

ПЕРЕКИСНЕ ОКИСЛЕННЯ ЛІПІДІВ У *APIS MELLIFERA* L. ПРИ КОРОТКОТРИВАЛОМУ УТРИМАННІ НА РІЗНИХ ВУГЛЕВОДНИХ ДІЄТАХ

В.В. КАРАВАН, І.І. ПАНЧУК, О.В. ПАЛАМАР, Л.С. ЯЗЛОВИЦЬКА

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, 58012
e-mail: l.yazlovitska@chnu.edu.ua

Бджола медоносна (*Apis mellifera* L.), основний запилювач ентомофільних рослин, є однією з найважливіших комах природних екосистем та виробником таких важливих продуктів як мед, перга, маточне молочко, віск, прополіс, тощо. Ефективність бджільництва обмежується багатьма факторами, основними з яких є виживаність колоній у критичні періоди розвитку, особливо в умовах широкого використання штучних кормів. Дієти, які не відповідають життєвим потребам медоносних бджіл в повноцінному харчуванні, негативно впливають на їх здоров'я. Метою дослідження була оцінка рівня перекисного окислення ліпідів (ПОЛ), як маркера розвитку стресу, у бджіл-фуражирів *Apis mellifera carnica*., що споживали впродовж 14 годин різні вуглеводні дієти. Бджіл відбирали з крайніх стільників у липні місяці по 40-50 особин у бокси-годовнички, транспортували в лабораторію та утримували впродовж 14-ти годин при 25°C в термостаті на наступних дієтах: I група – 30 %-ний розчин сахарози; II – 30 %-ний розчин цукру; III – 60 %-ний розчин сахарози; IV – 60 %-ний розчин цукру; V – 30 %-ний розчин глюкози; VI – 30 %-ний розчин фруктози; VII – 30 %-ний розчин глюкози + 30 %-ний розчин фруктози (1:1); VIII – 15 %-ний розчин глюкози + 15 %-ний розчин фруктози (1:1); IX – 32%-ний розчин меду. Рідким азотом комах контрольної групи заморожували на пасіці, комах дослідних груп – після завершення експерименту; зберігали при мінус 70 °C до проведення біохімічних досліджень. Рівень ПОЛ визначали в окремих тагмах (голова, груди, черевце) за методом Placer з модифікаціями. Виявлено, що відбір у бокси-годовнички, транспортування та утримання впродовж 14 годин невеликого кластеру бджіл-фуражирів є для них значним стресовим фактором, про що свідчить зростання рівня ПОЛ в тканинах голови комах. Найменший ступінь розвитку окислативного стресу спостерігався у бджіл, яких утримували в боксах-годовничках впродовж чотирнадцяти годин на 30 % глюкозній дієті, про що свідчить найнижчий рівень ПОЛ в тканинах голови та черевця, порівняно з бджолами що споживали фруктозну (30 %), сахарозну (30 % та 60 %) дієти, суміші моноцукрів (15 % + 15 % та 30 % + 30 %) та мед.

Ключові слова: *Apis mellifera*, вуглеводні дієти, перекисне окислення ліпідів, 14 годинний стрес, бджоли-фуражири

Вступ. Бджола медоносна (*Apis mellifera* L.), як основний запилювач ентомофільних рослин, є однією із найважливіших комах для природних екосистем (Hung et al., 2018). Крім того, бджоли забезпечують людство такими унікальними продуктами як: мед, перга, віск, прополіс, маточне молочко (Giampieri et al., 2022; Kieliszek et al., 2023; Loukas & Maria, 2023; Oršolić & Jazvinščak Jembrek, 2024). Ефективність бджільництва обмежується багатьма факторами, основними з яких є виживаність колоній у критичні періоди розвитку (Gray et al., 2019). Особливо ця проблема загострюється в умовах широкого використання штучних кормів, які стали невід'ємною частиною сучасного інтенсивного бджільництва (Frizzera et al., 2020; Ricigliano et al., 2022; Kim et al., 2024). Корми, які не відповідають життєвим потребам комах в повноцінному харчуванні, негативно впливають на здоров'я бджіл, функціональний стан бджолиних колоній і відповідно на

прибутковість пасік (LeBlanc et al., 2009; Sammataro, Weiss, 2013; Ruiz-Matute et al., 2010; Jennette, 2017; Papežíková et al., 2019; Posada-Florez et al., 2020; Ricigliano et al., 2022; Virgiliou et al., 2020; Yazlovitska et al., 2023). Практикуючі бджолярі широко використовують вуглеводну підгодівлю медоносних бджіл в безвзятковий період влітку та особливо восени для поповнення запасів меду різними за компонентним складом сиропами (Papežíková et al., 2019). Проведені нами в польових умовах дослідження впливу різних за вуглеводним складом дієт вказують на те, що компонентний склад вуглеводів може впливати на окисно-відновний баланс в різних тагмах робочих бджіл, про що свідчать зміни активності таких ферментів як каталаза (Yazlovitska et al., 2016; Karavan et al., 2020) та глутатіон-S-трансфераз (Karavan et al., 2018). Це, відповідно, може негативно впливати на здоров'я бджіл. Проте вплив таких дієт на

функціональний стан бджіл вивчено ще недостатньо.

Негативні фактори зовнішнього середовища впливають на метаболічні процеси у клітині. Утворення перекису водню в клітинах є однією з неспецифічних реакцій організмів за дії стресових факторів. Цей процес та індуковане ним перекисне окислення ліпідів (ПОЛ) – головна ланка між стресовим впливом та реалізацією захисних реакцій організму (Grotto et al., 2009; Helmer et al., 2015). До групи речовин, які утворюються при деградації полінасичених жирів активними формами кисню та реагують з 2-тіобарбітуровою кислотою належать ТБК-активні продукти (ТБКАП). Вони є маркером перекисного окислення ліпідів, і таким чином маркером ступеня розвитку оксидативного стресу (Cervoni et al., 2017). Метою нашого дослідження була оцінка рівня ПОЛ у *Apis mellifera*, що споживали в лабораторних умовах різні вуглеводні дієти впродовж 14 годин.

Матеріали та методи. В досліді використано медоносних бджіл *Apis mellifera carnica* з трьох здорових за зовнішніми ознаками колоній однакової сили (дослідна пасіка Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна, 48°17'27" пн. ш. 25°56'04" сх. д.). Бджіл-фуражирів відбирали з крайніх стільників дослідних вуликів в липні місяці. Вік комах становив від 18 до 25 днів, і тому вони вже мали сформовану поведінку і певний рівень адаптації до умов довкілля та функціонування у вулику. Комах контрольної групи заморожували на пасіці рідким азотом та зберігали при -70°C до проведення біохімічних досліджень. Комах дослідних груп відбирали по 40-50 особин у бокси-годівнички, транспортували в лабораторію впродовж 20 хвилин. З дослідних 45 боксів-годівничок було сформовано 9 експериментальних груп, бджоли яких споживали наступні дієти: I група – 30 %-ний розчин сахарози; II – 30 %-ний розчин цукру; III – 60 %-ний розчин сахарози; IV – 60 %-ний розчин цукру; V – 30 %-ний розчин глюкози; VI – 30 %-ний розчин фруктози; VII – 30 %-ний розчин глюкози + 30 %-ний розчин фруктози (1:1); VIII – 15 %-ний розчин глюкози + 15 %-ний розчин фруктози (1:1); IX – 32%-ний розчин меду. Бджіл утримували на відповідних дієтах впродовж 14-ти годин при температурі $+25^{\circ}\text{C}$ та 70% вологості в термостаті. По закінченню досліді бджіл заморожували рідким азотом і зберігали при -70°C до проведення біохімічних досліджень.

На низькотемпературному препарувальному столику (Караван та ін., 2023) заморожених

бджіл розділяли на тагми (голова, груди, черевце). Рівень ПОЛ визначали окремо в кожній тагмі бджіл (Cervoni, et al. 2017). У одну пробу об'єднували тагми з десяти бджіл та гомогенізували з використанням високошвидкісного гомогенізатора Heildolph (Німеччина) при 4°C у екстракційному RIPA буфері (150 mM NaCl, 1 % Triton X-100, 0.5 % Sodium deoxycholate, 0.1 % SDS, 2 mM EDTA, 50 mM NaF, 50 mM Tris HCl, pH 7.4) (Margotta et al., 2018; Yazlovitska et al., 2023). Рівень ПОЛ визначали шляхом вимірювання вмісту тіобарбітурат-активних продуктів (TBARS) як описано Placer et al. 1966

Статистичний аналіз проводили із використанням непараметричного критерію Манна-Уїтні. Опис вибіркового розподілу даних проведено на основі значень медіани (Me), нижнього (25%) та верхнього (75%) кватилей. Критичний рівень вірогідності за перевірки статистичних гіпотез був рівним $p \leq 0,05$.

Результати та їх обговорення. Було показано, що утримання протягом чотирнадцяти годин на природній повноцінній медовій дієті призводить до підвищення рівня ТБКАП в тканинах голови порівняно з бджолами, яких заморожували безпосередньо після відбору на пасіці (рис.1А). У тканинах тораксу та черевця за цієї дієти не виявлено змін рівня ТБКАП (рис.1В, С). Це можна пояснити впливом на комах різноманітних фізіологічних стресових факторів: відокремлення бджіл від колонії, їх постійне струшування в результаті транспортування, утримання в лабораторних умовах у невеликій кількості (50 особин, що в 1000 разів менше, ніж у вулику); зміна загального феромонального фону (відсутність розплоду), незважаючи на те, що стінки експериментальних боксів оброблялись феромоном матки. Вищезазначені фактори негативно вплинули на рівень ПОЛ тільки в голові бджіл – осередкові сенсорних систем комах, найбагатшою ліпідами клітини нервової тканини (Cervoni et al., 2017). Утримання бджіл в боксах в лабораторних умовах суттєво обмежує рухову активність комах, порівняно з умовами вулика, це, на нашу думку, нівелює дію вищезазначених стресових факторів на ступінь розвитку оксидативного стресу в тораксі бджіл. У черевці бджіл, що споживали медову дієту, не виявлено змін величини ПОЛ, порівняно з замороженими безпосередньо з вулика бджолами, в зв'язку з тим, що для бджіл цих двох груп хімічний склад корму (мед) залишився незмінним.

У практиці ведення бджільництва широко використовується підгодівля колоній розчинами цукру різної концентрації в залежності від

терміну та призначення підгодівлі. Часом на пасіках спостерігається загибель бджіл після підгодівлі розчином цукру. Однією з причин цього явища бджолярі вважають неякісний цукор (присутність у цукрові токсичних для бджіл домішок), отриманий від певних виробників та придбаний у торговельній мережі. Для перевірки даного припущення, нами у досліді було використано цукор, вироблений на Чортківському цукровому заводі та очищена сахароза (чиста для аналізів - чда).

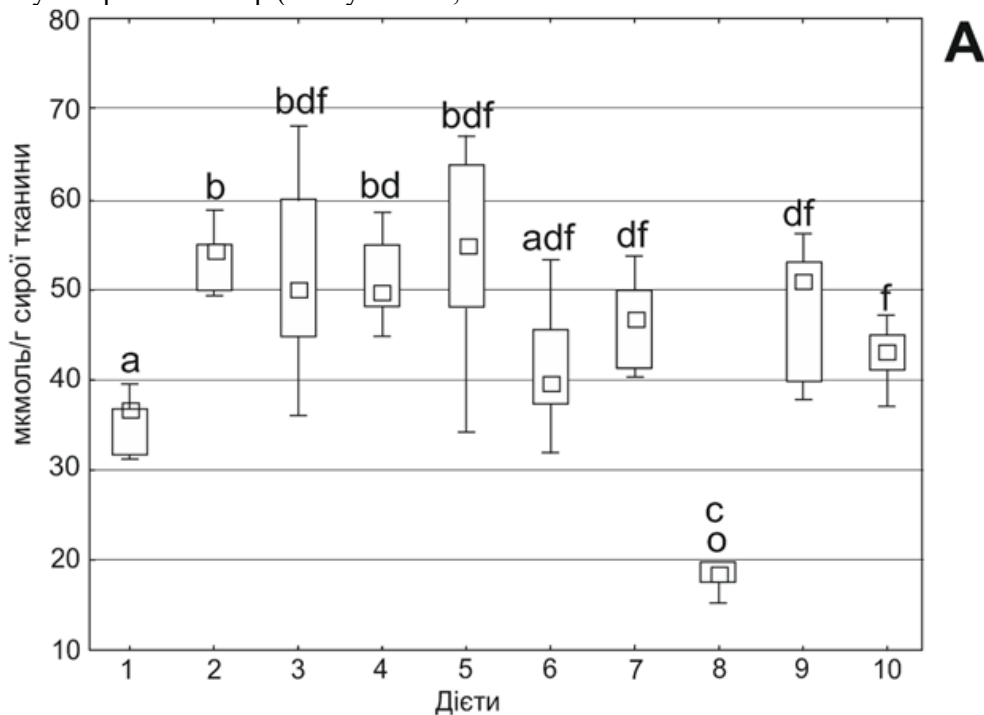
Встановлено, що утримання бджіл в лабораторії впродовж 14 годин на дисахаридних дієтах різної концентрації (30 % та 60 %) та походження призводить до незначного зростання рівня ПОЛ у всіх досліджуваних тагмах, з найбільш вираженим ефектом в тканинах голови бджіл, що споживали 30 % сахарозу порівняно з бджолами, що споживали мед (рис.1).

Отже, оцінка рівня ПОЛ, як маркера оксидативного стресу показала, що якість дослідженої нами партії цукру Чортківського цукрового заводу не є токсичною для бджіл.

В подальшому ми порівнювали вплив дієт з різною кількістю та якістю вуглеводів на процеси ПОЛ у бджіл порівняно з медовою дієтою. Природним джерелом вуглеводів для бджіл є нектар і мед, що містять – глюкозу, фруктозу та сахарозу. В меді вміст фруктози знаходиться в межах від 30% до 45%, глюкози – від 24% до 40% і сахарози від 0,1% до 4,8%, співвідношення яких залежить від різновиду рослин з яких був зібраний нектар (Nabryka et al.,

2020). Крім вуглеводів мед містить значну кількість біологічно активних речовин (вітамінів, флавоноїдів, тощо) та незамінні амінокислоти, які необхідні для нормального розвитку та функціонування організму бджіл, і, відповідно, визначають адаптацію комах до умов довкілля (Berenbaum, 2021). Встановлено, що у бджіл, які споживали досліджувані дієти з сахарозою спостерігалась тенденція до зростання рівня ТБКАП в голові порівняно з бджолами, які споживали мед. В інших тагмах бджіл подібної тенденції не виявлено (рис.1).

Слід зазначити, що споживання бджолами моноцукрів викликало різноспрямовану відповідь організму комах, в залежності від виду гексоз. Так, найменший рівень ТБКАП виявлено у голові та черевці бджіл, які споживали дієту, що містила тільки глюкозу, порівняно з усіма досліджуваними видами вуглеводних дієт і навіть з контрольною групою бджіл, які споживали мед та з бджолами, що були відібрані з вуликів та заморожені на пасіці. У бджіл, єдиним джерелом вуглеводів яких була тільки фруктоза, рівень ПОЛ був вищий, порівняно з бджолами на глюкозній дієті та відповідав контролю (бджоли на медовій дієті) у всіх досліджуваних тагмах комах (рис.1.). Водночас утримання бджіл на моноцукрових дієтах більш тривалий час (24 години) викликало протилежний ефект – зменшення рівня ПОЛ на фруктозній дієті та зростання на глюкозній (Karavan et al., 2022).



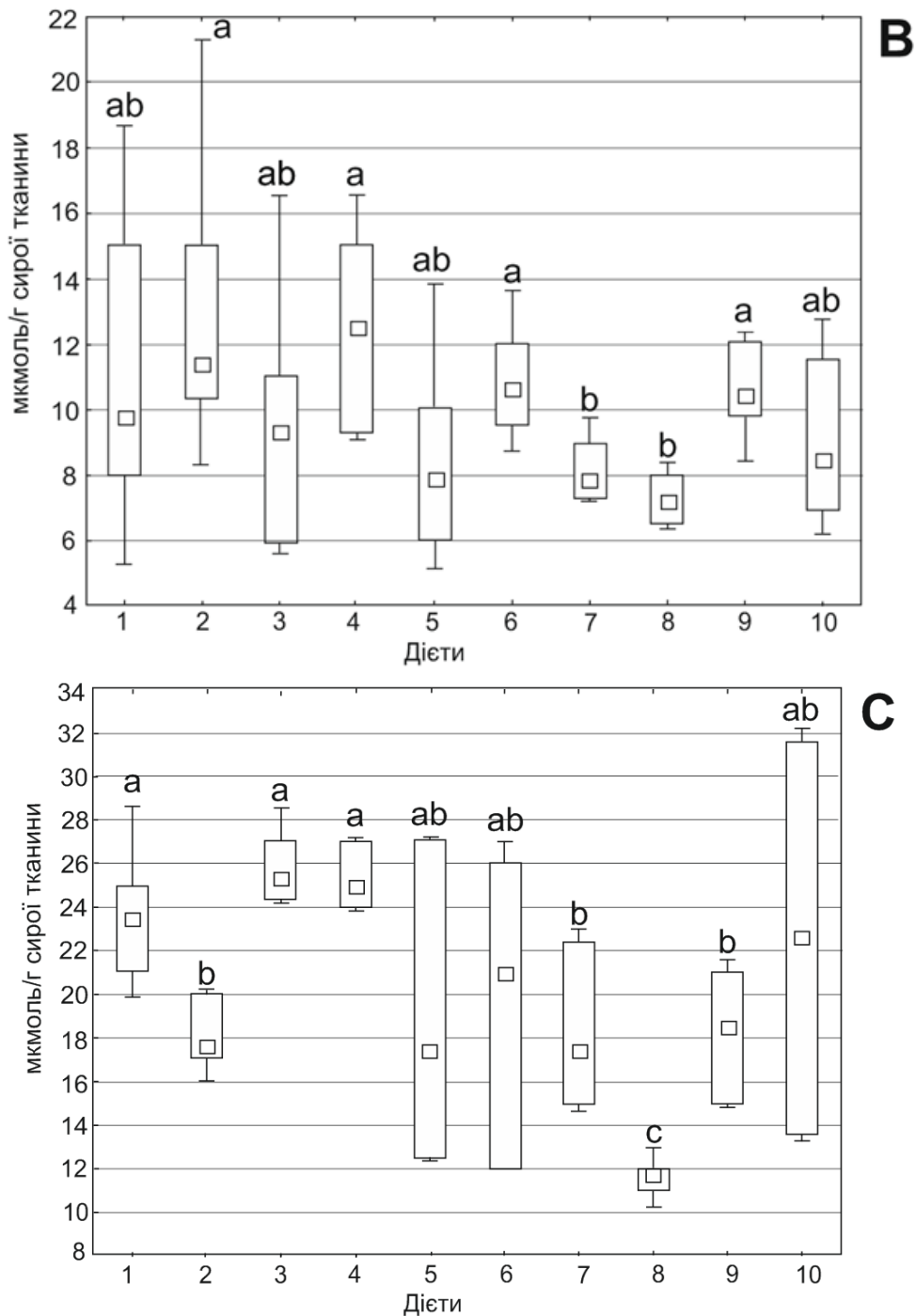


Рис. 1. Рівень ТБКАП (мкмоль/г сирової тканини) в голові (А), грудях (В) та черевці (С) бджіл, що споживали різні дієти.

1 – вулик, 2 – 15 % розчин глюкози +15 % розчин фруктози (1:1), 3 – 30% розчин цукру, 4 – 30 % розчин сахарози, 5 – 60 % розчин сахарози, 6 – 60 % розчин цукру, 7 – 30% розчин глюкози +30% розчин фруктози (1:1), 8 – 30 % розчин глюкози, 9 – 30 % розчин фруктози, 10 – 32% розчин меду.

□ медіана; □ -25%-75% кuartилі, | - розмах без викидів

Примітка: статистично значуща різниця позначена різними літерами.

Note: statistically significant difference is indicated by different letters.

Fig. 1. TBARS level (µmol/g raw tissue) in the head (A), thorax (B) and abdomen (C) of bees consuming different diets.

1 - hive, 2 - 15% glucose solution + 15% fructose solution (1:1), 3 - 30% sugar solution, 4 - 30% sucrose solution, 5 - 60 % sucrose solution, 6 - 60 % sugar solution, 7 - 30% glucose solution + 30% fructose solution (1:1), 8 - 30% glucose solution, 9 - 30% fructose solution, 10 - 32% honey solution.

□ - median; □ - 25%-75%; Whisker: Non-Outlier Range

Механізми розвитку адаптацій характеризуються наявністю певних фаз, які мають різну тривалість. Перша фаза «аварійна» добре узгоджується з підвищенням рівня ТБКАП на фруктозній дієті впродовж чотирнадцяти годин, тоді як утримання бджіл на аналогічній дієті впродовж 24 годин призводить до адаптації комах, та викликає зменшення рівня ПОЛ. Продовження дії стресового фактору веде до виснаження адаптаційних ресурсів організму, про що свідчить збільшення рівня ПОЛ у бджіл, які споживали фруктозу дієту впродовж 96 годин (Karavan et al., 2022).

В практиці бджільництва пасічники не використовують в якості підгодівлі окремо тільки глюкозу або фруктозу, оскільки це економічно невигідно. Проте, ці моноцукри, показали свій позитивний вплив на здоров'я бджіл при підгодівлі в польових умовах (Yazlovitska et al., 2016; Karavan et al., 2018; Karavan et al., 2020). Сахароза, яка використовується для підгодівлі, в лабораторних умовах є джерелом гексоз після гідролітичного розщеплення в тілі комах.

Споживання бджолами дієти з обома моноцукрами одночасно (глюкоза та фруктоза) у концентрації 30 % + 30 % (близькій до складу в меді) суттєво не вплинуло на величину досліджуваного показника у всіх тагмах комах порівняно з контролем. Зменшення концентрації моноцукрів у дієті комах у два рази (15 % глюкоза + 15 % фруктоза) викликало тагмоспецифічний вплив на процеси ПОЛ. В голові бджіл, що споживали дієту з низькою концентрацією суміші моноцукрів спостерігалось зростання рівня ПОЛ порівняно з комахами, що жились медом або зазначеною сумішшю моноцукрів у концентрації 30 % + 30 % (рис.1А). У торахсі комах, що отримували глюкозу та фруктозу у концентрації 15 % + 15 % рівня ПОЛ залишалась сталою порівняно з бджолами, що жились медом, проте суттєво зростала порівняно з бджолами, що жились сумішшю моноцукрів вищої концентрації (рис.1В). У черевці бджіл рівень ТБКАП не

залежав від концентрації суміші моноцукрів, якими вони жились та відповідав рівню ТБКАП у бджіл, що споживали розчин меду (рис.1С).

Проведення порівняльного аналізу впливу різних типів вуглеводів у дієтах на рівень ТБКАП показав, що у бджіл, які споживали 30 % сахарозу чи 30 % цукор в дієті досліджуваний показник рівень ТБКАП в черевці був вище, ніж у бджіл, що споживали суміш моноцукрів у концентрації 15 % + 15%, хоча енергетична цінність досліджуваних вуглеводних дієт суттєво не відрізнялась. Бджоли, які споживають вуглеводи засвоюють їх у вигляді гексоз, в першу чергу глюкози. Впродовж 14 годин годування бджіл в лабораторних умовах, сахароза, яка потрапляє в кишечник бджіл для засвоєння організмом потребує біохімічного перетворення (гідролізу), на що затрачається енергія, а отже може бути стресовим фактором, порівняно з моноцукрами, які входять до складу суміші.

Висновок. Виявлено, що відбір у бокси-годовнички, транспортування та утримання впродовж 14 годин невеликого кластеру бджіл-фуражирів (40-50 осіб) є для них значним стресовим фактором, про що свідчить зростання рівня ПОЛ в тканинах голови комах. Найменший ступінь розвитку оксидативного стресу спостерігався у бджіл, яких утримували в боксах-годовничках впродовж чотирнадцяти годин на 30 % глюкозній дієті, про що свідчить найнижчий рівень ПОЛ в тканинах голови та черевця, порівняно з бджолами, що споживали фруктозну (30 %), сахарозну (30 % та 60 %) дієти, суміш моноцукрів (15 % + 15 % та 30 % + 30 %) та мед.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють, що дослідження проводилося за відсутності будь-яких комерційних або фінансових відносин, які можна було б витлумачити як потенційний конфлікт інтересів.

Список літератури / References:

1. Berenbaum, M.R., Calla, B. (2021). Honey as a functional food for *Apis mellifera*. *Annu. Rev. Entomol.* 66: 185–208. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-040320-074933>
2. Cervoni, M.S., Cardoso-Júnior, C.A.M., Craveiro, G., Souza, A.O., Alberici, L.C., Hartfelder, K. (2017). Mitochondrial capacity, oxidative damage and hypoxia gene expression are associated with age-related division of labor in honey bee (*Apis mellifera*

- L.) workers. *J. Exp. Biol.*, 220 (21), 4035–4046 <https://doi.org/10.1242/jeb.161844>
3. Frizzera, D., Del Fabbro, S., Ortis, G., Zanni, V., Bortolomeazzi, R., Nazzi, F., Annoscia, D. (2020). Possible side effects of sugar supplementary nutrition on honey bee health. *Apidologie*, 51 (4), 594–608. <https://doi.org/10.1007/s13592-020-00745-6>
4. Giampieri, F., Quiles, J., Cianciosi, D., Forbes-Hernandez, T., Orandes-Bermejo, F., Alvarez-Suarez, J., Battino, M. (2022). Bee products: an emblematic example of underutilized sources of bioactive

- compounds. *J. Agric. Food Chem.*, XXXX (XXX). <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c05822>
5. Gray, A., Brodschneider, R., Adjlane, N., Ballis, A., Brusbardis, V., Charrière, J. D., ... Soroker, V. (2019). Loss rates of honey bee colonies during winter 2017/18 in 36 countries participating in the COLOSS survey, including effects of forage sources. *Journal of Apicultural Research*, 58(4), 479–485. <https://doi.org/10.1080/00218839.2019.1615661>
 6. Grotto, D., Santa Maria, L., Valentini, J., Paniz, C., Schmitt, G., Garcia, S.C., Pombum, V.J., Rocha, J.B.T., Farina, M. (2009). Importance of the lipid peroxidation biomarkers and methodological aspects for malondialdehyde quantification. *Quim. Nova*, 32 (1), 169–174. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000100032>
 7. Habryka, C., Socha, R., Juszczak, L., Slovak, P. (2020). The influence of honey enrichment with bee pollen or bee bread on the content of selected mineral components in multifloral honey. *Journal of Food*, 14, 874-880. <https://doi.org/10.5219/1329>
 8. Helmer, S.H., Kerbaol, A., Aras, P., Jumarie, C., Boily, M. (2015). Effects of realistic doses of atrazine, metolachlor, and glyphosate on lipid peroxidation and diet-derived antioxidants in caged honey bees (*Apis mellifera*). *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 22 (11), 8010–8021. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-2879-7>
 9. Hung, K.-L.J., Kingston, J.M., Albrecht, M., Holway, D.A., Kohn, J.R. (2018). The worldwide importance of honey bees as pollinators in natural habitats. *Proc. R. Soc. B*, 285, 20172140. <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.2140>
 10. Jennette, M. R. (2017) High fructose corn syrup down-regulates the glycolysis pathway in *Apis mellifera*. *Bridgewater State University*. 35. http://vc.bridgew.edu/honors_proj/225
 11. Karavan, V.V., Tsaruk, V.I., Cherevatov, V.F., Yazlovytska, L.S. (2018). The glutathione-S-transferase activity of *Apis mellifera* L. upon summer feeding with varying carbohydrates diets. [Hlutation-S-transferazna aktyvnist bdzhil-furazhyriv *Apis mellifera* L. pry litnii pidhodivli pevnymy vuhlevodnymy diietamy]. *Sci. Herald Chern. Uni. Biol. (Biol. Sys.)*, 10 (1), 20–28. <https://doi.org/10.31861/biosystems2018.01.20>. [in Ukrainian]
 12. Karavan, V.V., Kachmaryk, D.Yu., Cherevatov, V.F., Panchuk, I.I., Yazlovytska, L.S. (2020) Influence of the summer feeding by carbohydrates on catalase activity in honey bees [Vplyv litnoi pidhodivli vuhlevodamy na aktyvnist katalazy u medonosnyx bdzil]. *Sci. Herald Chern. Uni. Biol. (Biol. Sys.)*, 12 (2):156-165. [in Ukrainian] <https://doi.org/10.31861/biosystems2020.02.156>
 13. Karavan V. V., Panchuk, I.I., Yazlovytska L.S. (2023). A low-temperature table for dissection. Utility model patent № 152482 State register of patents of Ukraine for utility models [Nyzkotemperaturnyi preparovalnyi stolyk. Patent na korysnu model'№ 152482 Derzhavnyy reyestr patentiv Ukrayiny na korysni modeli] 6 [in Ukrainian]. <https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=search>
 14. Karavan, V.V., Yazlovytska, L.S., Cherevatov, V.F., Panchuk, I.I. (2022). Biomarkers of oxidative stress in *Apis mellifera* under different carbohydrate diets. [Biomarkery oksydatyvnoho stresu u *Apis mellifera* za ryznykh vuhlevodnykh diiet] *Sci. Herald Chern. Uni. Biol. (Biol. Sys.)*, 14 (1), 39–47. <https://doi.org/10.31861/biosystems2022.01.39>. [in Ukrainian].
 15. Kieliszek, M., Piwowarek, K., Kot, A.M., Wojtczuk, M., Roszko, M., Bryła, M., Trajkovska Petkoska, A. (2023).
 16. Recent advances and opportunities related to the use of bee products in food processing. *Food Science & Nutrition*, 11, 4372–4397. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3411>
 17. Kim, H., Frunze, O., Maigoro, A.Y., Lee, M.-L., Lee, J.-H., Kwon, H.-W. (2024). Comparative study of the effect of pollen substitute diets on honey bees during early spring. *Insects*, 15, 101. <https://doi.org/10.3390/insects15020101>
 18. LeBlanc BW, Eggleston G, Sammataro D, Cornett C, Dufault R, Deeby, T., St Cyr, E. (2009). Formation of hydroxymethylfurfural in domestic high-fructose corn syrup and its toxicity to the honey bee (*Apis mellifera*). *J Agric Food Chem.* 57, 7369-7376. <https://doi.org/10.1021/jf9014526>
 19. Loukas, P., Maria, T. (2023) The Application of Honeybee Products in the Health Sector. *Advances in Biological Chemistry*, 13, 1-16. <https://doi.org/10.4236/abc.2023.131001>
 20. Margotta, J.W., Roberts, P., Elekonich, M.M. (2018). Effects of flight activity and age on oxidative damage in the honey bee, *Apis mellifera*. *Journal of Experimental Biology*. 221. jeb183228. <https://doi.org/10.1242/jeb.183228>
 21. Oršolić, N.; Jazvinščak Jembrek, M. (2024). Royal jelly: biological action and health benefits. *Int. J. Mol. Sci.*, 25, 6023. <https://doi.org/10.3390/ijms25116023>
 22. Papežiková, I., Palíková, M., Syrová, E., Zachová, A., Somerlíková, K., Kováčová, V., Pecková, L. (2020). Effect of feeding honey bee (*Apis mellifera* Hymenoptera: Apidae) colonies with honey, sugar solution, inverted sugar, and wheat starch syrup on Nosematosis prevalence and intensity. *J. of Economic Entomology*, 118 (1), 26–33. <https://doi.org/10.1093/jee/toz251>
 23. Placer, Z.A., Cushman, L.L., Johnson, B.C. (1966). Estimation of product of lipid peroxidation (malonyl dialdehyde) in biochemical systems. *Analyt. Biochem.*, 16 (2), 359–364. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(66\)90167-9](https://doi.org/10.1016/0003-2697(66)90167-9).
 24. Posada-Florez, F., Ryabov, E.V., Heerman, M.C., Chen, Y., Evans, J.D., Sonenshine, D.E., Cook, S.C. (2020) *Varroa destructor* mites vector and transmit pathogenic honey bee viruses acquired from an artificial diet. *PLoS ONE*, 15(11), e0242688. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242688>
 25. Ricigliano, V.A., Williams, S.T., Oliver, R. (2022). Effects of different artificial diets on commercial honey bee colony performance, health biomarkers,

- and gut microbiota. *BMC Vet Res.*, 18, 52
<https://doi.org/10.1186/s12917-022-03151-5>
26. Ruiz-Matute, A., Weiss, M., Sammataro, D., Finely, J., Sanz, M. (2010). Carbohydrate composition of high-fructose corn syrups (HFCS) used for bee feeding: effect on honey composition. *J. Agric. Food Chem.*, 58 (12), 7317–7322.
<https://doi.org/10.1021/jf100758x>
27. Sammataro, D., Weiss, M. (2013). Comparison of productivity of colonies of honey bees, *Apis mellifera*, supplemented with sucrose or high fructose corn syrup. *J. Insect Sci.*, 13, 1–13.
<https://doi.org/10.1673/031.013.1901>
28. Virgiliou, C., Kanelis, D., Pina, A., Gika, H., Tananaki, C., Zotou, A., Theodoridis, G. (2020). A targeted approach for studying the effect of sugar bee feeding on the metabolic profile of Royal Jelly. *J. Chromatogr. A.* 1616, 460783.
<https://doi.org/10.1016/j.chroma.2019.460783>
29. Yazlovitska, L.S., Kosovan, M.D., Cherevatov, V.F., Volkov, R.A. (2016). The catalase activity of *Apis mellifera* L. upon summer feeding with varying carbohydrate diet [Aktyvnist katalazy *Apis mellifera* L. pid chas litnoi pidhodivli riznoiuh vuhlevodnoiuh diietoiuh]. *Sci. Herald Chern. Uni. Biol. (Biol. Sys.)*, 8 (2), 182–188.
<https://doi.org/10.31861/biosystems2016.02.182>. [in Ukrainian]
30. Yazlovitska LS, Karavan VV, Domaciuk M, Panchuk II, Borsuk G and Volkov RA (2023) Increased survival of honey bees consuming pollen and beebread is associated with elevated biomarkers of oxidative stress. *Front. Ecol. Evol.* 11:1098350.
<https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1098350>

THE LEVEL OF LIPID PEROXIDATION IN APIS MELLIFERA L. DURING THEIR SHORT-TERM MAINTENANCE ON DIFFERENT CARBOHYDRATE DIETS

V. V. Karavan, I. I. Panchuk, O. V. Palamar, L. S. Yazlovitska

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University,
 Ukraine, 58012, Chernivtsi, Kotsiubynsky 2 Str.
 e-mail: l.yazlovitska@chnu.edu.ua

The honey bee (*Apis mellifera* L.), the main pollinator of entomophilous plants, is one of the most important insects of natural ecosystems and a producer of such important products as honey, perga, royal jelly, wax, propolis etc. The efficiency of beekeeping is limited by many factors, the main of which is the survival of colonies in critical periods of development, especially in the conditions of widespread use of artificial feed. Diets that do not meet the vital needs of honey bees in full nutrition negatively affect their health. The aim of the study was to evaluate the level of lipid peroxidation (LPO), as a marker of the development of stress, in foraging bees *Apis mellifera carnica*, which consumed different carbohydrate diets in laboratory conditions for 14 hours. Bees were selected from the outermost combs in July, 40-50 individuals into feeder boxes, transported to the laboratory and kept for 14 hours at 25°C in a thermostat on the following diets: Group I – 30% sucrose solution; II – 30% sugar solution; III – 60% sucrose solution; IV – 60% sugar solution; V – 30% glucose solution; VI – 30% fructose solution; VII – 30% glucose solution + 30% fructose solution (1:1); VIII – 15% glucose solution + 15% fructose solution (1:1); IX – 32% honey solution. The insects of the control group were frozen with liquid nitrogen, in the apiary, the insects of the experimental groups - after the end of the experiment; stored at minus 70 °C until biochemical studies. The level of LPO was determined in separate tags (head, thorax, abdomen) according to Placer's method with modifications. It was found that the transfer into feeder boxes, transportation and keeping for 14 hours of a small cluster of forager bees is a significant stress factor for them, as evidenced by the increase in the level of LPO in the tissues of the insects' heads. The lowest level of LPO was observed in the tissues of the head and abdomen in bees that were kept in feeder boxes for fourteen hours on a 30% glucose diet compared to bees that consumed fructose (30%), sucrose (30 % and 60%) diets, a mixture of monosugars (15% + 15% and 30% + 30%) and honey.

Keywords *Apis mellifera*, carbohydrate diet, lipid peroxidation, 14 hour stress, foraging bees

Отримано редколегією 01.06.2024 р.

ORCID ID

Volodymyr Karavan: <https://orcid.org/0000-0002-5982-7024>

Irina Panchuk: <https://orcid.org/0000-0002-2837-4480>

Liudmyla Yazlovitska: <https://orcid.org/0000-0001-9296-1201>