

## ЗАТВЕРДЖУЮ



Перший проректор

Прикарпатського національного  
університету імені Василя Стефаника  
доктор економічних наук, професор

Валентина ЯКУБІВ

05 2025 р.

## ВИТЯГ

з протоколу № 4 від 22 травня 2025 р. фахового семінару  
кафедри біохімії та біотехнології факультету природничих наук  
Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника

### ПРИСУТНІ:

1. Байляк Марія Михайлівна – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри біохімії та біотехнології – голова семінару;
2. Лилик Марія Петрівна – кандидат біологічних наук, завідувач навчально-наукової лабораторії кафедри біохімії та біотехнології – секретар семінару;
3. Лушак Володимир Іванович – доктор біологічних наук, професор кафедри біохімії та біотехнології – гарант даної ОНП, науковий керівник, член семінару;
4. Семчишин Галина Миколаївна – доктор біологічних наук, професор кафедри біохімії та біотехнології, член семінару;
5. Гусак Віктор Васильович – кандидат біологічних наук, доцент кафедри біохімії та біотехнології – член семінару;
6. Абрата Олександра Богданівна – кандидат біологічних наук, доцент кафедри біохімії та біотехнології – член семінару;
7. Господарьов Дмитро Валерійович – кандидат біологічних наук, доцент кафедри біохімії та біотехнології – член семінару;
8. Мосійчук Надія Михайлівна – кандидат біологічних наук, доцент кафедри біохімії та біотехнології – член семінару;
9. Швадчак Володимир Васильович – доктор філософії в галузі «Науки про життя – молекулярні та клітинні аспекти біології», доцент кафедри біохімії та біотехнології – член семінару;
10. Стрільбицька Ольга Михайлівна – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник кафедри біохімії та біотехнології – член семінару;

З присутніх – 3 доктори наук, 6 кандидатів наук та 1 доктор філософії – фахівці за профілем представленої дисертації.

Головуюча на фаховому семінарі – Байляк Марія Михайлівна, д.б.н., професор, завідувач кафедри біохімії та біотехнології.

### **СЛУХАЛИ:**

**1.** Результати дисертаційної роботи аспірантки Ватащук Мирослави Володимирівни, аспірантки IV року навчання денної бюджетної форми навчання за спеціальністю 091 Біологія на тему «Енергетичні та вільнорадикальні процеси у мишей за споживання висококалорійної їжі та альфа-кетоглютарату», поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 09 Біологія за спеціальністю 091 Біологія.

Тему дисертаційної роботи «Вплив альфа-кетоглютарату на вільнорадикальні та імунологічні параметри у мишей» затверджено на засіданні Вченої ради Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника (протокол № 8 від 29.09.2020 р.) та уточнену тему дисертаційної роботи «Енергетичні та вільнорадикальні процеси у мишей за споживання висококалорійної їжі та альфа-кетоглютарату» затверджено на Вченій раді Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника (протокол № 01 від 27.01.2025 р.).

Науковим керівником затверджено доктора біологічних наук, професора кафедри біохімії та біотехнології Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника Лушака Володимира Івановича.

### **2.** Виступ здобувача (до 20 хв.).

**Ватащук Мирослава Володимирівна** – Добрий день, шановні присутні. Дозвольте представити Вам результати проведеного дослідження на тему: «Енергетичні та вільнорадикальні процеси у мишей за споживання висококалорійної їжі та альфа-кетоглютарату» (слайд 1).

Споживання їжі з високим вмістом жирів і вуглеводів є поширеним явищем у сучасному суспільстві (слайд 2). Часто це пов'язують з так званими «фаст-фудом (швидкою їжею)» або «західною їжею», які можуть призводити до розвитку метаболічного синдрому. Метаболічний синдром – це комплекс метаболічних порушень, який значно підвищує ризик розвитку серцево-судинних захворювань і діабету 2 типу. Основними ознаками метаболічного синдрому є:

- Вісцеральне ожиріння
- Дисліпідемія
- Інсулінорезистентність
- Гіперглікемія
- Прооксидантний і прозапальний стани.

Багато питань, які стосуються здоров'я людини, вирішуються за допомогою модельних організмів. Популярним та ефективним підходом для

індукції метаболічного синдрому у модельних гризунів є годування висококалорійною їжею, яка багата на жири, або жири з фруктозою.

Фруктоза використовується в комерційних цілях як підсолоджувач у приготуванні десертів, приправ та газованих напоїв. Добре відомо, що тривале споживання великої кількості фруктози викликає метаболічні порушення у мишей.

Одним із перспективних підходів до зменшення негативного впливу їжі із високим вмістом жирів та фруктози є харчові втручання (слайд 3).

Альфа-кетоглютарат є проміжним продуктом циклу трикарбонових кислот, бере участь у різноманітних метаболічних та регуляторних процесах у клітині. Серед них – вироблення енергії, біосинтез певних амінокислот, синтез колагену, епігенетична регуляція експресії генів, продовження тривалості життя та сповільнення розвитку вікових змін.

Зокрема, у кількох дослідженнях повідомлялося, що АКГ запобігав розвитку ожиріння у мишей, які отримували їжу з високим вмістом жирів, і ці ефекти були пов'язані зі змінами експресії генів, які беруть участь у ліпідному обміні. Тому було припущено, що АКГ може бути використаний як харчовий додаток для корекції метаболічних порушень.

Метою цього дослідження було оцінити вплив альфа-кетоглютарату на морфометричні, метаболічні показники та показники запалення у мишей лінії *C57BL/6J* за споживання базової їжі та висококалорійної їжі з високим вмістом жирів та фруктози (слайд 4).

Задля досягнення визначеної мети були поставлені наступні завдання:

- Визначити динаміку маси тіла та споживання рідини, вміст вісцерального жиру та індекси маси тіла у синхронізованій за віком популяції мишей (5-тимісячні самці) лінії *C57BL/6J* за утримування на чотирьох експериментальних режимах;
- Здійснити забір крові у дослідних мишей та провести її біохімічний та гематологічний аналіз з визначенням лейкоцитарної формули;
- Відібрати зразки тканин для біохімічного та гістологічного аналізів та визначити в них вміст метаболітів, показники ліпідного обміну, активність ключових ферментів шляхів катаболізму глюкози та фруктози;
- Визначити маркери оксидативного стресу та активність антиоксидантних та асоційованих з ними ферментів у тканинах мишей;
- Провести гістологічний аналіз зрізів тканин мишей.

Для роботи було використано самців мишей лінії *C57Bl/6J* (слайд 5). Усі миші отримували стандартну їжу для гризунів (10% ккал отримані від жиру), і мали вільний доступ до води. У віці п'яти місяців тварин випадковим чином розділяли на чотири групи: контрольну та три дослідні. Контрольних мишей продовжували годувати стандартною їжею. Експериментальні групи мали різні

режими годування. Мишей першої експериментальної групи годували їжею з високим вмістом жиру та фруктози (ВКЇ), що містила (45% ккал отримані від жиру, 15% ккал отримані від фруктози і 10% білку). Цю їжу (ВКЇ) оновлювали мишам щодня. Друга група мишей отримувала стандартну їжу, але вони замість води пили 1% розчин альфа-кетоглютарату натрію (АКГ), а третя група – споживала ВКЇ та пила 1% розчин АКГ (ВКЇАКГ). Мишей утримували на відповідних режимах харчування упродовж наступних восьми тижнів. За цей час споживання води або розчину АКГ фіксували через день, а масу тіла реєстрували кожні 14 днів.

Споживання їжі з високим вмістом жирів та вуглеводів чи надмірне споживання їжі можуть призводити до збільшення маси тіла (**слайд 6**). Альфа-кетоглютарат, діючи як міметик калорійного обмеження, потенційно може запобігати надлишковому набору маси тіла. Тому на першому етапі дослідження було оцінено вплив їжі з високим вмістом жиру і фруктози без або з додаванням розчину 1% АКГ на морфометричні показники у мишей.

Восьмитижневе годування мишей стандартною їжею чи ВКЇ без або в поєднанні з додаванням АКГ не впливало на масу тіла. Проте вміст вісцерального жиру був вищим на 30% у мишей, що споживали ВКЇ порівняно з контролем. Нижчий вміст білку не сприяв ожирінню мишей, які споживали їжу з високим вмістом жирів та фруктози.

(**слайд 7**) Годування ВКЇ не впливало на кількість спожитої рідини, але миші, які пили замість води 1% розчин АКГ, демонстрували на 15% нижче споживання рідини, ніж миші з контрольної групи. Тип їжі не впливав на споживання АКГ мишами. Можна припустити, що або мишам не сподобався смак води з АКГ, або розчин АКГ краще втамовував спрагу, що, відповідно, зменшувало споживання рідини.

Наступними було визначено гематологічні показники, за допомогою яких можна оцінити загальний стан організму мишей та виявити ознаки запалення (**слайд 8**). Кількість еритроцитів була на 14% нижчою у мишей, які отримували ВКЇ або АКГ окремо, порівняно з контрольною групою. Миші, які отримували АКГ зі стандартною їжею, мали на 14% вищу загальну кількість лейкоцитів порівняно з контрольною групою. Миші, які отримували АКГ зі стандартною їжею, показали на 21% вищі рівні гемоглобіну порівняно з контрольною групою, хоча виявлена різниця була в межах фізіологічного діапазону рівнів гемоглобіну у мишей, про які повідомляється в літературі.

Для визначення відсоткового співвідношення різних типів лейкоцитів у крові мишей було проведено диференційний підрахунок лейкоцитів шляхом аналізу мазків крові (**слайд 9**).

Диференційний підрахунок лейкоцитів показав, що відносні рівні лімфоцитів були нижчими на 7% у мишей, які споживали ВКЇ, порівняно з контролем. Відносні рівні моноцитів у мишей, які отримували ВКЇ, були в 1,6

рази вищими, ніж у контрольних аналогів. Натомість самці, які отримували АКГ, мали в 1,5 рази вищі рівні паличкоядерних нейтрофілів та на 10% нижчі рівні лімфоцитів порівняно з контролем. У групі ВКІАКГ відносні рівні паличкоядерних нейтрофілів та лімфоцитів були подібними до значень у контрольних групах, тоді як рівні моноцитів були значно вищими, ніж у контрольній групі.

Збільшення кількості нейтрофілів і моноцитів може бути індикатором запальних захворювань. Щодо зменшення кількості лімфоцитів, механізми, що лежать в основі цих ефектів, незрозумілі. Можливо, цей показник пов'язаний з міграцією клітин у тканини. В групі ВКІАКГ гематологічні параметри були близькі до таких як у групі контрольних тварин. Це може свідчити про те, що ефекти АКГ різняться, коли він використовується в комбінації з основною їжею та в комбінації з висококалорійною їжею.

Щодо біохімічних показників плазми крові мишей (**слайд 10**), то в групі мишей, що споживали ВКІАКГ мали вищий вміст глюкози, порівняно з досліджуваними групами мишей. Вміст ТАГ був вищим у мишей, що споживали ВКІ, порівняно з контрольною групою. Дещо підвищена активність мієлопероксидази в плазмі крові мишей, які отримували АКГ, може бути пов'язана зі збільшенням кількості нейтрофілів у крові мишей цієї групи.

Печінка є центральним метаболічним органом ссавців, який першим реагує на зовнішні виклики, які спричинені їжею, такою як ВКІ у нашому випадку (**слайд 11**). Печінка відіграє важливу роль у катаболізмі фруктози, будучи одним з небагатьох органів, які експресують фруктокіназу. Наступний етап дослідження був спрямований на вивчення метаболічних реакцій печінки мишей середнього віку, які отримували їжу ВКІ, та вплив додатку АКГ.

У печінці мишей ані ВКІ, ані АКГ окремо, ані їх комбінація не впливали на рівень триацилгліцеридів (ТАГ), вільного холестерину, за винятком того, що у мишей, які отримували АКГ, рівень холестерину був на 37% нижчим, ніж у контролі (**слайд 12**). Споживання мишами ВКІ дещо знижувало рівень АКГ у печінці, тоді як у печінці тварин, які споживали АКГ та ВКІАКГ, рівень АКГ був вищим порівняно з групою ВКІ. Рівень ТАГ у печінці всіх груп мишей був практично однаковим. Водночас, значно підвищений рівень ТАГ у плазмі крові мишей, які споживали ВКІ, можна розглядати як механізм, що захищає печінку від надмірного накопичення ТАГ. Однак спостерігався нижчий рівень вільного холестерину в печінці в усіх експериментальних групах порівняно з контрольною групою. Причин цього може бути декілька: пригнічення продукції холестерину, посилення його експорту у кров, або підвищене перетворення на холеві кислоти, оскільки цей компонент жовчі необхідний для кращого перетравлення їжі.

Було визначено активність трьох ключових ферментів гліколізу у печінці: гексокінази (ГК), фосфофруктокінази (ФФК) і піруваткінази (ПК), а також

активність ключового ферменту фруктолізу – фруктокінази (ФК) та глюкозо-6-фосфатдегідрогенази (Г6ФДГ) – ключового ферменту пентозо-фосфатного шляху (слайд 13). На активність ГК не вплинула ВКІ, але активність ферменту була на 24% і 46% вищою у мишей, які споживали 1% АКГ і ВКІАКГ, відповідно, порівняно з контрольними мишами.

Активність ФК була на 31% вищою у групи мишей, які споживали ВКІ, порівняно з контролем. Миші, яких годували ВКІАКГ, показали на 15 та 23% вищу активність ФФК ніж відповідні контрольні групи тварин. Миші, яких годували ВКІ, мали на 77% і на 90% вищі активності ПК і Г6ФДГ відповідно, ніж у контрольній групі. Вміст глікогену, основного резервного вуглеводу печінки був на 40% вищим у мишей, яких годували ВКІ, але на 50% нижчим у мишей, яких годували ВКІАКГ порівняно з відповідними контрольними значеннями.

Вища активність ФК у мишей, які споживали ВКІ підтвердила, що цей фермент відіграє важливу роль за умов надлишку фруктози. Нижчий рівень глікогену та вища активність ГК і ФФК у печінці мишей, які споживали ВКІАКГ можуть відображати активацію гліколізу. Водночас АКГ знижував активність ФК у мишей, які отримували ВКІ, що потенційно може пригнічувати фруктоліз. Це свідчить про те, що надлишок фруктози переважно використовується для біосинтезу глікогену, а не для надходження глюкози в кров. Стимуляція утилізації глюкози може бути пов'язана зі зниженням рівня глікогену в печінці мишей, які отримували ВКІАКГ, порівняно з іншими групами. Підвищення рівня глюкози в крові в групі ВКІАКГ також могло бути наслідком інтенсивного розщеплення глікогену в печінці.

Вміст пероксидів ліпідів (ПЛ), був на 85% вищим у печінці мишей, які споживали ВКІ, порівняно з контрольною групою. Водночас, ВКІАКГ сприяли зниженню рівня окисленого глутатіону (GSSG) на 80% порівняно з контрольною групою та групою, що отримувала ВКІ, не впливаючи на рівень відновленого глутатіону (GSH). Це призвело до чотириразового збільшення співвідношення GSH/GSSG у печінці мишей, які отримували комбіноване харчування, порівняно з контрольною групою та групою, яка отримувала ВКІ. У печінці мишей, які отримували лише АКГ, рівень GSH був у 1,8 раза вищим, а співвідношення GSH/GSSG мало тенденцію до підвищення порівняно з відповідними показниками в контрольній групі. Споживання ВКІ як окремо, так і в комбінації з АКГ, призводило до вищого рівня пероксидів ліпідів. Це свідчить про розвиток оксидативного стресу. Тенденція до зниження рівня GSH в обох групах, що споживали ВКІ, підтверджує ідею про індукцію оксидативного стресу при споживанні ВКІ. АКГ може використовуватися для біосинтезу GSH і, що може бути причиною вищого рівня GSH у групі, яка споживала АКГ (слайд 14).

У печінці мишей активність каталази була на 35% та 29% вищою у групах ВКІ та ВКІАКГ порівняно з контролем. Активність глутатіонзалежних ферментів, глутатіонпероксидази (ГП) та глутатіон-S-трансферази (GST), у печінці мишей, які отримували ВКІ, була на 33% та 57% вищою, відповідно, ніж у тварин з контрольної групи. Однак у мишей, які отримували ВКІАКГ, активність ГП і GST не відрізнялася від контрольних значень, і годування тільки АКГ не впливало на активність цих двох ферментів. Активність НАД(Ф)Н-залежна хіноноксидоредуктаза 1 (НХО1) була на 79%, 72% і 121% вищою у мишей, які отримували ВКІ, АКГ окремо або в комбінації з ВКІ, відповідно, порівняно з цим показником у печінці контрольної групи мишей. Активність глутатіонредуктази (ГР) була на 13% та 16% вищою у групі ВКІ та групі ВКІАКГ відповідно порівняно з контролем, тоді як сам по собі АКГ не впливав на активність ГР.

Таким чином, споживання ВКІ індукувало розвиток оксидативного стресу, на який організм відповідав підвищенням ефективності антиоксидантної системи, зокрема підвищенням активності антиоксидантних та асоційованих з ними ферментів (слайд 15).

Активність мієлопероксидази була вищою в печінці мишей, які отримували ВКІ та ВКІАКГ на 33% та 37% відповідно, порівняно з контрольною групою. Гістологічний аналіз показав ознаки неспецифічного запалення у зразках печінки мишей, які отримували ВКІ та ВКІАКГ. Отже, ВКІ провокує прозапальні процеси в печінці мишей, а АКГ не модулює ці процеси (слайд 16).

Особливістю печінки є те, що вона може метаболізувати фруктозу через наявність ферменту фруктокінази. У м'язах низька експресія цього ферменту. Тому на наступному етапі роботи було досліджено, як ВКІ (багата на жир і фруктозу) впливає на метаболізм м'язів, які метаболічно щільно пов'язані з функціонуванням печінки (слайд 17).

Вміст глікогену у м'язах мишей, які отримували ВКІ, був на 52% нижчим, ніж у контрольній групі. Лише у м'язах мишей, які отримували ВКІ, рівень ТАГ був на 36% вищим, ніж в інших групах, тоді як рівень ТАГ в інших експериментальних групах практично відповідав рівню в м'язах контрольної групи. На загальний рівень білку також впливав лише ВКІ. Зокрема, рівень білку був на 38% нижчим у м'язах мишей, які отримували ВКІ, ніж у контрольній групі. Результати свідчать про жирову інфільтрацію (відкладення/накопичення жиру), що часто зустрічається в скелетних м'язах. У м'язах мишей додавання АКГ до ВКІ запобігає втраті білку, спричиненого ВКІ (слайд 18).

У м'язах мишей, які отримували ВКІ, активність ГК, ФФК і ПК була на 20%, 22% і 47% вищою, відповідно, порівняно з контрольною групою. У м'язах мишей, які отримували ВКІАКГ, активність ГК була нижчою на 35% і 48%, ніж

у контролі та мишей, які отримували ВКІ, відповідно. Активності ФФК і ПК були подібними у контрольній групі та групі ВКІАКГ. Однак активності ФФК і ПК були нижчими у мишей, які споживали ВКІАКГ, порівняно з групою АКГ і групою ВКІ. Зокрема, активність ГК, ФФК і ПК були на 47%, 38% і 47% нижчими, відповідно, у групі ВКІАКГ, ніж у мишей, які отримували лише ВКІ. Таким чином, метаболічні зміни в скелетних м'язах мишей, викликані ВКІ, були пом'якшені додаванням АКГ (слайд 19).

(слайд 20) Отримані результати свідчать про те, що ефекти альфа-кетоглютарату відрізняються, коли він використовується в комбінації з основною їжею та в комбінації з висококалорійною їжею.

Дослідження виявило тканиноспецифічні ефекти альфа-кетоглютарату. Зокрема, стимуляція антиоксидантного захисту може відображати прооксидантну дію альфа-кетоглютарату, тоді як зниження інтенсивності оксидативного стресу в тканинах мишей, які отримували висококалорійну їжу, можливо, відбувається через антиоксидантну дію альфа-кетоглютарату. Модуляція гематологічних показників може бути результатом імуномодулюючої дії альфа-кетоглютарату.

Дякую за увагу (слайд 21).

3. Запитання до аспірантки по темі дисертації ставили:

1. Швадчак Володимир Васильович – доктор філософії в галузі «Науки про життя – молекулярні та клітинні аспекти біології», доцент кафедри біохімії та біотехнології;
2. Лилик Марія Петрівна – к.б.н., завідувач навчально-наукової лабораторії кафедри біохімії та біотехнології;
3. Абрят Олександра Богданівна – к.б.н., доцент кафедри біохімії та біотехнології;
4. Байляк Марія Михайлівна – д.б.н., професор, завідувач кафедри біохімії та біотехнології;
5. Мосійчук Надія Михайлівна – к.б.н., доцент кафедри біохімії та біотехнології;
6. Стрільбицька Ольга Михайлівна – к.б.н., старший науковий співробітник кафедри біохімії та біотехнології.

До доповіді було задано 39 запитань, на які здобувач дав правильні та ґрунтовні відповіді.

4. Виступи членів семінару:

Байляк Марія Михайлівна – д.б.н., доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри біохімії та біотехнології відзначила, що дисертаційна робота

Мирослави Ваташук є першою роботою, що комплексно вивчає вплив АКГ на фоні ВКІ та базового харчування у мишей лінії *C57BL/6J*. Дослідження охоплює широкий спектр показників, зокрема: морфометричні та гематологічні характеристики; параметри енергетичного обміну; маркери оксидативного стресу; активність антиоксидантних ферментів; інтенсивність запальних процесів у різних тканинах. Особливу цінність становить виявлення тканинспецифічних ефектів АКГ, що розширює наше розуміння механізмів розвитку метаболічного синдрому та потенційних підходів до його корекції.

Одержані результати мають високу практичну значущість, оскільки підкреслюють ефективність АКГ як харчової добавки для корекції метаболічних порушень, спричинених ВКІ. Це відкриває можливості для подальшого вивчення та потенційного клінічного застосування АКГ.

**Стрільбицька Ольга Михайлівна** – к.б.н., старший науковий співробітник кафедри біохімії та біотехнології (рецензент) зазначила те, що представлена дисертаційна робота присвячена дослідженню актуального питання впливу висококалорійного харчування (ВКІ) з високим вмістом жирів і фруктози на організм. Це має особливе значення у контексті зростання захворюваності на метаболічний синдром, діабет 2 типу та серцево-судинні патології. Водночас, застосування альфа-кетоглютарату (АКГ) як природного регулятора фізіологічних процесів із вираженим антиоксидантним потенціалом є перспективним підходом до корекції метаболічних порушень.

У роботі застосовано сучасні методи, такі як гематологічний, біохімічний та гістологічний аналіз, що забезпечують всебічну оцінку впливу АКГ. Добре спланований експеримент, що включав чотири групи мишей, дозволив порівняти ефекти АКГ у різних режимах харчування.

Дисертаційна робота є ґрунтовним науковим дослідженням актуальної проблеми. Одержані результати відкривають нові перспективи застосування АКГ як ефективного засобу корекції метаболічного синдрому. Робота виконана на високому науковому рівні, використані методи відповідають поставленим завданням, а висновки коректно відображають отримані результати.

**Гусак Віктор Васильович** – к.б.н., доцент кафедри біохімії та біотехнології (рецензент) відзначив, що дисертаційна праця Мирослави Ваташук містить певні недоліки та упущення, але вони не носять принципового характеру і не стосуються суті проведених експериментів. Вони не знижують загальної позитивної оцінки тривалої важкої наукової праці автора, а також розроблених ним основних наукових положень та висновків.

Дисертаційна робота Ваташук Мирослави Володимирівни «Енергетичні та вільнорадикальні процеси у мишей за споживання висококалорійної їжі та альфа-кетоглютарату» є завершеною науковою працею, в якій отримані нові

науково обґрунтовані результати, що у сукупності вирішують поставлену наукову проблему. За актуальністю обраної теми, методичним рівнем, науково-практичним значенням дисертаційна робота М. Ваташук відповідає вимогам ВАК України щодо дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

**5. Виступ наукового керівника** д.б.н., проф. Лушак Володимира Івановича, який відзначив, що Ваташук Мирослава Володимирівна впродовж 2014–2019 рр. (ОР Бакалавр та ОР Магістр) навчалась в ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника», де здобула кваліфікацію інженер-лаборант в галузі біології, вчитель біології та науковий співробітник (біологія), біохімік. У 2020 р. Ваташук Мирослава вступила в аспірантуру на очну (бюджетну) форму навчання. З червня 2020 р. і до сьогодні працює на посаді провідного фахівця навчально-наукової лабораторії кафедри біохімії та біотехнології Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника. Ваташук Мирослава зарекомендувала себе як відповідальна й активна учасниця дослідницької діяльності кафедри. Колеги високо оцінюють її старанність, вміння працювати в команді та загальну зацікавленість у науковій роботі. Науковий керівник також відзначив її працьовитість і цілеспрямованість у процесі підготовки дисертації. Вона сумлінно виконала поставлені завдання, дотримувалась встановлених термінів і повністю виконала індивідуальний план, що підтверджується результатами проміжної, підсумкової (річної) та заключної атестацій.

**6.** В обговоренні дисертаційної роботи взяли участь: к.б.н., доц. Гусак В.В., к.б.н. Стрільбицька О.М., к.б.н., доц. Абрам О.Б., д.б.н., проф. Байляк М.М., д.б.н., проф. Лушак В.І.

**Заслухавши публічну презентацію наукових результатів дисертації** Ваташук Мирослави Володимирівни **та обговоривши її на фаховому семінарі** кафедри біохімії та біотехнології факультету природничих наук Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, прийнято наступні висновки щодо дисертації «Енергетичні та вільнорадикальні процеси у мишей за споживання висококалорійної їжі та альфа-кетоглютарату».

**7.** Висновок про перевірку дисертації та наукових публікацій здобувача на виявлення порушення академічної доброчесності.

**УХВАЛИЛИ:**

**ПРИЙНЯТИ** такий висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації.

## ВИСНОВОК

наукового фахового семінару кафедри біохімії та біотехнології факультету природничих наук Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації «Енергетичні та вільнорадикальні процеси у мишей за споживання висококалорійної їжі та альфа-кетоглутарату» здобувача ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 Біологія (галузь знань 09 Біологія)

**1. Актуальність теми дослідження.** Споживання їжі з високим вмістом жирів і вуглеводів є поширеним явищем у сучасному суспільстві. Часто це пов'язують з так званими «фаст-фудом (швидкою їжею)» або «західною їжею», які можуть призводити до розвитку метаболічного синдрому. Метаболічний синдром – це комплекс метаболічних порушень, який значно підвищує ризик розвитку серцево-судинних захворювань і діабету 2 типу. Основними ознаками метаболічного синдрому є вісцеральне ожиріння, дисліпідемія, інсулінорезистентність, гіперглікемія, прооксидантний і прозапальний стани.

Багато питань, які стосуються здоров'я людини, вирішуються за допомогою модельних організмів. Популярним та ефективним підходом для індукції метаболічного синдрому у модельних гризунів є годування висококалорійною їжею, яка багата на жири, або жири з фруктозою.

Фруктоза використовується в комерційних цілях як підсолоджувач у приготуванні десертів, приправ та газованих напоїв. Добре відомо, що тривале споживання великої кількості фруктози викликає метаболічні порушення у мишей. Одним із перспективних підходів до зменшення негативного впливу їжі із високим вмістом жирів та фруктози є харчові втручання.

Альфа-кетоглутарат є проміжним продуктом циклу трикарбонових кислот, бере участь у різноманітних метаболічних та регуляторних процесах у клітині. Серед них – вироблення енергії, біосинтез певних амінокислот, синтез колагену, епігенетична регуляція експресії генів, подовження тривалості життя та сповільнення розвитку вікових змін.

Зокрема, у кількох дослідженнях повідомлялося, що АКГ запобігав розвитку ожирінню мишей, які отримували їжу з високим вмістом жирів, і ці ефекти були пов'язані зі змінами експресії генів, які беруть участь у ліпідному обміні. Тому було припущено, що АКГ може бути використаний як харчовий додаток для корекції метаболічних порушень.

На підставі визначеної актуальності було сформульовано мету дисертаційної роботи Ватащук М.В., а саме оцінити вплив альфа-кетоглутарату на морфометричні, метаболічні показники та показники запалення у мишей

лінії *C57BL/6J* за споживання базової їжі та висококалорійної їжі з високим вмістом жирів та фруктози.

## **2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Аспірантка Ваташук Мирослава Володимирівна була співвиконавцем науково-дослідної роботи кафедри біохімії та біотехнології Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, а саме проекту «Інтермедіати фенілпропаноїдного шляху як речовини для продовження тривалості і якості життя», фінансованого Національним фондом досліджень України (реєстраційний номер проекту: 2020.02/0118, тривалість проекту: 21 жовтня 2020 – 31 грудня 2021, травень-листопад 2023, керівник проекту: Байляк Марія Михайлівна, професор кафедри біохімії та біотехнології). Дисертантка була співвиконавцем проекту та проводила частину досліджень, які є частиною її дисертаційної роботи.

## **3. Наукова новизна. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів.**

Аспіранткою Ваташук М.В. вперше:

- проведено комплексне дослідження впливу АКГ на метаболічні зміни у тканинах мишей, спричинені споживанням висококалорійної їжі з високим вмістом тваринних жирів та фруктози.

- показано, що АКГ запобігає метаболічним змінам, які спричинені короткотривалим споживанням висококалорійної їжі з високим вмістом тваринних жирів та фруктози.

- виявлено, що захисний вплив АКГ проявляється у зниженні інтенсивності оксидативного стресу зі зростанням потужності антиоксидантного захисту та нормалізацією енергетичного обміну у тканинах мишей.

- встановлено, що на тлі стандартної їжі у тканинах мишей АКГ активує окремі ланки антиоксидантного захисту.

- обґрунтовано тканиноспецифічні ефекти АКГ на фоні базової та висококалорійної їжі, які можуть бути зумовлені різними механізмами його дії.

Аспірантка особисто провела більшість експериментів, здійснила статистичну обробку та аналіз отриманих даних, а також узагальнила результати та сформулювала висновки дослідження.

## **4. Теоретичне та практичне значення результатів дисертації.** Основні наукові положення та висновки, наведені в дисертаційній роботі, становлять цінність як з теоретичної, так і практичної точки зору.

В цій роботі оцінено здатність доданого в їжу АКГ відігравати захисну роль при споживанні висококалорійної їжі, враховуючи його широкий спектр біологічної активності включно з антиоксидантними, прооксидантними та імуномодулюючими властивостями. Дисертаційна робота розширює розуміння

про індукування їжею метаболічного синдрому та з'ясовує потенційну роль АКГ як метаболічного регулятора.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що дослідження наслідків споживання їжі з високим вмістом жирів і вуглеводів допомагає краще зрозуміти причини поширення метаболічного синдрому та пов'язаних з ним захворювань у сучасному суспільстві. Використання модельних тварин, які споживають висококалорійну їжу, дозволяє вивчати механізми розвитку метаболічного синдрому в контрольованих умовах. Вивчення властивостей АКГ як харчового додатку на фоні висококалорійної їжі відкриває перспективи для створення нових підходів у профілактиці метаболічного синдрому.

Практичне значення авторських рекомендацій і підходів підтверджується їх апробацією у вигляді публікацій у науковому фаховому виданні категорії «Б» та в міжнародних наукових виданнях, які індексуються наукометричними базами даних SCOPUS та Web of Science.

#### **5. Ступінь новизни основних результатів дисертації порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру.**

Сучасні наукові дослідження вже вивчали вплив 1% розчину альфа-кетоглютарату (АКГ) на запобігання розвитку ожиріння у мишей, що споживали їжу з високим вмістом жирів. Однак вплив АКГ на метаболічні зміни у мишей із індукованим метаболічним синдромом, викликаним висококалорійною їжею з високим вмістом жирів і фруктози, залишається недостатньо вивченим.

У дисертаційній роботі вперше проведено комплексне дослідження впливу АКГ на метаболічні зміни у тканинах мишей при споживанні висококалорійної їжі з високим вмістом жирів і фруктози. Обґрунтовано тканинспецифічні ефекти АКГ на фоні базової та висококалорійної їжі. Отримані результати свідчать, що ефекти АКГ залежать від типу спожитої їжі – вони відрізняються при його поєднанні зі звичайною та з висококалорійною їжею.

Таким чином, наукова новизна дисертації полягає у вперше виявлених ефектах АКГ на метаболізм мишей середнього віку, що споживали висококалорійну їжу з високим вмістом жирів та фруктози.

**6. Використання результатів роботи.** Практичне значення результатів дисертаційної роботи підтвержене довідкою про впровадження у навчальний процес (довідка № 03.04-29/06 від 31.01.2025 р.).

**7. Особиста участь автора** полягає в одержанні наукових результатів, що викладені в дисертаційній роботі «Енергетичні та вільнорадикальні процеси у мишей за споживання висококалорійної їжі та альфа-кетоглютарату». Дисертаційна робота виконана на кафедрі біохімії та біотехнології факультету природничих наук Прикарпатського національного університету імені Василя

Стефаника. Науковий керівник: д.б.н., проф. Лушак В.І. Робота є результатом самостійних досліджень Ваташук Мирослави Володимирівни.

### 8. Перелік публікацій за темою дисертації.

За матеріалами дисертації опубліковано 9 наукових праць, зокрема 1 стаття опублікована в науковому фаховому виданні категорії «Б», а 3 – у міжнародних наукових виданнях, які індексуються наукометричними базами даних SCOPUS та Web of Science, та 5 тез доповідей наукових конференцій. Публікації достатньою мірою розкривають основні положення дисертації, які виносяться на захист, висвітлюють елементи наукової новизни отриманих результатів. Публікації відповідають встановленим вимогам, в них визначено наукові завдання, методи їх вирішення й описано отримані наукові результати.

#### *Статті у наукових фахових виданнях:*

1. **Vatashchuk M. V.**, Bayliak M. M., Hurza V. V., Storey K. B., & Lushchak V. I. Metabolic syndrome: lessons from rodent and *Drosophila* models. *BioMed research international*. 2022. № 2022. 5850507. ISSN: 2314-6133.

DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/5850507>

URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85133257893&origin=resultlist>

2. Bayliak M. M., **Vatashchuk M. V.**, Gospodaryov D. V., Hurza V. V., Demianchuk O. I., Ivanochko M. V., Burdyliuk N. I., Storey K. B., Lushchak O., & Lushchak V. I. High fat high fructose diet induces mild oxidative stress and reorganizes intermediary metabolism in male mouse liver: alpha-ketoglutarate effects. *Biochimica et biophysica acta. General subjects*. 2022. № 1866(12). 130226. ISSN: 0304-4165.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2022.130226>

URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85136514964&origin=resultlist>

3. **Vatashchuk, M. V.**, Bayliak, M. M., Hurza, V. V., Demianchuk, O. I., Gospodaryov, D. V., & Lushchak, V. I. Alpha-ketoglutarate partially alleviates effects of high-fat high-fructose diet in mouse muscle. *EXCLI journal*. 2023. № 22. P. 1264–1277. ISSN: 1611-2156.

DOI: <https://doi.org/10.17179/excli2023-6608>

URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85179361428&origin=resultlist>

4. **Vatashchuk M.**, Hurza V., & Bayliak M. Adapting of spectrophotometric assay of paraoxonase activity with 4-nitrophenylacetate for murine plasma and liver. *Journal of Vasyl Stefanyk Precarpathian National University*. 2023. № 9(4). P. 6–14.

DOI: <https://doi.org/10.15330/jpnu.9.4.6-14>

URL: <https://journals.pnu.edu.ua/index.php/jpnu/article/view/6610>

**Матеріали наукових конференцій:**

1. **Ватащук М.**, Гурза В., Сорочинська О., Байляк М., Лушак В. Вплив альфа-кетоглутарату на антропометричні параметри мишей // *XIX Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених «Молоді вчені у вирішенні актуальних проблем біології, тваринництва та ветеринарної медицини»* (м. Львів, 3–4 грудня 2020р.). – С. 40.

URL: <https://tinyurl.com/29ruatjn>

2. **Ватащук М.**, Гурза В., Дем'янчук О., Байляк М., Лушак В. Вплив дієти з високим вмістом жирів та альфа-кетоглутарату на антропометричні показники та активність мітохондріальних комплексів у печінці мишей // *XVII Міжнародна наукова конференція для студентів та аспірантів «Молодь і поступ біології»* (м. Львів, 19–21 квітня 2021р.). – С.32.

URL: [https://bioweb.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/04/MIP\\_2021.pdf](https://bioweb.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/04/MIP_2021.pdf)

3. О.І. Дем'янчук, Д.В. Господарьов, **М.В. Ватащук**, М.П. Лилик, М.М. Байляк. Вплив дієти з високим вмістом жирів і фруктози на гліколіз і фруктоліз та коригувальний ефект альфа-кетоглутарату // *XX Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених* (м. Львів, 19 травня 2022р.). – С. 37.

URL: <https://tinyurl.com/mtsvru6s>

4. **Vatashchuk M.**, Hurza V., Bayliak M. Effects of high-calorie diet and alpha-ketoglutarate on the content of lipid peroxides in mouse tissues // *All-Ukrainian conference on molecular and cell biology with international participation, dedicated to the heroic struggle of the Ukrainian people against the russian invader* (Kyiv, from 15 th to 17 th of June 2022). – P. 101.

URL: <https://tinyurl.com/h3sc67jt>

5. **Ватащук М.**, Гурза В., Байляк М., Лушак В. Ефекти дієти з високим вмістом жиру та фруктози і альфа-кетоглутарату на вміст метаболітів у печінці та плазмі молодих мишей // *VI Міжнародна наукова конференція «Актуальні проблеми сучасної біохімії, клітинної біології та фізіології»* (м. Дніпро, 6–7 жовтня 2022р.). – С.143-144.

URL: <https://tinyurl.com/567vdhck>

*1. Наукове значення виконаного дослідження із зазначенням можливих наукових галузей та розділів програм навчальних курсів, де можуть бути застосовані отримані результати.* Виконане дослідження може бути використане при викладанні навчальних курсів для біологічних спеціальностей,

зокрема для дисциплін «Моделі біохімічних досліджень», «Біологічно активні природні речовини», «Основи роботи з лабораторними мишами», «Великий практикум з біохімії» для здобувачів вищої освіти усіх освітніх рівнів.

**2. Практична цінність результатів дослідження із зазначенням конкретного підприємства або галузі народного господарства, де вони можуть бути застосовані.** Результати досліджень можуть бути використані науково-дослідними установами для подальшого вивчення механізмів розвитку та профілактики метаболічного синдрому із застосуванням модельних тварин у контрольованих умовах. Практична цінність результатів дослідження полягає також у можливості їх застосування в медицині, фармакології, харчовій промисловості та сільському господарстві для подальшої розробки харчових додатків на основі альфа-кетоглютарату, що сприятимуть профілактиці та корекції метаболічних порушень.

**3. Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення.** Дисертація за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам МОН України.

#### **ВВАЖАТИ:**

1. Що дисертаційна робота Ваташук Мирослави Володимирівни на тему «Енергетичні та вільнорадикальні процеси у мишей за споживання висококалорійної їжі та альфа-кетоглютарату» є завершеною науковою працею, у якій розв'язано конкретне наукове завдання, а саме оцінка впливу альфа-кетоглютарату на морфометричні, метаболічні показники та показники запалення у мишей за споживання базової їжі та висококалорійної їжі з високим вмістом жирів та фруктози, і має важливе значення для галузі знань 09 Біологія.

2. За темою дисертації опубліковано 9 наукових праць, серед них: 4 наукові статті (з них 1 – у фахових виданнях України, 3 – у наукових виданнях інших держав, що індексуються в наукометричних базах Scopus та Web of Science); 5 публікацій в матеріалах наукових конференцій.

3. Дисертація відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12 січня 2017 р. (зі змінами) «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 (зі змінами).

**РЕКОМЕНДУВАТИ** дисертаційну роботу «Енергетичні та вільнорадикальні процеси у мишей за споживання висококалорійної їжі та альфа-кетоглютарату», подану Ваташук Мирославою Володимирівною на здобуття ступеня доктора філософії, для подання до розгляду та захисту у

разовій спеціалізованій вченій раді Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.

Розглянувши заяви і документи голови СВР, рецензентів і опонентів та встановивши, що подані документи відповідають вимогам до членів разової спеціалізованої вченої ради згідно Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 (зі змінами), пропонувати вченій раді Університету призначити наступний склад разової ради:

*Головою разової спеціалізованої вченої ради*

**Шеремета Лідія Миколаївна** – доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри терапії, реабілітації і морфології Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.

1. Husak V., Shvadchak V., Sheremeta L., Abrat O. Therapeutic potential of *Gynura procumbens* in obesity, metabolic syndrome, and diabetes. *Journal of Vasyl Stefanyk Precarpathian National University. Biology*. 2024. № 11. P. 20–32.

DOI: <https://doi.org/10.15330/jpnbio.11.20-32>

URL: <https://journals.pnu.edu.ua/index.php/jpnbio/article/view/8649>

2. Sheremeta L.M., Ostapiak Z.M. Dynamics of body composition parameters in women with metabolic syndrome in the postpartum period after caesarean section under the influence of physical therapy. *Rehabilitation and Recreation*. 2023. № 14. P. 127–135. ISSN: 2786-8346.

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1795.2023.14.14>

URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85196751060&origin=resultslist>

3. Sheremeta L.M., Ostapiak Z.M. Changes in the structure of the daily blood pressure profile in women with the metabolic syndrome who had cesarean sections under the influence of physical therapy. *Art of Medicine*. 2023. №2 (26). P. 132-137.

DOI: <https://doi.org/10.21802/artm.2023.2.26.132>

URL: <https://art-of-medicine.ifnmu.edu.ua/index.php/aom/article/view/980>

*Рецензентами*

**Стрільбицька Ольга Михайлівна** – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник кафедри біохімії та біотехнології Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.

1. Lushchak O., Strilbytska O., Koliada A., Storey K. B. An orchestrating role of mitochondria in the origin and development of post-traumatic stress disorder. *Frontiers in physiology*. 2023. №13. 1094076. ISSN: 1664-042X.

DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.1094076>

URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85146179233&origin=resultslist>

2. Lushchak O., Gospodaryov D., Strilbytska O., Bayliak M. Changing ROS, NAD and AMP: A path to longevity via mitochondrial therapeutics. *Advances in protein chemistry and structural biology*. 2023. № 136. P. 157–196. ISSN: 1876-1623.

DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.apcsb.2023.03.005>

URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85152686539&origin=resultslist>

3. Semaniuk U. V., Gospodaryov D. V., Strilbytska O. M., Kucharska A. Z., Sokół-Łętowska A., Burdyliuk N. I., Storey K. B., Bayliak M. M., Lushchak O. Chili-supplemented food decreases glutathione-S-transferase activity in *Drosophila melanogaster* females without a change in other parameters of antioxidant system. *Redox report : communications in free radical research*. 2022. № 27(1). P. 221–229. ISSN: 1351-0002.

DOI: <https://doi.org/10.1080/13510002.2022.2123884>

URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85139326659&origin=resultslist>

**Гусак Віктор Васильович** – кандидат біологічних наук, доцент кафедри біохімії та біотехнології Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.

1. Husak V., Shvadchak V., Sheremeta L., Abrat O. Therapeutic potential of *Gynura procumbens* in obesity, metabolic syndrome, and diabetes. *Journal of Vasyl Stefanyk Precarpathian National University. Biology*. 2024. № 11. P. 20–32.

DOI: <https://doi.org/10.15330/jpnbio.11.20-32>

URL: <https://journals.pnu.edu.ua/index.php/jpnbio/article/view/8649>

2. Husak Viktor V., Stambulska Uliana Ya., Pitukh Angelika M., Lushchak Volodymyr I. Exposure of Paulownia Seedlings to Silver Nitrate Improves Growth

Parameters via Stimulation of Mild Oxidative Stress. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 2024. № 89 (3). P. 209-218. ISSN: 1331-7768.

URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85206352418&origin=resultslist>

3. Husak V., Strutynska T., Burdyliuk N., Pitukh A., Bubalo V., Falfushynska H., Strilbytska O., Lushchak O. Low-toxic herbicides Roundup and Atrazine disturb free radical processes in *Daphnia* in environmentally relevant concentrations. *EXCLI journal*. 2022. № 21. P. 595–609. ISSN: 1611-2156.

DOI: <https://doi.org/10.17179/excli2022-4690>

URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85127660493&origin=resultslist>

### *Офіційними опонентами*

**Ушакова Галина Олександрівна** – доктор біологічних наук, професор, в.о. завідувача кафедри біохімії та фізіології Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

1. Dyomshyna O., Dovban O., Ushakova G. Biochemical state of brain-liver axis of rats under restraint-induced stress and 2-oxoglutarate impact. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2024. № 15(2). P. 306-314. ISSN: 2519-8521.

DOI: <https://doi.org/10.15421/022444>

URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85201309471&origin=resultslist>

2. Dyomshyna O., Ushakova G., Stepchenko L. Aging and the liver: mitochondrial dysfunctions and the impact of humic biological add. *Biointerface Research in Applied Chemistry*. 2023. № 13(5). 487. ISSN: 2069-5837.

DOI: <https://doi.org/10.33263/BRIAC135.487>

URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85145831128&origin=resultslist>

3. Stepchenko L., Dyomshyna O., Ushakova G. The impact of the humate nature feed additives on the antioxidative status of erythrocytes, liver, and muscle in chickens, hens, and gerbils. *Biointerface Research in Applied Chemistry*. 2021. № 11(5). P. 13202 – 13213. ISSN: 2069-5837.

DOI: <https://doi.org/10.33263/BRIAC115.1320213213>

URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85101106950&origin=resultslist>

**Іскра Руслана Ярославівна** – доктор біологічних наук, професор, професор кафедри фізіології людини і тварин Львівського національного університету імені Івана Франка.

1. Sushko O., Iskra R. Effect of vanadium and chromium citrates on lipid composition in the blood of rats with experimental diabetes. *Romanian Journal of Diabetes Nutrition and Metabolic Diseases*. 2023. № 30(2). P. 156-163. ISSN: 1583-8609.

DOI: <https://doi.org/10.46389/rjd-2023-1199>

URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85166506603&origin=resultslist>

2. Liubas N., Iskra R., Lubenets V. Antioxidant defense system of rat liver under the influence of thiosulfonate esters. *Studia Biologica*. 2023. № 17(2). P. 43-56. ISSN: 1996-4536.

DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/sbi.1702.709>

URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85163669159&origin=resultslist>

3. Kotyk B., Iskra R. Effects of ethylthiosulfanylate and chromium (VI) on the state of glutathione antioxidant system and oxidative stress marker content in rat kidneys. *Current Applied Science and Technology*. 2021. № 21(4). P. 761-773. ISSN: 2586-9396.

DOI: <https://doi.org/10.14456/cast.2021.61>

URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85106988649&origin=resultslist>

Голова фахового семінару  
д.б.н., професор, завідувач  
кафедри біохімії та біотехнології



Марія БАЙЛЯК

Секретар фахового семінару  
к.б.н., завідувач навчально-наукової  
лабораторії кафедри біохімії та  
біотехнології



Марія ЛИЛИК

22 травня 2025 р.