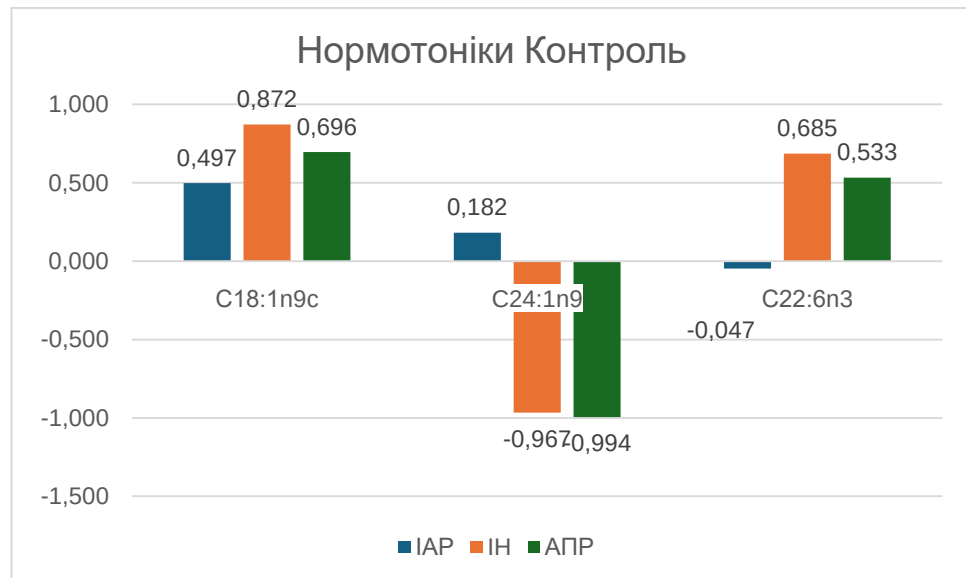


Рис 3.3 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами у контрольній групі нормотоніків.

Оцінка залежності показників варіаційно-пульсометричного дослідження та омега-6 жирних кислот. Лінолева кислота мала сильну позитивну кореляцію із індексом напруги $r=0,78$ ($P<0,001$) та середню позитивну кореляцію із автономним показником ритму $r=0,57$ ($P<0,001$), а із індексом автономної рівноваги помірну негативну $r=(-0,36)$ ($P<0,001$).

Цис-11,14-ейкозадієнова кислота становила кореляційну залежність із показниками індексу напруги в $r=(-0,97)$ ($P<0,001$) дуже сильну негативну кореляцію, індексом автономної рівноваги в $r=0,14$ ($P<0,001$) слабку позитивну кореляцію та автономним показником ритму $r=(-0,98)$ ($P<0,001$), що становить дуже сильну негативну кореляцію.

Цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота має кореляцію із індексом напруги $r=(-0,96)$ ($P<0,001$), що відображає дуже сильну негативну взаємозалежність, індекс автономної рівноваги становить $r=0,49$ ($P<0,001$), що описує помірну позитивну кореляцію, а із автономним показником ритму становить дуже сильну негативну кореляцію в $r=(-0,90)$ ($P<0,001$). Арахідонова кислота має залежність із індексом напруги в $r=0,70$ ($P<0,001$) сильну позитивну кореляцію

та автономним показником ритму в $r=0,54$ ($P<0,001$), що відображує середню позитивну кореляцію.

Докозадієнова кислота корелює із показниками індексу напруги в дуже сильну негативну кореляцію $r=(-0,93)$ ($P<0,001$), так само із автономним показником ритму $r=(-0,99)$ ($P<0,001$) (Рис. 3.4).

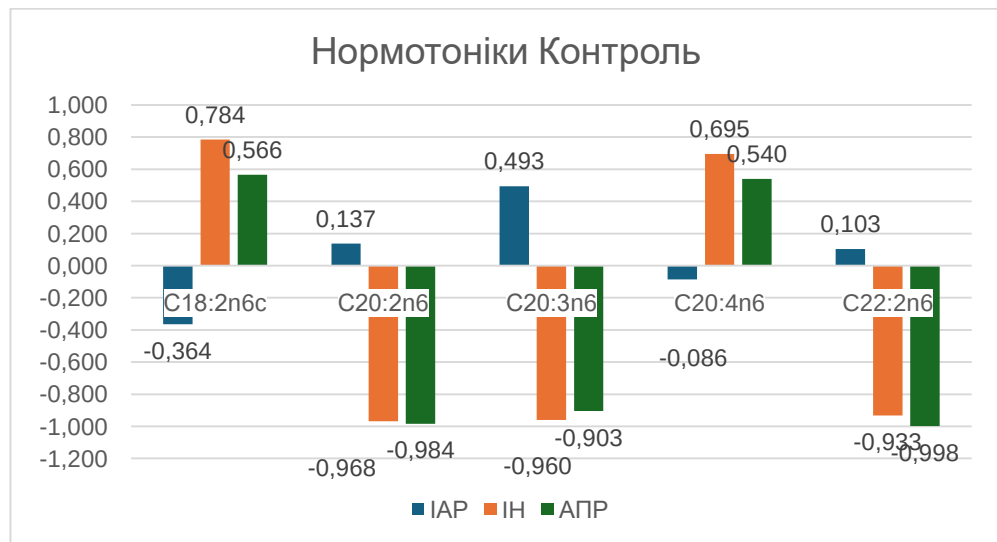


Рис 3.4 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами.

По показникам визначенню кореляційної залежності ненасичених жирних кислот виявлено у олеїнової кислоти середню негативну кореляцію $r=(-0,64)$ ($P<0,001$) із індексом напруги, позитивну кореляцію $r=0,62$ ($P<0,001$) із індексом автономної рівноваги та негативну середню $r=(-0,60)$ ($P<0,001$) із автономним показником ритму.

Нервонова кислота характеризується корелюванням із індексом напруги в середню позитивну кореляції $r=0,53$ ($P<0,001$), індексом автономної рівноваги $r=0,35$ ($P<0,001$) в помірну позитивну кореляцію та середню кореляцію $r=0,65$ ($P<0,001$) із автономним показником ритму.

Цис-4,7,10,13,16,19-докозагексанова кислота має статистичну залежність між індексом напруги в $r=0,67$ ($P<0,001$) середню позитивну кореляцію та автономним показником ритму $r=0,88$ ($P<0,001$) сильну позитивну кореляцію (Рис. 3.5).

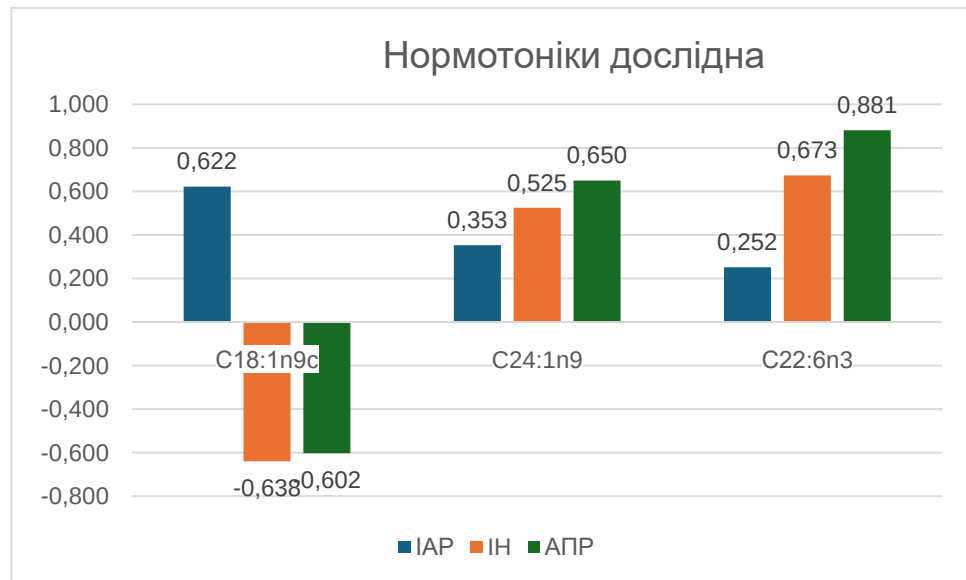


Рис 3.5 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами.

Оцінка залежності показників варіаційно-пульсометричного дослідження та омега-6 жирних кислот виявила, що лінолева кислота мала сильну негативну кореляцію із автономним показником ритму $r=(-0,82)$ ($P<0,001$) та $r=(-0,83)$ із індексом автономної рівноваги ($P<0,001$) та середню негативну із індексом напруги $r=(-0,69)$ ($P<0,001$).

Цис-11,14-ейкозадієнова кислота становила кореляційну залежність із показниками індексу напруги в $r=0,91$ ($P<0,001$) дуже сильну позитивну кореляцію, індексом автономної рівноваги в $r=0,43$ ($P<0,001$) слабку позитивну кореляцію та автономним показником ритму $r=0,75$ ($P<0,001$), що становить сильну позитивну кореляцію.

Цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота має кореляцію із індексом напруги $r=(-0,95)$ ($P<0,001$), що відображає дуже сильну негативну взаємозалежність, індексом автономної рівноваги $r=(-0,73)$ ($P<0,001$), що описує сильну негативну кореляцію, а із автономним показником ритму становить $r=(-0,85)$ ($P<0,001$).

Арахідонова кислота має залежність із індексом напруги в $r=0,87$ ($P<0,001$) сильну позитивну кореляцію та автономним показником ритму в $r=0,71$ ($P<0,001$).

Докозадієнова кислота корелює із показниками індексу напруги в сильну позитивну кореляцію $r=0,74$ ($P<0,001$), так само із автономним показником ритму $r=0,67$ ($P<0,001$) середню позитивну кореляцію (Рис. 3.6).

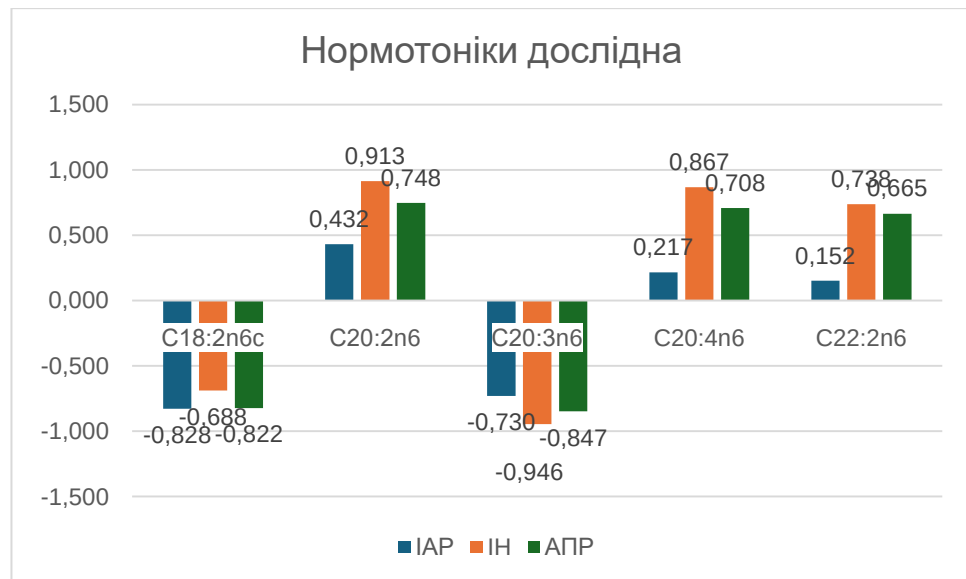


Рис 3.6 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами.

Оцінка кореляційної залежності показників контрольно групи симпатотоніків із насиченими жирними кислота маю значну залежність. Так у міристинової кислоти із значеннями тонусу автономної нервової системи виявлено дуже сильну кореляційну залежність із індексом автономної рівноваги $r=0,95$ ($P<0,001$), індексом напруги $r=0,95$ ($P<0,001$) та автономним показником ритму $r=0,91$ ($P<0,001$).

У пентадеканової кислоти виявлено середню позитивна кореляція із індексом напруги $r=0,67$ ($P<0,001$) та автономним показником ритму $r=0,68$ ($P<0,001$) і сильна позитивна кореляція із індексом автономної рівноваги $r=0,71$ ($P<0,001$).

Пальмітинова кислота по статистичні залежності мала дуже сильну негативну кореляцію $r=(-0,90)$ ($P<0,001$) із індексом напруги та сильну негативну кореляцію із індексом автономної рівноваги $r=(-0,89)$ ($P<0,001$) і автономним показником ритму $r=(-0,73)$ ($P<0,001$).

Гептадеканова кислоти характеризувалася помірною позитивною кореляцією із індексом автономної рівноваги та індексом напруги $r=0,48; 0,44$ ($P<0,001$) і сильну позитивну кореляцію $r=0,84$ ($P<0,001$) із автономним показником ритму.

Стеаринова кислота корелювала із індексом напруги на середню позитивну кореляцію $r=0,64$ ($P<0,001$), із індексом автономної рівноваги $r=0,44$ ($P<0,001$) помірна позитивна кореляція та сильна позитивна кореляція $r=0,89$ ($P<0,001$) із автономним показником ритму.

Бегенова кислота становила із індексом автономної рівноваги $r=0,82$ ($P<0,001$) сильну позитивну кореляцію і індексом напруги $r=0,70$ ($P<0,001$) та середню позитивну кореляцію $r=0,69$ ($P<0,001$) із автономним показником ритму (Рис. 3.7).

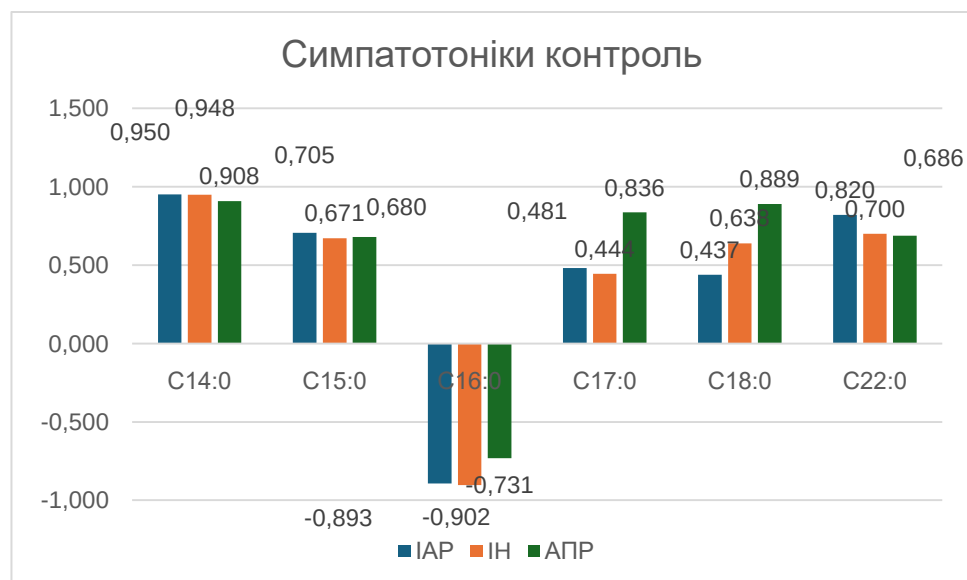


Рис 3.7 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами.

Показники дослідної групи симпатотоніків мали із насиченими жирними кислота значну залежність у показниках тонуру автономної нервової системи. Так у міристинової кислоти із значеннями тонуру автономної нервової системи виявлено помірну негативну кореляційну залежність із індексом автономної рівноваги $r=(-0,49)$ ($P<0,001$), та сильну позитивну кореляцію із індексом напруги $r=(-0,76)$ ($P<0,001$) та автономним показником ритму $r=(-0,85)$ ($P<0,001$).

У пентадеканової кислоти виявлено помірну негативну кореляція із індексом напруги $r=(-0,48)$ ($P<0,001$) та індексом автономної рівноваги $r=(-0,47)$ ($P<0,001$) і середня негативна кореляція із автономним показником ритму $r=(-0,61)$ ($P<0,001$).

Пальмітинова кислота по статистичні залежності мала сильну позитивну кореляцію $r=0,73$ ($P<0,001$) із індексом напруги та із індексом автономної рівноваги $r=0,74$ ($P<0,001$) і дуже сильну позитивну із автономним показником ритму $r=0,90$ ($P<0,001$).

Гептадеканова кислоти характеризувалася дуже сильною негативною кореляцією із індексом автономної рівноваги та індексом напруги $r=(-0,98)$ ($P<0,001$) і сильну негативну кореляцію $r=(-0,77)$ ($P<0,001$) із автономним показником ритму.

Стеаринова кислота корелювала із індексом напруги на дуже сильну позитивну кореляцію $r=0,96$ ($P<0,001$), із індексом автономної рівноваги $r=0,93$ ($P<0,001$) та середню позитивна кореляція $r=0,68$ ($P<0,001$) із автономним показником ритму.

Бегенова кислота становила із індексом автономної рівноваги $r=0,73$ ($P<0,001$) сильну позитивну кореляцію і індексом напруги $r=0,70$ ($P<0,001$) та середню позитивну кореляцію $r=0,59$ ($P<0,001$) із автономним показником ритму (Рис. 3.8).

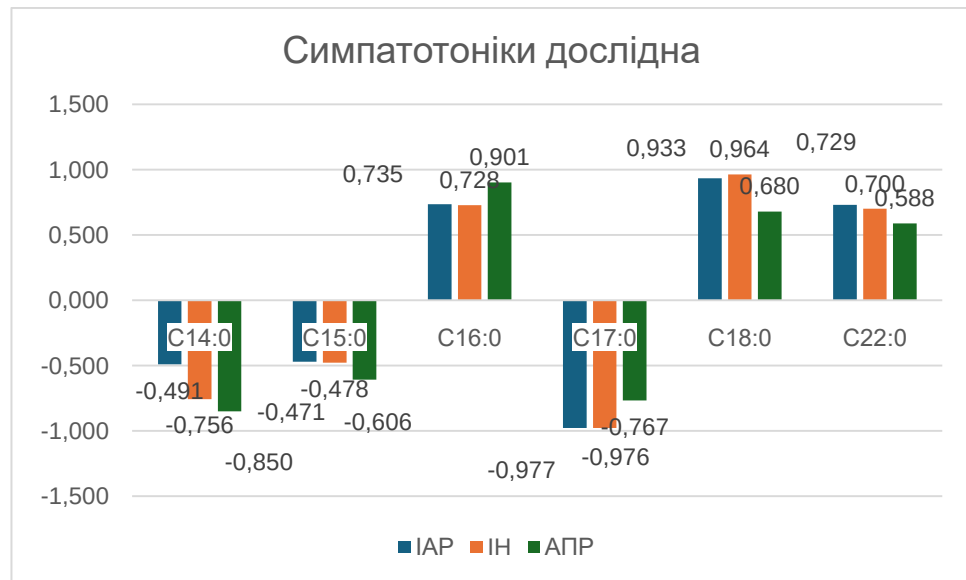


Рис 3.8 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами.

За оцінки кореляції вмісту омега-9 та омега-3 жирних кислот та показників автономної нервової системи встановлено наступні показники у олеїнової кислоти сильна позитивна кореляція із індексом напруги $r=0,74$ ($P<0,001$) та індексом автономної рівноваги $r=0,76$ ($P<0,001$) і кореляційна залежність в $r=0,80$ ($P<0,001$) із автономним показником ритму.

Лінолева кислота має сильну позитивну кореляцію $r=0,72$ ($P<0,001$) із індексом напруги, автономним показником ритму $r=0,82$ ($P<0,001$) та $r=0,74$ ($P<0,001$) із індексом автономної рівноваги.

Нервонова кислота за статистичної оцінки мала сильну позитивну кореляцію $r=0,77$ ($P<0,001$) і з індексом напруги та $r=0,79$ ($P<0,001$) індексом автономної рівноваги та автономним показником ритму, що становить кореляцію в $r=0,84$ ($P<0,001$).

Цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнова кислота мала корелювання з показниками індексу автономної рівноваги $r=0,73$ ($P<0,001$), індексом напруги $r=0,70$ ($P<0,001$) та автономним показником ритму $r=0,79$ ($P<0,001$), що описана як сильна позитивна кореляція (Рис. 3.9).

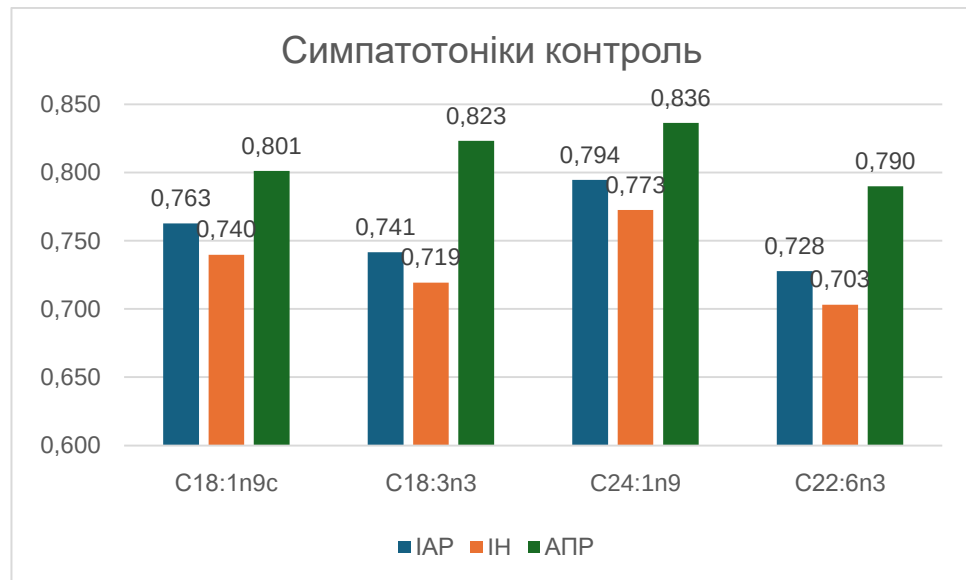


Рис 3.9 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами.

Статистична залежність омега-6 жирних кислот спрямована із варіаційно-пульсометричними показниками і має відображення у лінолевій кислоті в дуже сильній позитивній кореляції $r=0,92$ ($P<0,001$) із індексом напруги, $r=0,54$ ($P<0,001$) із індексом автономної рівноваги та сильну позитивну кореляцію $r=0,87$ ($P<0,001$) із автономний показником ритму.

Цис-11,14-ейкозадієнова кислота взаємозалежна із індексом напруги $r=0,75$ ($P<0,001$) в сильну позитивну кореляцію та індексом автономної рівноваги $r=0,70$ ($P<0,001$) і з автономним показником ритму $r=0,35$ ($P<0,001$) в помірну позитивну кореляцію.

Цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота корелює середньо позитивно із індексом напруги $r=0,67$ ($P<0,001$) та сильно позитивно із індексом автономної рівноваги $r=0,71$ ($P<0,001$) та автономним показником ритму $r=0,85$ ($P<0,001$).

Арахідонова кислота взаємозалежна по відношенню до індексу напруги $r=0,66$ ($P<0,001$) в середню позитивну кореляцію та індексом автономної рівноваги $r=0,68$ ($P<0,001$), а також із автономним показником ритму $r=0,73$ ($P<0,001$) в сильну позитивну кореляцію (Рис. 3.10).

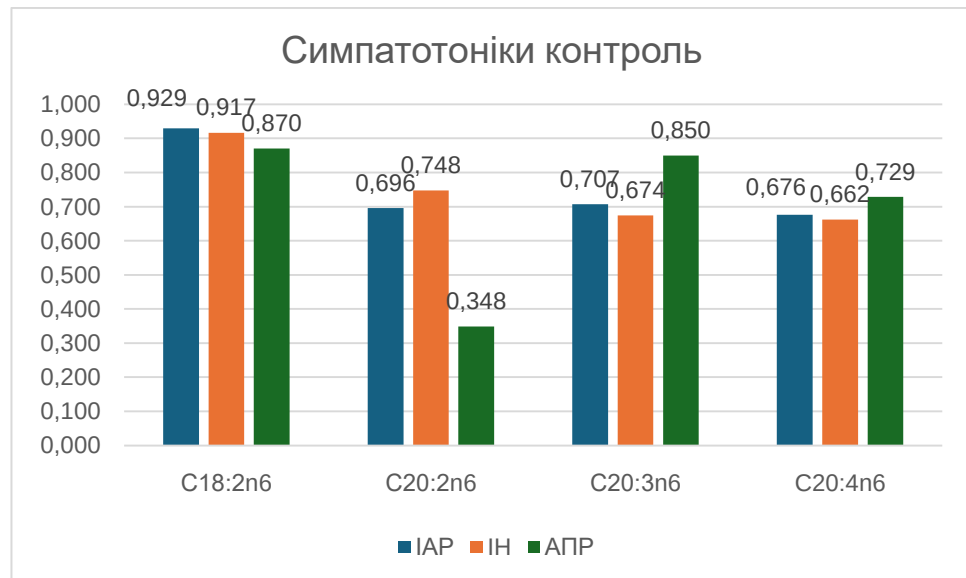


Рис 3.10 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами.

Встановлено значення залежності омега-9 та омега-3 жирних кислот та показників автономної нервової системи встановлено наступні показники у олеїнової кислоти сильна позитивна кореляція із індексом напруги $r=0,79$ ($P<0,001$) та індексом автономної рівноваги $r=0,81$ ($P<0,001$) і дуже сильна позитивна кореляційна залежність в $r=0,96$ ($P<0,001$) із автономним показником ритму.

Лінолева кислота має дуже сильну позитивну кореляцію $r=0,99$ ($P<0,001$) із індексом напруги, сильну позитивну із автономним показником ритму $r=0,73$ ($P<0,001$) та дуже сильну позитивну $r=0,97$ ($P<0,001$) із індексом автономної рівноваги.

Нервонова кислота за статистичної оцінки мала дуже сильну позитивну кореляцію $r=0,99$ ($P<0,001$) і з індексом напруги, сильну позитивну $r=0,70$ ($P<0,001$) із індексом автономної рівноваги та автономним показником ритму, що становить кореляцію в $r=0,79$ ($P<0,001$).

Цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнова кислота мала корелювання з показниками індексу автономної рівноваги $r=0,55$ ($P<0,001$) в середню

позитивну кореляцію, індексом напруги $r=0,96$ ($P<0,001$) як дуже сильна позитивна та автономним показником ритму $r=0,77$ ($P<0,001$), що описується як сильна позитивна кореляція (Рис. 3.11).

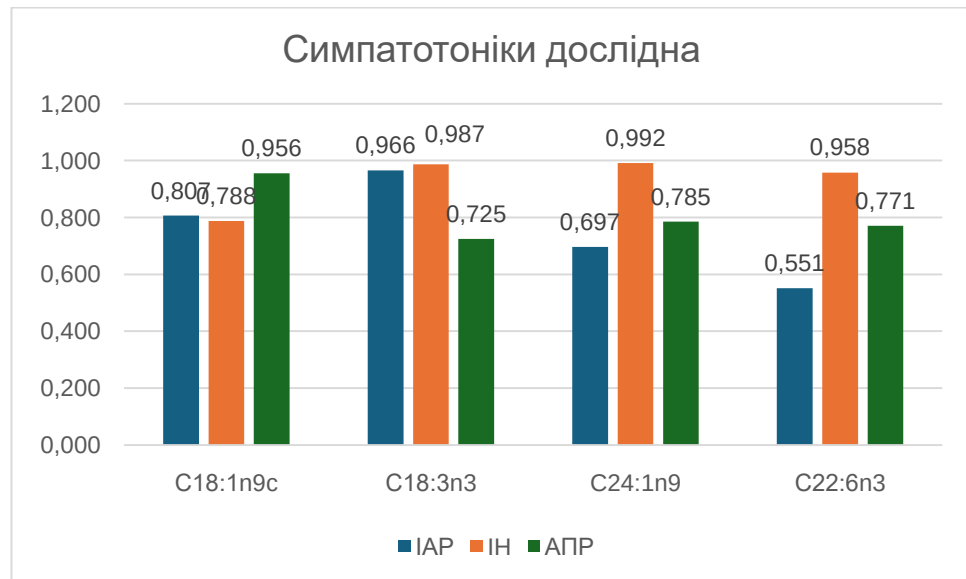


Рис 3.11 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами.

Статистична залежність омега-6 жирних кислот спрямована із варіаційно-пульсометричними показниками і має відображення у лінолевій кислоті в сильній негативну кореляції $r=(-0,82)$ ($P<0,001$) із індексом напруги, $r=(-0,85)$ ($P<0,001$) із індексом автономної рівноваги та дуже сильну негативну кореляцію $r=(-0,91)$ ($P<0,001$) із автономний показником ритму.

Цис-11,14-ейкозадієнова кислота взаємозалежна із індексом напруги $r=0,98$ ($P<0,001$) в дуже сильну позитивну кореляцію та індексом автономної рівноваги $r=0,97$ ($P<0,001$) і з автономним показником ритму $r=0,77$ ($P<0,001$) в сильну позитивну кореляцію.

Цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота корелює в дуже сильну позитивно із індексом напруги $r=0,96$ ($P<0,001$) та із індексом автономної рівноваги $r=0,94$ ($P<0,001$) та автономним показником ритму $r=0,75$ ($P<0,001$) в сильну позитивну кореляцію.

Арахідонова кислота взаємозалежна по відношенню в дуже сильну негативну кореляцію та індексом автономної рівноваги $r=(-0,94)$ ($P<0,001$), а також із автономним показником ритму $r=(-0,47)$ ($P<0,001$) в помірну негативну кореляцію (Рис. 3.12).

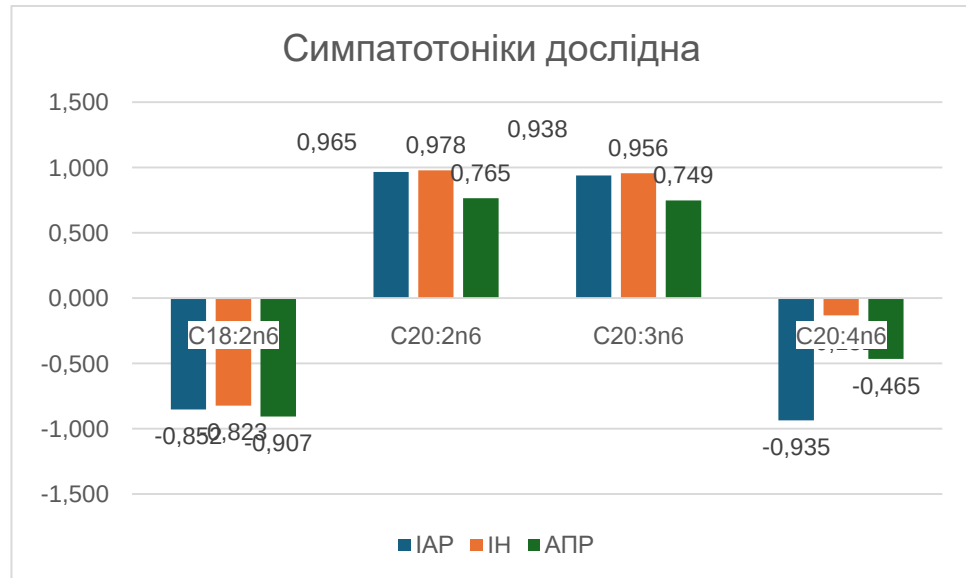


Рис 3.12 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами.

Показники контрольної групи ваготоніків мали із насиченими жирними кислота значну залежність у показниках тонусу автономної нервової системи. Так у міристинової кислоти із значеннями тонусу автономної нервової системи виявлено середню позитивну кореляційну залежність із індексом автономної рівноваги $r=0,64$ ($P<0,001$), та сильну позитивну кореляцію із індексом напруги $r=0,76$ ($P<0,001$) та середню позитивну $r=0,51$ ($P<0,001$) з автономним показником ритму.

Пальмітинова кислота по статистичні залежності мала сильну позитивну кореляцію $r=0,75$ ($P<0,001$) із індексом напруги, із індексом автономної рівноваги $r=0,88$ ($P<0,001$) і автономним показником ритму $r=0,73$ ($P<0,001$).

Стеаринова кислота корелювала із індексом напруги на середню позитивну кореляцію $r=0,66$ ($P<0,001$), із індексом автономної рівноваги $r=0,38$ ($P<0,001$) на помірну позитивну, а також $r=0,46$ ($P<0,001$) із автономним показником ритму.

Бегенова кислота становила із індексом автономної рівноваги $r=(-0,60)$ ($P<0,001$) середню негативну кореляцію, індексом напруги $r=(0,81)$ ($P<0,001$) сильну негативну і середню негативну кореляцію $r=(-0,65)$ ($P<0,001$) із автономним показником ритму (Рис. 3.13).

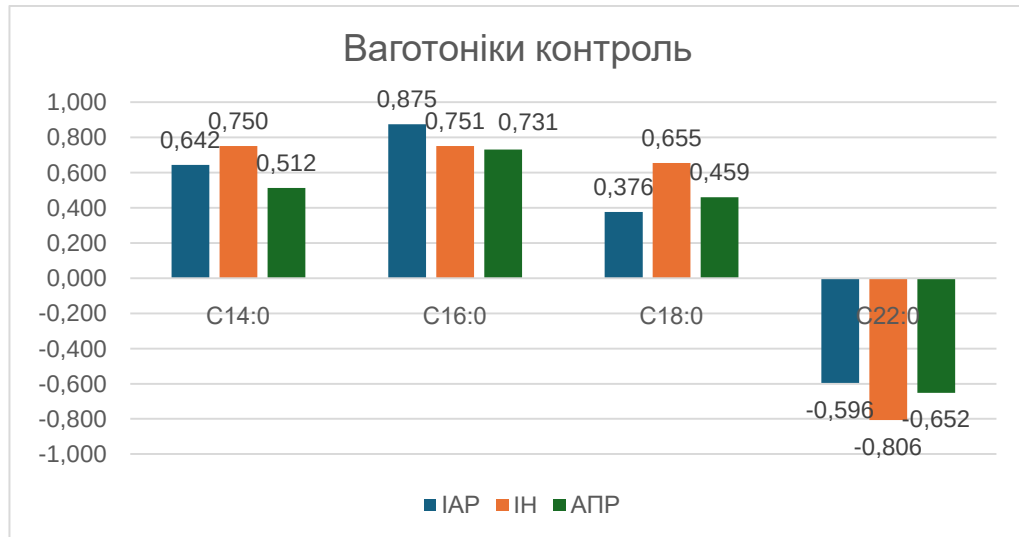


Рис 3.13 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами.

Показники дослідної групи ваготоніків мали із насиченими жирними кислота значну залежність у показниках тонусу автономної нервової системи. Так у міристинової кислоти із значеннями тонусу автономної нервової системи виявлено середню негативну кореляційну залежність із індексом автономної рівноваги $r=(-0,55)$ ($P<0,001$), та сильну негативну кореляцію із індексом напруги $r=(-0,81)$ ($P<0,001$) та $r=(-0,71)$ ($P<0,001$) з автономним показником ритму.

Пальмітинова кислота по статистичні залежності мала помірну позитивну кореляцію $r=0,49$ ($P<0,001$) із індексом напруги, із індексом автономної рівноваги $r=0,71$ ($P<0,001$) сильну позитивну і автономним показником ритму $r=0,68$ ($P<0,001$) середню позитивну.

Стеаринова кислота корелювала із індексом напруги на середню негативну кореляцію $r=(-0,50)$ ($P<0,001$), із індексом автономної рівноваги $r=(-$

0,27 ($P < 0,001$) на слабку негативну, а також $r = (-0,56)$ ($P < 0,001$) із автономним показником ритму середню негативну.

Бегенова кислота становила із індексом автономної рівноваги $r = (-0,63)$ ($P < 0,001$) середню негативну кореляцію, індексом напруги $r = (-0,70)$ ($P < 0,001$) сильну негативну і помірну негативну кореляцію $r = (-0,47)$ ($P < 0,001$) із автономним показником ритму (Рис. 3.14).

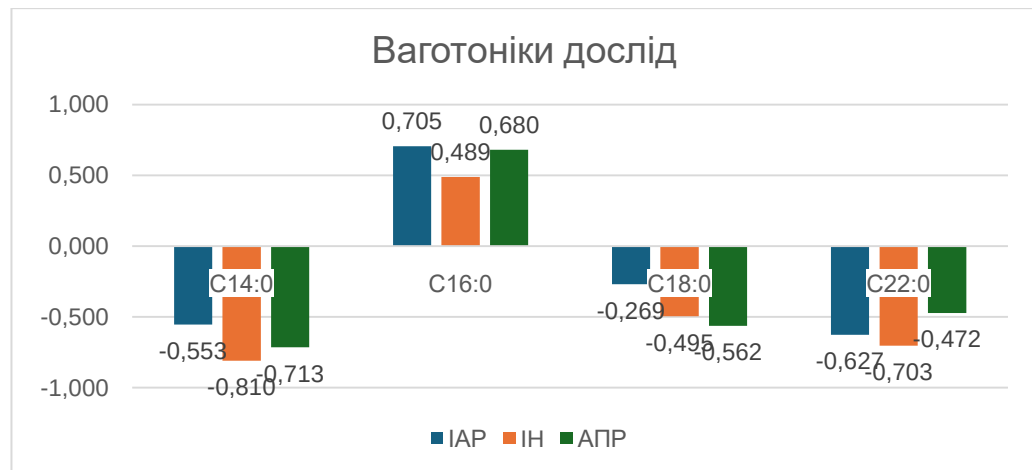


Рис 3.14 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами.

Встановлено значення залежності омега-9 та омега-3 жирних кислот та показників автономної нервової системи встановлено наступні показники у олеїнової кислоти сильна негативна кореляція із індексом напруги $r = (-0,82)$ ($P < 0,001$) та автономним показником ритму $r = (-0,87)$ ($P < 0,001$) і середня позитивна кореляційна залежність в $r = (-0,56)$ ($P < 0,001$) із індексом автономної рівноваги.

Ліноленова кислота має помірну позитивну кореляцію $r = 0,39$ ($P < 0,001$) із індексом напруги, середню позитивну із автономним показником ритму $r = 0,57$ ($P < 0,001$) та дуже сильну негативну $r = (-0,93)$ ($P < 0,001$) із індексом автономної рівноваги.

Нервонова кислота за статистичної оцінки мала середню негативну кореляцію $r = (-0,54)$ ($P < 0,001$) і з індексом напруги, дуже сильну негативну $r = (-$

0,93) ($P < 0,001$) із індексом автономної рівноваги та середню негативну автономним показником ритму, що становить $r = (-0,50)$ ($P < 0,001$).

Цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнова кислота мала корелювання з показниками індексу автономної рівноваги $r = (-0,93)$ ($P < 0,001$) в дуже сильну негативну кореляцію, індексом напруги $r = (-0,54)$ ($P < 0,001$) як середня негативна та автономним показником ритму $r = (-0,54)$ ($P < 0,001$) (Рис. 3.15).

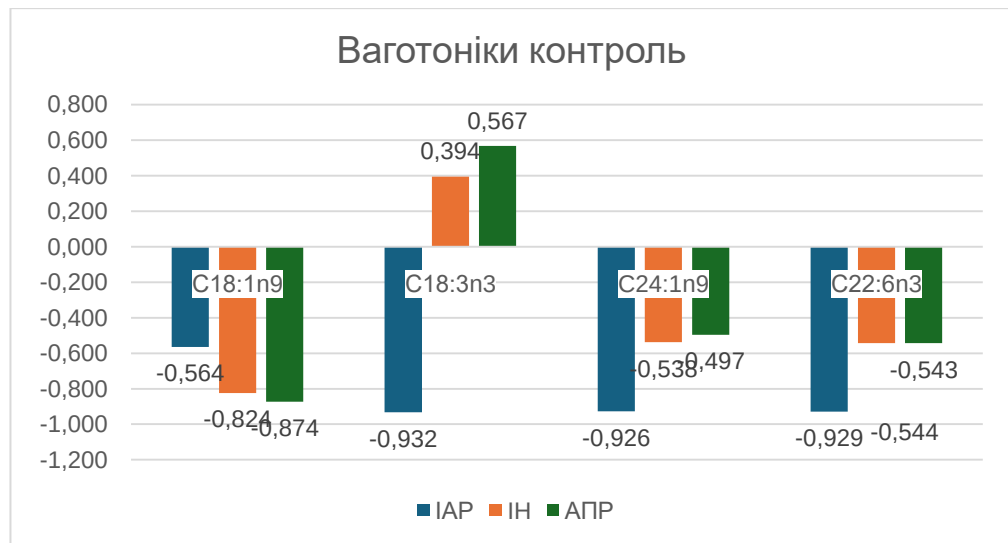


Рис 3.15 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами.

Статистична залежність омега-6 жирних кислот спрямована із варіаційно-пульсометричними показниками і має відображення у лінолевої кислоти в помірну позитивну кореляції $r = 0,45$ ($P < 0,001$) із індексом напруги, $r = (-0,93)$ ($P < 0,001$) із індексом автономної рівноваги дуже сильну негативну та середню позитивну кореляцію $r = 0,62$ ($P < 0,001$) із автономний показником ритму.

Цис-11,14-ейкозадієнова кислота взаємозалежна із індексом напруги $r = (0,56)$ ($P < 0,001$) в середню позитивну кореляцію та індексом автономної рівноваги $r = 0,64$ ($P < 0,001$) і з автономним показником ритму $r = 0,40$ ($P < 0,001$) в помірну позитивну кореляцію.

Цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота корелює в середню позитивно із індексом напруги $r=0,51$ ($P<0,001$) та із індексом автономної рівноваги $r=0,58$ ($P<0,001$) та автономним показником ритму $r=0,63$ ($P<0,001$).

Арахідонова кислота взаємозалежна по відношенню в дуже сильну негативну кореляцію та індексом автономної рівноваги $r=(-0,96)$ ($P<0,001$), а також із автономним показником ритму $r=(-0,56)$ ($P<0,001$) і індекс напруги $r=(-0,60)$ ($P<0,001$) в середню негативну кореляцію

Цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнова кислота мала кореляційну залежність із індексом автономної рівноваги в дуже сильну негативну кореляцію $r=(-0,96)$ ($P<0,001$), індексом напруги в середню негативну $r=(-0,64)$ ($P<0,001$) і автономним показником ритму $r=(-0,62)$ ($P<0,001$) (Рис. 3.16).

Встановлено значення залежності омега-9 та омега-3 жирних кислот та показників автономної нервової системи встановлено наступні показники у олеїнової кислоти сильна позитивна кореляція із індексом напруги $r=(-0,80)$ ($P<0,001$) та автономним показником ритму $r=(-0,87)$ ($P<0,001$) і сильна негативна кореляційна залежність в $r=(-0,83)$ ($P<0,001$) із індексом автономної рівноваги.

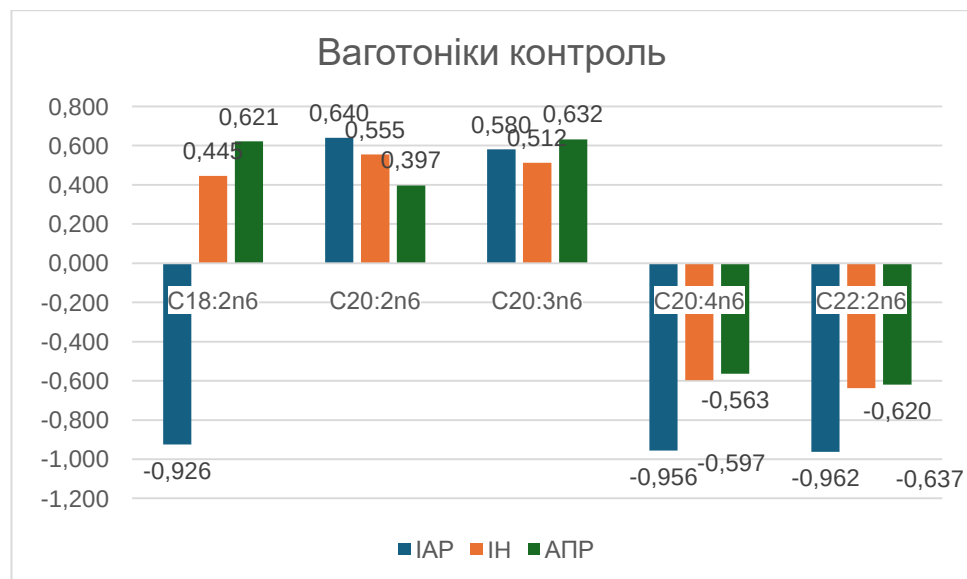


Рис 3.16 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами.

Ліноленова кислота має середню позитивну кореляцію $r=0,66$ ($P<0,001$) із індексом напруги, із автономним показником ритму $r=0,54$ ($P<0,001$) та помірну негативну $r=(-0,47)$ ($P<0,001$) із індексом автономної рівноваги.

Нервонова кислота за статистичної оцінки мала середню позитивну кореляцію $r=0,68$ ($P<0,001$) і з індексом напруги, сильну негативну $r=(-0,86)$ ($P<0,001$) із індексом автономної рівноваги та середню позитивну автономним показником ритму, що становить $r=0,57$ ($P<0,001$).

Цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнова кислота мала корелювання з показниками індексу автономної рівноваги $r=(-0,89)$ ($P<0,001$) в сильну негативну кореляцію, індексом напруги $r=0,80$ ($P<0,001$) та автономним показником ритму $r=0,88$ в сильну позитивну кореляцію ($P<0,001$) (Рис. 3.17).

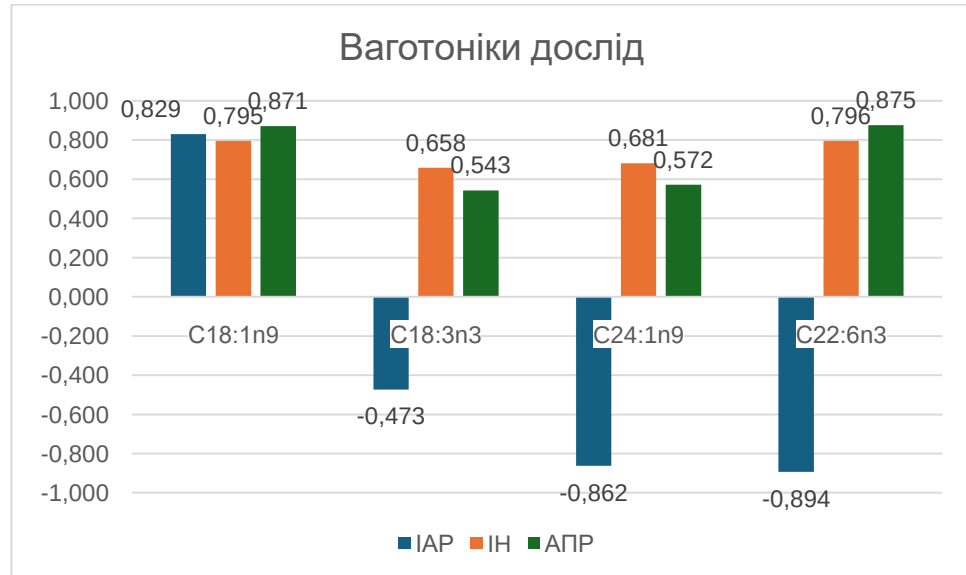


Рис 3.17 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами.

Статистична залежність омега-6 жирних кислот спрямована із варіаційно-пульсометричними показниками і має відображення у лінолевої

кислоти в середню позитивну кореляцію $r=0,53$ ($P<0,001$) із індексом напруги, $r=0,59$ ($P<0,001$) із індексом автономної рівноваги і $r=0,68$ ($P<0,001$) із автономним показником ритму.

Цис-11,14-ейкозадієнова кислота взаємозалежна із індексом напруги $r=0,69$ ($P<0,001$) в середню позитивну кореляцію та індексом автономної рівноваги $r=(-0,95)$ ($P<0,001$) в дуже сильну негативну кореляцію, а із автономним показником ритму $r=0,50$ ($P<0,001$) в середню позитивну кореляцію.

Цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота корелює в дуже негативну кореляцію із індексом напруги $r=(-0,92)$ ($P<0,001$) та із індексом автономної рівноваги $r=0,86$ сильну позитивну кореляцію ($P<0,001$) та автономним показником ритму $r=(-0,89)$ ($P<0,001$) сильну негативну.

Цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнова кислота мала кореляційну залежність із індексом автономної рівноваги в сильну негативну кореляцію $r=(-0,88)$ ($P<0,001$), індексом напруги в середню позитивну $r=0,66$ ($P<0,001$) і автономним показником ритму $r=0,52$ ($P<0,001$) (Рис. 3.18).

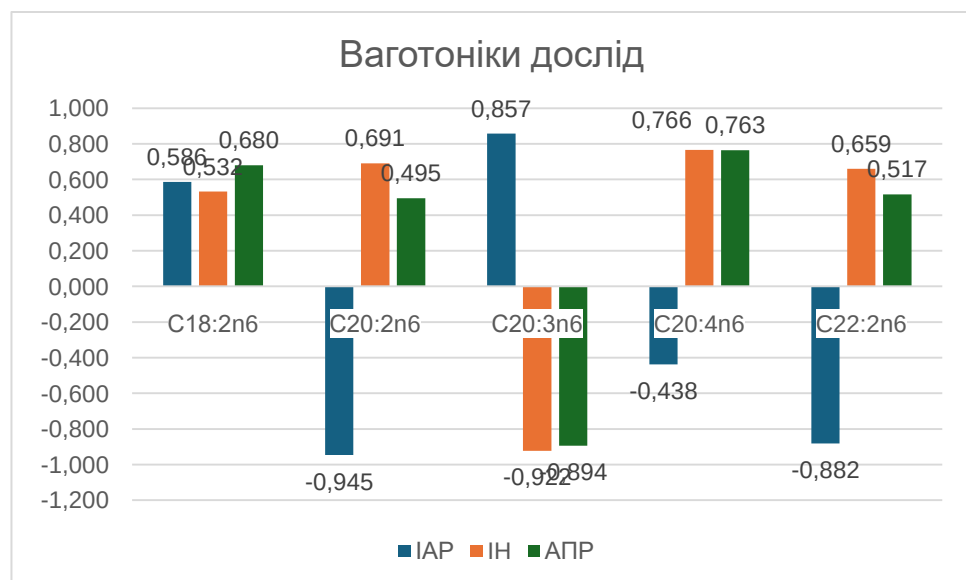


Рис 3.18 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами.

Арахідонова кислота взаємозалежна по відношенню в помірну негативну кореляцію та індексом автономної рівноваги $r=(-0,44)$ ($P<0,001$), а також із автономним показником ритму $r=0,77$ ($P<0,001$) і індекс напруги $r=0,76$ ($P<0,001$) в сильну позитивну кореляцію.

3.6 Показники вмісту насичених жирних кислот у ліпідах плазми крові свиней на 60 добу дослідження.

На 60 добу дослідження при застосуванні кормової добавки наноаквахелатів дослідній групі нормотоніків, спостерігається відмінність у відсотковій концентрації насичених жирних кислот у плазми крові свиней (Табл. 3.14)

Таблиця 3.14

Показники вмісту насичених жирних кислот у свиней нормотоніків на 60 добу дослідження ($M \pm m$, $n=5$)

Показники	60 діб контроль	60 діб дослідна
міристинова кислота C14:0	0,27 $\pm$ 0,03	0,15 $\pm$ 0,00
пентадеканова кислота C15:0	0,30 $\pm$ 0,01	0,22 $\pm$ 0,03
пальмітинова кислота C16:0	23,05 $\pm$ 0,49	19,91 $\pm$ 0,56
Гептадеканова кислота C17:0	0,55 $\pm$ 0,06	0,40 $\pm$ 0,02
Стеаринова кислота C18:0	22,56 $\pm$ 0,26	21,31 $\pm$ 0,23
Бегенова кислота C22:0	1,28 $\pm$ 0,07	1,02 $\pm$ 0,08

Примітка. * $P<0,05$, ** $P<0,01$ різниця достовірна порівняно зі значеннями контрольної групи нормотоніків.

Досліджуючи вміст насичених жирних кислот у свиней нормотоніків за використання кормової добавки наноаквахелатів, визначено зміни у концентрації жирних кислот, так міристинової кислоти у дослідній групі було менше на 44,44% ($P<0,01$). Пентадеканова кислота зростала по концентрації у контрольної групи тварин на 36,36% ($P<0,05$).

Споживання кормової добавки наноаквахелатів зменшувало відсотковий вміст пальмітинової кислоти на 13,62% ($P<0,01$) по відношенню із стандартним раціоном годівлі. Стеаринова кислота підвищувалася на 5,9% у свиней контрольної групи за при порівнянні із дослідною групою ($P<0,01$). Також відмічається зменшення бегенової кислоти на 20,31% за рахунок споживання кормової добавки ($P<0,05$). Використання кормової добавки на 60 день дало результати зміни вмісту насичених жирних кислот у свиней симпатотонків, між контрольною та дослідною групою (Табл. 3.15).

Таблиця 3.15

Показники вмісту насичених жирних кислот у свиней симпатотоніків на 60 добу дослідження ($M\pm m$, $n=5$)

Показники	60 діб контроль	60 діб дослідна
міристинова кислота C14:0	0,29 $\pm$ 0,03	0,19 $\pm$ 0,01**
пентадеканова кислота C15:0	0,26 $\pm$ 0,01	0,21 $\pm$ 0,01**
пальмітинова кислота C16:0	23,39 $\pm$ 0,44	20,17 $\pm$ 0,27***
Гептадеканова кислота C17:0	0,43 $\pm$ 0,03	0,42 $\pm$ 0,03
Стеаринова кислота C18:0	21,11 $\pm$ 0,41	19,74 $\pm$ 0,45*
Бегенова кислота C22:0	0,52 $\pm$ 0,03	0,44 $\pm$ 0,03

Примітка. * $P<0,05$, ** $P<0,01$, *** $P<0,001$ різниця достовірна порівняно зі значеннями контрольної групи симпатотоніків.

Досліджуючи вміст насичених жирних кислот у свиней симпатотоніків за використання кормової добавки наноаквахелатів, визначено зміни у концентрації жирних кислот, так міристинової кислоти у дослідної групи було менше на 34,48% ($P<0,01$). Пентадеканова кислота зростала по концентрації у контрольної групи тварин на 23,8% ($P<0,01$).

Споживання кормової добавки наноаквахелатів зменшувало відсотковий вміст пальмітинової кислоти на 13,77% ($P<0,001$) по відношенню із стандартним раціоном годівлі. Стеаринова кислота підвищувалася на 6,9% у свиней контрольної групи за при порівнянні із дослідною групою ($P<0,05$).

Хроматографія ліпідів плазми крові на 60 добу у груп ваготоніків відображає відмінності у концентрації насичених жирних кислот при застосуванні наноаквахелатів дослідній групі (Табл. 3.16).

Таблиця 3.16

Показники вмісту насичених жирних кислот у свиней ваготоніків на 60 день дослідження ($M \pm m$, $n=5$)

Показники	60 діб контроль	60 діб контроль
міристинова кислота C14:0	0,30±0,03	0,20±0,02*
пентадеканова кислота C15:0	0,31±0,02	0,22±0,03*
пальмітинова кислота C16:0	22,43±0,44	20,44±0,39**
Гептадеканова кислота C17:0	0,36±0,02	0,33±0,02
Стеаринова кислота C18:0	22,78±0,27	21,08±0,28**
Бегенова кислота C22:0	1,31±0,05	1,14±0,03*

Примітка. * $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, різниця достовірна порівняно зі значеннями контрольної групи ваготоніків.

Досліджуючи вміст насичених жирних кислот у свиней ваготоніків за використання кормової добавки наноаквахелатів, визначено зміни у концентрації жирних кислот, так міристинової кислоти у дослідної групи було менше на 33,3% ($P < 0,05$). Пентадеканова кислота зростала по концентрації у контрольної групи тварин на 40,9% ($P < 0,05$).

Споживання кормової добавки наноаквахелатів зменшувало відсотковий вміст пальмітинової кислоти на 8,8% ($P < 0,01$) по відношенню із стандартним раціоном годівлі.

Стеаринова кислота підвищувалася на 8,06% у свиней контрольної групи за при порівнянні із дослідною групою ($P < 0,01$). Також відмічається зменшення бегенової кислоти на 13% за рахунок споживання кормової добавки ($P < 0,05$).

3.7 Показники вмісту ненасичених жирних кислот у ліпідах плазми крові свиней на 60 добу дослідження

Аналіз показників вмісту ненасичених жирних кислот контрольної та дослідної групи нормотоніків свідчить про зміни концентрації ліпідів за використання кормової добавки наноаквахелатів (Табл. 3.17).

Таблиця 3.17

Показники вмісту ненасичених жирних кислот у свиней нормотоніків на 60 добу дослідження ($M \pm m$, $n=5$)

Показники	60 діб контроль	60 діб дослідна
пальмітолеїнова кислота C16:1	0,38±0,01	0,42±0,01
олеїнова кислота C18:1n9c	15,00±0,35	16,36±0,28*
лінолева кислота C18:2n6c	23,56±0,61	26,20±0,78*
цис-11-ейкозенова кислота (C20:1n9	0,31±0,02	0,42±0,02
ліноленова кислота (C18:3n3)	0,14±0,03	0,24±0,02*
цис-11,14-ейкозадієнова кислота (C20:2t6)	0,47±0,06	0,64±0,04*
Цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота C20:3n6	0,79±0,06	0,98±0,06*
арахідонова кислота (C20:4n6)	7,41±0,15	8,65±0,17**
цис-11,14,17-ейкозатрієнова кислота C20:3n3	0,17±0,03	0,28±0,02**
докозадієнова кислота C22:2n6	0,47±0,04	0,65±0,03**
нервонова кислота C24:1n9	0,66±0,03	0,74±0,05
цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнова кислота C22:6n3	1,79±0,08	2,21±0,09**

Примітка. * $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, різниця достовірна порівняно зі значеннями контрольної групи нормотоніків.

За результатами хроматографічного дослідження встановлені зміни концентрації ненасичених жирних кислот, визначено, що олеїнова кислота була більшою за вмістом у дослідної групи на 9,1% ($P < 0,05$). Лінолева кислота зменшувалася по концентрації на 10,1% ($P < 0,05$) саме у контрольної групи свиней. Ліноленова кислота за використання кормової добавки наноаквахелатів мала зростання на 71,4% ($P < 0,05$) у даних тварин.

Цис-11,14-ейкозадієнова кислота зменшувалася на 26,56% ($P < 0,05$) у свиней на стандартному раціоні годівлі на 60 добу. Цис-8,11,14-ейкозатрієнова

кислота підвищувалася за відсотковим вмістом на 24,01% ($P<0,05$) у дослідної групи свиней. Арахідонова кислота становила менший вміст серед ліпідів плазми крові тварин на 14,34% у контрольної групи ($P<0,01$). Споживання кормової добавки наноаквахелатів збільшувало цис-11,14,17-ейкозатрієнової кислоти на 64,7% ($P<0,01$). Докозатрієнова кислота мала менші показники на 27,69% ($P<0,01$) у тварин із базовим раціоном годівлі. Цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнова кислота мала підвищення відсоткової концентрації на 23,46% у свиней, яким використовували кормову добавку наноаквахелатів ($P<0,01$).

Оцінка показників ненасичених жирних кислот у свиней на 60 добу застосування кормової добавки наноаквахелатів відображає зміну відсоткової концентрації жирних кислот у симпатотоніків (Табл. 3.18). При оцінці хроматограми встановлені зміни концентрації ненасичених жирних кислот, визначено, що пальмітолеїнова кислота становила на 28,95% ($P<0,05$) менше у контрольної групи тварин. Олеїнова кислота була більшою за вмістом у дослідної групи на 8,76% ($P<0,01$) по відношенню до контрольної.

Таблиця 3.18

Показники вмісту ненасичених жирних кислот у свиней симпатотоніків на 60 добу дослідження ($M \pm m$, $n=5$)

Показники	60 діб контроль	60 діб дослідна
пальмітолеїнова кислота C16:1	0,27 $\pm$ 0,03	0,38 $\pm$ 0,03*
олеїнова кислота C18:1n9c	15,52 $\pm$ 0,16	16,88 $\pm$ 0,34**
лінолева кислота C18:2n6c	26,93 $\pm$ 0,28	28,78 $\pm$ 0,34**
цис-11-ейкозенова кислота (C20:1n9	0,55 $\pm$ 0,02	0,46 $\pm$ 0,02**
ліноленова кислота (C18:3n3)	0,18 $\pm$ 0,02	0,25 $\pm$ 0,02*
цис-11,14-ейкозатрієнова кислота (C20:2t6)	0,34 $\pm$ 0,03	0,45 $\pm$ 0,02*
Цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота C20:3n6	0,41 $\pm$ 0,02	0,56 $\pm$ 0,06*
арахідонова кислота (C20:4n6)	7,52 $\pm$ 0,10	8,82 $\pm$ 0,31**
цис-11,14,17-ейкозатрієнова кислота	0,16 $\pm$ 0,01	0,23 $\pm$ 0,02*

C20:3n3		
докозадієнова кислота C22:2n6	0,37±0,02	0,35±0,03
нервонова кислота C24:1n9	0,46±0,03	0,56±0,03*
цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнова кислота C22:6n3	1,39±0,08	1,65±0,06*

Примітка. *P<0,05, **P<0,01, різниця достовірна порівняно зі значеннями контрольної групи симпатотоніки.

Лінолева кислота зменшувалася по концентрації на 6,43% (P<0,01) саме у контрольної групи свиней. Цис-11-ейкозенова кислота підвищувалася по відсотковій концентрації на 19,57% (P<0,01) у дослідної групи відносно базової групи.

Ліноленова кислота за використання кормової добавки наноаквахелатів мала зростання на 38,9% (P<0,05) у даних тварин. Цис-11,14-ейкозадієнова кислота зменшувалася на 24,44% (P<0,05) у свиней на стандартному раціоні годівлі на 60 добу.

Цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота підвищувалася за відсотковим вмістом на 36,59% (P<0,05) у дослідної групи свиней. Арахідонова кислота становила менший вміст серед ліпідів плазми крові тварин на 14,74% у контрольної групи (P<0,01).

Споживання кормової добавки наноаквахелатів збільшувало цис-11,14,17-ейкозатрієнової кислоти на 43,75% (P<0,05). Нервонова кислота мала менші показники на 17,86% (P<0,05) у тварин із базовим раціоном годівлі.

Цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнова кислота мала підвищення відсоткової концентрації на 18,71% у свиней, яким використовували кормову добавку наноаквахелатів. За аналізу хроматограмми зміни відсоткового вмісту ненасичених жирних кислот у груп ваготоніків змінюються відповідно до застосування кормової добавки наноаквахелатів (Табл. 3.19).

Таблиця 3.19

Показники вмісту ненасичених жирних кислот у свиней ваготоніків на 60 добу дослідження (M±m, n=5)

Показники	60 діб контроль	60 діб дослідна
пальмітолеїнова кислота C16:1	0,29±0,02	0,37±0,01**
олеїнова кислота C18:1n9c	14,59±0,21	15,91±0,35**
лінолева кислота C18:2n6c	24,27±0,29	25,07±0,37*
цис-11-ейкозенова кислота (C20:1n9	0,43±0,03	0,44±0,03
ліноленова кислота (C18:3n3)	0,22±0,03	0,34±0,04*
цис-11,14-ейкозадієнова кислота (C20:2n6)	0,38±0,04	0,52±0,04*
Цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота C20:3n6	1,13±0,05	1,26±0,06**
арахідонова кислота (C20:4n6)	8,47±0,13	9,03±0,12*
цис-11,14,17-ейкозатрієнова кислота C20:3n3	0,24±0,02	0,30±0,03
докозадієнова кислота C22:2n6	0,42±0,03	0,47±0,02*
нервонова кислота C24:1n9	0,53±0,04	0,65±0,04**
цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнова кислота C22:6n3	1,77±0,06	1,90±0,04*

Примітка. *P<0,05, **P<0,01, різниця достовірна порівняно зі значеннями контрольної групи ваготоніків.

Оцінка ліпідного профілю плазми крові у свиней-ваготоніків виявила зміни концентрації ненасичених жирних кислот. Зокрема, встановлено, що вміст пальмітолеїнової кислоти у дослідній групі був на 21,62% нижчим порівняно з контрольною групою (P<0,01). Водночас концентрація олеїнової кислоти у дослідних тварин перевищувала показники контролю на 9,05% (P<0,01).

Застосування кормової добавки наноаквахелатів зумовлювало достовірне підвищення концентрації ліноленової кислоти на 54,55% (P<0,05), тоді як у контрольній групі відзначено зниження вмісту лінолевої кислоти на 3,2% (P<0,01).

Встановлено, що у свиней, які отримували стандартний раціон, на 60-ту добу вміст цис-11,14-ейкозадієнової кислоти зменшувався на 26,92% (P<0,05).

Водночас у дослідній групі тварин відзначено підвищення відсоткового вмісту цис-8,11,14-ейкозатрієнової кислоти на 20,35% (P<0,05). Крім того, концентрація арахідонової кислоти у контрольній групі була

нижчою на 6,2% ($P<0,01$) порівняно з дослідною. Застосування кормової добавки наноаквахелатів сприяло підвищенню вмісту докозадієнової кислоти на 11,91% ($P<0,05$).

Нервонова кислота мала менші показники на 22,64% ($P<0,01$) у тварин із базовим раціоном годівлі. Цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнова кислота мала підвищення відсоткової концентрації на 7,34% у свиней, яким використовували кормову добавку наноаквахелатів.

3.8 Кореляція жирних кислота та показників варіаційної пульсометрії на 60 добу

За оцінками впливу тонуру автономної нервової системи на показники вмісту жирних кислот, було встановлено, що за кореляційного аналізу визначено залежність між показниками варіаційно-пульсометричного дослідження та жирними кислотами у контрольній групі нормотоніків. Так пальмітинова кислота мала середню позитивну кореляційну залежність і індексом напруги $r=0,69$ ($P<0,001$), із автономний показник ритму вона становила сильну позитивну кореляцію $r=0,84$ ($P<0,001$) і з індексом автономної рівноваги слабку позитивну.

Стеаринова кислота по оцінці кореляції мала середню негативну кореляцію із індексом напруги $r=(-0,50)$ ($P<0,001$) та сильну негативну кореляційну залежність із автономним показником ритму в $r=(-0,76)$ ($P<0,001$).

Бегенова кислота характеризувалася сильною негативною кореляцією із індексом напруги $r=(-0,82)$ ($P<0,001$), індекс автономної рівноваги з показником $r=(-0,74)$ ($P<0,001$) відповідає негативній сильній залежності із жирною кислотою, а автономний показник ритму відображає середню негативну кореляцію $r=(-0,65)$ ($P<0,001$) (Рис. 3.19).

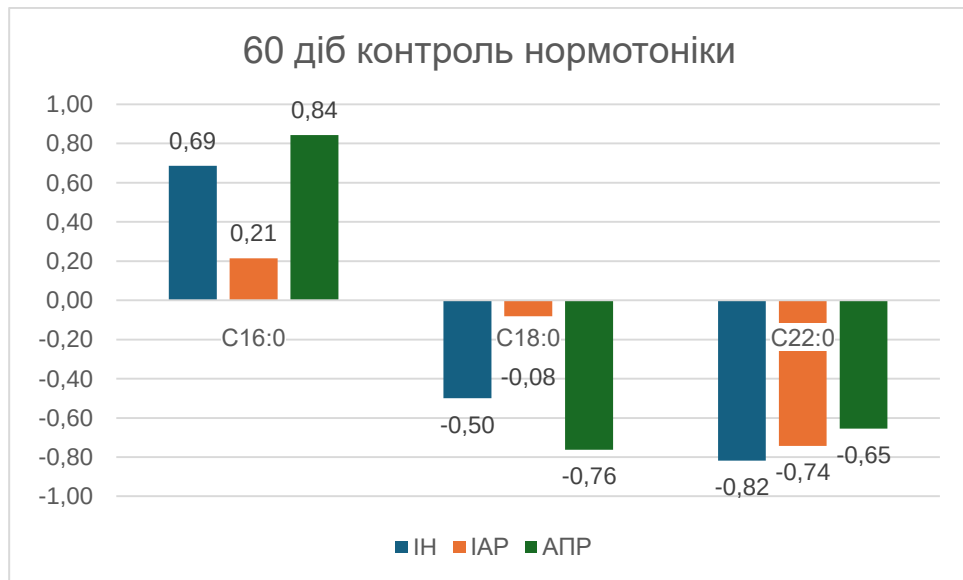


Рис 3.19 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами.

Визначаючи впливу тонусу автономної нервової системи на показники вмісту жирних кислот, було встановлено, що за кореляційного аналізу визначено залежність між показниками варіаційно-пульсометричного дослідження та жирними кислотами у дослідної групи нормотоніків. Так, пальмітинова кислота мала високу негативну кореляційну залежність і індексом напруги $r=(-0,76)$ ($P<0,001$), із автономний показник ритму вона становила сильну негативну кореляцію $r=(-0,89)$ ($P<0,001$) і з індексом автономної рівноваги слабку позитивну.

Стеаринова кислота по оцінці кореляції мала середню позитивну кореляцію із індексом напруги $r=0,59$ ($P<0,001$), із автономним показником ритму в $r=0,52$ ($P<0,001$) та індексом автономної рівноваги $r=0,51$ ($P<0,001$).

Бегенова кислота характеризувалася сильною позитивною кореляцією із індексом напруги $r=0,76$ ($P<0,001$), індекс автономної рівноваги з показником $r=0,83$ ($P<0,001$), а із автономним показником ритму відображала середню позитивну кореляцію $r=0,51$ ($P<0,001$) (Рис. 3.20).

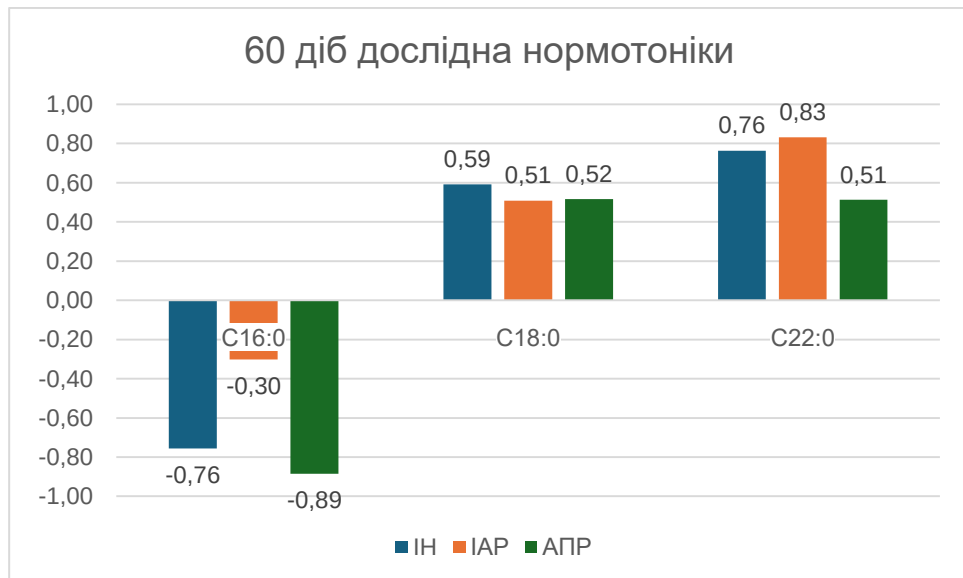


Рис 3.20 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами.

Оцінка залежності показників варіаційно-пульсометричного дослідження та омега-6 жирних кислот. Лінолева кислота мала сильну позитивну кореляцію із індексом напруги $r=0,76$ ($P<0,001$) та автономним показником ритму $r=0,70$ ($P<0,001$) та середню позитивну кореляцію $r=0,61$ із індексом автономної рівноваги ($P<0,001$).

Цис-11,14-ейкозадієнова кислота становила кореляційну залежність із показниками індексу напруги в $r=0,76$ ($P<0,001$) сильну позитивну кореляцію, індексом автономної рівноваги в $r=0,58$ ($P<0,001$) середню позитивну кореляцію та автономним показником ритму $r=0,90$ ($P<0,001$), що становить дуже сильну позитивну кореляцію.

Цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота має кореляцію із індексом напруги $r=0,84$ ($P<0,001$), що відображає сильну позитивну взаємозалежність, індекс автономної рівноваги становить $r=0,63$ ($P<0,001$), що описує середню позитивну кореляцію, а із автономним показником ритму становить дуже сильну позитивну кореляцію в $r=0,95$ ($P<0,001$).

Арахідонова кислота має залежність із індексом напруги в $r=(-0,66)$ ($P<0,001$) середню негативну кореляцію та автономним показником ритму в $r=(-0,80)$ ($P<0,001$), що відображує сильну негативну кореляцію.

Докозадієнова кислота корелює із показниками індексу напруги в середню позитивну кореляцію $r=0,62$ ($P<0,001$), так само із індексом автономної рівноваги $r=0,67$ ($P<0,001$) та автономним показником ритму $r=0,57$ ($P<0,001$) (Рис. 3.21).

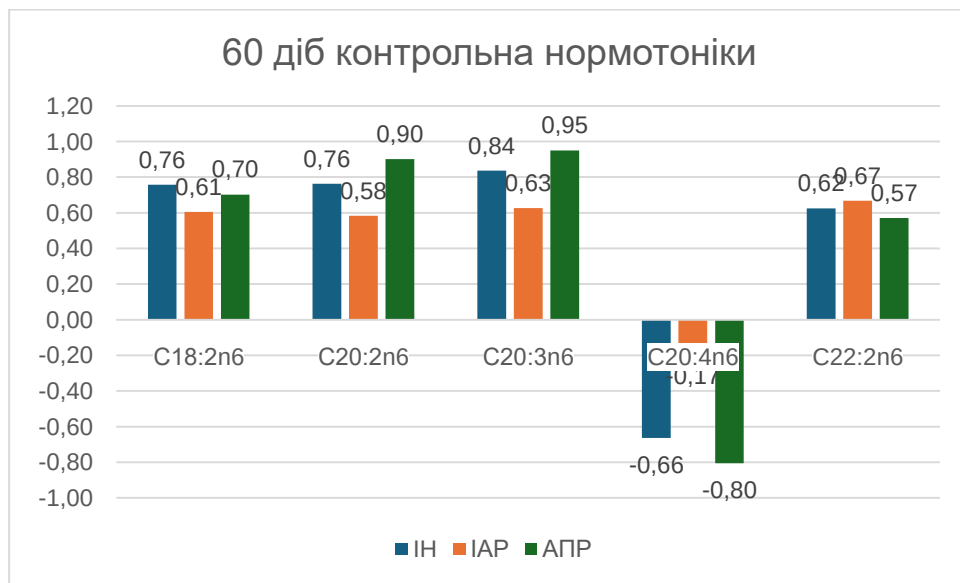


Рис 3.21 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами.

По показникам визначенню кореляційної залежності ненасичених жирних кислот виявлено у олеїнової кислоти середню позитивну кореляцію $r=0,65$ ($P<0,001$) із індексом напруги, помірну позитивну кореляцію $r=0,43$ ($P<0,001$) із індексом автономної рівноваги та середню позитивну кореляцію $r=0,58$ ($P<0,001$) із автономним показником ритму.

Ліноленова кислота характеризується корелюванням із індексом напруги в сильній негативній кореляції $r=(-0,90)$ ($P<0,001$), індексом автономної рівноваги $r=(-0,63)$ ($P<0,001$) в середню негативну кореляцію та сильну негативну кореляцію $r=(-0,82)$ ($P<0,001$) із автономним показником ритму.

Цис-11,14,17-ейкозатрієнова кислота має взаємозалежність, що відображає сильну позитивну кореляцію $r=0,74$ ($P<0,001$) із індексом напруги та середню позитивну із індексом автономної рівноваги $r=0,54$ ($P<0,001$) і автономним показником ритму $r=0,63$ ($P<0,001$).

Цис-4,7,10,13,16,19-докозагексанова кислота має статистичну залежність між індексом напруги в $r=(-0,64)$ ($P<0,001$) середню негативну кореляцію та автономним показником ритму $r=(-0,80)$ ($P<0,001$) сильну негативну кореляцію (Рис. 3.22).

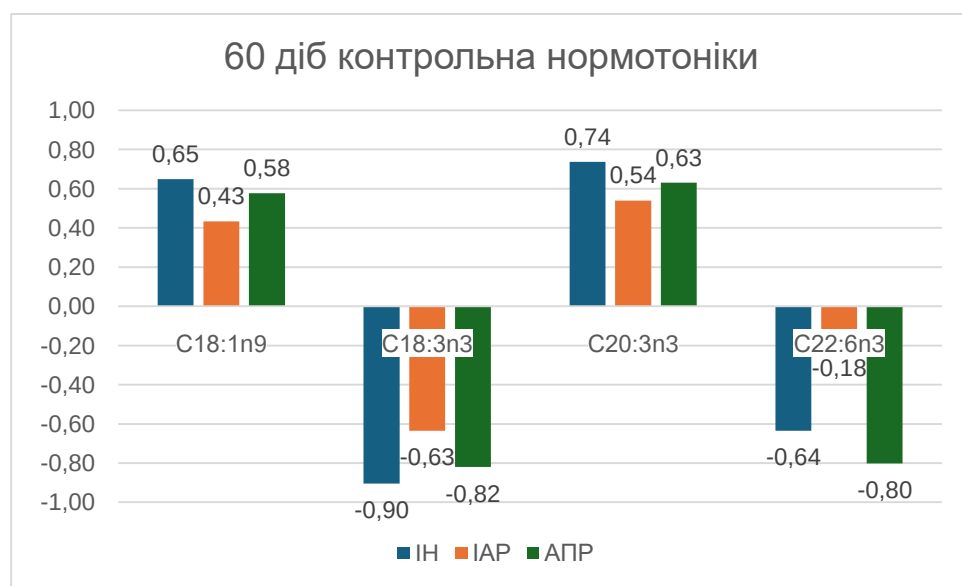


Рис 3.22 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами.

Оцінка залежності показників варіаційно-пульсометричного дослідження та омега-6 жирних кислот виявила, що лінолева кислота мала сильну позитивну кореляцію із автономним показником ритму $r=0,83$ ($P<0,001$) та середню позитивну кореляцію $r=0,56$ із індексом автономної рівноваги ($P<0,001$) та індексом напруги $r=0,71$ ($P<0,001$).

Цис-11,14-ейкозадієнова кислота становила кореляційну залежність із показниками індексу напруги в $r=(-0,77)$ ($P<0,001$) сильну негативну кореляцію, індексом автономної рівноваги в $r=(-0,32)$ ($P<0,001$) слабку

негативну кореляцію та автономним показником ритму $r=(-0,86)$ ($P<0,001$), що становить сильну негативну кореляцію.

Цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота має кореляцію із індексом напруги $r=(-0,74)$ ($P<0,001$), що відображає сильну негативну взаємозалежність, індексом автономної рівноваги $r=(-0,29)$ ($P<0,001$), що описує слабку негативну кореляцію, а із автономним показником ритму становить сильну негативну кореляцію в $r=(-0,88)$ ($P<0,001$).

Арахідонова кислота має залежність із індексом напруги в $r=0,68$ ($P<0,001$) середню позитивну кореляцію та автономним показником ритму в $r=0,82$ ($P<0,001$), що відображує сильну позитивну кореляцію.

Докозадієнова кислота корелює із показниками індексу напруги в сильну позитивну кореляцію $r=0,83$ ($P<0,001$), так само із автономним показником ритму $r=0,94$ ($P<0,001$) (Рис. 3.23).

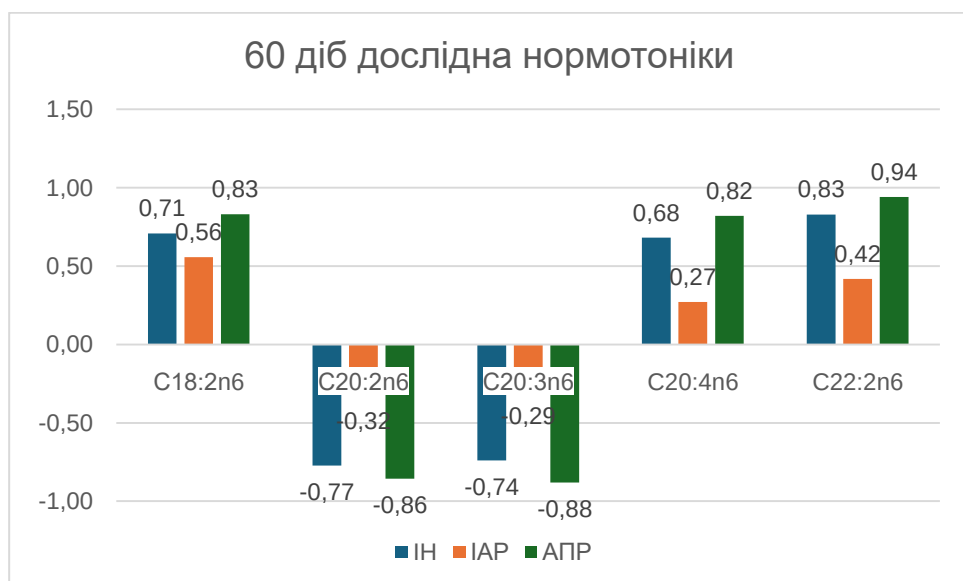


Рис 3.23 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами у дослідній групі нормотоніків.

По показникам визначенню кореляційної залежності ненасичених жирних кислот виявлено у олеїнової кислоти помірну негативну кореляцію $r=(-0,48)$ ($P<0,001$) із індексом напруги, сильну негативну кореляцію $r=(-0,75)$ ($P<0,001$) із автономним показником ритму.

Ліноленова кислота характеризується корелюванням із індексом напруги в середню позитивну кореляції $r=0,50$ ($P<0,001$), та сильну позитивну кореляцію $r=0,72$ ($P<0,001$) із автономним показником ритму.

Цис-11,14,17-ейкозатрієнова кислота має взаємозалежність, що відображає сильну негативну кореляцію $r=(-0,70)$ ($P<0,001$) із індексом напруги та сильну негативну із автономним показником ритму $r=(-0,82)$ ($P<0,001$).

Цис-4,7,10,13,16,19-докозагексанова кислота має статистичну залежність між індексом напруги в $r=0,66$ ($P<0,001$) середню позитивну кореляцію та автономним показником ритму $r=0,84$ ($P<0,001$) сильну позитивну кореляцію (Рис. 3.24).

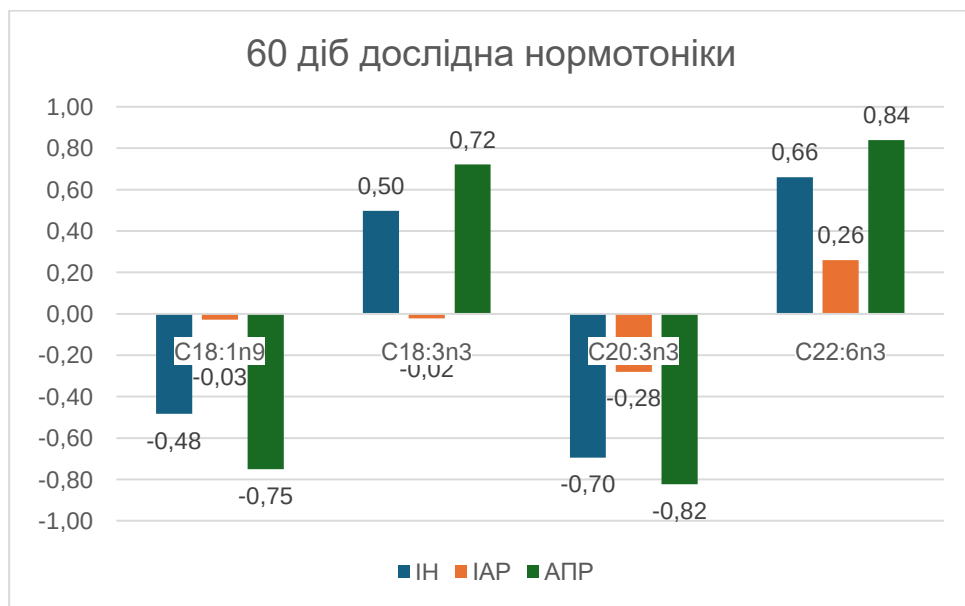


Рис 3.24 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами у дослідній групі нормотоніків.

Оцінка кореляційної залежності показників контрольно групи симпатотоніків із насиченими жирними кислота маю значну залежність. Так у пентадеканової кислоти виявлена дуже сильна позитивна кореляція із індексом напруги $r=0,94$ ($P<0,001$) та індексом автономної рівноваги $r=0,97$ ($P<0,001$) і сильна позитивна кореляція із автономним показником ритму $r=0,85$ ($P<0,001$).

Пальмітинова кислота по статистичні залежності мала середньо позитивну кореляцію $r=0,52$ ($P<0,001$) із індексом напруги та індексом автономної рівноваги $r=0,60$ ($P<0,001$) і автономним показником ритму $r=0,85$ ($P<0,001$) сильну позитивну кореляцію.

Стеаринова кислота корелювала із індексом напруги на середню негативну кореляцію $r=(-0,53)$ ($P<0,001$) і індексом автономної рівноваги $r=(-0,56)$ ($P<0,001$) та сильну негативну кореляцію $r=(-0,88)$ ($P<0,001$) автономним показником ритму (Рис. 3.25).

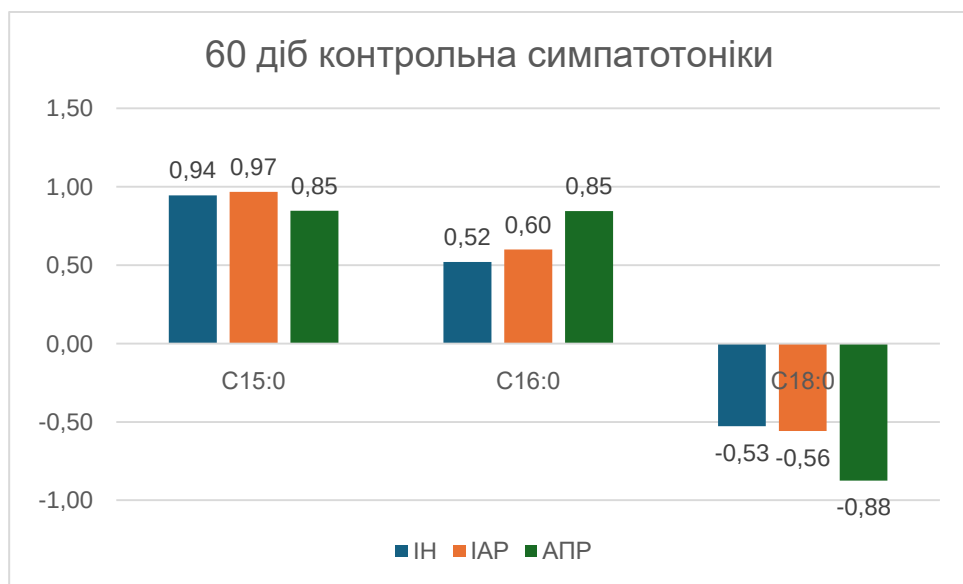


Рис. 3.25 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами у контрольній групі симпатотоніків.

Статистична залежність показників дослідної групи симпатотоніків із насиченими жирними кислотами має значну залежність. Так у пентадекановій кислоті виявлена дуже сильна негативна кореляція із індексом напруги $r=(-0,92)$ ($P<0,001$) та індексом автономної рівноваги $r=(-0,91)$ ($P<0,001$) і середня негативна кореляція із автономним показником ритму $r=(-0,58)$ ($P<0,001$).

Пальмітинова кислота по статистичні залежності мала дуже сильну позитивну кореляцію $r=0,96$ ($P<0,001$) із індексом напруги та індексом автономної рівноваги $r=0,93$ ($P<0,001$) і автономним показником ритму $r=0,72$ ($P<0,001$) сильну позитивну кореляцію.

Стеаринова кислота корелювала із індексом напруги на середню позитивну кореляцію $r=0,77$ ($P<0,001$) і індексом автономної рівноваги $r=0,72$ ($P<0,001$) та помірну позитивну кореляцію $r=0,37$ ($P<0,001$) автономним показником ритму (Рис. 3.26).

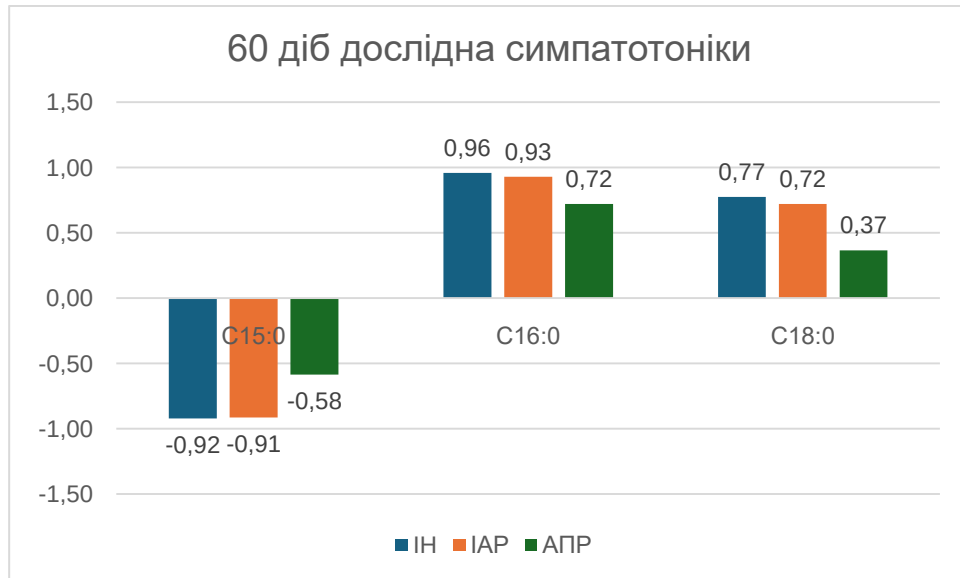


Рис 3.26 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами у дослідної групи симпатотоніків.

За оцінки кореляції вмісту омега-9 жирних кислот та показників автономної нервової системи встановлено наступні показники дуже сильну негативну кореляцію із індексом напруги $r=(-0,94)$ ($P<0,001$) та індексом автономної рівноваги $r=(-0,91)$ ($P<0,001$) і середню негативну кореляцію $r=(-0,58)$ ($P<0,001$) із автономним показником ритму.

Цис-11-ейкозенова кислота має середню позитивну кореляцію $r=0,54$ ($P<0,001$) із індексом напруги та помірну позитивну кореляцію $r=0,47$ ($P<0,001$) із індексом автономної рівноваги.

Нервонова кислота за статистичної оцінки мала сильну позитивну кореляцію $r=0,86$ ($P<0,001$) і з індексом напруги та $r=0,83$ ($P<0,001$) індексом автономної рівноваги та автономним показником ритму, що становить середню позитивну кореляцію $r=0,62$ ($P<0,001$) (Рис. 3.27).

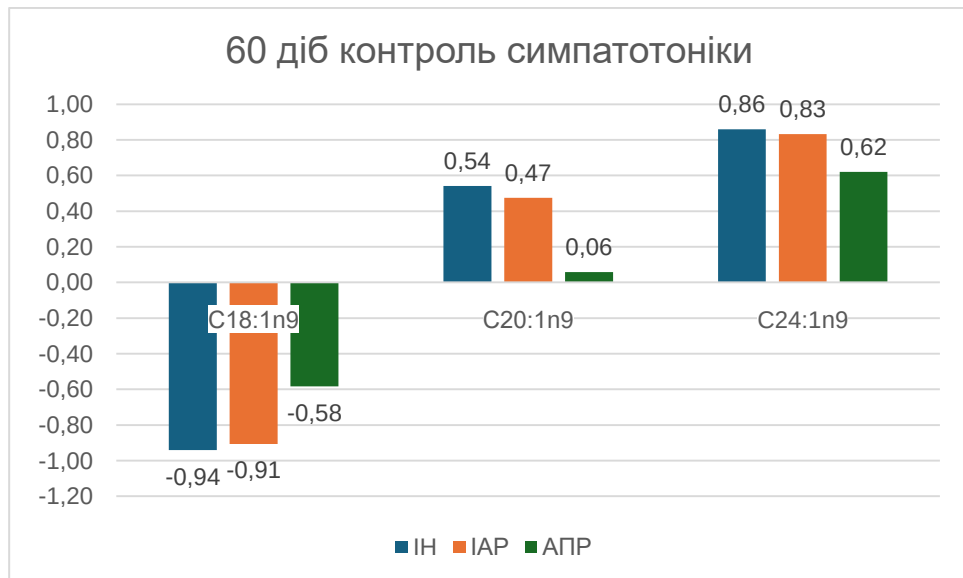


Рис 3.27 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами у контрольній групі симпатотоніків.

Корелювання показників омега-3 жирних кислот у контрольній групі симпатотоніків становить у ліноленової кислоти із індексом напруги $r=(-0,94)$ ($P<0,001$) та індексом автономної рівноваги $r=(-0,92)$ ($P<0,001$), що становить дуже сильну негативну кореляцію та середню негативну $r=(-0,58)$ ($P<0,001$) із автономним показником ритму.

Цис-11,14,17-ейкозатрієнова кислота мала дуже сильну негативну кореляцію в $r=(-0,94)$ ($P<0,001$) із індексом напруги та індексом автономної рівноваги, а автономний показник ритму має з даною жирною кислотою середню негативну кореляцію $r=(-0,66)$ ($P<0,001$).

Цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнова кислота корелює дуже сильно негативно із індексом напруги $r=(-0,99)$ ($P<0,001$) та індексом автономної рівноваги $r=(-0,98)$ ($P<0,001$) та середню негативну кореляцію $r=(-0,81)$ ($P<0,001$) із автономним показником ритму (Рис.3.28).

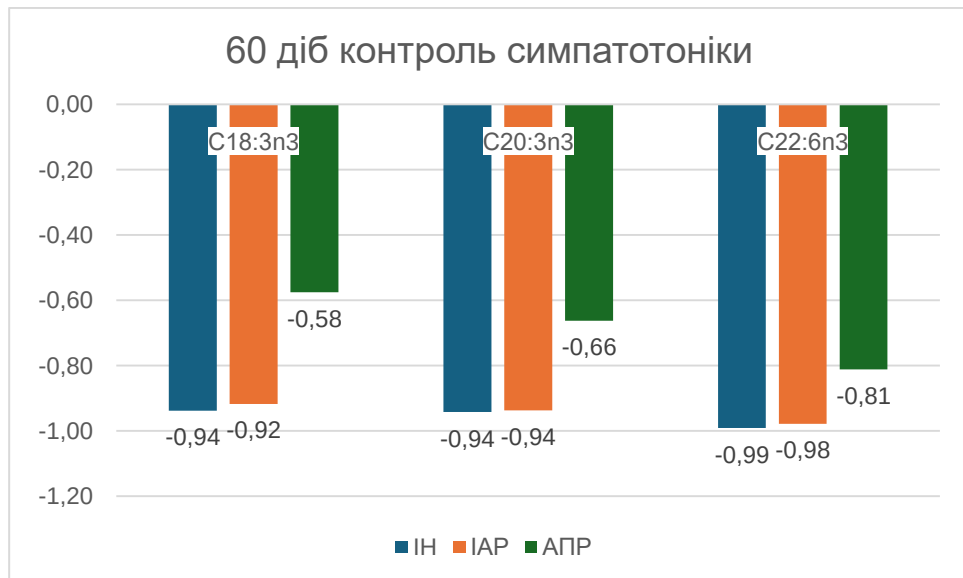


Рис 3.28 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами у контрольній групі симпатотоніків.

Статистична залежність омега-6 жирних кислот спрямована із варіаційно-пульсометричними показниками і має відображення у лінолевій кислоті в дуже сильній позитивній кореляції $r=0,92$ ($P<0,001$) із індексом напруги, сильній позитивній $r=0,88$ ($P<0,001$) із індексом автономної рівноваги та в середній позитивній $r=0,54$ ($P<0,001$) із автономний показником ритму.

Цис-11,14-ейкозадієнова кислота взаємозалежна із індексом напруги $r=(-0,85)$ ($P<0,001$) та індексом автономної рівноваги $r=(-0,88)$ ($P<0,001$) в сильній негативній кореляції і із автономним показником ритму $r=(-0,96)$ ($P<0,001$) в дуже сильну негативну кореляцію.

Цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота корелює середньо негативно із індексом напруги $r=(-0,60)$ ($P<0,001$) та індексом автономної рівноваги $r=(-0,59)$ ($P<0,001$).

Арахідонова кислота взаємозалежна по відношенню до індексу напруги $r=0,95$ ($P<0,001$) в дуже сильну позитивну кореляцію та індексом автономної рівноваги $r=0,97$ ($P<0,001$), а також із автономним показником ритму $r=0,89$ ($P<0,001$) в сильну позитивну кореляцію (Рис. 3.29).

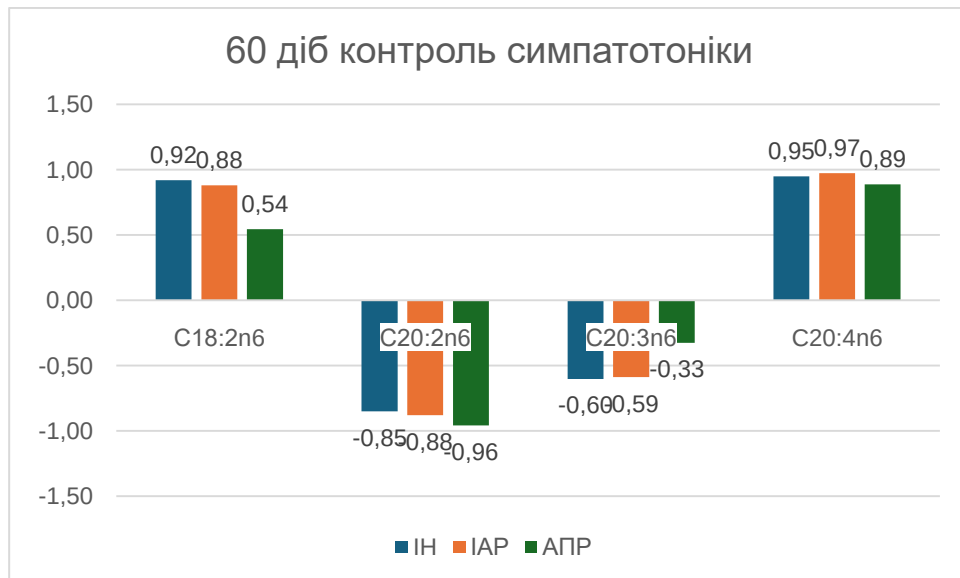


Рис 3.29 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами у контрольній групі симпатотоніків.

За оцінки кореляції вмісту омега-9 жирних кислот та показників автономної нервової системи встановлено наступні показники середню негативну кореляцію із індексом напруги $r=(-0,69)$ ($P<0,001$) та індексом автономної рівноваги $r=(-0,69)$ ($P<0,001$) і сильну негативну кореляцію $r=(-0,78)$ ($P<0,001$) із автономним показником ритму.

Цис-11-ейкозенова кислота має сильну негативну кореляцію $r=(-0,72)$ ($P<0,001$) із індексом напруги та $r=(-0,71)$ ($P<0,001$) із індексом автономної рівноваги.

Нервонова кислота за статистичної оцінки мала середню позитивну кореляцію $r=0,62$ ($P<0,001$) і з індексом напруги та $r=0,55$ ($P<0,001$) індексом автономної рівноваги та автономним показником ритму, що становить слабку позитивну кореляцію $r=0,22$ ($P<0,001$) (Рис. 3.30).

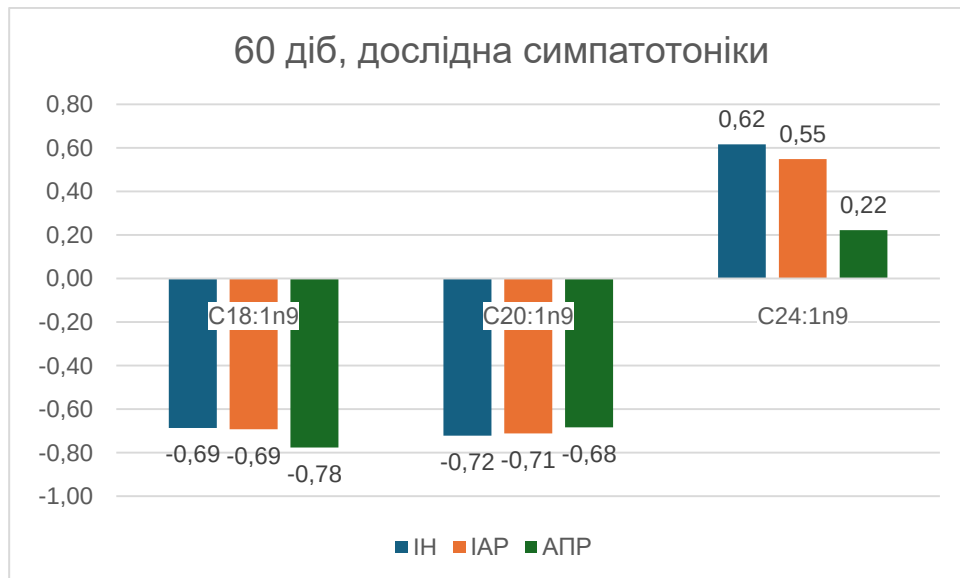


Рис 3.30 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами у дослідної групи симпатотоніків.

Корелювання показників омега-3 жирних кислот у контрольної групи симпатотоніків становить у ліноленової кислоти із індексом напруги $r=0,87$ ($P<0,001$) та індексом автономної рівноваги $r=0,83$ ($P<0,001$), що становить сильну позитивну кореляцію та середню позитивну $r=0,69$ ($P<0,001$) із автономним показником ритму.

Цис-11,14,17-ейкозатрієнова кислота мала дуже сильну негативну кореляцію в $r=(-0,75)$ ($P<0,001$) із індексом напруги та індексом автономної рівноваги, а автономний показник ритму має з даною жирною кислотою помірну негативну кореляцію $r=(-0,41)$ ($P<0,001$).

Цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнова кислота корелює дуже сильно негативно із індексом напруги $r=(-0,91)$ ($P<0,001$) та індексом автономної рівноваги $r=(-0,92)$ ($P<0,001$) та середню негативну кореляцію $r=(-0,66)$ ($P<0,001$) із автономним показником ритму (Рис. 3.31).

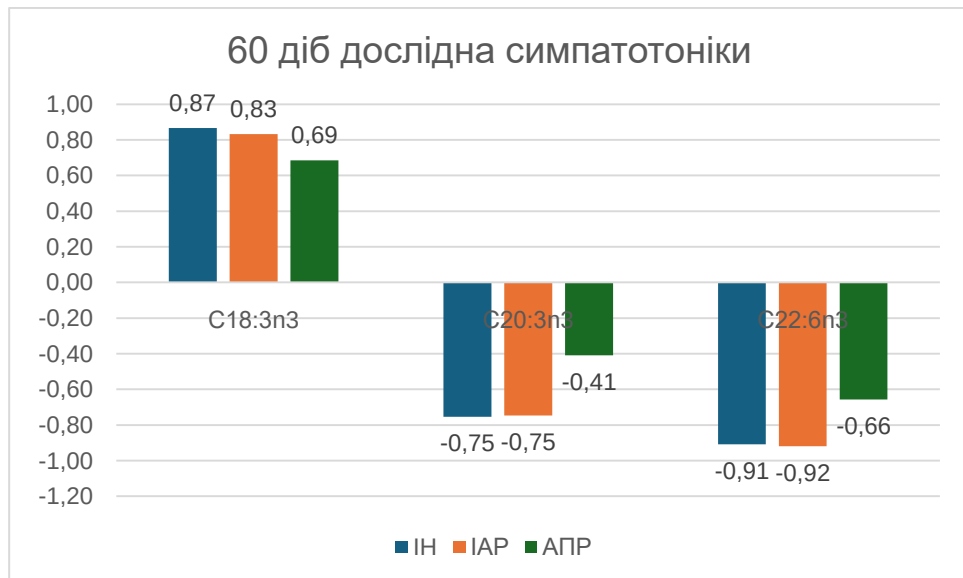


Рис. 3.31 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами у дослідній групі симпатотоніків.

Статистична залежність омега-6 жирних кислот спрямована із варіаційно-пульсометричними показниками і має відображення у лінолевій кислоті в сильній позитивній кореляції $r=0,83$ ($P<0,001$) із індексом напруги та $r=0,85$ ($P<0,001$) із індексом автономної рівноваги і $r=0,80$ ($P<0,001$) із автономним показником ритму.

Цис-11,14-ейкозадієнова кислота взаємозалежна із індексом напруги $r=(-0,75)$ ($P<0,001$) та індексом автономної рівноваги $r=(-0,79)$ ($P<0,001$) в сильній негативній кореляції і із автономним показником ритму $r=(-0,72)$ ($P<0,001$).

Цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота корелює дуже сильну негативно із індексом напруги $r=(-0,90)$ ($P<0,001$) та індексом автономної рівноваги $r=(-0,92)$ ($P<0,001$) і сильну негативну $r=(-0,78)$ ($P<0,001$) із автономним показником ритму.

Арахідонова кислота взаємозалежна по відношенню до індексу напруги $r=(-0,91)$ ($P<0,001$) в дуже сильну негативну кореляцію і сильну негативну із індексом автономної рівноваги $r=(-0,89)$ ($P<0,001$), а також із автономним показником ритму $r=(-0,76)$ ($P<0,001$) (Рис. 3.32).

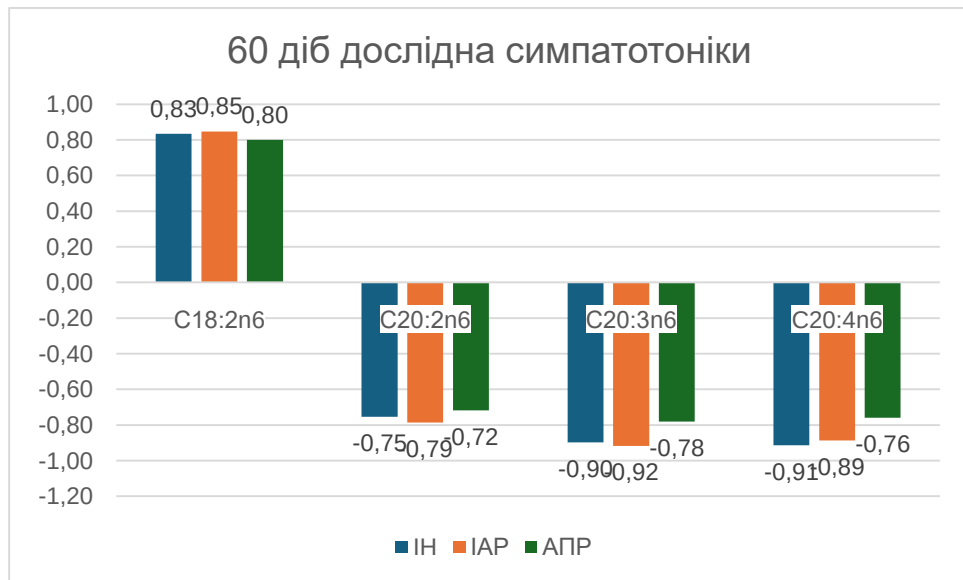


Рис. 3.32 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами у дослідної групи симпатотоніків.

У контрольної групи ваготоніків згідно оцінки кореляційної залежності виявлено, що пентадеканова кислота має сильну позитивну кореляцію із індексом напруги $r=0,79$ ($P<0,001$) та середню позитивну із індексом автономної рівноваги $r=0,54$ ($P<0,001$) та автономним показником ритму $r=0,64$ ($P<0,001$).

Пальмітинова кислота по встановленій статистичні залежності мала із індексом напруги та індексом автономної рівноваги середню позитивну кореляцію $r=0,65$ ($P<0,001$), а із автономним показником ритму сильну позитивну $r=0,76$ ($P<0,001$).

Стеаринова кислота за оцінкою показника кореляції була із індексом напруги в середній негативній кореляції $r=(-0,57)$ ($P<0,001$), так само і з автономним показником ритму $r=(-0,56)$ ($P<0,001$), а із індексом автономної рівноваги в високій негативній кореляції $r=(-0,74)$ ($P<0,001$).

Бегенова кислота характеризувалася сильною позитивною кореляцією із індексом напруги в $r=0,71$ ($P<0,001$), автономним показником ритму $r=0,81$ ($P<0,001$) і індексом автономної рівноваги $r=0,86$ ($P<0,001$) (Рис.3.33).

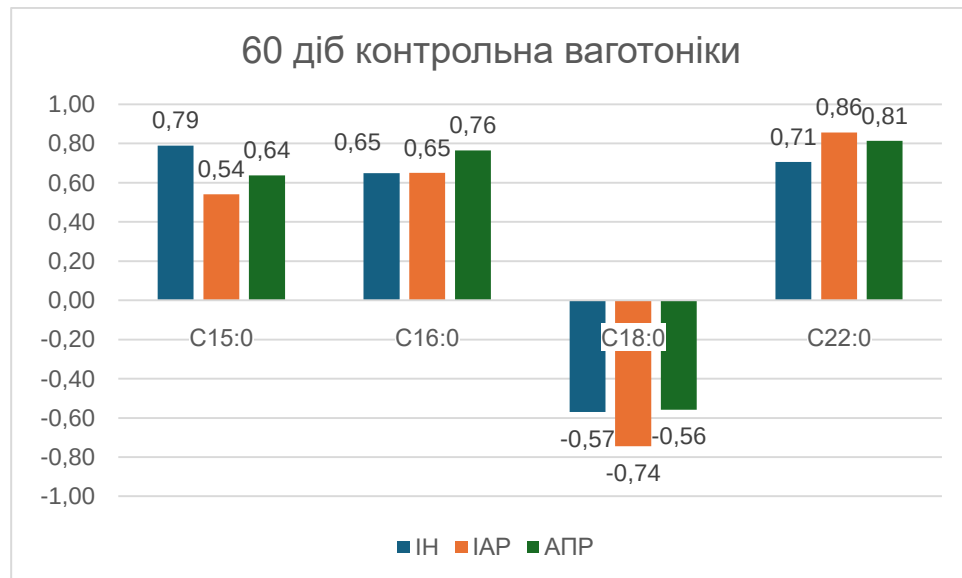


Рис. 3.33 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами у контрольній групі ваготоніків.

У дослідної групи ваготоніків згідно оцінки кореляційної залежності виявлено, що пентадеканова кислота має середню негативну кореляцію із індексом напруги $r=(-0,64)$ ($P<0,001$) та із індексом автономної рівноваги $r=(-0,54)$ ($P<0,001$) та помірну негативну із автономним показником ритму $r=(-0,39)$ ($P<0,001$).

Пальмітинова кислота по встановленій статистичній залежності мала із індексом напруги $r=(-0,81)$ ($P<0,001$) та індексом автономної рівноваги $r=(-0,73)$ ($P<0,001$) сильну негативну кореляцію, а із автономним показником ритму середню негативну $r=(-0,62)$ ($P<0,001$).

Стеаринова кислота за оцінкою показника кореляції була із індексом напруги в дуже сильній негативній кореляції $r=(-0,95)$ ($P<0,001$), а із автономним показником ритму $r=(-0,82)$ ($P<0,001$) сильну негативну та із індексом автономної рівноваги кореляції $r=(-0,80)$ ($P<0,001$).

Бегенова кислота характеризувалася сильною позитивною кореляцією із індексом напруги в $r=0,81$ ($P<0,001$) та середню позитивну із автономним показником ритму $r=0,67$ ($P<0,001$) і індексом автономної рівноваги $r=0,67$ ($P<0,001$) (Рис.3.34).

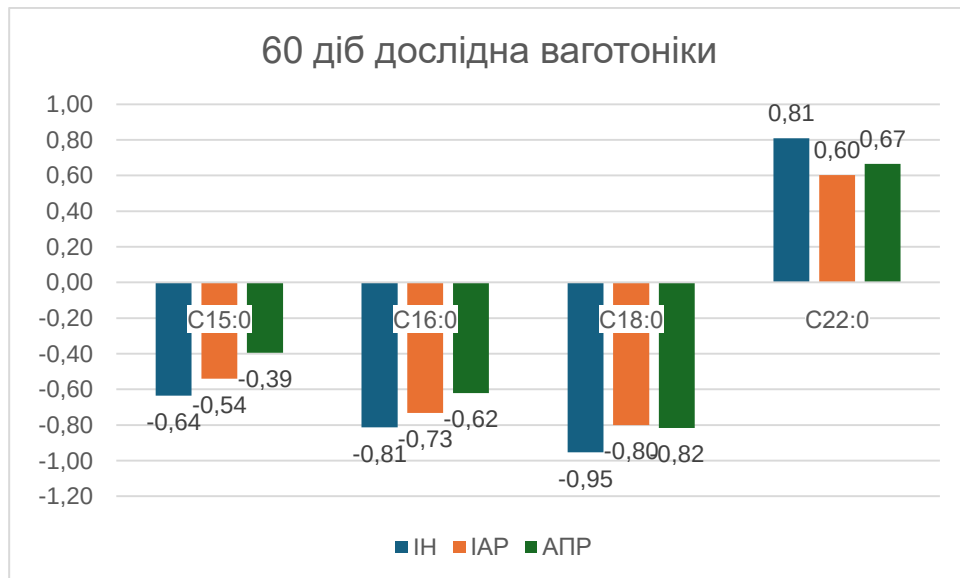


Рис. 3.34 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами у дослідної групи ваготоніків.

Згідно аналізу кореляції показників ненасичених жирних кислот та тонузу автономної нервової системи визначено, що лінолева кислота формує середню негативну кореляцію відносно індексу напруги $r=(-0,61)$ ($P<0,001$), автономного показника ритму $r=(-0,55)$ ($P<0,001$) та індексу автономної рівноваги $r=(-0,52)$ ($P<0,001$).

Цис-11,14-ейкозадієнова кислота проявляє середню позитивну кореляцію із індексом напруги $r=0,69$ ($P<0,001$) та автономної рівноваги $r=0,59$ ($P<0,001$), а із автономним показником ритму помірну позитивну $r=0,46$ ($P<0,001$).

Арахідонова жирна кислота характеризується кореляцією із індексом напруги $r=0,94$ ($P<0,001$) та автономним показником ритму $r=0,99$ ($P<0,001$) та описує дуже сильну кореляційну залежність, а із індексом автономної рівноваги створює $r=0,89$ ($P<0,001$) сильну позитивну взаємодію.

Докозадієнова кислота утворює дуже сильну позитивну кореляційну залежність із індексами напруги $r=0,97$ ($P<0,001$) та автономної рівноваги $r=0,89$ ($P<0,001$), а також сильну позитивну із автономним показником ритму $r=0,88$ ($P<0,001$).

Цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота становить із індексом напруги сильну негативну кореляцію $r=(-0,82)$ ($P<0,001$), а з іншими показниками варіаційно-пульсометричного дослідження середню негативну кореляцію таким як індекс автономної рівноваги $r=(-0,67)$ ($P<0,001$) та автономним показником ритму $r=(-0,65)$ ($P<0,001$) (Рис. 3.35).

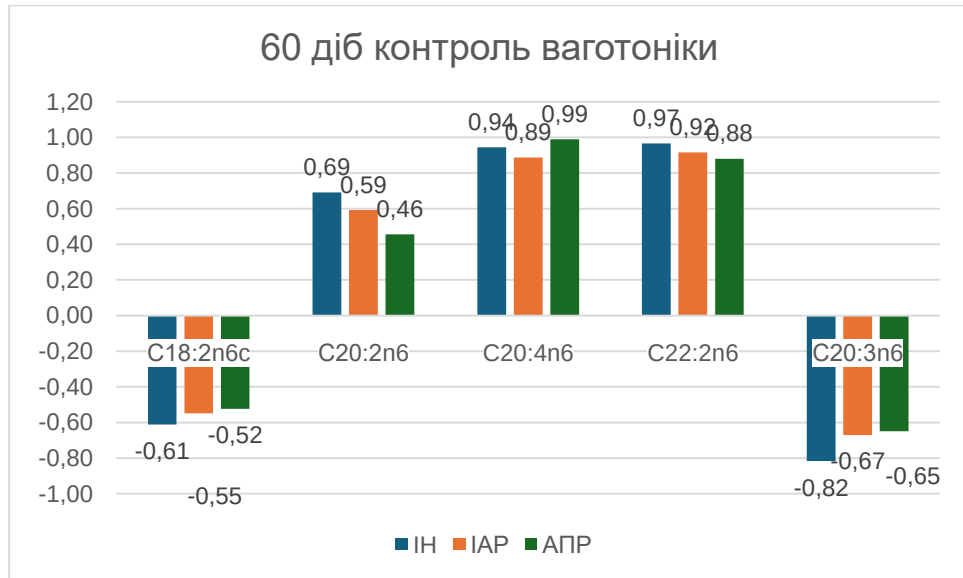


Рис. 3.35 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами у контрольній групі ваготоніків.

Згідно оцінок взаємодії показників вмісту ненасичених жирних кислот визначено залежність у олеїнової кислоти по відношенню до індексу напруги в сильній позитивній кореляції $r=0,72$ ($P<0,001$), а до автономного показника ритму $r=0,54$ ($P<0,001$) середню позитивну, із індексом автономної рівноваги помірну позитивну $r=0,46$ ($P<0,001$).

Ліноленова кислота мала взаємозалежність із індексом напруги $r=0,68$ ($P<0,001$) та автономним показником ритму $r=0,62$ ($P<0,001$), що становило середню позитивну кореляцію, а зі індексом автономної рівноваги помірну позитив $r=0,41$ ($P<0,001$).

Цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнова кислота виявила сильну позитивну кореляцію із індексом напруги $r=0,82$ ($P<0,001$) та середню позитивну із

автономним показником $r=0,68$ ($P<0,001$) і індексом автономної рівноваги $r=0,58$ ($P<0,001$).

Нервова кислота за отриманими даними корелює із автономним показником ритму $r=0,64$ ($P<0,001$) та індексом напруги $r=0,66$ ($P<0,001$), що описує середню позитивну кореляцію, а із індексом автономної рівноваги $r=0,48$ ($P<0,001$) помірну позитивну (Рис. 3.36).

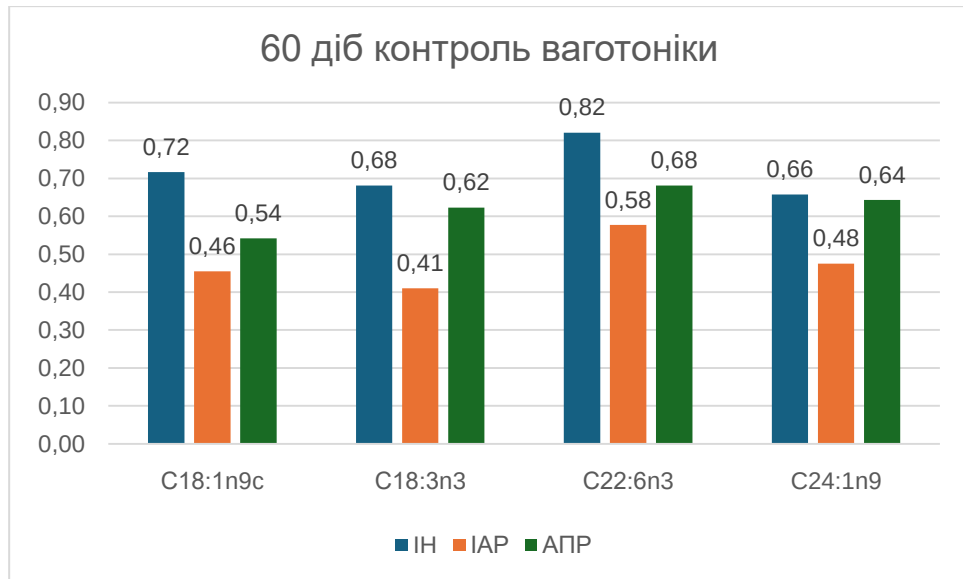


Рис. 3.36 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами у контрольній групі ваготоніків.

Згідно аналізу кореляції показників ненасичених жирних кислот та тонусу автономної нервової системи визначено, що лінолева кислота формує дуже сильну позитивну кореляцію відносно індексу напруги $r=0,92$ ($P<0,001$), а з автономного показника ритму $r=0,76$ ($P<0,001$) та індексу автономної рівноваги $r=0,85$ ($P<0,001$) сильну позитивну.

Цис-11,14-ейкозадієнова кислота проявляє сильну позитивну кореляцію із індексом напруги $r=0,83$ ($P<0,001$) та автономним показником ритму $r=0,88$ ($P<0,001$), а із індексом автономної рівноваги дуже сильну позитивну $r=0,96$ ($P<0,001$).

Арахідонова жирна кислота характеризується кореляцією із індексом напруги $r=(-0,59)$ ($P<0,001$) та автономним показником ритму $r=(-0,50)$

($P < 0,001$) та описує середню негативну кореляційну залежність, а із індексом автономної рівноваги створює $r = (-0,45)$ ($P < 0,001$) помірну негативну взаємодію.

Докозадієнова кислота утворює дуже сильну негативну кореляційну залежність із індексами напруги $r = (-0,98)$ ($P < 0,001$), автономної рівноваги $r = (-0,94)$ ($P < 0,001$) та із автономним показником ритму $r = (-0,91)$ ($P < 0,001$).

Цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота становить із індексом напруги сильну негативну кореляцію $r = (-0,83)$ ($P < 0,001$), а з іншими показниками варіаційно-пульсометричного дослідження середню негативну кореляцію таким як індекс автономної рівноваги $r = (-0,66)$ ($P < 0,001$) та автономним показником ритму $r = (-0,63)$ ($P < 0,001$) (Рис. 3.37).

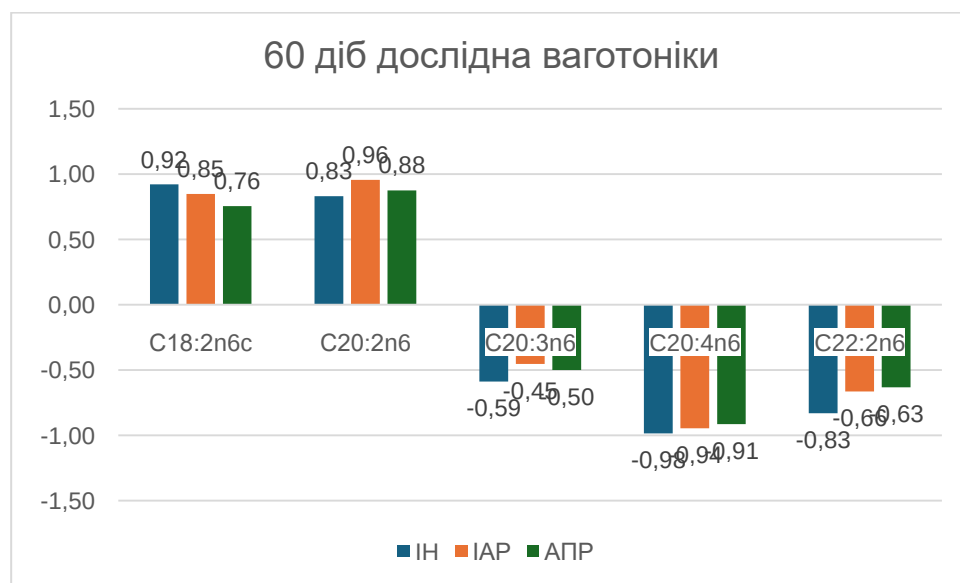


Рис. 3.37 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами у дослідній групі ваготоніків.

Згідно оцінок взаємодії показників вмісту ненасичених жирних кислот визначено залежність у олеїнової кислоти по відношенню до індексу напруги в середню позитивну кореляцію $r = 0,60$ ($P < 0,001$), автономний показник ритму $r = 0,61$ ($P < 0,001$) та із індексом автономної рівноваги помірну позитивну $r = 0,63$ ($P < 0,001$).

Ліноленова кислота мала взаємозалежність із індексом напруги $r=(-0,75)$ ($P<0,001$), що становить сильну негативну кореляцію, а із автономним показником ритму $r=(-0,51)$ ($P<0,001$) та індексом автономної рівноваги $r=(-0,56)$ ($P<0,001$), що становило середню негативну кореляцію.

Цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнова кислота виявила дуже сильну негативну кореляцію із індексом напруги $r=(-0,94)$ ($P<0,001$) та сильну негативну із автономним показником ритму $r=(-0,85)$ ($P<0,001$) і індексом автономної рівноваги $r=(-0,76)$ ($P<0,001$).

Нервонова кислота за отриманими даними корелює із автономним показником ритму $r=0,46$ ($P<0,001$) в помірній негативній кореляції та із індексом автономної рівноваги $r=0,43$ ($P<0,001$), а із індексом напруги $r=0,68$ ($P<0,001$) середню позитивну кореляцію (Рис. 3.38).

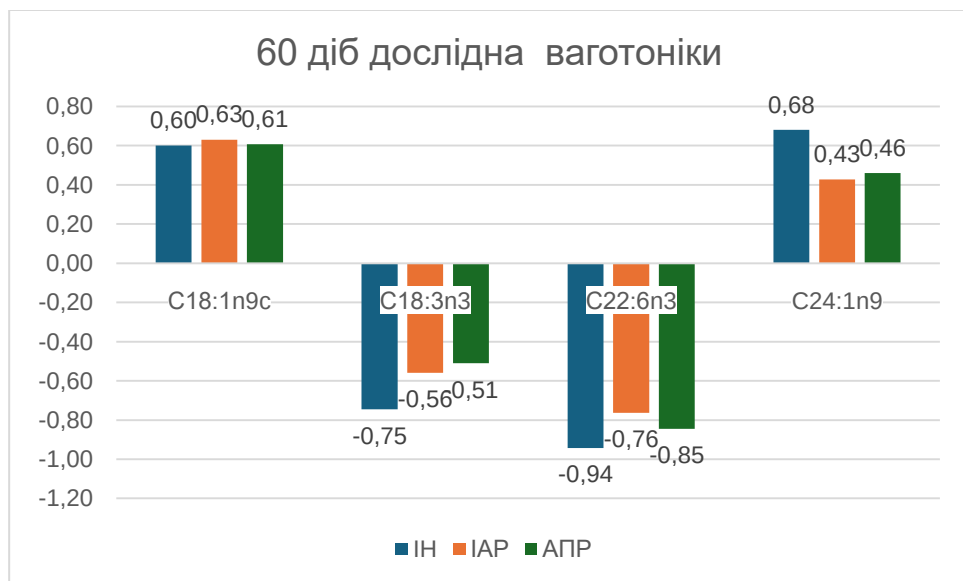


Рис. 3.38 Показники кореляції між тонусом автономної нервової системи та жирними кислотами у дослідній групі ваготоніків.

Заключення до розділу 3

Згідно хроматографічного дослідження ліпідів плазми крові свиней було встановлено закономірні зміни у показниках жирних кислот дослідних груп по відношенню до контрольних груп. На 10 день застосування кормової добавки серед насичених жирних кислот виявлені зміни між контрольною і дослідною

групо свиней. Так у нормотоніків контрольної групи вмісту міристинової кислоти був на 23,53% ($P<0,05$) більше, пальмітинової кислоти на 9,4% ($P<0,01$), а у дослідної групи гепатдеканової кислоти у 1,6 рази ($P<0,01$) та стеаринової кислоти на 9,8% ($P<0,05$). Симпатотоніки мали збільшення показників вмісту у крові дослідної групи пентадеконової кислоти у 1,5 рази ($P<0,05$) та зменшення вмісту стеаринової кислоти на 11,94% ($P<0,05$). Контрольна група мала більші значення пальмітинової кислоти на 21,89% ($P<0,01$) та менші у міристинової кислоти в 1,9 рази ($P<0,01$). Ваготоніки мали менші показники пальмітинової кислоти на 9,6% ($P<0,05$) та стеаринової кислоти на 8,3% ($P<0,05$) у дослідної групи по відношенню до контролю. Початкове зменшення показників насичених жирних кислот у корів дослідних груп свідчить про поступове накопичення кормової добавки у організмі тварини, що позитивно впливає на окисні процеси, що змінює концентрацію жирних кислот, але згідно оцінки загальної кількості значень від тварин, прослідковується не однорідна зміна вмісту відносно похибки.

За оцінки ненасичених жирних кислот на 10 добу застосування модифікованого раціону годівлі, встановлені зміни у концентрації жирних кислот при зіставленні контрольної і дослідної групи. Свині із нормотонією в період споживання наноаквахалтів зростав вмістом: олеїнової кислоти на 20,9% ($P<0,05$), ліноленової кислоти у 1,9 рази ($P<0,05$), цис-8,11,14-ейкозатрієнової кислоти на 54,4% ($P<0,05$), цис-11,14,17-ейкозатрієнової кислоти у 1,9 рази ($P<0,05$), цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнової кислоти у 1,4 рази ($P<0,01$). Свині із стандартним раціоном годівлі мали менші показники: цис-11-ейкозенової кислоти на 26,7% ($P<0,05$), цис-11,14-ейкозадієнової кислоти на 29,3% ($P<0,05$), арахідонової кислоти на 20,7% ($P<0,05$), докозадієнової кислоти і нервонової кислоти на 43,2% та 43,8% ($P<0,01$).

На 10 добу досліджень у тварин із симпатотонією показники ненасичених жирних кислот підвищувалися у дослідній групі, так вміст

пальмітолеїнової кислоти зростав у 1,7 рази ($P<0,001$), лінолевої кислоти на 10,48% ($P<0,01$), ліноленової кислоти у 1,92 рази ($P<0,05$), арахідонової кислоти на 12,8% ($P<0,05$). Зменшення вмісту ненасичених жирних кислот відмічається у контрольних груп тварин: олеїнової кислоти на 14,27% ($P<0,05$), цис-11-ейкозенової кислоти на 35,71% ($P<0,05$), цис-8,11,14-ейкозатрієнової кислоти на 28% ($P<0,05$), цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнової кислоти на 28,57% ($P<0,05$).

Група ваготоніків в період виконання дослідження на 10 добу мали зміни у відсотковому вмісті ненасичених жирних кислот. Виявлено зростання вмісту: пальмітолеїнової кислоти на 35,48% ($P<0,01$), ліноленової кислоти у 1,7 рази, цис-11,14-ейкозадієнової кислоти у 1,6 рази ($P<0,05$), нервонової кислоти на 29,31% ($P<0,05$) у дослідної групи. Контрольна група свиней на 10 добу по ліпідним показникам крові мала менший вміст: олеїнової кислоти на 15,8% ($P<0,05$), ліноленової кислоти у 1,7 рази та докозадієнової кислоти на 26,47% ($P<0,05$). При оцінці 10 дня дослідження виявлено початкові зміни у показниках жирних кислот в крові свиней, які споживали кормову добавку. Згідно огляду отриманих даних, розбіжність чисел спостерігається, але не занадто велика, про що свідчить коефіцієнт Стюдента підчас співставлення контрольної і дослідної групи.

Починаючи оцінку вмісту жирних кислот на 40 добу дослідження, було встановлено більш кращі зміни у дослідних груп тварин, що відобразилося у отриманих результатах. У дослідної групи нормотоніків відмічено зростання міристонової кислоти у 1,7 рази ($P<0,01$) та зменшення бегенової кислоти на 18,2% ($P<0,01$) і гепатадеканової кислоти на 26,1% ($P<0,05$). Контрольна група нормотоніків підвищилося концентрація пальмітинової кислоти на 13,82% ($P<0,01$), стеаринової кислоти на 12% ($P<0,01$). Групи свиней із симпатотонією та базовим раціоном годівлі мали підвищення: пентадеканової кислоти на 25% ($P<0,01$), пальмітинової кислоти на 15,36% ($P<0,01$) та стеаринової кислоти на 17,84% ($P<0,01$). У дослідної групи симпатотоніків було зменшення

відсоткового вмісту: міристонової кислоти у 1,5 рази ($P<0,01$), гептадеканової кислоти на 20,75% ($P<0,01$) та бегенової кислоти на 32,5% ($P<0,01$). Свині із ваготонією мали більші показники у пентадеканової кислоти на 40,9% ($P<0,01$), пальмітинової кислоти на 17,36% ($P<0,01$) та стеаринової кислоти на 13,44% ($P<0,01$). Також виявлено менші показники у дослідної групи ваготоніків у міристинової кислоти у 1,5 рази ($P<0,01$), гептадеканової кислоти на 22,6% ($P<0,01$) та бегенової кислоти на 17,83% ($P<0,01$).

За хроматографічного аналізу крові свиней на показники ненасичених жирних кислот на 40 добу було виявлено зростання: олеїнової жирної кислоти на 13,2% ($P<0,01$), цис-11-ейкозенової кислоти на 30,3% ($P<0,05$), цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота на 21,15% ($P<0,05$), арахіднової кислоти на 15,31% ($P<0,05$), нервонової кислоти на 51% ($P<0,01$) і цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнової кислоти на 57,89% ($P<0,01$). Виявлено менші значення жирних кислот у контрольної групи нормотоніків: у лінолевої кислоти на 7,8% ($P<0,01$), цис-11,14-ейкозадієнової кислоти на 45,1% ($P<0,01$), докозадієнової кислоти на 30,5% ($P<0,05$). У груп симпатотоніків показники ненасичених жирних кислот також зазнали змін. Визначено, що дослідна група симпатотоніків мала більші показники таких жирних кислот як: олеїнова кислота на 19,9% ($P<0,001$), ліноленова кислота у 1,8 разів ($P<0,01$), цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота на 43,9% ($P<0,05$), цис-11,14-ейкозадієнова кислота у 2,05 рази ($P<0,01$), нервонова кислота на 51% ($P<0,01$) та цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнова кислота на 57,89% ($P<0,01$). Контрольна група симпатотоніків мала значно менших вміст: лінолевої кислоти на 9,6% ($P<0,001$), цис-11,14-ейкозадієнової кислоти у 2,05 рази ($P<0,01$) та арахідонової кислоти на 18,1% ($P<0,01$). У свиней із ваготонією дослідної групи було виявлено більші показники: олеїнової кислоти на 22,13% ($P<0,01$), ліноленової кислоти у 1,85 разів ($P<0,05$), цис-8,11,14-ейкозатрієнової кислоти на 23,53% ($P<0,05$), арахідонової кислоти на 22,25% ($P<0,001$), нервонової кислоти на 32,26% ($P<0,01$) та цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнової кислоти на 26,62% ($P<0,01$). Також на 40 день контрольна група тварин із ваготонією

виявлено менші значення у лінолевої кислоти на 7,3% ($P<0,01$), цис-11,14-ейкозадієнної кислоти на 27,67% ($P<0,05$), та декозадієнної кислоти на 43,75% ($P<0,01$).

На 60 добу досліджень оцінка вмісту жирних кислот у свиней із симпатотонією у дослідній групі визначено зменшення: міристинової кислоти на 44,44% ($P<0,01$), пальмітинової кислоти на 13,62% ($P<0,01$), бегенової кислоти на 20,31% ($P<0,05$), а контрольна група мала зростання пентадеканової кислоти на 36,36% ($P<0,05$), стеаринової кислоти на 5,9% ($P<0,01$). Насичені жирні кислоти у тварин із симпатотонією встановлено підвищення відсоткового вмісту у: пентадеканової кислоти на 23,8% ($P<0,01$) та стеаринової кислоти на 6,9% ($P<0,05$) в контрольній групі, а у дослідній групі зменшувалися показники у міристинової кислоти на 34,48% ($P<0,01$) та пальмітинової кислоти на 13,77% ($P<0,001$). Ваготоніки на 60 добу досліджень характеризувалися підвищенням пентадеканової кислоти на 40,9% ($P<0,05$) у тварин із модифікованим раціоном годівлі та зниження міристинової кислоти на 33,3% ($P<0,05$) і пальмітинової кислоти на 8,8% ($P<0,01$).

Рівень ненасичених жирних кислот на 60 добу у дослідній групі нормотоніків за період споживання кормової добавки зростав, у олеїнової кислоти на 9,1% ($P<0,05$), ліноленової кислоти на 71,4% ($P<0,05$), цис-8,11,14-ейкозатрієнної кислоти на 24,01% ($P<0,05$), цис-11,14,17-ейкозатрієнної кислоти на 23,46% ($P<0,01$). Контрольна група нормотоніків мала менші показники лінолевої кислоти на 10,1% ($P<0,05$), цис-11,14-ейкозадієнної кислоти на 26,56% ($P<0,05$), арахідонової кислоти на 14,34% ($P<0,01$) та декозадієнної кислоти на 27,69% ($P<0,01$).

Газова хроматографія ліпідного складу у симпатотоніків дослідній групі встановила більший рівень олеїнової кислоти на 8,76% ($P<0,01$), цис-11-ейкозенової кислоти на 19,57% ($P<0,01$), ліноленової кислоти на 38,9% ($P<0,05$), цис-8,11,14-ейкозатрієнної кислоти на 36,59% ($P<0,05$), цис-11,14,17-ейкозатрієнної кислоти на 43,75% ($P<0,05$), Цис-4,7,10,13,16,19-

докозагексаєнової кислоти на 18,71% ($P<0,01$). Свині маючи стандартний раціон мали менші показники пальмітолеїнової кислоти на 28,95% ($P<0,05$), лінолевої кислоти на 6,43% ($P<0,01$), цис-11,14-ейкозадієнової кислоти на 24,44% ($P<0,05$), арахідонової кислоти на 14,74% ($P<0,01$) та нервонової кислоти на 17,86% ($P<0,05$).

Свині із ваготонією по ліпідному профілю крові на 60 добу проявляли зростання у дослідної групи олеїнової кислоти на 9,05% ($P<0,01$), ліноленової кислоти на 54,55% ($P<0,05$), цис-8,11,14-ейкозатрієнової кислоти на 20,35% ($P<0,05$), докозадієнової кислоти на 11,91% ($P<0,05$), цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнової кислоти на 7,34% ($P<0,01$). У контрольної групи тварин по вмісту ліпідів виявлено менші значення пальмітолеїнової кислоти на 21,62% ($P<0,01$), лінолевої кислоти на 3,2% ($P<0,01$), цис-11,14-ейкозадієнової кислоти на 26,92% ($P<0,05$), арахідонової кислоти на 6,2% ($P<0,01$), нервонової кислоти на 22,64% ($P<0,01$).

Згідно оцінки результатів виявлено зміни у показниках жирних кислот у свиней з різним тонусом автономної нервової системи під час застосування кормової добавки наноаквахелатів, що описує корекцію ліпідного обміну у свиней та відповідну залежність до індивідуальних особливостей, які відображені у показниках вараційно-пульсометричного дослідження та кореляційні залежності.

РОЗДІЛ 4

АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

За даними Mel'nuchuk ліпідний обмін у організмі залежить від значної кількості факторів, що напряду або опосередковано впливають на процеси синтезу та розщеплення цих компонентів. Zhang відзначав, що проста зміна частоти надходження корму до поголів'я свиней стає причиною значної зміни метаболічного обміну глюкози та ліпідів. Згідно з результатами автора зростання частоти годування тварин ставало причиною зменшення процесів обміну ліпідів та підвищення процесів глюконеогенезу. Тому за словами автора, формування сталого часу і частоти годівлі свиней стане одним з вагомих факторів у вирішенні питання регулювання ліпідного обміну. Згідно даних дослідження Wang по застосуванню кормових добавок поліненасичених жирних кислот у раціоні годівлі свиней для покращення ліпідного обміну спостерігалися певні особливості. Використання даного компоненту при годівлі тварин покращило стан обміну ліпідів з боку їхнього відкладання у організмі, також внесення додаткового джерела жирних кислот, стає причиною штучного впливу на процеси ліпогенезу та ліполізу. Не зважаючи на такий позитивний з першого погляду результат, варто відзначити про можливий негативний ефект надмірного надходження зайвого ліпідного компоненту [99, 147, 162].

Scerra досліджував роль кормової добавки, що складалася із м'якоті бергамоту та листя оливи в ліпідному обміні та продуктивності свиней. Згідно аналізу отриманих результатів, виявлено що дана кормова добавка на думку автора при згодовуванні тваринам на протязі 100 днів мала не суттєвий вплив на загальний показник жирних кислот. При аналізі окремих жирних кислот було встановлено, що підвищувався рівень α -ліноленової кислоти. При порівнянні з нашим результатом, суміш нанопрепарату германію і феруму мала вплив на показниках насичених жирних кислот як на окремі жирні кислоти так і на загальну кількість у крові дослідних груп. Хи виконував дослідження по використанню кормової добавки проантоціанідину екстракту

виноградної кісточки для покращення продуктивності свиней та антиоксидантного захисту. Було встановлено, що за використання модифікованого раціону годівлі у свиней яким згодовували кормову добавку в дозі 100 та 200 мг/кг зросла частка α -ліноленової кислоти ($P < 0,05$), в загальному плані трохи змінилося співвідношення насичених і ненасичених жирних кислот в бік ненасичених жирних кислот за рахунок поліненасичених жирних кислот. Оцінюючи наші результати ми відзначаємо, що використання нанопрепарату германію і феруму, у кожній дослідній групі зменшило концентрація насичених жирних кислот [127, 159].

Сui вивчав вплив кормової добавки гліцеридів жирних кислот на загальний метаболізм поживних речовин та їх вплив на ліпідний обмін. Визначив, що за використання даного додаткового компоненту у раціоні свиней сприяло покращенню білкового обміну, а також зменшило загальний вміст летких жирних кислот. Встановив, що серед жирних кислот зменшення відсоткового вмісту масляної кислоти та ізомасляної кислоти. В нашому випадку за аналізу ефективності кормової добавки на базі нанопрепарату у дослідних груп тварин зменшилися показники насичених жирних кислот у різній пропорції залежно від індивідуальних особливостей їхнього організму, що також дає більш точніші результати [33].

Zhang досліджував вплив кормової добавки у вигляді амінокислот з розгалуженим ланцюгом. На думку автора під час формування необхідних амінокислот для синтезу білків, що підвищують формування маси тіла тварини витрачається значна кількість енергії, що стає причиною витрат значної кількості енергетичних сполук, тому внесення вже сформованих необхідних амінокислот повинно позитивно відобразитися на ліпідному обміні. Згідно отриманих даних автор відмічає, що за нормального співвідношення вмісту амінокислот у раціоні свиней можливе модулювання метаболізму ліпідів, оскільки прискорювалося секреція адипінів та окиснення жирних кислот. Про те чітких результатів автор у своїй роботі не відображає.

Натомість використання у нашому випадку суміші нанопрепарату германію і феруму позитивно відобразилося на обміні насичених жирних кислот [163].

Guo досліджував ефективність кормової добавки дигідромірицетину у покращенні антиоксидантного захисту та ліпідного обміну. Згідно результатів, що описує у своїй роботі автор зменшився загальний вміст тригліцеридів, що являє собою форму транспорту жирних кислот, також відзначено зростання процесів ліполізу та окислення жирних кислот, що на думку вченого сприяє покращенню ліпідного обміну. Однак значного статистичного аналізу із встановленою закономірністю взаємозалежності даної кормової добавки достатньо не розкрито особливо це стосується показників жирних кислот. В нашому випадку вивчення впливу нанопрепаратів на показники жирних кислот більш чіткіше відображає процеси обміну ліпідів у організмі свиней [58].

Підчас виконаного дослідження визначено тонус автономної нервової системи у свиней. Варіаційно-пульсометричне дослідження було сформовано три групи тварин: нормотоніки, ваготоніки та симпатотоніки. Підчас застосування кормової добавки наносполуки мікроелементів феруму в дозі – 3 мг/добу та германію – 0.01 мг/добу на кожну голову визначено зміни у показниках відсоткового вмісту жирних кислот у крові.

На 10 добу застосування кормової добавки серед насичених жирних кислот виявлені зміни між контрольною і дослідною групою свиней. Так у нормотоніків контрольної групи вмісту міристинової кислоти був на 23,53% ($P<0,05$) більше, пальмітинової кислоти на 9,4% ($P<0,01$), а у дослідної групи гепатдеканова кислота більша у 1,6 рази ($P<0,01$) та стеаринова кислота на 9,8% ($P<0,05$). Симпатотоніки мали збільшення показників вмісту у крові дослідної групи виявлено у пентадеконової кислоти у 1,5 рази ($P<0,05$) та менший вміст стеаринової кислоти на 11,94% ($P<0,05$), а контрольна група мала більші значення пальмітинової кислоти на 21,89% ($P<0,01$) та менші у міристинової кислоти в 1,9 рази ($P<0,01$). Ваготоніки мали менші показники пальмітинової кислоти на 9,6% ($P<0,05$) та стеаринової кислоти на 8,3%

($P < 0,05$) у дослідної групи по відношенню до контролю. Початкове зменшення показників насичених жирних кислот у корів дослідних груп свідчить про поступове накопичення корової добваки у організмі тварини, що позитивно впливає на окисні процеси, що впливає на концентрацію жирних кислот, але згідно оцінки загальної кількості показників отриманих від тварин прослідковується не однорідна зміна вмісту, про свідчить похибка.

За оцінки ненасичених жирних кислот на 10 добу застосування модифікованого раціону годівлі встановлені зміни у концентрації даних жирних кислот при зіставленні контрольної і дослідної групи. Свині із нормотонією в період споживання наноаквахалтів зростав вмістом олеїнової кислоти на 20,9% ($P < 0,05$), ліноленова кислота у 1,9 рази ($P < 0,05$), цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота на 54,4% ($P < 0,05$), цис-11,14,17-ейкозатрієнова кислота у 1,9 рази ($P < 0,05$), цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнова кислота у 1,4 рази ($P < 0,01$). Свині із стандартним раціоном годівлі мали менші показники цис-11-ейкозенової кислоти на 26,7% ($P < 0,05$), цис-11,14-ейкозадієнова кислота на 29,3% ($P < 0,05$), арахідонова кислота на 20,7% ($P < 0,05$), докозадієнова кислота і нервонова кислота на 43,2% та 43,8% ($P < 0,01$).

10 доба досліджень у тварини із симпатотонією показники ненасичених жирних кислот підвищувався у дослідної групи, так пальмітолеїнова кислота більша у 1,7 рази ($P < 0,001$), лінолева кислота на 10,48% ($P < 0,01$), ліноленова кислота у 1,92 рази ($P < 0,05$), арахідонова кислота на 12,8% ($P < 0,05$). Зменшення показників ненасичених жирних кислот відмічається у контрольних груп тварин так вміст менше у олеїнової кислоти на 14,27% ($P < 0,05$), цис-11-ейкозенової кислоти на 35,71% ($P < 0,05$), Цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота на 28% ($P < 0,05$), Цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнова кислота на 28,57% ($P < 0,05$).

Група ваготоніків в період виконання дослідження на 10 добу було виявлено, зміни у ненасичених жирних кислота. Виявлено зростання показників відсоткового вмісту пальмітолеїнової кислоти на 35,48% ($P < 0,01$),

Ліноленової кислоти у 1,7 рази, цис-11,14-ейкозадієнкової кислоти у 1,6 рази ($P<0,05$), нервонова кислота на 29,31% ($P<0,05$) у дослідної групи. Контрольна група свиней на 10 добу по ліпідним показникам крові мала менший вміст олеїнової кислоти на 15,8% ($P<0,05$), ліноленової кислоти у 1,7 рази та докозадієнкової кислоти на 26,47% ($P<0,05$). При оцінці 10 доби дослідження виявлено початкові зміни у показниках жирних кислот в крові свиней, які споживали кормову добавку. Згідно огляду отриманих даних, розбіжність чисел спостерігається, але не занадто велика, про що свідчить коефіцієнт Стюдента підчас співставлення контрольної і дослідної групи.

Починаючи оцінку вмісту жирних кислот на 40 добу дослідження, було встановлено більш кращі зміни у дослідних груп тварин, що відобразилося у отриманих результатах. У дослідної групи нормотоніків відмічено зростання міристонової кислоти у 1,7 рази ($P<0,01$) та зменшення бегенової кислоти на 18,2% ($P<0,01$) і гептадеканової кислоти на 26,1% ($P<0,05$). Контрольна група нормотоніків збільшувалася пальмітинова кислота на 13,82% ($P<0,01$), стеаринова кислота на 12% ($P<0,01$). Групи із симпатотонією характеризувалися у свиней із базовим раціоном годівлі мали підвищення пентадеканової кислоти на 25% ($P<0,01$), пальмітинової кислоти на 15,36% ($P<0,01$) та стеаринової кислоти на 17,84% ($P<0,01$). У дослідної групи симпатотоніків було зменшення відсоткового вмісту міристонової кислоти у 1,5 рази ($P<0,01$), гептадеканової кислоти на 20,75% ($P<0,01$) та бегенова кислота на 32,5% ($P<0,01$). Свині із ваготонією мали більші показники у пентадеканової кислоти на 40,9% ($P<0,01$), пальмітинової кислоти на 17,36% ($P<0,01$) та стеаринової кислоти на 13,44% ($P<0,01$). Також виявлено менші показники у дослідної групи ваготоніків у міристинової кислоти у 1,5 рази ($P<0,01$), гептадеканової кислоти на 22,6% ($P<0,01$) та бегенової кислоти на 17,83% ($P<0,01$).

За хроматографічного аналізу крові свиней на показники ненасичених жирних кислот на 40 добу було виявлено зростання олеїнової жирної кислоти

на 13,2% ($P<0,01$), цис-11-ейкозенової кислоти на 30,3% ($P<0,05$), цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота на 21,15% ($P<0,05$), арахіднової кислоти на 15,31% ($P<0,05$), нервонової кислоти на 51% ($P<0,01$) і цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнової кислоти на 57,89% ($P<0,01$). Виявлено менші значення жирних кислот у контрольній групі нормотоніків саме у лінолевої кислоти на 7,8% ($P<0,01$), цис-11,14-ейкозадієнової кислоти на 45,1% ($P<0,01$), докозадієнової кислоти на 30,5% ($P<0,05$). У груп симпатотоніків показники ненасичених жирних кислот також зазнали змін. Визначено, що дослідна група симпатотоніків мала більші показники таких жирних кислот як олеїнова жирна кислота на 19,9% ($P<0,001$), ліноленова кислота у 1,8 разів ($P<0,01$), цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота на 43,9% ($P<0,05$), цис-11,14-ейкозадієнова кислота у 2,05 рази ($P<0,01$), нервонова кислота на 51% ($P<0,01$) та цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнова кислота на 57,89% ($P<0,01$). Контрольна група симпатотоніків мала значно менших вміст лінолевої кислоти на 9,6% ($P<0,001$), цис-11,14-ейкозадієнової кислоти у 2,05 рази ($P<0,01$) та арахідонової кислоти на 18,1% ($P<0,01$). У свиней із ваготонією дослідної групи було виявлено більші показники олеїнової кислоти на 22,13% ($P<0,01$), ліноленова кислота у 1,85 разів ($P<0,05$), цис-8,11,14-ейкозатрієнової кислоти на 23,53% ($P<0,05$), арахідонової кислоти на 22,25% ($P<0,001$), нервонової кислоти на 32,26% ($P<0,01$) та цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнової кислоти на 26,62% ($P<0,01$). Також на 40 добу контрольна група тварин із ваготонією виявлено менші значення у лінолевої кислоти на 7,3% ($P<0,01$), цис-11,14-ейкозадієнової кислоти на 27,67% ($P<0,05$), та декозадієнової кислоти на 43,75% ($P<0,01$).

Згідно оцінки показників жирних кислот у крові свиней на 40 добу було встановлено, що тривале споживання наноаквасполук в порівнянні із 10 добою дослідження більш суттєва вплинуло на показники. Залишається суттєва різниця між показниками контрольних і дослідних груп, що відображається у зменшенні насичених жирних кислот та зростання ненасичених жирних

кислот. Це відображає процеси зміни ліпідних процесів в більш значимих результатах, що підтверджується у даних Ст'юдента.

На 60 добу дослідження оцінка вмісту жирних кислот у свиней із симпатотонією у дослідної групи визначено зменшення міристинової кислоти на 44,44% ($P<0,01$), пальмітинової кислоти на 13,62% ($P<0,01$), бегенової кислоти на 20,31% ($P<0,05$), а контрольна група мала зростання пентадеканової кислоти на 36,36% ($P<0,05$), стеаринової кислоти на 5,9% ($P<0,01$). Насичені жирні кислоти у тварин із симпатотонією встановлено підвищення відсоткового вмісту у пентадеканової кислоти на 23,8% ($P<0,01$) та стеаринової кислоти на 6,9% ($P<0,05$) в контрольної групи, а у дослідної групи зменшувалися показники у міристинової кислоти на 34,48% ($P<0,01$) та пальмітинової кислоти на 13,77% ($P<0,001$). Ваготоніки на 60 добу дослідження характеризувалися підвищенням пентадеканової кислоти на 40,9% ($P<0,05$) у тварин із модифікованим раціоном годівлі та зниження міристинової кислоти на 33,3% ($P<0,05$) і пальмітинової кислоти на 8,8% ($P<0,01$).

Рівень ненасичених жирних кислот на 60 добу досліджень у дослідної групи нормотоніків за період споживання кормової добавки зростав, а саме у олеїнової кислоти на 9,1% ($P<0,05$), ліноленової кислоти на 71,4% ($P<0,05$), цис-8,11,14-ейкозатрієнової кислоти на 24,01% ($P<0,05$), цис-11,14,17-ейкозатрієнової кислоти на 23,46% ($P<0,01$). Контрольна група нормотоніків мала менші показники лінолевої кислоти на 10,1% ($P<0,05$), цис-11,14-ейкозатрієнової кислоти на 26,56% ($P<0,05$), арахідонової кислоти на 14,34% ($P<0,01$) та докозатрієнової кислоти на 27,69% ($P<0,01$).

Газова хроматографія ліпідного складу у симпатотоніків дослідної групи визначено більший рівень олеїнової кислоти на 8,76% ($P<0,01$), цис-11-ейкозенової кислоти на 19,57% ($P<0,01$), ліноленової кислоти на 38,9% ($P<0,05$), цис-8,11,14-ейкозатрієнової кислоти на 36,59% ($P<0,05$), цис-11,14,17-ейкозатрієнової кислоти на 43,75% ($P<0,05$), Цис-4,7,10,13,16,19-

докозагексаєнової кислоти на 18,71% ($P<0,01$). Свині маючи стандартний раціон мали менші показники відсоткового вмісту пальмітолеїнової кислоти на 28,95% ($P<0,05$), лінолевої кислоти на 6,43% ($P<0,01$), цис-11,14-ейкозадієнової кислоти на 24,44% ($P<0,05$), арахідонової кислоти на 14,74% ($P<0,01$) та нервонової кислоти на 17,86% ($P<0,05$).

Свині із ваготонією по ліпідному профілю крові на 60 добу проявляли зростання у дослідної групи олеїнової кислоти на 9,05% ($P<0,01$), ліноленової кислоти на 54,55% ($P<0,05$), цис-8,11,14-ейкозатрієнової кислоти на 20,35% ($P<0,05$), докозадієнової кислоти на 11,91% ($P<0,05$), Цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнової кислоти на 7,34% ($P<0,01$). У контрольної групи тварин по вмісту ліпідів виявлено менші значення пальмітолеїнової кислоти на 21,62% ($P<0,01$), лінолевої кислоти на 3,2% ($P<0,01$), цис-11,14-ейкозадієнової кислоти на 26,92% ($P<0,05$), арахідонової кислоти на 6,2% ($P<0,01$), нервонової кислоти на 22,64% ($P<0,01$).

В загальному 60 доба дослідження і застосування кормової добавки сприяє збереженню впливу наноаквахелатів на ліпідний метаболізм у крові свиней, і залежно від тонусу автономної нервової системи показники відмінностей між контрольною та дослідною групою були суттєвими, про що стверджувало показники похибки та коефіцієнт Стюдента. Також нами було встановлено взаємозалежність показників ліпідного складу крові свиней представлені у відсотковому співвідношенні жирних кислот та параметрів активності симпатичної і парасимпатичної нервової системи представлені тонуsom автономної нервової системи та відображені у значеннях таких одиниць як автономний показник ритму, індекс автономної рівноваги та індекс напруги або стресу. Згідно результатів кореляційної залежності встановлено відповідні величина кореляції, що були підтвердженні однофакторним дисперсним аналізом.

За аналізу насичених жирних кислот у контрольній групі нормотоніків встановлено, що є кореляційна залежність між показниками тонусу

автономної нервової системи та жирними кислотами, що становило у пальмітинової кислоти середню та сильну позитивну кореляцію $r=0,69$ ($P<0,001$), $r=0,84$ ($P<0,001$), стеаринова кислота мала сильну і середню негативну кореляцію $r=(-0,50)$ ($P<0,001$), $r=(-0,76)$ ($P<0,001$), а бегенова кислота сильну та середню негативну кореляцію з трьома показниками варіаційно-пульсометричного дослідження $r=(-0,82)$ ($P<0,001$), $r=(-0,74)$ ($P<0,001$), $r=(-0,65)$ ($P<0,001$). Дослідна група нормотоніків також мала залежність між хроматографічними показниками насичених жирних кислот та симпатовагусною рівновагою, що становило у пальмітинової кислоти високу негативну кореляцію $r=(-0,76)$ ($P<0,001$) і $r=(-0,89)$ ($P<0,001$), стеаринової кислоти середню позитивну $r=0,59$ ($P<0,001$), $r=0,52$ ($P<0,001$) та в бегенової кислоти сильну і середню позитивну кореляцію $r=0,76$ ($P<0,001$), $r=0,83$ ($P<0,001$) і $r=0,51$ ($P<0,001$).

Оцінка залежності показників ненасичених жирних кислот і варіаційно-пульсометричного дослідження виявили значну залежність. Так, показники омега-6 жирних кислот мали залежність у лінолевої кислоти сильну та середню позитивну кореляцію $r=0,61-0,76$ ($P<0,001$), цис-11,14-ейкозадієнової кислоти середню, сильну та дуже сильну кореляцію $r=0,58-0,90$ ($P<0,001$), цис-8,11,14-ейкозатрієнової кислоти має дуже сильну кореляційну залежність в межах $r=0,63-0,95$ ($P<0,001$). Арахідонова кислота негативно корелює негативно середньо та сильно $r=(-0,66)$ ($P<0,001$), $r=(-0,80)$ ($P<0,001$) та декозадієнова кислота позитивно середньо $r=0,57-0,67$ ($P<0,001$). Стосовно інших ненасичених жирних кислот визначено у олеїнової кислоти середня позитивна кореляція $r=0,58; 0,65$ ($P<0,001$), ліноленової кислоти високе корелювання в межах $r=(-0,63)-(-0,90)$ ($P<0,001$), цис-11,14,17-ейкозатрієнової кислоти мала позитивну середню кореляцію $r=0,54-0,74$ та у цис-4,7,10,13,16,19-докозагексанової кислоти середню і сильну негативну кореляцію $r=(-0,64), (-0,80)$.

У дослідної групи нормотоніків також відмічається кореляція з показниками ненасичених жирних кислот. Так, показники омега-6 жирних кислот мали залежність у лінолевої кислоти сильну та середню позитивну кореляцію $r=0,56-0,83$ ($P<0,001$), цис-11,14-ейкозадієнної кислоти сильну кореляцію $r=(-0,77)$ і $(-0,86)$ ($P<0,001$), цис-8,11,14-ейкозатрієнної кислоти має значну кореляційну залежність в межах $r=(-0,74)$ і $(-0,88)$ ($P<0,001$). Арахідонова кислота позитивно корелює середньо та сильно $r=0,68$ ($P<0,001$), $r=0,82$ ($P<0,001$) та докозадієнова кислота позитивно сильну $r=0,83$, $0,94$ ($P<0,001$). Стосовно інших ненасичених жирних кислот визначено у олеїнової кислоти сильну позитивна кореляція $r=(-0,75)$ з автономним показником ритму ($P<0,001$), ліноленової кислоти сильне корелювання $r=0,72$ ($P<0,001$), цис-11,14,17-ейкозатрієнної кислоти мала негативну середню та сильну кореляцію $r=(-0,70)$, $(-0,82)$ та у цис-4,7,10,13,16,19-докозагексанової кислоти середню і сильну позитивну кореляцію $r=0,66$, $0,84$.

Групи із симпатотонією також мають відображення кореляційної залежності між значеннями жирних кислот та показників тонуру автономної нервової системи. Так значення насичених жирних кислот у контрольній групі симпатотоніків мають кореляцію із показниками варіаційно-пульсометричного дослідження, що відображено у пентадеканової кислоти в дуже сильній та сильній позитивній кореляції в межах $r=0,85 - 0,97$ ($P<0,001$). Пальмітинова кислота має середню та сильну кореляцію в показниках $r=0,52 - 0,85$ ($P<0,001$), та стеаринової кислоти в корелюванні середньої і сильної негативної в межах від $r=(-0,53)$ до $r=(-0,88)$ ($P<0,001$). Дослідна група симпатотоніків виражалася в дуже сильній та середній негативній кореляції із пентадекановою кислотою від $r=(-0,58)$ до $r=(-0,92)$ ($P<0,001$), дуже сильну та сильну позитивну кореляцію від $r=0,72$ до $r=0,96$ ($P<0,001$) у пальмітинової кислоти та сильну позитивну із стеаринової кислотою $r=0,77$ ($P<0,001$) і $=0,72$ ($P<0,001$).

Контрольна група симпатотоніків у значеннях омега-9 жирних кислот корелювалася в показниках дуже сильної та середньої негативної кореляції із значеннями олеїнової кислоти в межах від $r=(-0,58)$ до $r=(-0,94)$ ($P<0,001$), середньою та помірною позитивною із цис-11-ейкозеновою кислотою $r=0,54$ ($P<0,001$) і $r=0,47$ ($P<0,001$) та сильною і середньою позитивною кореляцією із нервоною кислоти в межах $r=0,62 - 0,86$ ($P<0,001$). За показниками омега-3 жирних кислот виявлено залежність у ліноленовій кислоти в дуже сильну та середню негативну кореляцію в межах $r=(-0,58)$ до $r=(-0,94)$ ($P<0,001$), у цис-11,14,17-ейкозатрієнової кислоти від дуже сильної до середньої негативної кореляції $r=(-0,66)$ до $r=(-0,94)$ ($P<0,001$) і у цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнової кислоти із дуже сильної та сильної негативної кореляції $r=(-0,81)$ до $r=(-0,99)$ ($P<0,001$). Оцінка даних омега-6 жирних кислот відображає показники від дуже сильної до середньо позитивної кореляції у лінолевої кислоти $r=0,54-0,92$ ($P<0,001$), сильну і дуже сильну негативну кореляцію у цис-11,14-ейкозатрієнової кислоти $r=(-0,85)-(-0,96)$ ($P<0,001$), середню негативну у цис-8,11,14-ейкозатрієнової кислоти $r=(-0,60); (-0,59)$ ($P<0,001$) та дуже сильну і сильну позитивну кореляцію в арахідонової кислоти $r=0,89-0,97$ ($P<0,001$).

Дослідна група симпатотоніків у значеннях омега-9 жирних кислот корелювалася в показниках сильної та середньої негативної кореляції із значеннями олеїнової кислоти в межах від $r=(-0,69)$ до $r=(-0,78)$ ($P<0,001$), середньою та сильну негативну із цис-11-ейкозеновою кислотою $r=(-0,72); (-0,71)$, і $r=(-0,68)$ ($P<0,001$) та середньою позитивною кореляцією із нервоною кислоти в межах $r=0,55; 0,62$ ($P<0,001$). За показниками омега-3 жирних кислот виявлено залежність у ліноленовій кислоти в сильну та середню позитивну кореляцію в межах $r=0,87$ до $r=0,69$ ($P<0,001$), у цис-11,14,17-ейкозатрієнової кислоти у сильні негативної кореляції $r=(-0,75)$ і у цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнової кислоти із дуже сильної та середньої негативної кореляції $r=(-0,66)$ до $r=(-0,92)$ ($P<0,001$). Оцінка даних омега-6 жирних кислот відображає показники сильної позитивної кореляції у лінолевої

кислоти $r=0,80-0,85$ ($P<0,001$), сильну позитивну кореляцію у цис-11,14-ейкозадієнної кислоти $r=(-0,72)-(-0,79)$ ($P<0,001$), середню і дуже сильну негативну у цис-8,11,14-ейкозатрієнної кислоти $r=(-0,78)-(-0,92)$ ($P<0,001$) та від дуже сильну до середньої негативної кореляцію в арахідонової кислоти $r=(-0,76)-(-0,91)$ ($P<0,001$).

Показники насичених жирних кислот у контрольній групі ваготоніків мали корелювання із значеннями тонуру автономної нервової системи. Встановлено, що пентадеканова кислота мала середню та сильну позитивну кореляцію в межах $r=0,54-0,79$ ($P<0,001$), пальмітинова кислота у середній та сильній кореляції $r=0,65; 0,76$ ($P<0,001$), у стеаринової кислоти становили значення сильної і середньої негативної кореляції $r=(-0,56)-(-0,74)$ ($P<0,001$), а у бегенової кислоти виражено у сильній позитивній кореляції в межах $r=0,71-0,86$ ($P<0,001$). За оцінки омега-6 жирних кислот виявлені кореляційні залежності у лінолевої кислоти в середній негативній кореляції $r=(-0,52)-(-0,61)$ ($P<0,001$), у цис-11,14-ейкозадієнної кислоти в середню позитивну $r=0,59; 0,69$ ($P<0,001$), арахідонова кислота корелює дуже сильно та сильно позитивно в межах $r=0,89-0,99$ ($P<0,001$), докозадієнова кислота характеризувалася дуже сильною і сильною позитивною кореляцією в $r=0,88-0,97$ ($P<0,001$) та цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота описувалася за даними кореляції в сильну і середню позитивну $r=(-0,65)-(-0,82)$ ($P<0,001$). За даним показників омега-3 і омега-9 жирними кислотами відображають значення середньої і сильної позитивної кореляції у олеїнової кислоти $r=0,54; 0,72$ ($P<0,001$), ліноленова кислота характеризувалася у середній позитивній кореляції у ліноленової кислоти $r=0,62; 0,68$ ($P<0,001$), сильну і середню позитивну кореляцію у цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнної кислоти $r=0,58-0,82$ ($P<0,001$) та нервонової кислоти у середню позитивну кореляцію $r=0,64; 0,66$ ($P<0,001$).

Показники насичених жирних кислот у дослідній групі ваготоніків мали корелювання із значеннями тонуру автономної нервової системи. Встановлено, що пентадеканова кислота мала середню негативну кореляцію в

$r=(-0,54); (-0,64)$ ($P<0,001$), пальмітинова кислота у середній та сильній негативну кореляції $r=(-0,62)-(-0,81)$ ($P<0,001$), у стеаринової кислоти становили значення сильної і дуже сильну негативну кореляцію $r=(-0,80)-(-0,95)$ ($P<0,001$), а у бегенової кислоти виражено у сильні і середню позитивній кореляції в межах $r=0,60-0,81$ ($P<0,001$). За оцінки омега-6 жирних кислот виявлені кореляційні залежності у лінолевої кислоти в дуже сильну і сильну позитивну кореляції $r=0,76-0,92$ ($P<0,001$), у цис-11,14-ейкозадієнової кислоти в сильну та дуже сильну позитивну $r=0,83-0,96$ ($P<0,001$), арахідонова кислота корелює в середню негативну в $r=(-0,50);(-0,59)$ ($P<0,001$), докозадієнова кислота характеризувалася дуже сильною негативною кореляцією в $r=(-0,91)-(-0,98)$ ($P<0,001$) та цис-8,11,14-ейкозатрієнова кислота описувалася за даними кореляції в сильну і середню негативну $r=(-0,63)-(-0,83)$ ($P<0,001$). За даним показників омега-3 і омега-9 жирними кислотами відображають значення середньо позитивної кореляції у олеїнової кислоти $r=0,60-0,63$ ($P<0,001$), ліноленова кислота характеризувалася у середній і сильній негативні кореляції у ліноленової кислоти $r=(-0,51)-(-0,75)$ ($P<0,001$), сильну і дуже сильну негативну кореляцію у цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаєнової кислоти $r=(-0,76)-(-0,94)$ ($P<0,001$) та нервонової кислоти у середню позитивну кореляцію $r=0,68$ ($P<0,001$).

Оцінивши отримані результати по корекції показників ліпідного обміну у організмі свиней виявлені відповідні зміни у вмісті жирних кислот, які були дослідженні в крові. При цьому в результаті формування тварин відповідно до їх індивідуальних особливостей обміну речовин, що виражається у відмінностях нормального функціонування контролюючих систем гомеостазу і представленні активністю відділів автономної нервової системи мали досить гарні показники. Це пояснюється тим, що просте формування груп свиней відповідно до віку та статі в умовах господарства за повільної відтворюваності поголів'я, а відповідно і тварин для формування груп в достатній мірі не дозволяє виділити необхідну кількість голів з усіма необхідними ідентичними

параметрами, що обмежує дослідника у вивченні його наукових питань та прозорості оцінки отриманих даних.

Згідно проведеного дослідження формування тварин на три групи відповідно до симпато-вагусного балансу, за нашими даними допомогло розподілити свиней відповідно до інтенсивності процесів обміну. Тому у період застосування кормової добавки наноаквахелатів в різній мірі вплинуло на показники ліпідного обміну. Також встановлення тону автономної нервової системи забезпечило кращі показники коефіцієнту Стьюдента. Додатковим підтвердженням залежності показників вмісту жирних кислот у крові свиней слугувало встановлення кореляційної залежності між даними тону автономної нервової системи та ліпідними показниками хроматографічного дослідження і застосування однофакторного дисперсного аналізу. Тому корекція ліпідного обміну повинна поєднуватися із встановлення тону автономної нервової системи.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі здійснено теоретичне обґрунтування та запропоновано нове вирішення наукового завдання щодо особливостей корекції ліпідного обміну в організмі свиней за застосування наноаквахелатів металів з урахуванням типологічних особливостей автономної нервової регуляції. Встановлено залежність змін профілю жирних кислот крові від функціонального стану автономної нервової системи, що відображає індивідуальні адаптаційно-метаболичні реакції організму та механізми підтримання гомеостазу.

1. За результатами варіаційно-пульсометричного дослідження у свиней визначено тонус автономної нервової системи, який відображає стан симпато-вагусного балансу в організмі та характеризує особливості його вегетативної регуляції. Даний показник є інтегральним критерієм функціонального стану регуляторних систем і дозволяє оцінити рівень адаптаційних можливостей тварин.

2. На 40-у добу застосування наноаквахелатів металів спричиняло зміни профілю насичених жирних кислот у крові свиней залежно від типу вегетативної регуляції: у нормотоніків підвищувався вміст міристонової кислоти у 1,7 раза ($P < 0,01$) та знижувався рівень бегенової на 18,2% ($P < 0,01$) і гептадеканової кислот на 26,1% ($P < 0,05$); у симпатотоніків зменшувався вміст міристонової у 1,5 раза ($P < 0,01$), гептадеканової – на 20,75% ($P < 0,01$) та бегенової кислот – на 32,5% ($P < 0,01$); у ваготоніків зростав вміст пентадеканової на 40,9% ($P < 0,01$), пальмітинової – на 17,36% ($P < 0,01$) та стеаринової кислот – на 13,44% ($P < 0,01$).

3. Встановлено підвищення вмісту ненасичених жирних кислот у крові свиней дослідних груп на 40-у добу застосування наноконкомплексу залежно від типу вегетативної регуляції: у нормотоніків – олеїнової на 13,2%, нервонової на 51% та докозагексаєнової кислоти на 57,89% ($P < 0,01-0,05$); у симпатотоніків – олеїнової на 19,9%, ліноленової у 1,8 раза, нервонової на 51% та докозагексаєнової кислоти на 57,89% ($P < 0,001-0,01$); у ваготоніків – олеїнової на 22,13%, ліноленової у 1,85 раза, арахідонової на 22,25%,

нервонової на 32,26% та докозагексаєнової кислоти на 26,62% ($P < 0,001 - 0,01$), що свідчить про активацію ліпідного обміну під впливом наноаквахелатів металів.

4. На 60-у добу дослідження у крові свиней дослідних груп встановлено зниження вмісту насичених жирних кислот залежно від типу вегетативної регуляції: у нормотоніків – міристинової на 44,44%, пальмітинової на 13,62% та бегенової кислоти на 20,31% ($P < 0,05 - 0,01$); у симпатотоніків – міристинової на 34,48% і пальмітинової кислоти на 13,77% ($P < 0,001 - 0,01$); у ваготоніків – міристинової на 33,3% та пальмітинової кислоти на 8,8% ($P < 0,05 - 0,01$), тоді як рівень пентадеканової кислоти зростав на 23,8–40,9% ($P < 0,05 - 0,01$). Отримані результати свідчать про виражений модулюючий вплив наноаквахелатів металів на ліпідний обмін, що проявляється у зниженні рівня окремих насичених жирних кислот та залежить від типу автономної регуляції організму.

5. У крові свиней дослідних груп на 60-у добу дослідження встановлено підвищення вмісту ненасичених жирних кислот: у нормотоніків – олеїнової на 9,1%, ліноленової на 71,4% та ейкозатрієнових кислот на 23,46–24,01% ($P < 0,05 - 0,01$); у симпатотоніків – олеїнової на 8,76%, ліноленової на 38,9%, ейкозатрієнових кислот на 36,59–43,75% та докозагексаєнової кислоти на 18,71% ($P < 0,05 - 0,01$); у ваготоніків – олеїнової на 9,05%, ліноленової на 54,55%, ейкозатрієнової кислоти на 20,35% та докозагексаєнової кислоти на 7,34% ($P < 0,05 - 0,01$), що свідчить про активацію метаболізму ненасичених жирних кислот під впливом наноаквахелатів металів.

6. Встановлено, що вміст жирних кислот у крові свиней має виражену кореляцію із показниками тонуру автономної нервової системи, що підтверджує тісний взаємозв'язок між ліпідним обміном та нейровегетативною регуляцією організму. У всіх досліджуваних групах виявлено статистично значущі кореляційні зв'язки високого рівня ($P < 0,001$): у нормотоніків – $r = 0,56 - 0,96$, у симпатотоніків – $r = 0,69 - 0,92$, у ваготоніків – $r = 0,54 - 0,99$. Отримані результати свідчать про різний ступінь вираженості

взаємозв'язків залежно від типу вегетативної регуляції, що може відображати особливості метаболічної адаптації організму.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Для підвищення ефективності ведення галузі свинарства рекомендується впровадження до раціонів свиней кормової добавки, що містить наносполуки феруму (3 мг/гол./добу) та германію (0,01 мг/гол./добу), оскільки її використання сприяє нормалізації ліпідного обміну та підтриманню гомеостазу організму тварин.

2. Для підвищення ефективності застосування кормових добавок, спрямованих на підтримання та корекцію ліпідного гомеостазу свиней, доцільно використовувати варіаційно-пульсометричний метод оцінки тонуру автономної нервової системи. Це дає можливість враховувати індивідуальні метаболічні особливості тварин, оптимізувати раціони годівлі та підвищити ефективність використання кормових добавок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Aguilera-Angel, E.Y., Espinal-Ruiz, M., Narv'aez-Cuenca, C.E., Pectic polysaccharides with different structural characteristics as inhibitors of pancreatic lipase. *Food Hydrocoll.* 2018, №83, P. 229–238.
2. Akhtar, N., Jafarikia, M., Sullivan, B.P., Li, J. An efficient method for saliva collection from mature pigs to determine their enzymatic and electrolytic profiles. *J. Vet. Med. Sci.* 2018 №80, P. 147–151.
3. Akinrodoye MA, Lui F. Neuroanatomy, Somatic Nervous System. In: StatPearls. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL); 2025.
4. Akit, H., Collins, C., Fahri, F., Hung, A., D'Souza, D., Leury, B., Dunshea, F. Dietary lecithin decreases skeletal muscle COL1A1 and COL3A1 gene expression in finisher gilts. *Animals.* 2016, №6 P. 38.
5. Akit, H., Collins, C., Fahri, F., Hung, A., D'Souza, D., Leury, B., Dunshea, F.,. Dietary lecithin improves feed efficiency without impacting meat quality in immunocastrated male pigs and gilts fed a summer ration containing added fat. *Anim. Nutr. Feed Technol.* 2018, №4, P. 203–209.
6. Akit, H., Collins, C.L., Fahri, F.T., Hung, A.T., D'Souza, D.N., Leury, B.J., Dunshea, F.R. Dietary lecithin improves dressing percentage and decreases chewiness in the longissimus muscle in finisher gilts. *Meat Sci.* 2014, №96, P. 1147–1151.
7. Ali, M. K., & Chen, J. D. Roles of heart rate variability in assessing autonomic nervous system in functional gastrointestinal disorders: a systematic review. *Diagnostics.* 2023 №13(2) P. 293.
8. Amin, R., & Faghih, R. T. Physiological characterization of electrodermal activity enables scalable near real-time autonomic nervous system activation inference. *PLoS computational biology.* 2022, №18(7).
9. Amiot-Carlin, M.J. Digestion and absorption of lipophilic food micronutrients. *Designing Functional Foods.* Woodhead Publishing, 2009, P. 171–193.

10. Amusquivar, E., Laws, J., Clarke, L., Herrera, E. Fatty acid composition of the maternal diet during the first or the second half of gestation influences the fatty acid composition of sows' milk and plasma, and plasma of their piglets. *Lipids*. 2010 №45, P. 409–418.
11. Armand, M.,. Lipases and lipolysis in the human digestive tract: where do we stand? *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care*. 2007, №10, P. 156–164.
12. Arms L, Vizzard M.A. Neuropeptides in lower urinary tract function. *Handb Exp Pharmacol* . 2011, №202 P. 395–423.
13. Arowolo, F.K., Yang, X., Blaser, M.E., Nicholson, A.M., Hosokawa, E., Booth, J.R., Jobsis, C.T., Russell, R.L., Meudt, J.J., Reichert, J.L., Crenshaw, T.D. Presence of lipid oxidation products in swine diet lowers pork quality and stability during storage. *Meat Sci*. 2020, №160, P. 107946.
14. Arslan, D., & Ünal Çevik, I. Interactions between the painful disorders and the autonomic nervous system. *Agri: Journal of the Turkish Society of Algology/Türk Algoloji (Ağrı) Derneği'nin Yayın Organıdır*. 2022, №34(3).
15. Bai, Y.S., Wang, C.Q., Zhao, X., Shi, B.M., Shan, A.S. Effects of fat sources in sow on the fatty acid profiles and fat globule size of milk and immunoglobulins of sows and piglets. *Anim. Feed Sci. Tech*. 2017, №234 P. 217–227.
16. Battaglia, S., & Thayer, J. F. Functional interplay between central and autonomic nervous systems in human fear conditioning. *Trends in Neurosciences*. 2022, №45(7), P. 504-506.
17. Bauer, E., Jakob, S., Mosenthin, R. Principles of physiology of lipid digestion. *Asian-Australasian J. Anim. Sci*. 2005, №18 (2), P. 282–295.
18. Behnke, M., Kreibig, S. D., Kaczmarek, L. D., Assink, M., & Gross, J. J. (). Autonomic nervous system activity during positive emotions: A meta-analytic review. *Emotion Review*. 2022, №14(2), P. 132-160.
19. Benarroch E.E. Physiology and pathophysiology of the autonomic nervous system. *Continuum (Minneap Minn)*. 2020, №26(1) P. 12–24.

20. Biaggioni, I., Browning, K., Fink, G., Jordan, J., Low, P. A., & Paton, J. F. (Eds.). *Primer on the autonomic nervous system*. Academic Press 2022.
21. Birk, R.Z., Regan, K.S., Boyle-Roden, E., Brannon, P.M. Pancreatic lipase and its related protein 2 are regulated by dietary polyunsaturated fat during the postnatal development of rats. *Pediatr. Res.* 2004, №56, P. 256–262.
22. Bligh, E. G., & Dyer, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian journal of biochemistry and physiology*. 1959, №37(8), P. 911-917.
23. Boler, D.D., Fernandez-Duenas, D.M., Kutzler, L.W., Zhao, J., Harrell, R.J., Champion, D.R., McKeith, F.K., Killefer, J., Dilger, A.C. Effects of oxidized corn oil and a synthetic antioxidant blend on performance, oxidative status of tissues, and fresh meat quality in finishing barrows. *J. Anim. Sci.* 2012, №90, P. 5159–5169.
24. Bontempo, V., Comi, M., Jiang, X.R. The effects of a novel synthetic emulsifier product on growth performance of chickens for fattening and weaned piglets 2016.
25. Brautigan, D.L., Li, R., Kubicka, E., Turner, S.D., Garcia, J.S., Weintraut, M.L., Wong, E.A. Lysolecithin as feed additive enhances collagen expression and villus length in the jejunum of broiler chickens. *Poult. Sci.* 2017, №96 P. 2889–2898.
26. Bueschelberger, H.G., Tirok, S., Stoffels, I., Schoeppe, A. Lecithins. *Emulsifiers Food Tech.* 2014, P. 21–60.
27. Burnstock G. Cotransmission in the autonomic nervous system. *Handb Clin Neurol.* 2013, №117 P. 23–35.
28. Capuano, E. The behavior of dietary fiber in the gastrointestinal tract determines its physiological effect. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2017, №57, P. 3543–3564.
29. Chakraborty, P., Farhat, K., Po, S. S., Armoundas, A. A., & Stavrakis, S. Autonomic nervous system and cardiac metabolism: links between autonomic

and metabolic remodeling in atrial fibrillation. *JACC: Clinical Electrophysiology*. 2023 №9(7), P. 1196-1206.

30. Che, L., Yang, Z., Xu, M., Zhang, Z., Liu, P., Xu, S., Che, L., Lin, Y., Fang, Z., Feng, B., Li, J.,. Dietary energy intake affects fetal survival and development during early and middle pregnancy in Large White and Meishan gilts. *Anim. Nutr. Feed Technol.* 2015, №1 P. 152–159.

31. Chen, C., Jung, B., Kim, W.K. Effects of lysophospholipid on growth performance, carcass yield, intestinal development, and bone quality in broilers. *Poult. Sci.* 2019, №98, P. 3902–3913.

32. Cleypool, C. G., Mackaaij, C., Lotgerink Bruinenberg, D., Schurink, B., & Bleys, R. L. (). Sympathetic nerve distribution in human lymph nodes. *Journal of anatomy*. 2021 №239(2), P. 282-289.

33. Cui, Z., Wang, X., Liao, S., Qi, M., Zha, A., Zuo, G., & Tan, B. Effects of medium-chain fatty acid glycerides on nutrient metabolism and energy utilization in weaned piglets. *Frontiers in Veterinary Science*, 2022, №9.

34. De Gasperín, I., Vicente, J.G., Pinos-Rodríguez, J.M., Montiel, F., Loeza, R., Martínez-Hernández, J.M., Isabel, B. Effects of polyunsaturated fatty acids in diets fed to sows on fatty acids in brain, muscle and skin of their piglets. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 2020, №50 (1), P. 47–54.

35. Degroote, J., Wang, W., Vergauwen, H., De Smet, S., Van Ginneken, C., Michiels, J.,. Impact of a dietary challenge with peroxidized oil on the glutathione redox status and integrity of the small intestine in weaned piglets. *Animal*. 2019, №13, P. 1641–1650.

36. Delbono, O., Rodrigues, A. C. Z., Bonilla, H. J., & Messi, M. L. (). The emerging role of the sympathetic nervous system in skeletal muscle motor innervation and sarcopenia. *Ageing research reviews*. 2021, №67.

37. Delorme, V., Dhouib, R., Canaan, S., Fotiadu, F., Carrière, F., Cavalier, J.F. Effects of surfactants on lipase structure, activity, and inhibition. *Pharm. Res.* 2011, №28, P. 1831–1842.

38. DeRouchey, J.M., Hancock, J.D., Hines, R.H., Maloney, C.A., Lee, D.J., Cao, H., Dean, D.W., Park, J.S. Effects of rancidity and free fatty acids in choice white grease on growth performance and nutrient digestibility in weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 2004, №82, P. 2937–2944.
39. Dicklin, M.E., Robinson, J.L., Lin, X., Odle, J. Ontogeny and chain-length specificity of gastrointestinal lipases affect medium-chain triacylglycerol utilization by newborn pigs. *J. Anim. Sci.* 2006, №84, P. 818–825.
40. Dominguez, C., Sebban-Kreuzer, C., Bornet, O., Kerfelec, B., Chapus, C., Guerlesquin, F.,. Interactions of bile salt micelles and colipase studied through intermolecular nOes. *FEBS Lett.* 2000, №482, P. 109–112.
41. Dongowski, G. Interactions between dietary fibre-rich preparations and glycoconjugated bile acids in vitro. *Food Chem.* 2007, №104, P. 390–397.
42. Drochner, W., Kerler, A., Zacharias, B. Pectin in pig nutrition, a comparative review. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 2004, №88, P. 367–380.
43. Duran-Montg'e, P., Lizardo, R., Torrallardona, D., Esteve-Garcia, E. Fat and fatty acid digestibility of different fat sources in growing pigs. *Livest. Sci.* 2007, №109, P. 66–69.
44. Espinosa, C.D., Fry, R.S., Kocher, M., Stein, H.H. 125 Effects of copper hydroxychloride and increasing concentrations of dietary fat on growth performance, total tract endogenous loss of fat, and apparent total tract digestibility of fat by growing pigs. *J. Anim. Sci.* 2019, №97, P. 68-68.
45. European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and Other Scientific Purposes (1986, March). Retrieved from <https://rm.coe.int/168007a67b>.
46. Fainberg, H.P., Almond, K.L., Li, D., Rauch, C., Bikker, P., Symonds, M.E., Mostyn, A. Impact of maternal dietary fat supplementation during gestation upon skeletal muscle in neonatal pigs. *BMC Physiol.* 2014, №14, P. 6.
47. Feng, Y., Chen, X., Chen, D., He, J., Zheng, P., Luo, Y., & Huang, Z. Dietary grape seed proanthocyanidin extract supplementation improves antioxidant

capacity and lipid metabolism in finishing pigs. *Animal Biotechnology*. 2023 №34(8), P. 4021-4031.

48. Feng, Z.M., Li, T.J., Wu, L., Xiao, D.F., Blachier, F., Yin, Y.L. Monosodium L-glutamate and dietary fat differently modify the composition of the intestinal microbiota in growing pigs. *Obes. Facts*. 2015, №8, P. 87–100.

49. Folch, J., Lees, M., & Stanley, G. S. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *Journal of biological chemistry*. 1957, №226(1), P. 497-509.

50. Fowler C.J, Griffiths D, de Groat W.C. The neural control of micturition. *Nat Rev Neurosci* . 2008, №9(6) P. 453–466.

51. Girard B.M, Campbell S.E, Beca K.I, Perkins M, Hsiang H, May V, et al. Intrabladder PAC1 receptor antagonist, PACAP(6-38), reduces urinary bladder frequency and pelvic sensitivity in mice exposed to repeated variate stress (RVS). *J Mol Neurosci MN*. 2021, №71 P. 1575–1588.

52. Goncalves, A., Roi, S., Nowicki, M., Dhaussy, A., Huertas, A., Amiot, M.J., Reboul, E. Fat-soluble vitamin intestinal absorption: absorption sites in the intestine and interactions for absorption. *Food Chem*. 2015, №172, P. 155–160.

53. Goncharova, K., Pierzynowski, S.G., Grujic, D., Kirko, S., Szwiec, K., Wang, J., Kovalenko, T., Osadchenko, I., Ushakova, G., Shmigel, H., Fedkiv, O. A piglet with surgically induced exocrine pancreatic insufficiency as an animal model of newborns to study fat digestion. *Brit. J. Nutr*. 2014, №112, P. 2060–2067.

54. Gonzalez Sanchez, D., Wealleans, A.L., Di Benedetto, M. Effect of the inclusion of lysolecithin in reformulation on the productive performance and the deposition of fat and lean meat in fattening pigs. In: *BSAS Annual Meeting*. 30 Mar-1 Apr. Nottingham, UK 2020.

55. Grob, K., & Grob, G. Practical capillary gas chromatography—a systematic approach. *Journal of High Resolution Chromatography*. 1979, №2(3), P. 109-117.

56. Gu, X., Li, D.,. Fat nutrition and metabolism in piglets: a review. *Anim. Feed Sci. Tech*. 2003, №109, P. 151–170.

57. Gunness, P., Zhai, H., Williams, B.A., Zhang, D., Gidley, M.J. Pectin and mango pulp both reduce plasma cholesterol in pigs but have different effects on triglycerides and bile acids. *Food Hydrocoll.* 2021, №112.
58. Guo, Z., Chen, X., Huang, Z., Chen, D., Yu, B., Chen, H., & Luo, Y. Dietary dihydromyricetin supplementation enhances antioxidant capacity and improves lipid metabolism in finishing pigs. *Food & Function.* 2021, №12(15), P. 6925-6935.
59. Hammack S.E, Cheung J, Rhodes K.M, Schutz K.C, Falls W.A, Braas K.M, et al. Chronic stress increases pituitary adenylate cyclase-activating peptide (PACAP) and brain-derived neurotrophic factor (BDNF) mRNA expression in the bed nucleus of the stria terminalis (BNST): roles for PACAP in anxiety-like behavior. *Psychoneuroendocrinology.* 2009, №34(6) P. 833–843.
60. Han, M., Yin, Y., Gong, S., Shi, H., Li, Q., Lian, X., & Guo, Q. Effects of dietary *Eucommia ulmoides* leaf extract supplementation on growth performance, meat quality, antioxidant capacity, and lipid metabolism of finishing pigs. *Antioxidants.* 2024, №13(3), P. 320.
61. Hanson, A.R., Urriola, P.E., Shurson, G.C. Peroxide value (PV) and thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) as indicators of dietary lipid peroxidation, reduced growth performance, and metabolic oxidation status when feeding peroxidized lipids to pigs and broilers. *J. Anim. Sci.* 2014, №91, P. 144.
62. Hedemann, M.S., Jensen, S.K. The activity of lipolytic enzymes is Low around weaning. In: *Digestive Physiology of Pigs: Proceedings of the 8th Symposium 2001*, P. 28.
63. Hirooka, Y. Sympathetic activation in hypertension: importance of the central nervous system. *American Journal of Hypertension.* 2020, №33(10), P. 914-926.
64. Honda, K., Kamisoyama, H., Kubo, S., Motoori, T., Hasegawa, S. Effects of dietary fat levels on amino acid digestibility at different sites of chicken intestines. *J. Poult. Sci.* 2010, №47, P. 227–235.

65. Hung, Y.T., Hanson, A.R., Shurson, G.C., Urriola, P.E. Peroxidized lipids reduce growth performance of poultry and swine: a meta-analysis. *Anim. Feed Sci. Tech.* 2017, №231, P. 47–58.
66. Hyun, U., & Sohn, J. W. Autonomic control of energy balance and glucose homeostasis. *Experimental & molecular medicine*. 2022, №54(4), P. 370-376.
67. Imai, J., & Katagiri, H. Regulation of systemic metabolism by the autonomic nervous system consisting of afferent and efferent innervation. *International immunology*. 2022, №34(2), P. 67-79.
68. Ivanov, V.O., Konks, T.M., & Fomichenko, M.O. The effectiveness of vermihumus and the biological preparation "Nanoverm" in feeding pigs. *Tavria Scientific Bulletin*. 2024, P. 287-295.
69. Jakob, S., Mosenthin, R., Thaela, M.J., Westrom, " B.R., Rehfeld, J.F., Olsen, O., Karlsson, S., Ahr'en, B., Ohlsson, A., Karlsson, B.W., Pierzynowski, S.G. The influence of potato fibre on exocrine pancreatic secretions and on plasma levels of insulin, secretin and cholecystokinin in growing pigs. *Arch. Anim. Nutr.* 2000, №53, P. 273–291.
70. Janig W, Habler H.J. Specificity in the organization of the autonomic nervous system: a basis for precise neural regulation of homeostatic and protective body functions. *Prog Brain Res*. 2000, №122, P. 351–367.
71. Janig W, Morrison J.F. Functional properties of spinal visceral afferents supplying abdominal and pelvic organs, with special emphasis on visceral nociception. *Prog Brain Res*. 1986, №67, P. 87–114.
72. Jensen, M.S., Jensen, S.K., Jakobsen, K. Development of digestive enzymes in pigs with emphasis on lipolytic activity in the stomach and pancreas. *J. Anim. Sci.* 1997, №75, P. 437–445.
73. Jones, P.J.H., Rideout, T. Lipids, sterols, and their metabolites. In: Ross, A.C., Caballero, B., Cousins, R.J., Tucker, K.L., Ziegler, T.R. (Eds.), *Modern Nutrition in Health and Disease*. 2002, P. 65–87.

74. Jørgensen, J.R., Fitch, M.D., Mortensen, P.B., Fleming, S.E. In vivo absorption of medium-chain fatty acids by the rat colon exceeds that of short-chain fatty acids. *Gastroenterol.* 2001 №120, P. 1152–1161.
75. Karupiah, T., Sundram, K. Effects of stereospecific positioning of fatty acids in triacylglycerol structures in native and randomized fats: a review of their nutritional implications. *Nutr. Metabol.* 2007, №4, P. 1–17.
76. Keir, D. A., Badrov, M. B., Tomlinson, G., Notarius, C. F., Kimmerly, D. S., Millar, P. J., ... & Floras, J. S. Influence of sex and age on muscle sympathetic nerve activity of healthy normotensive adults. *Hypertension*, 2020, №76(3), P. 997-1005.
77. Kerfelec, B., Allouche, M., Colin, D., Van Eyck, M.H., Brasseur, R., Thomas, A. Computational study of colipase interaction with lipid droplets and bile salt micelles. *Proteins Struct. Funct. Bioinform.* 2008, №73 (4), P. 828–838.
78. Kim J.Y, Illigens B.M, McCormick M.P, Wang N, Gibbons C.H. Alphasynuclein in skin nerve fibers as a biomarker for alpha-synucleinopathies. *J Clin Neurol.* 2019, №15(2), P.135–142.
79. Kindel, T., Lee, D.M., Tso, P. The mechanism of the formation and secretion of chylomicrons. *Atheroscler. Suppl.* 2010, P. 11–16.
80. Kol M.A., de Kruijff, B., de Kroon, A.I. Phospholipid flip-flop in biogenic membranes: what is needed to connect opposite sides. In: *Seminars in Cell & Developmental Biology.* 2002 №3, P. 163-170.
81. Krogdahl, Å. Digestion and absorption of lipids in poultry. *J. Nutr.* 1985, №115, P. 675–685.
82. Kuksis, A. Quantitative lipid analysis by combined thin layer and gas—liquid chromatographic systems. *Chromatographic Reviews.* 1966, №8, P. 172-207.
83. Kusayama, T., Wong, J., Liu, X., He, W., Doytchinova, A., Robinson, E. A., ... & Chen, P. S. Simultaneous noninvasive recording of electrocardiogram and skin sympathetic nerve activity (neuECG). *Nature protocols.* 2020, №15(5), P. 1853-1877.

84. La Rovere, M. T., Porta, A., & Schwartz, P. J. Autonomic control of the heart and its clinical impact. A personal perspective. *Frontiers in Physiology*. 2020, №11, P. 582.
85. Lairon, D. Digestion and absorption of lipids. *Designing Functional Foods*. Woodhead Publishing. 2009, P. 68–93.
86. Lauridsen, C., Danielsen, V. Lactational dietary fat levels and sources influence milk composition and performance of sows and their progeny. *Livest. Prod. Sci.* 2004, №91, P. 95–105.
87. Law of Ukraine No. 249 “On the Procedure for Carrying Out Experiments and Experiments on Animals by Scientific Institutions”. (2012, March). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/card/z0416-12>
88. Law of Ukraine No. 3447-IV “On the Protection of Animals from Cruelty”. (2006, February). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3447-15#Text>.
89. Lawlor, P.G., Lynch, P.B. A review of factors influencing litter size in Irish sows. *Irish Vet. J.* 2007, №60, P. 1–8.
90. Lindblom, S.C., Gabler, N.K., Kerr, B.J. Influence of feeding thermally peroxidized soybean oil on growth performance, digestibility, and gut integrity in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 2018, №96, P. 558–569.
91. Little, T.J., Russo, A., Meyer, J.H., Horowitz, M., Smyth, D.R., Bellon, M., Wishart, J.M., Jones, K.L., Feinle-Bisset, C. Free fatty acids have more potent effects on gastric emptying, gut hormones, and appetite than triacylglycerides. *Gastroenterol*, 2007, №133, P. 1124–1131.
92. Liu B, Fang F, Pedersen N.L, Tillander A, Ludvigsson J.F, Ekbom A, et al. Vagotomy and Parkinson disease: a Swedish register-based matched cohort study. *Neurology*. 2017, №88(21), P. 1996–2002.
93. Liu, P., Kerr, B.J., Chen, C., Weber, T.E., Johnston, L.J., Shurson, G.C. Influence of thermally oxidized vegetable oils and animal fats on energy and nutrient digestibility in young pigs. *J. Anim. Sci.* 2014, №92, P. 2980–2986.

94. Liu, Y., Peng, Y., Chen, C., Ren, H., Zhu, J., Deng, Y., & Xiao, Y. Flavonoids from mulberry leaves inhibit fat production and improve fatty acid distribution in adipose tissue in finishing pigs. *Animal Nutrition*. 2024, №16, P. 147-157.
95. Malaki, N.A., Wright, A.J., Corredig, M. Impact of interfacial composition on emulsion digestion and rate of lipid hydrolysis using different in vitro digestion models. *Colloids Surf. B Biointerfaces*. 2011, №83, P. 321–330.
96. Mandalari, G., Adel-Patient, K., Barkholt, V., Baro, C., Bennett, L., Bublin, M., Gaier, S., Graser, G., Ladics, G.S., Mierzejewska, D., Vassilopoulou, E. In vitro digestibility of β -casein and β -lactoglobulin under simulated human gastric and duodenal conditions: a multi-laboratory evaluation. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 2009, №55, P. 372–381.
97. Marten, B., Pfeuffer, M., Schrezenmeir, J. Review medium-chain triglycerides. *Int. Dairy J.* 2006, №16, P. 1374–1382.
98. Mayo, O., Lavidor, M., & Gordon, I. Interpersonal autonomic nervous system synchrony and its association to relationship and performance—a systematic review and meta-analysis. *Physiology & Behavior*. 2021 №235.
99. Mel'nychuk, D.O., & Hryshchenko, V.A. Exchange of bile pigments under the action of ecopathogenic factors on organism. *Ukrainian biochemical journal*, 2014, №86(5), P. 156.
100. Mihaljevic M, Zeljcic K, Soldatovic I, Andric S, Mirjanic T, Richards A, et al. The emerging role of the FKBP5 gene polymorphisms in vulnerability-stress model of schizophrenia: further evidence from a Serbian population. *Eur Arch Psychiatr Clin Neurosci*. 2017, №267, P. 527–539.
101. Moreau, H., Gargouri, Y., Lecat, D., Junien, J.L., Verger, R. Screening of preduodenal lipases in several mammals. *Biochim. Biophys. Acta*, 1988, №959, P. 247–252.
102. Mu, H., Høy, C.E. The digestion of dietary triacylglycerols. *Progr. Lipid Res*. 2004, №43, P. 105–133.

103. Mueller, B., Figueroa, A. & Robinson-Papp, J. Structural and functional connections between the autonomic nervous system, hypothalamic–pituitary–adrenal axis, and the immune system: a context and time dependent stress response network. *Neurol Sci* . 2022, №43, P. 951–960.
104. Murtazina, A., & Adameyko, I. The peripheral nervous system. *Development*. 2023, №150(9).
105. Nass R.D, Hampel K.G, Elger C.E, Surges R. Blood pressure in seizures and epilepsy. *Front Neurol*. 2019, №10 P. 501.
106. Omerovic, E., Citro, R., Bossone, E., Redfors, B., Backs, J., Bruns, B., Ciccarelli, M., Couch, L.S., Dawson, D., Grassi, G., Iacoviello, M., Parodi, G., Schneider, B., Templin, C., Ghadri, J.R., Thum, T., Chioncel, O., Tocchetti, C.G., van der Velden, J., Heymans, S. and Lyon, A.R. Pathophysiology of Takotsubo syndrome – a joint scientific statement from the Heart Failure Association Takotsubo Syndrome Study Group and Myocardial Function Working Group of the European Society of Cardiology – Part 1: overview and the central role for catecholamines and sympathetic nervous system. *Eur J Heart Fail*. 2022, №24: P. 257-273.
107. Orban, J.I., Harmon, B.G. Effect of Bile Supplementation on Fat Digestion in Early Weaned Pig Diets. 2000, №1, P. 509.
108. Overholt, M.F., Dilger, A.C., Boler, D.D., Kerr, B.J. Influence of feeding thermally peroxidized soybean oil on growth performance, digestibility, and gut integrity in finishing pigs. *J. Anim. Sci*. 2018, №96, P. 2789–2803.
109. Papadopoulos, G.A., Maes, D.G., Van Weyenberg, S., van Kempen, T.A., Buyse, J., Janssens, G.P. Peripartal feeding strategy with different n-6: n-3 ratios in sows: effects on sows' performance, inflammatory and periparturient metabolic parameters. *Brit. J. Nutr*. 2008, №101 P. 348–357.
110. Park, M.S., Yang, Y.X., Choi, J.Y., Yoon, S.Y., Ahn, S.S., Lee, S.H., Yang, B.K., Lee, J.K., Chae, B.J. Effects of dietary fat inclusion at two energy levels on reproductive performance, milk compositions and blood profiles in lactating sows. *Acta Agri. Scand. A Anim. Sci*. 2008, №58, P. 121–128.

111. Pluschke, A.M., Williams, B.A., Zhang, D., Gidley, M.J. Dietary pectin and mango pulp effects on small intestinal enzyme activity levels and macronutrient digestion in grower pigs. *Food Funct.* 2018, №9, P. 991–999.
112. Powles, J., Wiseman, J., Cole, D.J.A., Hardy, B. Effect of chemical structure of fats upon their apparent digestible energy value when given to young pigs. *Anim. Sci.* 1994, №58, P. 411–417.
113. Price, K.L., Lin, X., Van Heugten, E., Odle, R., Willis, G., Odle, J. Diet physical form, fatty acid chain length, and emulsification alter fat utilization and growth of newly weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 2013, №91, P. 783–792.
114. Rak, A., Drwal, E., Wrobel, A., Gregoraszczuk, E.Ł. Resistin is a survival factor for porcine ovarian follicular cells. *Reproduction.* 2015, №150, P. 343–355.
115. Ramirez, M., Amate, L., Gil, A. Absorption and distribution of dietary fatty acids from different sources. *Early Hum. Dev.* 2001, №65, P. 95–101.
116. Rao, S., Cui, Z., Zhang, L., Ma, S., Huang, S., Feng, L., & Tan, C. Effects of dietary adenosine and adenosine 5'-monophosphate supplementation on carcass characteristics, meat quality, and lipid metabolism in adipose tissues of finishing pigs. *Meat Science.* 2023 №201,
117. Rao, Z.X., Tokach, M.D., Woodworth, J.C., DeRouchey, J.M., Goodband, R.D., & Gebhardt, J.T. Effects of various feed additives on finishing pig growth performance and carcass characteristics: a review. *Animals.* 2023, №13(2), P. 200.
118. Reboul, E., Soayfane, Z., Goncalves, A., Cantiello, M., Bott, R., Nauze, M., Terc'e, F., Collet, X., Com'era, C. Respective contributions of intestinal Niemann-Pick C1-like 1 and scavenger receptor class B type I to cholesterol and tocopherol uptake: in vivo and in vitro studies. *Brit. J. Nutr.* 2012, №107, P. 1296–1304.
119. Reis, P., Holmberg, K., Watzke, H., Leser, M.E., Miller, R. Lipases at interfaces: a review. *Adv. Colloid Interface Sci.* 2009, №147, P. 237–250.

120. Reis, P., Watzke, H., Leser, M., Holmberg, K., Miller, R. Interfacial mechanism of lipolysis as self-regulated process. *Biophys. Chem.* 2010, №147, P. 93–103.
121. Ressler K.J, Mayberg H.S. Targeting abnormal neural circuits in mood and anxiety disorders: from the laboratory to the clinic. *Nat Neurosci.* 2007, №10(9), P. 1116–1124.
122. Ressler K.J, Mercer K.B, Bradley B, Jovanovic T, Mahan A, Kerley K, et al. Post-traumatic stress disorder is associated with PACAP and the PAC1 receptor. *Nature.* 2011, №470(7335), P.492–497.
123. Rodgers, J. L; Nicewander, W. A. Thirteen ways to look at the correlation coefficient. *Am statist.* 1988, №42(1), P.59-66
124. Rooke, J.A., Sinclair, A.G., Edwards, S.A., Cordoba, R., Pkiyach, S., Penny, P.C., Penny, P., Finch, A.M., Horgan, G.W. The effect of feeding salmon oil to sows throughout pregnancy on pre-weaning mortality of piglets. *Anim. Sci.* 2001, №73, P. 489–500.
125. Rosero, D.S., Van Heugten, E., Odle, J., Cabrera, R., Arellano, C., Boyd, R.D. Sow and litter response to supplemental dietary fat in lactation diets during high ambient temperatures. *J. Anim. Sci.* 2012, №90, P. 550–559.
126. Sam C, Bordoni B. Physiology, Acetylcholine. In: StatPearls. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL); 2025.
127. Scerra, M., Foti, F., Caparra, P., Cilione, C., Bognanno, M., Paolo, F., & Chies, L. Effects of feeding bergamot pulp and olive leaves on performance and meat quality in Apulo-Calabrese pigs. *Veterinary and Animal Science.* 2024, №23.
128. Schantz, M. M., & Schantz, M. M. *Interlaboratory analytical comparison study of fatty acid concentrations in human serum: results for Exercise 02: QA15FASER02.* US Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology 2015.
129. Schantz, M. M., Powers, C. D., & Schleicher, R. L. *Interlaboratory analytical comparison study of total fatty acid concentrations in human serum:*

results for Exercise 01: QA12FASER01. US Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology. 2013 P. 1–82.

130. Scott-Solomon, E., Boehm, E., & Kuruvilla, R. The sympathetic nervous system in development and disease. *Nature Reviews Neuroscience*. 2021, №22(11), P. 685-702.

131. Spencer, J.D., Boyd, R.D., Cabrera, R., Allee, G.L. Early weaning to reduce tissue mobilization in lactating sows and milk supplementation to enhance pig weaning weight during extreme heat stress. *J. Anim. Sci.* 2003, №81, P. 2041–2052.

132. Stanković, I., Adamec, I., Kostić, V., & Habek, M. Autonomic nervous system—Anatomy, physiology, biochemistry. In *International Review of Movement Disorders*. Academic Press. 2021 №1, P. 1-17

133. Stark, K. D., Van Elswyk, M. E., Higgins, M. R., Weatherford, C. A., & Salem Jr, N. Global survey of the omega-3 fatty acids, docosahexaenoic acid and eicosapentaenoic acid in the blood stream of healthy adults. *Progress in lipid research*. 2016, №63, P. 132-152.

134. Stepanchuk, A. МОРФОЛОГІЯ І ФУНКЦІЯ АВТОНОМНОЇ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ. *Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії*. 2020, №20(1), P. 212-217.

135. Stephens M.A, Mahon P.B, McCaul M.E, Wand G.S. Hypothalamic-pituitary-adrenal axis response to acute psychosocial stress: effects of biological sex and circulating sex hormones. *Psychoneuroendocrinology*. 2016, №66, P.47–55.

136. Sugama, S., & Kakinuma, Y. Stress and brain immunity: Microglial homeostasis through hypothalamus-pituitary-adrenal gland axis and sympathetic nervous system. *Brain, behavior, & immunity-health*. 2020, №7, P. 100111.

137. Suzuki, A., Tsutsumi, H., Kusakabe, K., Kuwahara, M., Sugano, S., & Tanigawa, M. Establishment of a 24-hour electrocardiogram recording system using a Holter recorder for miniature swine. *Laboratory animals*. 1998, №32(2), P. 165-172.

138. Tang, Q., Li, W., Ren, Z., Ding, Q., Peng, X., Tang, Z., & Sun, Z. Different Fatty Acid Supplementation in Low-Protein Diets Regulate Nutrient Utilization and Lipid and Amino Acid Metabolism in Weaned Pigs Model. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023, №24(10), P. 8501. Folch
139. Tanghe, S., De Smet, S. Does sow reproduction and piglet performance benefit from the addition of n-3 polyunsaturated fatty acids to the maternal diet? *Vet. J.* 2013, №197, P. 560–569.
140. Tavárez, M.A., Boler, D.D., Bess, K.N., Zhao, J., Yan, F., Dilger, A.C., McKeith, F.K., Killefer, J. Effect of antioxidant inclusion and oil quality on broiler performance, meat quality, and lipid oxidation. *Poult. Sci.* 2011, № 90, P. 922–930.
141. Tecles, F., Contreras-Aguilar, M.D., Martínez-Miro, S., Tvarijonaviciute, A., Martínez-Subiela, S., Escribano, D., Ceron, J.J. Total esterase measurement in saliva of pigs: validation of an automated assay, characterization and changes in stress and disease conditions. *Res. Vet. Sci.* 2017, №114, P. 170–176.
142. Tindle, J., & Tadi, P. Neuroanatomy, parasympathetic nervous system. In *StatPearls [Internet]*. StatPearls Publishing 2022.
143. Tiwari, R., Kumar, R., Malik, S., Raj, T., & Kumar, P. Analysis of heart rate variability and implication of different factors on heart rate variability. *Current cardiology reviews*. 2021, №17(5), P. 74-83.
144. Tso, P., Nauli, A., Lo, C.M. Enterocyte fatty acid uptake and intestinal fatty acid-binding protein. *Biochem. Society Transact.* 2004, № 32, P. 75–78.
145. Valaja, J., Siljander-Rasi, H. Dietary fat supplementation affects apparent ileal digestibility of amino acids and digesta passage rate of rapeseed meal-based diet. In: *Digestive Physiology of Pigs. Proceedings of the 8th Symposium*. CABI Publishing 2001.
146. Vilarrasa, E., Barroeta, A.C., Tres, A., Esteve-Garcia, E. Use of re-esterified palm oils, differing in their acylglycerol structure, in weaning-piglet diets. *Animal*. 2015, №9, P. 1304–1311.

147. Wang, L., Huang, Y., Wang, Y., & Shan, T. Effects of polyunsaturated fatty acids supplementation on the meat quality of pigs: a meta-analysis. *Frontiers in nutrition*. 2021, №8.
148. Wangler, S., Jarczok, M. N., Ennis, M., Herhaus, B., Wagner, R., Sehgal, R., & Heni, M. The autonomic nervous system in the regulation of glucose and lipid metabolism. *Nature Reviews Endocrinology*. 2026, P. 1-13.
149. Washington, DC. O'Grady, J.F., Lynch, P.B., Kearney, P.A., 1985. Voluntary feed intake by lactating sows. *Livest. NRC. Nutrient Requirements of Swine*, 11th rev. ed. Natl. Acad. Press Prod. Sci. 2012, №12, P. 355–365.
150. Waxenbaum, J. A., Reddy, V., & Das, J. M. Anatomy, autonomic nervous system. In *StatPearls [Internet]*. StatPearls Publishing 2025.
151. Wealleans A.L. et al. *Animal Feed Science and Technology*. 2021, №277.
152. Wealleans, A.L., Bierinckx, K., Witters, E., di Benedetto, M., Wiseman, J. Assessment of the quality, oxidative status and dietary energy value of lipids used in non-ruminant animal nutrition. *J. Environ. Sci. Health* 2021.
153. Weissman, D. G., & Mendes, W. B. Correlation of sympathetic and parasympathetic nervous system activity during rest and acute stress tasks. *International Journal of Psychophysiology*. 2021, №162, P. 60-68.
154. Wilde, P.J., Chu, B.S. Interfacial & colloidal aspects of lipid digestion. *Adv. Colloid Interface Sci*. 2011, №165, P. 14–22.
155. Wilfart, A., Montagn'e, L., Simmins, H., Noblet, J., van Milgen, J. Effect of fibre content in the diet on the mean retention time in different segments of the digestive tract in growing pigs. *Livest. Sci*. 2007, №109, P. 27–29.
156. Wu, F., Zhao, Y., & Zhang, H. Ocular autonomic nervous system: an update from anatomy to physiological functions. *Vision*. 2022, №6(1), P. 6.
157. Wulf, M. J., & Tom, V. J. Consequences of spinal cord injury on the sympathetic nervous system. *Frontiers in cellular neuroscience*. 2023, №17.

158. Xu, M., Che, L., Yang, Z., Zhang, P., Shi, J., Li, J., Lin, Y., Fang, Z., Che, L., Feng, B., Wu, D. Effect of high fat dietary intake during maternal gestation on offspring ovarian health in a pig model. *Nutrients*. 2016 №8, P. 498.
159. Xu, M., Chen, X., Huang, Z., Chen, D., Li, M., He, J., & Yu, B. Effects of dietary grape seed proanthocyanidin extract supplementation on meat quality, muscle fiber characteristics and antioxidant capacity of finishing pigs. *Food Chemistry*. 2022, №367.
160. Yan, L., Zhang, B., Shen, Z. Dietary modulation of the expression of genes involved in short-chain fatty acid absorption in the rumen epithelium is related to short-chain fatty acid concentration and pH in the rumen of goats. *J. Dairy Sci*. 2014 №97, P. 5668–5675.
161. Yuan, S.B., Chen, D.W., Zhang, K.Y., Yu, B. Effects of oxidative stress on growth performance, nutrient digestibilities and activities of antioxidative enzymes of weanling pigs. *Asian-Australasian J. Anim. Sci*. 2007, №20, P. 1600–1605.
162. Zhang, H., Jia, M., Su, Y., & Zhu, W. Feeding frequency affects glucose and lipid metabolism through SIRT1/AMPK pathway in growing pigs with the same amount of daily feed. *The Journal of Nutritional Biochemistry*. 2022 №100.
163. Zhang, L., Li, F., Guo, Q., Duan, Y., Wang, W., Yang, Y., & Yin, Y. Different proportions of branched-chain amino acids modulate lipid metabolism in a finishing pig model. *Journal of Agricultural and Food chemistry*. 2021, №69(25), P. 7037-7048.
164. Zhang, L.L., Zhang, H., Li, Y., Wang, T. Effects of medium-chain triglycerides on intestinal morphology and energy metabolism of intrauterine growth retarded weanling piglets. *Arch. Anim. Nutr*. 2017, №71, P. 231–245.
165. Zhou, X., Beltranena, E., Zijlstra, R.T. Apparent and true ileal and total tract digestibility of fat in canola press-cake or canola oil and effects of increasing dietary fat on amino acid and energy digestibility in growing pigs. *J. Anim. Sci*. 2017, №95, P. 2593–2604.