

Х. Ю. Парцей, Т. П. Максимчук, Г. М. Ерстенюк, Г. В. Токарик, Б. В. Валішкевич,  
С. В. Шкурашівська, Л. Д. Курас  
ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

## ВПЛИВ ЕНЕРГЕТИЧНОГО НАПОЮ НА ЕНЗИМНУ АКТИВНІСТЬ АНТИОКСИДАНТНОГО ЗАХИСТУ ПЛАЗМИ КРОВІ ЩУРІВ

**Вступ.** Сучасний ринок енергетичних напоїв стрімко зростає, пропонуючи споживачам швидкий спосіб підвищення фізичної та розумової працездатності. Проте, незважаючи на їхню популярність, залишається відкритим питання щодо впливу цих напоїв на біохімічні процеси в організмі, зокрема на систему антиоксидантного захисту.

**Мета дослідження** – дослідити вплив енергетичного напою на ензимну активність антиоксидантного захисту плазми крові щурів.

**Методи дослідження.** Експериментальне дослідження проводили на білих щурах лінії Вістар з масою тіла 150–220 г, які утримувалися у віварії ІФНМУ. Щурів розподілили на п'ять груп: контрольна група – здорові тварини, які отримували лише стандартний раціон і питну воду; друга група – щури, які споживали енергетичний напій упродовж 30 днів, із забором матеріалу на 1-шу добу після завершення експерименту; третя група – тварини, які споживали енергетичний напій упродовж 30 днів, із забором матеріалу на 10-ту добу після завершення експерименту; четверта група – щури, які споживали енергетичний напій 30 днів, із забором матеріалу на 20-ту добу після завершення експерименту; п'ята група – тварини, які отримували енергетичний напій 30 днів, із забором матеріалу на 30-ту добу після завершення експерименту. Енергетичний напій *Burn* вводили щоденно *per os* за допомогою поїлок упродовж 30 днів. Дозування напою розраховували з урахуванням маси тіла (на 1 кг) та коефіцієнта видової специфічності для щурів. Забір крові для отримання плазми здійснювали під наркозом (внутрішньом'язове введення тіопенталу натрію в дозі 60 мг/кг) шляхом декапітації на 1-шу, 10-ту, 20-ту та 30-ту добу після завершення введення напою. Супероксиддисмутазу (СОД) активність в плазмі крові визначали за методикою Чеварі, каталазу (КАТ) активність, активність церулоплазміну та насиченість трансферину – за методикою Бабенка.

**Результати й обговорення.** Отримані дані свідчать, що за умов споживання енергетичного напою спостерігається збільшення СОД та КАТ активностей у плазмі крові впродовж всіх періодів експерименту порівняно з інтактними тваринами. Водночас спостерігалось зниження насиченості трансферину на 1-шу добу на 8 % та підвищення у всі наступні періоди експерименту, зокрема на 10-ту добу – на 64 % ( $p < 0,001$ ), на 20-ту добу – на 59 % ( $p < 0,001$ ), на 30-ту добу – на 47 % ( $p < 0,05$ ) порівняно з показниками інтактних тварин, а також зниження активності церулоплазміну на 1-шу добу на 41 % ( $p < 0,001$ ) та підвищення на 10-ту добу – на 20 % ( $p < 0,05$ ), на 20-ту добу – на 18 % ( $p < 0,05$ ), на 30-ту добу – на 13 % ( $p < 0,05$ ) порівняно з показниками інтактних тварин.

**Висновки.** Вживання енергетичного напою призводить до активації процесів вільнорадикального окиснення в плазмі крові, що проявляється зниженням активності неферментативних антиоксидантів – трансферину та церулоплазміну – на першу добу після завершення споживання. Водночас підвищення активності каталази та супероксиддисмутази відразу після припинення вживання напою вказує на адаптивну реакцію організму, спрямовану на нейтралізацію оксидативного стресу шляхом посиленого синтезу антиоксидантних ферментів.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** енергетичний напій; плазма крові; щури; трансферин; церулоплазмін; супероксиддисмутаза; каталаза.

ВСТУП. Сучасний світ диктує швидкий темп життя, де кожен день – це низка завдань, дедлайнів та викликів. У таких умовах втостає постійним супутником, а необхідність бути продуктивним – обов'язковою умовою для досягнення успіху. Одним із популярних «рішень» для боротьби з втостою стали енергетичні напої. Вони рекламуються як

ідеальний спосіб швидко підвищити рівень енергії, покращити концентрацію та витривалість. На полицях магазинів можна побачити різноманітні бренди, що пропонують «швидке рішення» для боротьби з виснаженням.

Споживачі – студенти під час сесій, водії під час довгих подорожей, офісні працівники перед важливими завданнями або спортсмени перед інтенсивними тренуваннями – активно користуються енергетичними

© Х. Ю. Парцей, Т. П. Максимчук, Г. М. Ерстенюк,  
Г. В. Токарик, Б. В. Валішкевич, С. В. Шкурашівська,  
Л. Д. Курас, 2025

напоями, щоб підтримати свій темп і продуктивність. За даними Statista [1], глобальний обсяг продажів енергетичних напоїв досяг понад 60 мільярдів доларів США, а прогнозований щорічний приріст становить близько 7 %.

Попри їхню популярність, питання безпеки енергетичних напоїв залишається дуже дискусійним. Деякі дослідження вказують на короточасну користь, як-от підвищення уваги та працездатності, тоді як інші акцентують увагу на потенційних ризиках для здоров'я, зокрема для серцево-судинної та нервової систем [2].

Європейське агентство з безпеки харчових продуктів [3] повідомляє, що близько 68 % підлітків регулярно вживають енергетичні напої, майже 24 % споживачів перевищують рекомендовані дози кофеїну. Зі свого боку, Американська академія педіатрії [4] наголошує, що енергетичні напої взагалі не повинні вживатися дітьми та підлітками через їх негативний вплив на серцевий ритм і артеріальний тиск. Енергетичні напої містять кофеїн, таурин, вітаміни групи В, цукор і різноманітні стимулятори, які діють як «поштовх» для організму. Однак важливо розуміти, що цей ефект є короточасним і може супроводжуватися побічними реакціями, як-от підвищений артеріальний тиск, прискорене серцебиття, безсоння та тривожність, залежність від стимуляторів. Ба більше, вживання енергетичних напоїв у поєднанні з алкоголем або під час фізичного навантаження значно підвищує ризик для здоров'я [5]. Важливо розуміти, що проблема не обмежується лише окремими країнами – це глобальне явище. Урядові організації, а саме FDA (Управління з контролю за продуктами та ліками США), EFSA (Європейське агентство з безпеки харчових продуктів) та ВООЗ (Всесвітня організація охорони здоров'я), активно досліджують і регулюють ринок енергетичних напоїв.

Постійне зростання популярності ЕН створює серйозну необхідність у вивченні їх довготривалого впливу на організм, зокрема на антиоксидантну систему, яка є критично важливою для боротьби зі шкідливими активними формами кисню (АФК) [6].

Антиоксидантний захист організму забезпечує стабільність клітинних мембран, ДНК та протеїнів, нейтралізуючи активні форми кисню (АФК) та попереджаючи оксидативний стрес, який, зі свого боку, є одним з основних чинників старіння, запалень і розвитку хронічних захворювань, включно

із серцево-судинними захворюваннями, діабетом і нейродегенеративними змінами [7].

Енергетичні напої містять компоненти, які можуть мати як позитивний, так і негативний вплив на антиоксидантний захист, зокрема: кофеїн – сприяє утворенню активних форм кисню за метаболізму [8]; вуглеводи – надмірне споживання глюкози може призводити до оксидативного стресу й утворення кінцевих продуктів глікації (AGEs) [9]; таурин – може мати антиоксидантні властивості, але його ефективність залежить від концентрації [10]; вітаміни групи В – беруть участь у регуляції клітинного метаболізму, але їх надлишок може мати побічні ефекти.

Антиоксидантний захист організму – це багаторівнева система, що охоплює як ферментативні, так і неферментативні компоненти, які забезпечують нейтралізацію активних форм кисню (АФК) і запобігають розвитку оксидативного стресу [11]. Основними ферментами цього захисту є супероксиддисмутаза (СОД) та каталаза (КАТ), тоді як важливими неферментативними компонентами – трансферин, церулоплазмін, вітаміни Е, С, каротини.

Супероксиддисмутаза (СОД) каталізує дисмутацію супероксидного аніону ( $O_2^-$ ) у перекис водню ( $H_2O_2$ ) та молекулярний кисень ( $O_2$ ). Це перший етап антиоксидантного захисту, який запобігає пошкодженню клітинних мембран, ДНК та протеїнів активними формами кисню [12]. Далі перекис водню розкладається за допомогою каталази (КАТ), яка перетворює  $H_2O_2$  на воду ( $H_2O$ ) та кисень ( $O_2$ ), запобігаючи його накопиченню й подальшому перетворенню на високотоксичні гідроксильні радикали [13].

Трансферин (Тf) є глікопротеїном, який транспортує іони  $Fe^{3+}$  у плазмі крові. Його антиоксидантна функція полягає у зв'язуванні іонів вільного заліза, що запобігає їх участі в реакції Фентона, яка призводить до утворення гідроксильних радикалів ( $OH^\bullet$ ) [14].

Церулоплазмін (ЦП) – поліфункціональний білок плазми крові що синтезується в печінці, зв'язує і транспортує іони міді, попереджуючи прооксидантну дію вільних іонів. Також ЦП бере участь в окисненні  $Fe^{2+}$  до  $Fe^{3+}$ , полегшуючи його зв'язування з трансферином [15], нейтралізує супероксидні радикали та інгібує процеси перекисного окислення ліпідів.

Вивчення впливу енергетичних напоїв на антиоксидантний захист є не лише науково важливим, а й практично значущим для

громадського здоров'я. Результати таких досліджень можуть допомогти розробити стратегії для мінімізації ризиків, пов'язаних зі споживанням цих напоїв, а також забезпечити споживачів прозорою та достовірною інформацією про потенційні наслідки для здоров'я.

Таким чином, комплексний підхід до вивчення ферментативних (СОД, каталаза) та неферментативних (трансферин, церулоплазмін) компонентів антиоксидантного захисту дає змогу краще зрозуміти механізми дії енергетичних напоїв на організм.

**Мета дослідження** – дослідити вплив енергетичного напою на ензимну активність антиоксидантного захисту плазми крові щурів.

**МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.** Експериментальне дослідження проводили на білих щурах лінії Вістар з масою тіла 150–220 г, які утримувалися у віварії ІФНМУ. Під час біохімічного аналізу суворо дотримувалися етичних і законодавчих стандартів, що регулюють утримання, годування та проведення маніпуляцій над тваринами. Зокрема, дослідження відповідало вимогам Європейської конвенції про гуманне поводження з лабораторними тваринами (Страсбург, 18.03.1986), наказу «Про заходи щодо вдосконалення організації роботи з експериментальними тваринами» та «Загальним принципам експериментів на тваринах», затвердженим Першим Національним конгресом з біоетики (Київ, 2001 р.), а також Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» (2010 р.).

Тварин утримували групами по 5 щурів у клітках за стандартних умов освітлення, температурного режиму, збалансованого раціону харчування та вільного доступу до води. Щурів розподілили на п'ять груп: контрольна група – здорові тварини, які отримували лише стандартний раціон і питну воду; друга група – щури, які споживали енергетичний напій упродовж 30 днів, із забором матеріалу на 1-шу добу після завершення експерименту; третя група – тварини, які споживали енергетичний напій упродовж 30 днів, із забором матеріалу на 10-ту добу після завершення експерименту; четверта група – щури, які споживали енергетичний напій 30 днів, із забором матеріалу на 20-ту добу після завершення експерименту; п'ята група – тварини, які отримували енергетичний напій 30 днів, із забором матеріалу на 30-ту добу після завершення експерименту.

Енергетичний напій Burn вводили щоденно per os за допомогою поїлок упродовж 30 днів. На час приймання напою тварин утримували в індивідуальних клітках. Дозування напою розраховували з урахуванням маси тіла (на 1 кг) та коефіцієнта видової специфічності для щурів. Зважування проводили перед початком дослідження та щотижня на кожному етапі експерименту.

Забір крові для отримання плазми здійснювали під наркозом (внутрішньом'язове введення тіопенталу натрію в дозі 60 мг/кг) шляхом декапітації на 1-шу, 10-ту, 20-ту та 30-ту добу після завершення введення напою. У плазмі крові КАТ активність визначали шляхом відношення каталазного числа до кількості еритроцитів у 1 мл крові і виражали в ум. од. за методом, який базується на вимірюванні кількості пероксиду водню, що розщеплюється в каталазній реакції [16]; СОД активність визначали за рівнем гальмування процесу відновлення нітросинього тетразолію у присутності НАДН і феназинметасульфату [17]. Визначення активності церулоплазміну та насиченість трансферину проводили за методом Бабенка Г. О. [18]. Одержані цифрові дані статистично обраховували з використанням програми STATISTICA 7 з урахуванням критерію t Стьюдента.

**РЕЗУЛЬТАТИ Й ОБГОВОРЕННЯ.** Підтримання гомеостазу організму в цілому визначається станом антиоксидантного захисту. У зв'язку із цим нами проведено вивчення супероксиддисмутазної та каталазної активностей. СОД у плазмі крові як первинний антиоксидант підтримує та контролює рівень вільних радикалів і таким чином створює умови для нормального використання кисневого середовища організму. Каталаза, зі свого боку, забезпечує розщеплення перекису водню, запобігаючи його токсичному впливу на клітини. Дослідження активності цих ензимів дає змогу оцінити ефективність антиоксидантного захисту плазми крові та ступінь оксидативного стресу в організмі. Отримані дані свідчать про достовірне збільшення СОД активності в плазмі крові на всіх періодах експерименту, зокрема на 1-шу добу – на 50 % ( $p < 0,001$ ), на 10-ту добу – на 45 % ( $p < 0,001$ ), на 20-ту добу – на 42 % ( $p < 0,001$ ), на 30-ту добу – на 36 % ( $p < 0,001$ ) порівняно з показниками контрольних значень (рис. 1). Після відміни споживання енергетичного напою спостерігалось незначне зниження СОД активності порівняно з показниками 1-ї доби.

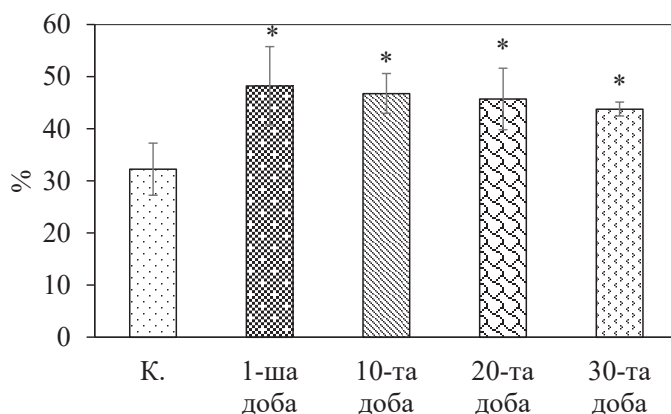


Рис. 1. Вплив енергетичного напою на супероксиддисмутазну активність плазми крові щурів

Примітка: \* –  $p < 0,001$  – достовірність порівняно з показниками контролю.

Каталаза є високоефективним ферментом, що не потребує енергетичних витрат для активації і разом із СОД та іншими антиоксидантними ферментами забезпечує захист організму від високотоксичних кисневих радикалів. Отримані результати дослідження свідчать про зміни в КАТ активності. Нами встановлено, що під дією енергонапою спостерігається збільшення КАТ активності в плазмі крові, особливо на 1-шу добу – на 26 % ( $p < 0,001$ ), на 10-ту добу – на 16 % ( $p < 0,001$ ), на 20-ту добу – на 13 % ( $p < 0,001$ ), на 30-ту добу – на 4 % порівняно з контрольною групою (рис. 2). Після відміни енергетика спостерігається зниження ензимної активності на 10-ту, 20-ту та 30-ту добу спостереження – на 8, 7 та 17 % ( $p < 0,001$ ) відповідно порівняно з показниками 1-ї доби.

Окрему увагу приділено вивченню впливу енергетичного напою на ферментативну ланку антиоксидантного захисту, зокрема

щодо насиченості трансферину в плазмі крові щурів. Результати дослідження дають змогу визначити можливі зміни у транспорті заліза й оцінити потенційні ризики, пов'язані зі споживанням енергетичних напоїв. Нами встановлено, що за умов споживання енергетичного напою спостерігалось зниження насиченості трансферину на 1-шу добу на 8 % та підвищення у всі наступні періоди експерименту, зокрема: на 10-ту добу – на 64 % ( $p < 0,001$ ), на 20-ту добу – на 59 % ( $p < 0,001$ ), на 30-ту добу – на 47 % ( $p < 0,05$ ) порівняно з показниками інтактних тварин (рис. 3). Дефіцит або дисфункція трансферину може призвести до підвищення рівня вільного заліза, що стимулює утворення активних форм кисню та посилює оксидативний стрес.

Після завершення приймання енергетика спостерігалось поступове зростання рівня насиченості трансферину: на 10-ту добу – на

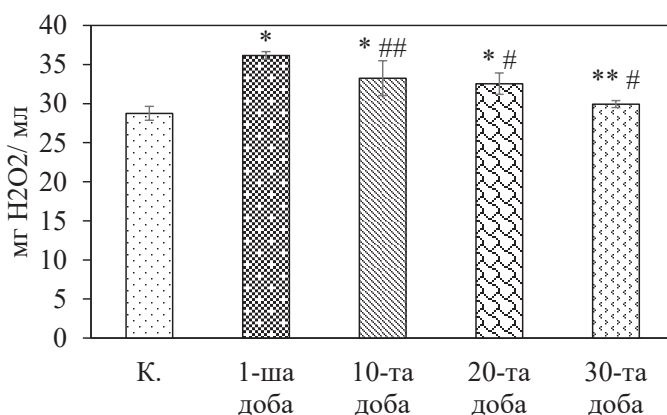


Рис. 2. Вплив енергетичного напою на каталазну активність плазми крові щурів

Примітки: \* –  $p < 0,001$ , \*\* –  $p < 0,05$  – достовірність порівняно з показниками контролю; # –  $p < 0,001$ , ## –  $p < 0,05$  – достовірність порівняно з показниками 1-ї доби.

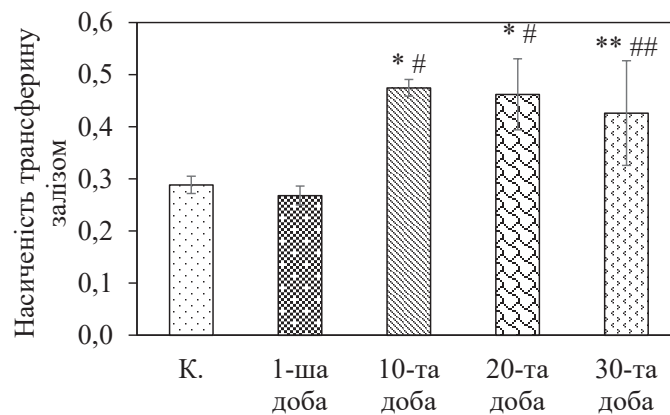


Рис. 3. Вплив енергетичного напою на насиченість трансферину в плазмі крові щурів

Примітки: \* –  $p < 0,001$ , \*\* –  $p < 0,05$  – достовірність порівняно з показниками контролю; # –  $p < 0,001$ , ## –  $p < 0,05$  – достовірність порівняно з показниками 1-ї доби.

83 % ( $p < 0,001$ ), на 20-ту добу – на 71 % ( $p < 0,001$ ), на 30-ту добу – на 58 % ( $p < 0,05$ ) порівняно з показниками 1-ї доби.

Активність церулоплазміну, як важливого білка, що виконує антиоксиданту роль, може бути чутливою до різних фізіологічних та екологічних факторів, зокрема до впливу зовнішніх агентів, як-от енергетичні напої. Отримані результати вказують, що за умов споживання енергетичного напою спостерігається зниження активності церулоплазміну на 1-шу добу на 41 % ( $p < 0,001$ ) та підвищення на 10-ту добу – на 20 % ( $p < 0,05$ ), на 20-ту добу – на 18 % ( $p < 0,05$ ), на 30-ту добу – на 13 % ( $p < 0,05$ ) порівняно з показниками інтактних тварин (рис. 4). Зниження активності церулоплазміну асоціюється зі збільшенням вільних іонів заліза та порушенням антиоксидантного балансу.

Після завершення приймання енергетика спостерігалось поступове зростання активності церулоплазміну: на 10-ту добу – на 102 % ( $p < 0,001$ ), на 20-ту добу – на 100 % ( $p < 0,001$ ), на 30-ту добу – на 91 % ( $p < 0,001$ ) порівняно з показниками 1-ї доби.

На сьогодні існує значна кількість досліджень, які демонструють як позитивний, так і негативний вплив енергетичних напоїв на антиоксидантний захист. Зокрема, у дослідженні Wang et al. [19] було показано, що короткотривале вживання енергетичних напоїв призводить до підвищення СОД та КАТ активностей, що може розглядатися як адаптивна реакція на оксидативний стрес. Однак тривале вживання цих напоїв призводить до виснаження СОД і КАТ активностей, а також до зниження рівня трансферину та церулоплазміну в плазмі крові. Це може вказувати на перевантаження антиоксидантої

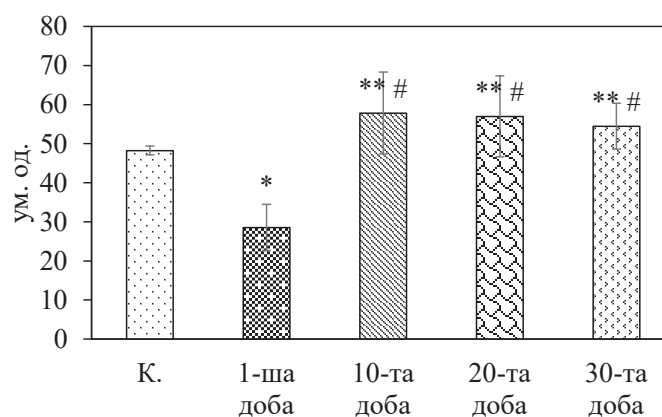


Рис. 4. Вплив енергетичного напою на активність церулоплазміну плазми крові щурів

Примітки: \* –  $p < 0,001$ , \*\* –  $p < 0,05$  – достовірність порівняно з показниками контролю; # –  $p < 0,001$  – достовірність порівняно з показниками 1-ї доби.

системи та посилення процесів окислювального пошкодження клітин. Дослідження останніх років показують, що енергетичні напої можуть впливати на активність як ферментативних, так і неферментативних компонентів антиоксидантного захисту.

Отримані результати узгоджуються з попередніми дослідженнями [20], у яких вивчали вплив енергетичного напою на антиоксидантний захист еритроцитів, які одними з перших реагують на різні зовнішні впливи, було показано підвищення СОД та КАТ активностей, що може бути обумовлено збільшенням чисельності «ранніх» форм периферичних клітин, здатних до активного білкового синтезу. Такий процес можна

тракувати як адаптивну відповідь, що призводить до стимуляції синтезу антиоксидантних ензимів.

**ВИСНОВКИ.** Аналіз одержаних результатів вказує на активацію процесів вільнорадикального окиснення в плазмі крові експериментальних тварин, які споживали енергонапій, про що свідчить зниження активності неферментативної ланки захисту – трансферину та церулоплазміну на 1-шу добу після завершення приймання енергетика. Збільшення активності КАТ та СОД у плазмі крові відразу після завершення споживання можна розглядати як адаптивний синтез цих антиоксидантних ензимів.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Statista. Global energy drink market size and growth forecast. Statista; 2023.
2. Wassef B, Kohansieh M, Makaryus AN. Effects of energy drinks on the cardiovascular system. *World Journal of Cardiology*. Baishideng Publishing Group Inc. 2017;9(1):796–806. <http://dx.doi.org/10.4330/wjc.v9.i11.796>.
3. European Food Safety Authority (EFSA). Scientific opinion on the safety of caffeine. *EFSA Journal*. 2015;13(5):4102.
4. American Academy of Pediatrics (AAP). Energy drinks: Health risks for children and adolescents. *Pediatrics*. 2011;127(6):1182–1189.
5. Ugwuja EI. Biochemical Effects of Energy Drinks Alone or in Combination with Alcohol in Normal Albino Rats. *Adv Pharm Bull*. 2014;4(1):69–74.
6. Ayuob N, ElBeshbeishy R. Impact of energy drinks on the structure of stomach and pancreas of Albino rats. Can Omega -3 provide a protection? *Pub Lib Sci One*. 2016;11(2):e0149191.
7. Mittal M, Siddiqui MR, Tran K, Reddy SP, Malik AB. Reactive Oxygen Species in inflammation and tissue injury. *Antioxid Redox Signal*. 2014;20(7):1126–67.
8. Obochi GO, Amali OE, Ochalefu DO. Effect of Melatonin and Caffeine Interaction on Caffeine Induced Oxidative Stress and Sleep Disorders. *Nig J Physiol Sci*. 2010;25:17–24.
9. Eltahir HM, Alamri G, Alamri A, Aloufi A, Nazmy M, Elbadawy H, et al. The metabolic disorders associated with chronic consumption of soft and energy drinks in rats\*. *Acta Biochimica Polonica. Polskie Towarzystwo Biochemiczne (Polish Biochemical Society)*;19 березня 2020. [http://dx.doi.org/10.18388/abp.2020\\_2914](http://dx.doi.org/10.18388/abp.2020_2914).
10. Caine JJ, Geraciotti TD. Taurine, energy drinks, and neuroendocrine effects. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*. 2016;83(12):895–904. <http://dx.doi.org/10.3949/ccjm.83a.15050>.
11. Sharma D, Sangha GK. Triazophos induced oxidative stress and histomorphological changes in liver

and kidney of female albino rats. *Pestic Biochem Physiol*. 2014;110:71–80.

12. Zhang Y, Wang L, Li M. Impact of antioxidant enzymes on oxidative stress regulation in energy drink consumption. *J Biochem Mol Toxicol*. 2021;35(4):e22783.

13. Nguyen K, Lee J, Park S. Catalase activity and oxidative stress levels after chronic energy drink intake in rodents. *Free Radic Res*. 2020;54(5):441–450.

14. Gkouvatsos K, Papanikolaou G, Pantopoulos K. Regulation of iron transport and the role of transferrin in antioxidant defense. *Biochim Biophys Acta*. 2022;1869(8):140607.

15. Khan F, Ahmad N, Ahmed S. Role of ceruloplasmin in oxidative stress and energy drink-induced toxicity. *Oxid Med Cell Longev*. 2021;2021:6634792. <https://doi.org/10.1155/2021/6634792>.

16. Парцей ХЮ, Артиш МБ, Литвинюк НІ, Слободян ЗО, Ерстенюк АМ. Стан еритроцитарних мембран та гематологічні індекси щурів за умов споживання енергетичного напою. *Український журнал медицини, біології та спорту*. 2017;5:188–191. <https://doi.org/10.26693/jmbs02.05.188>.

17. Гуранич СП, Воронич-Семченко НМ. Дослідження показників антиоксидантної системи та енергетичного обміну у щурів із інсулінорезистентністю, обтяженою йододефіцитом. *Експерим. та клініч. фізіологія і біохімія*. 2018;2(82):56–63.

18. Гуранич СП, Воронич-Семченко НМ, Гуранич ТВ. Прооксидантноантиоксидантний статус пульпи зубів та слизової оболонки ротової порожнини щурів із експериментальним йододефіцитом та інсулінорезистентністю. *Український журнал медицини, біології та спорту*. 2017;2(4):16–20.

19. Wang R, Zhou Q, Li D. Long-term consumption of energy drinks alters antioxidant enzyme activity and iron metabolism in rats. *Food Chem Toxicol*. 2022;165:113094. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2022.113094>.

20. Partsei KYu, Ersteniuk HM, Shkurashivska SV, Kindrat I.P, Senchiy VM. Status of pro- and antioxidant system of rats under conditions of energy drink consumption. *World of Medicine and Biology*. 2023;1(83):218–223. <https://doi.org/10.26724/2079-8334-2023-1-83-218-223>.

## REFERENCES

1. Statista (2023). Global energy drink market size and growth forecast. Statista.
2. Wassef, B., Kohansieh, M. & Makaryus, A.N. (2017). Effects of energy drinks on the cardiovascular system. *World Journal of Cardiology*. Baishideng Publishing Group Inc, 9 (1),796–806. <http://dx.doi.org/10.4330/wjc.v9.i11.796>.
3. European Food Safety Authority (EFSA) (2015). Scientific opinion on the safety of caffeine. *EFSA Journal*, 13 (5), 4102.
4. American Academy of Pediatrics (AAP) (2011). Energy drinks: Health risks for children and adolescents. *Pediatrics*, 127 (6), 1182–1189.
5. Ugwuja, E.I. (2014). Biochemical Effects of Energy Drinks Alone or in Combination with Alcohol in Normal Albino Rats. *Adv Pharm Bull*, 4 (1), 69–74.
6. Ayuob, N., ElBeshbeishy, R. (2016). Impact of energy drinks on the structure of stomach and pancreas of Albino rats. Can Omega -3 provide a protection? *Pub Lib Sci One*, 11 (2), e0149191.
7. Mittal, M., Siddiqui, M.R., Tran, K., Reddy, S.P. & Malik, A.B. (2014). Reactive Oxygen Species in inflammation and tissue injury. *Antioxid Redox Signal*, 20 (7),1126–67.
8. Obochi, G.O., Amali, O.E. & Ochalefu, D.O. (2010). Effect of Melatonin and Caffeine Interaction on Caffeine Induced Oxidative Stress and Sleep Disorders. *Nig J Physiol Sci*, 25,17–24.
9. Eltahir, H.M., Alamri, G., Alamri, A., Aloufi, A., Nazmy, M., Elbadawy, H., et al. (2020). The metabolic disorders associated with chronic consumption of soft and energy drinks in rats\*. *Acta Biochimica Polonica*. Polskie Towarzystwo Biochemiczne (Polish Biochemical Society). [http://dx.doi.org/10.18388/abp.2020\\_2914](http://dx.doi.org/10.18388/abp.2020_2914).
10. Caine, J.J., Geraciotti, T.D. (2016). Taurine, energy drinks, and neuroendocrine effects. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*, 83 (12), 895–904. <http://dx.doi.org/10.3949/ccjm.83a.15050>.
11. Sharma, D., Sangha, G.K. (2014). Triazophos induced oxidative stress and histomorphological changes in liver and kidney of female albino rats. *Pestic Biochem Physiol*, 110,71–80.
12. Zhang, Y., Wang, L. & Li, M. (2021). Impact of antioxidant enzymes on oxidative stress regulation in energy drink consumption. *J Biochem Mol Toxicol*, 35 (4), e22783.
13. Nguyen, K., Lee, J. & Park, S. (2020). Catalase activity and oxidative stress levels after chronic energy drink intake in rodents. *Free Radic Res*, 54 (5), 441–450.
14. Gkouvatso, K., Papanikolaou, G. & Pantopoulos, K. (2022). Regulation of iron transport and the role of transferrin in antioxidant defense. *Biochim Biophys Acta*, 1869 (8),140607.
15. Khan, F., Ahmad, N. & Ahmed, S. (2021). Role of ceruloplasmin in oxidative stress and energy drink-induced toxicity. *Oxid Med Cell Longev*, 6634792. <https://doi.org/10.1155/2016/663479>.
16. Partsei, Kh. Yu., Artysh, M.B., Lytvyniuk, N.I., Slobodian, Z.O. & Ersteniuk, A.M. (2017). Stan erytrocytarnykh membran ta hematolohichni indeksy shchuriv za umov spozhyvannia enerhetychnoho napoiu [The state of erythrocyte membranes and hematological indices of rats under the conditions of energy drink consumption]. *Ukrainskyi zhurnal medytsyny, biolohii ta sportu*, 5, 188–191. <https://doi.org/10.26693/jmbs02.05.188> [in Ukrainian].
17. Huranych, S.P., Voronych-Semchenko, N.M. (2018). Doslidzhennia pokaznykiv antyoksydantnoi systemy ta enerhetychnoho obminu u shchuriv iz insulinorezystentnistiu, obtiazhenoiu yododefitsytom [Study of antioxidant system and energy metabolism indicators in rats with insulin resistance aggravated by iodine deficiency]. *Ekspym. ta klinich. fiziolohiia i biokhimiia*, 2 (82), 56–63 [in Ukrainian].
18. Huranych, S.P., Voronych-Semchenko, N.M. & Huranych, T.V. (2017). Prooksydantnoantyoksydantnyi status pulpy zubiv ta slizovoi obolonky rotovoi porozhnyny shchuriv iz eksperymentalnym yododefitsytom ta insulinorezystentnistiu [Prooxidant-antioxidant status of dental pulp and oral mucosa of rats with experimental iodine deficiency and insulin resistance]. *Ukrainskyi zhurnal medytsyny, biolohii ta sportu*, 2 (4), 16–20 [in Ukrainian].
19. Wang, R., Zhou, Q. & Li, D. (2022). Long-term consumption of energy drinks alters antioxidant enzyme activity and iron metabolism in rats. *Food Chem Toxicol*, 165,113094. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2022.113094>.
20. Partsei, Kh.Yu., Ersteniuk, H.M., Shkurashivska, S.V., Kindrat, I.P. & Senchiy, V.M. (2023). Status of pro- and antioxidant system of rats under conditions of energy drink consumption. *World of Medicine and Biology*, 1 (83), 218–223. <https://doi.org/10.26724/2079-8334-2023-1-83-218-223>.

Адреса для листування: [hurstuna012y@gmail.com](mailto:hurstuna012y@gmail.com)

Kh. Yu. Partsei, T. P. Maksymchuk, G. M. Ersteniuk, G. V. Tokaryk, B. V. Valishkevych,  
S. V. Shkurashivska, L. D. Kuras  
IVANO-FRANKIVSK NATIONAL MEDICAL UNIVERSITY

## INFLUENCE OF ENERGY DRINK ON THE ENZYMIC ACTIVITY OF THE ANTIOXIDANT STATE OF RAT BLOOD PLASMA

### Summary

**Introduction.** The modern market for energy drinks is growing rapidly, offering consumers a quick way to increase physical and mental performance. However, despite their popularity, the question of the impact of these drinks on biochemical processes in the body, in particular on the antioxidant defense system, remains open.

**The purpose** of the study was to investigate the effect of energy drink on the enzymatic activity of antioxidant defense in rat blood plasma.

**Research methods.** The experimental study was conducted on white Wistar rats weighing 150–220 g, which were kept in the vivarium of the IFNMU. The rats were divided into five groups: control group – healthy animals that received only a standard diet and drinking water; second group – rats that consumed an energy drink for 30 days, with sampling on day 1 after the experiment; third group – animals that consumed an energy drink for 30 days, with sampling on day 10 after the experiment; group four – rats that consumed the energy drink for 30 days, with sampling on day 20 after the end of the experiment; group five – animals that received the energy drink for 30 days, with sampling on day 30 after the end of the experiment. The energy drink “Burn” was administered daily per os using drinkers for 30 days. The dosage of the drink was calculated taking into account body weight (per 1 kg) and the coefficient of species specificity for rats. Blood samples for plasma were taken under anesthesia (intramuscular injection of sodium thiopental at a dose of 60 mg/kg) by decapitation on the 1st, 10th, 20th, and 30th day after the end of the drink administration. Superoxide dismutase (SOD) activity in blood plasma was determined by the Chevary method, catalase (CAT) activity, ceruloplasmin activity, and transferrin saturation by the Babenko method.

**Conclusion.** Energy drink consumption leads to the activation of free radical oxidation processes in blood plasma, which is manifested by a decrease in the activity of non-enzymatic antioxidants – transferrin and ceruloplasmin – on the first day after consumption. At the same time, an increase in the activity of catalase and superoxide dismutase immediately after cessation of the drink indicates an adaptive reaction of the body aimed at neutralizing oxidative stress through increased synthesis of antioxidant enzymes.

**KEY WORDS:** energy drink; blood plasma; rats; transferrin; ceruloplasmin; superoxide dismutase; catalase.