

ПЕРЕКИСНЕ ОКИСЛЕННЯ ЛІПІДІВ У ЕРИТРОЦИТАХ ТА ПЛАЗМІ КРОВІ ЩУРІВ ЗА УМОВ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО НАПОЮ

Х.Ю. ПАРЦЕЙ, Г.М. ЕРСТЕНЮК, Г.В. ТОКАРИК,
С.В. ШКУРАШІВСЬКА, Л.Д. КУРАС

Івано-Франківський національний медичний університет,
бул. Галицька, 2, м. Івано-Франківськ, 76000
e-mail: kmoiseeva@ifnmu.edu.ua

Енергетичні напої містять високу концентрацію стимуляторів, зокрема кофеїн, таурин, глюкоуронолактон, вітаміни групи В та інші речовини. Вони тимчасово покращують увагу та підвищують фізичну витривалість. Проте їх регулярне вживання може викликати оксидативний стрес – стан, за якого порушується баланс між утворенням активних форм кисню (вільних радикалів) та здатністю їх нейтралізувати. Це може викликати пошкодження клітин і тканин, що з часом підвищує ризик розвитку різних хронічних захворювань, таких як серцево-судинні захворювання, діабет та інші. Перекисне окислення ліпідів є важливим біохімічним процесом, який відіграє ключову роль у розвитку патологічних змін в організмі під впливом різних факторів, таких як стрес та інтоксикації. Метою нашого дослідження була оцінка рівня ПОЛ в еритроцитах та плазмі крові щурів, що споживали енергетичний напій «Vign» впродовж 30 днів. Експеримент проводили на білих щурах лінії Вістар масою 150–220 г, які утримувалися у віварії ІФНМУ в умовах, що відповідали етичним та правовим стандартам. Щурів було поділено на 5 груп: I група - інтактні щури, які отримували стандартний раціон, вживали питну воду; II-V групи - щури, які впродовж 30 днів вживали енергетичний напій, забір біологічного матеріалу проводився на 1-у, 10-у, 20-у та 30-у доби відповідно по завершенню прийому. Рівень пероксидації ліпідів у плазмі крові та еритроцитах оцінювали за накопиченням дієнових кон'югатів (ДК) ненасичених жирних кислот та активних продуктів, що реагують з тіобарбітуровою кислотою (ТБК-АП). Отримані результати вказують на те, що тривале споживання енергетичних напоїв зумовлює розвиток оксидативного стресу, що супроводжується накопиченням продуктів пероксидного окиснення ліпідів, про що свідчить накопичення у плазмі крові щурів на 1-у, 10-у, 20-у та 30-у доби вмісту ДК на 87 % ($p < 0,001$), 85 % ($p < 0,001$), 48 % ($p < 0,001$), 33 % ($p < 0,001$) відповідно порівняно з інтактними щурами, а також в еритроцитах також спостерігалось підвищення вмісту ДК на 1-у, 10-у, 20-у та 30-ту доби в 2,15 рази ($p < 0,001$), 2,35 рази ($p < 0,001$), 1,9 рази ($p < 0,001$) та 1,35 рази ($p < 0,001$) відповідно. Дослідження рівня ТБК-активних продуктів у плазмі крові на 1-у, 10-у, 20-у та 30-у доби після припинення споживання енергетичного напою показало збільшення їх вмісту на 44 % ($p < 0,001$), 34 % ($p < 0,001$), 22 % ($p < 0,05$) та 17 % ($p < 0,05$) відповідно порівняно з інтактною групою, а також підвищення вмісту в еритроцитах на 1-у, 10-у та 20-у доби в 1,18 рази ($p < 0,05$), 1,21 рази ($p < 0,001$) та 1,13 рази ($p < 0,001$) відповідно, з незначним підвищенням на 30-ту добу порівняно з інтактними щурами. Високий рівень ДК та ТБК-АП може призвести до серйозних пошкоджень клітинних структур і порушень функцій органів.

Ключові слова: щури, енергетичний напій, еритроцити.

Вступ. Перекисне окиснення ліпідів (ПОЛ) - це важливий процес у патогенезі багатьох захворювань, зокрема атеросклерозу, діабету, раку та нейродегенеративних захворювань (Găman et al., 2020). ПОЛ полягає в тому, що вільні радикали атакують поліненасичені жирні кислоти в ліпідному бішарі клітинних мембран, що призводить до утворення пероксидів, які згодом розкладаються з утворенням проміжних продуктів дієнових кон'югатів (ДК) та кінцевих - малоновий діальдегід (МДА). Ці сполуки здатні викликати пошкодження білків, нуклеїнових кислот та інших життєво важливих біомолекул (Niki, 2020). Цей процес призводить до зниження функціональної здатності клітин, що в свою чергу провокує розвиток різних захворювань.

Оксидативний стрес, що є результатом дисбалансу між утворенням активних форм кисню (АФК) і здатністю антиоксидантних систем організму до їх нейтралізації, є основною причиною ПОЛ. В умовах надмірного утворення АФК організм не встигає нейтралізувати їх за допомогою антиоксидантів, що спричиняє накопичення вільних радикалів і пошкодження ліпідів (Munteanu et al., 2021). Сьогодні науковці дедалі більше звертають увагу на те, що певні дієтичні добавки можуть посилювати оксидативний стрес і ПОЛ. Одним із таких факторів є вживання енергетичних напоїв.

Енергетичні напої (ЕН), що містять високу концентрацію кофеїну, таурину, глюкоуронолактону та інших стимулюючих речовин, стали популярними серед молоді та

спортсменів, але їх вплив на здоров'я викликає багато запитань (Alsunni 2015). Це безалкогольні напої, що підвищують енергію, витривалість, спортивні результати та концентрацію уваги (Al-Shaar et al., 2017). В енергетичних напоях використовується комбінація стимуляторів і підсилювачів енергії, щоб дати споживачу «зарядку енергії».

Кофеїн є основним інгредієнтом більшості енергетичних напоїв. Зазвичай вони містять 80–150 мг кофеїну на 8 порцій, що приблизно так само, як 5 порцій кави (Alsunni 2011). O'Mathúna (2021) заявив, що помірні гострі дози (200–350 мг) знижують частоту серцевих скорочень і підвищують артеріальний тиск у дорослих, а також покращують емоції благополуччя, концентрації та збудження. За даними наукової літератури (Perrone et al., 2020, Nowak et al., 2018) кофеїн, що є головним активним компонентом більшості енергетичних напоїв, здатний посилювати утворення АФК і таким чином сприяти розвитку оксидативного стресу.

Гуарана - це рослинний екстракт, який містить значну кількість кофеїну, причому 1 г гуарани еквівалентний 40 мг кофеїну (Al-Shaar et al., 2017). Завдяки високому вмісту кофеїну гуарану часто додають як інгредієнт ЕН через її стимулюючу дію (Neckman et al., 2010).

Женьшень використовувався як лікарська рослина впродовж століть для підвищення енергії, зменшення втоми, покращення пам'яті. Проте є кілька побічних ефектів, спричинених зловживанням женьшенем, які включають маніакальні епізоди, маткові кровотечі, гінекомастію, синдром подовженого інтервалу QT, фібриляцію передсердь із брадикардією, гіпертонічний криз та гострий лобулярний гепатит (Ratan et al., 2021).

Таурин, інший поширений компонент енергетичних напоїв, має різноспрямовану дію. Masengo et al. (2020) встановили, що хронічне споживання таурину посилює алкогольне навантаження на організм і сприяє активації дофамінергічних шляхів у мозку, що може підсилювати шкідливий вплив енергетичних напоїв. Таурин рекомендовано для лікування епілепсії, серцевої недостатності, муковісцидозу та діабету завдяки його протизапальним властивостям (Caine and Geraciotti, 2016; Chauhan and Piracha, 2021). Хоча таурин традиційно вважається антиоксидантом, деякі дослідження показують, що при хронічному споживанні енергетичних напоїв він не завжди компенсує шкідливий вплив інших інгредієнтів, таких як кофеїн (Richards et al., 2020).

Останнім часом виробники перенесли увагу споживача зі спортсменів на молодь.

Енергетичні напої агресивно продаються в місцях, популярних серед підлітків і молоді. Здатність ЕН контролювати настрій, підвищувати увагу, зменшувати втому, покращувати спортивні результати (Giles et al., 2012) і знижувати високий рівень стресу пропагується серед різних груп студентів (Pettit and DeBarr, 2011).

В даний час існують великі побоювання щодо безпеки цих продуктів. Було кілька повідомлень про зв'язок енергетичних напоїв із негативним впливом на здоров'я, зокрема надмірне споживання напоїв з кофеїном може спровокувати мігрень (Mostofsky et al., 2019), проблеми зі сторони психічного здоров'я (Kaur et al., 2020) та ін. Незважаючи на це, виробники енергетичних напоїв вважають, що їхня продукція безпечна та підходить споживачам. Є лише кілька розширених оглядів наукової літератури, які показують користь і безпечність вживання енергетичних напоїв, особливо серед молодих людей (O'Mathúna 2021; Tabrizi et al., 2019).

Особливе занепокоєння викликає той факт, що енергетичні напої часто вживаються безконтрольно, що робить їх потенційно небезпечними для здоров'я. Сучасні дослідження підтверджують, що тривале вживання цих напоїв може мати серйозні наслідки для обміну речовин і функціонування організму в цілому (Nadeem et al., 2020; Partsei et al., 2023). У своєму огляді Gáman et al. (2020) зазначають, що підвищення рівня ПОЛ і оксидативного стресу, викликані енергетичними напоями, можуть бути передвісниками серйозних патологій, таких як атеросклероз і серцево-судинні захворювання.

Метою нашого дослідження була оцінка рівня продуктів ПОЛ в еритроцитах та плазмі крові щурів, що споживали енергетичний напій «Vign» впродовж 30 днів.

Матеріали та методи. Експеримент проводили на білих щурах лінії Вістар масою 150–220 г, які утримувалися у віварії ІФНМУ в умовах, що відповідали етичним та правовим стандартам. Усі процедури виконувалися згідно з вимогами Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються в наукових цілях (Страсбург, 18.03.1986), положеннями «Загальних принципів експериментів на тваринах», затвердженими Першим Національним конгресом з біоетики (Київ, 2001), та Законом України «Про захист тварин від жорстокого поводження» (2010). Тваринам забезпечували належні умови утримання, годування та проведення маніпуляцій, дотримуючись принципів

гуманного ставлення та мінімізуючи стрес для отримання достовірних результатів.

Тварини утримувалися в клітках по 5 тварин за умов належного освітлення, температури та стандартного раціону харчування, з вільним доступом до води та їжі. Усі експерименти проводилися в період з 10:00 до 12:00, щоб мінімізувати вплив добових коливань фізіологічних і біохімічних процесів на результат. Щурів поділили на п'ять груп:

- **I група** - інтактні щури, які отримували стандартний раціон, вживали питну воду;
- **II група** - щури, які упродовж 30 днів вживали енергетичний напій, забір біологічного матеріалу проводився на 1-у добу по завершенню прийому;
- **III група** - щури, які упродовж 30 днів вживали енергетичний напій, забір біологічного матеріалу проводився на 10-у добу по завершенню прийому;
- **IV група** - щури, які упродовж 30 днів вживали енергетичний напій, забір біологічного матеріалу проводився на 20-у добу по завершенню прийому;
- **V група** - щури, які упродовж 30 днів вживали енергетичний напій, забір біологічного матеріалу проводився на 30-у добу по завершенню прийому.

Безалкогольний енергетичний напій «Burn» щури споживали щодня (per os) протягом 30 днів за допомогою поїлок. Тварини утримувалися в індивідуальних клітках на час прийому напою. Для розрахунку необхідної дози на одного щура враховували масу тіла (перерахунок на 1 кг) та коефіцієнт видової специфічності для щурів.

Тварин зважували до початку експерименту та кожного тижня протягом всього його періоду.

Забір матеріалу (плазма крові та еритроцити) здійснювали під наркозом (внутрішньом'язово тіопентал натрію, 60 мг/кг) шляхом етаназії на 1-у, 10-у, 20-у та 30-у добу після завершення експерименту. Рівень пероксидації ліпідів визначали за накопиченням дієнових кон'югатів (ДК) ненасичених жирних кислот та активних продуктів, що реагують з тіобарбітуровою кислотою (ТБК-АП) (Lykhatskiy PH, Figa LS., 2017). Статистичну обробку отриманих даних виконували за допомогою програми STATISTICA 7 з використанням критерію t-Ст'юдента.

Результати та їх обговорення. З літературних джерел (Partsei et al, 2023) відомо, що підвищення рівня продуктів перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ) в організмі порушує функцію антиоксидантної системи, що збільшує окиснення ліпідів під впливом вільних радикалів, які утворюються під час їх метаболізму. Це може призвести до незворотних пошкоджень мембранних структур та змінювати їх проникність. Тому виникає інтерес дослідження інтенсивності процесів ПОЛ за умов споживання енергетичного напою. Отримані дані вказують, що у плазмі крові щурів за умов споживання енергетичного напою спостерігалось вірогідне зростання на 1-у, 10-у, 20-у та 30-у доби вмісту ДК на 87 % ($p < 0,001$), 85 % ($p < 0,001$), 48 % ($p < 0,001$) та 33 % ($p < 0,001$) відповідно порівняно з інтактними щурами (рис.1).

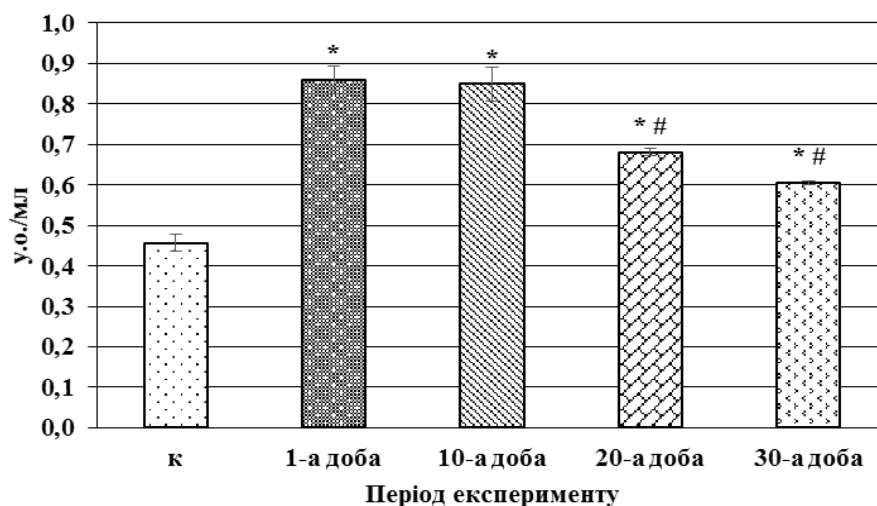


Рис.1. Рівень ДК (у.о./мл) в плазмі крові щурів під час споживання енергетичного напою, ($M \pm m$) ($n=7$)

Примітки. * - $p < 0,001$ - достовірність порівняно з показниками інтактних щурів; # - $p < 0,001$ - достовірність порівняно з показниками 1-ї доби.

Fig. 1. The level of DC (u.u./ml) in the blood plasma of rats after consumption of energy drink, ($M \pm m$) ($n=7$)

Notes: * - $p < 0.001$ - significant compared to control; # - $p < 0.001$ - significant compared to day 1.

Порівняльний аналіз показав, що після припинення споживання енергетичного напою відзначалося поступове зниження рівня ДК в плазмі крові на 20-ту та 30-ту доби на 21 % ($p < 0,001$) та 29 % ($p < 0,001$) відповідно порівняно з рівнем на 1-шу добу спостереження.

Водночас нами проведено дослідження рівня ДК в еритроцитах, оскільки ці клітини крові першими реагують на потрапляння ксенобіотиків і беруть активну участь у формуванні реакцій організму на різноманітні впливи. Вільні радикали можуть завдати шкоди еритроцитам, які функціонують завдяки автономним ферментативним процесам, оскільки не мають

підтримки з боку органел (Franco R et al, 2019). В еритроцитах також спостерігалось підвищення вмісту ДК на 1-у, 10-у, 20-у та 30-ту доби в 2,15 раза ($p < 0,001$), 2,35 раза ($p < 0,001$), 1,9 раза ($p < 0,001$) та 1,35 раза ($p < 0,001$) відповідно порівняно з інтактними щурами (рис. 2). Порівняльний аналіз показав, що після припинення вживання енергетичного напою спостерігалось поступове зниження рівня ДК в еритроцитах на 20-ту та 30-ту доби на 24-74 % ($p < 0,05$, $p < 0,001$) відносно показників у тварин на 1-шу добу спостереження. Проте не відбувається нормалізація вмісту ДК до контрольних значень.

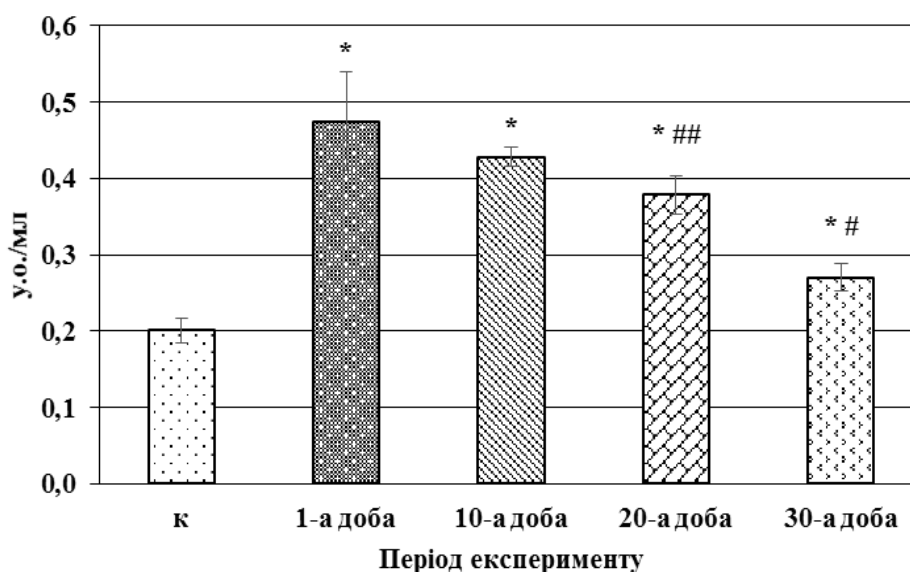


Рис.2. Рівень ДК (у.о./мл) у еритроцитах щурів під час споживання енергетичного напою, ($M \pm m$) ($n=7$)

Примітки. * - $p < 0,001$ - достовірність порівняно з показниками інтактних щурів; # - $p < 0,001$ - достовірність порівняно з показниками 1-ї доби.

Fig. 2. The level of DC (u.u./ml) in erythrocytes of rats after consumption of energy drink, ($M \pm m$) ($n=7$)

Notes: * - $p < 0.001$ - significant compared to control; # - $p < 0.001$ - significant compared to day 1.

Отримані дані вказують, що споживання енергетичних напоїв, які містять кофеїн та інші стимулятори (таурин, гуарана), може призвести до збільшення рівня метаболічної активності клітин. Така активація метаболізму сприяє утворенню вільних радикалів, які запускають процеси окислення ліпідів, що може призвести до порушення цілісності клітин та зниження їхньої функціональності. Підвищення рівня дієнових кон'югатів, як раннього маркера ПОЛ, є першим свідченням активації окислювального стресу. Тривале підвищення ПОЛ може спричинити хронічне пошкодження клітин, що є потенційно шкідливим для тканин і органів.

Дослідження рівня ТБК-активних продуктів у плазмі крові на 1-у, 10-у, 20-у та 30-у доби після припинення споживання енергетичного напою показало збільшення їх вмісту на 44 % ($p < 0,001$),

34 % ($p < 0,001$), 22 % ($p < 0,05$) та 17 % ($p < 0,05$) відповідно порівняно з інтактною групою (рис. 3). Після припинення споживання енергетика спостерігалось поступове зниження рівня ТБК-активних продуктів у плазмі крові на 10-ту, 20-ту та 30-ту доби на 7 % ($p < 0,05$), 15 % ($p < 0,05$) та 19 % ($p < 0,001$) відповідно порівняно з рівнем на 1-шу добу спостереження.

Після завершення прийому енергетичного напою рівень ТБК-активних продуктів в еритроцитах на 1-у, 10-у та 20-у доби зріс у 1,18 раза ($p < 0,05$), 1,21 раза ($p < 0,001$) та 1,13 раза ($p < 0,001$) відповідно, з незначним підвищенням на 30-ту добу порівняно з інтактними щурами. На 20-ту та 30-ту доби дослідження спостерігалось поступове зниження цього показника порівняно з 1-ю добою експерименту.

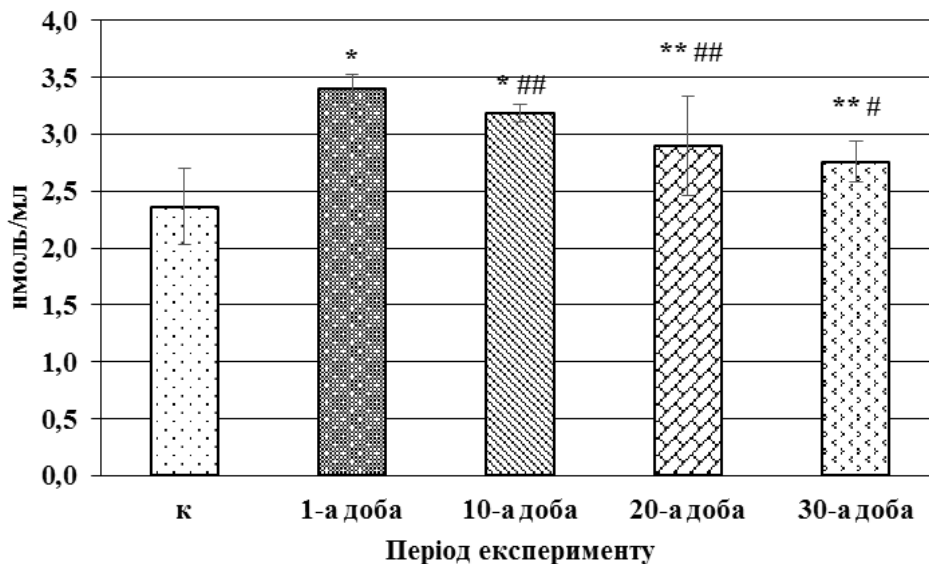


Рис. 3. Рівень ТБК-АП у плазмі крові щурів під час споживання енергетичного напою, ($M \pm m$) ($n=7$)

Примітки. * - $p < 0,001$, ** - $p < 0,05$ - достовірність порівняно з показниками інтактних щурів; # - $p < 0,001$, ## - $p < 0,05$ - достовірність порівняно з показниками 1-ї доби.

Fig. 3. The level of TBA-AP in the blood plasma of rats after consumption of energy drink, ($M \pm m$) ($n=7$)

Notes: * - $p < 0.001$, ** - $p < 0.05$ - significant compared to control; # - $p < 0.001$, ## - $p < 0.05$ - significant compared to day 1.

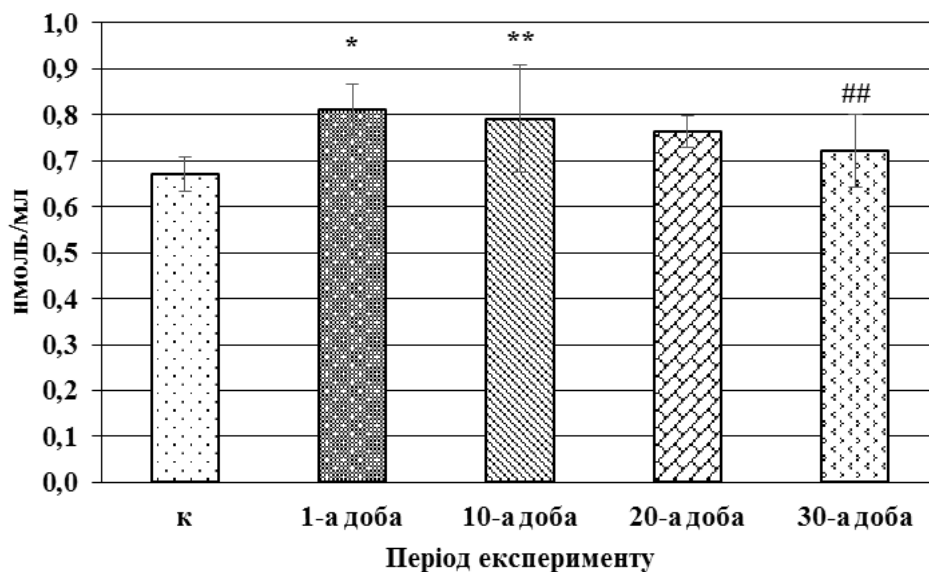


Рис. 4. Рівень ТБК-АП у еритроцитах щурів під час споживання енергетичного напою, ($M \pm m$) ($n=7$)

Примітки. * - $p < 0,001$, ** - $p < 0,05$ - достовірність порівняно з показниками інтактних щурів; ## - $p < 0,05$ - достовірність порівняно з показниками 1-ї доби.

Fig. 4. The level of TBA-AP in erythrocytes of rats after consumption of energy drink, ($M \pm m$) ($n=7$)

Notes: * - $p < 0.001$, ** - $p < 0.05$ - significant compared to control; ## - $p < 0.05$ - significant compared to day 1;

Отримані результати вказують на активацію вільнорадикального окиснення в експериментальних тварин, які споживали енергетичний напій упродовж 30 діб. Отримані дані узгоджуються з рядом досліджень (Partsei et al., 2023; Dardmeh et al. 2021), у яких відмічено що регулярне вживання енергетичних напоїв

призводить до посилення оксидативного стресу і підвищення рівня маркерів ПОЛ. Зокрема, у дослідженні Dardmeh et al. (2021) показано, що у щурів, які вживали енергетичні напої упродовж тривалого часу, спостерігалось значне збільшення рівня ТБК-АП, що свідчить про посилення процесів ПОЛ. Схожі результати

отримали у роботах Rezig et al. (2020) та Munteanu et al. (2021), які також виявили, що хронічне споживання енергетичних напоїв асоціюється зі зниженням антиоксидантної активності, що підвищує ризик пошкодження клітин. Дослідження Reis et al. (2017) продемонстрували, що щури, які регулярно споживали енергетичні напої, мали значно підвищені рівні ТБК-АП у тканинах печінки і мозку, що вказувало на розвиток оксидативного стресу. Цей процес супроводжувався зниженням активності компонентів антиоксидантної системи, таких як супероксиддисмутаза (SOD) та глутатіон (GSH), що ще більше поглиблювало пошкодження клітин.

Наслідки оксидативного стресу, викликаного споживанням енергетичних напоїв, можуть призводити до пошкодження печінки, мозку і серцево-судинної системи та інших органів і систем. Зокрема, дослідження Serdar et al. (2019) підкреслюють, що енергетичні напої можуть негативно впливати на розвиток нейронних зв'язків у мозку, що призводить до зниження когнітивних функцій.

Висновок. Отримані результати вказують на те, що тривале вживання енергетичних напоїв призводить до розвитку оксидативного стресу, що супроводжується накопиченням продуктів пероксидації ліпідів в еритроцитах та плазмі крові, що може спричинити довготривалі негативні наслідки для здоров'я, включаючи репродуктивну функцію, когнітивні здібності та роботу серцево-судинної системи. Подальші дослідження необхідні для більш детального розуміння механізмів цих процесів та пошуку ефективних методів профілактики оксидативного стресу.

Конфлікт інтересів. Автори зазначають, що дослідження проводилися без жодних комерційних чи фінансових зв'язків, які могли б бути розцінені як виявлений конфлікт інтересів.

References:

- Al-Shaar L, Vercammen K, Lu C, Richardson S, Tamez M, Mattei J (2017) Health effects and public health concerns of energy drink consumption in the United States: a mini-review. *Front Public Health* 5:1–4. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00225>.
- Alsunni AA (2011) Are energy drinks physiological? *Pak J Physiol* 7:44–49
- Alsunni AA (2015) Energy drink consumption: beneficial and adverse health effects. *Int J Health Sci (Qassim)* 9:468–474
- Caine JJ, Geraciotti TD (2016) Taurine, energy drinks, and neuroendocrine effects. *Cleavel Clin J Med* 83:895–904. <https://doi.org/10.3949/ccjm.83a.15050>
- Chauhan V, Piracha (2021) Energy drinks' effect on kidneys and health. <https://www.verywellhealth.com/energy-drinks-effect-on-kidneys-and-health-2085792>. Accessed 5 July 2021
- Dardmeh, F., Jorsaraei, S. G. A., & Nakhaee, N. (2021). Chronic consumption of energy drinks induces oxidative stress in liver and testis of male Wistar rats. *Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology*, 32(5), 933-940.
- Franco R, Navarro G, Martínez-Pinilla E (2019). Antioxidant Defense Mechanisms in Erythrocytes and in the Central Nervous System. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*. 8(2):46.
- Găman, M.-A., Dobrică, E.-C., Cozma, M.-A., Crețoiu, S.-M., & Găman, A. M. (2020). Energy drinks: A contemporary source of risk for oxidative stress and oxidative damage. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2020, Article ID 3104069.
- Giles GE, Mahoney CR, Brunyé TT, Gardony AL, Taylor HA, Kanarek RB (2012). Differential cognitive effects of energy drink ingredients: caffeine, taurine, and glucose. *Pharmacol Biochem Behav* 102:569–577
- Heckman M, Sherry K, Mejia D, Gonzalez E (2010) Energy drinks: an assessment of their market size, consumer demographics, ingredient profile, functionality, and regulations in the United States. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 9:303–317
- Kaur S, Christian H, Cooper MN, Francis J, Allen K, Trapp G (2020) Consumption of energy drinks is associated with depression, anxiety, and stress in young adult males: Evidence from a longitudinal cohort study. *Depress Anxiety* 37:1089–1098
- Lykhatskyi PH, Fira LS. Activity of oxidative processes in the rats' body of different age, affected by sodium nitrite, on the background of tobacco intoxication. *The Pharma Innovation. India*. 2017;6(6):18–24.
- Masengo L, Sampasa-Kanyinga H, Chaput JP, Hamilton HA, Colman I (2020). Energy drink consumption, psychological distress, and suicidality among middle and high school students. *J Affect Disord*. 268:102-108. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2020.03.004>
- Mostofsky E, Mittleman MA, Buettner C, Li W, Bertisch SM (2019) Prospective cohort study of caffeinated beverage intake as a potential trigger of headaches among migraineurs. *Am J Med* 132:984–991
- Munteanu, I. A., Babes, R. M., Simion, A. R., & Voicu, S. I. (2021). Lipid peroxidation and antioxidant defense system alterations induced by energy drinks. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 135, 111214.
- Nadeem IM, Shanmugaraj A, Sakha S, Horner NS, Ayeni OR, Khan M (2021). Energy drinks and their adverse health effects: A systematic review and meta-analysis. *Sports Health* 13:265–277
- Nadeem, M., Abbasi, S. A., & Al-Ghamdi, S. S. (2020). Energy drinks and oxidative stress: A review. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 8(2), 392-400.
- Niki, E. (2020). Lipid peroxidation: physiological levels and dual biological effects. *Free Radical Biology and Medicine*, 144, 463-475.
- Nowak D, Gośliński M, Nowatowska K. (2018). The Effect of Acute Consumption of Energy Drinks on

- Blood Pressure, Heart Rate and Blood Glucose in the Group of Young Adults. *Int J Environ Res Public Health*. 15(3):544. <https://doi.org/10.3390/ijerph15030544>.
20. O'Mathúna DP (2021) Energy drinks to improve performance. <https://www.reliasmedia.com/articles/77975-energy-drinks-to-improve-performance>. Accessed 5 July 2021
 21. Partsei KYu, Ersteniuk HM, Shkurashivska SV, Kindrat I.P, Senchiy VM (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>.
 22. Perrone, M. A., Galvano, F., Pappalardo, G., Vella, S., & D'Orazio, N. (2020). Energy drinks and metabolic stress: A cause of concern? *Journal of Functional Foods*, 72, 104076.
 23. Pettit ML, DeBarr KA (2011) Perceived stress, energy drink consumption, and academic performance among college students. *J Am Coll Health* 59:335–341
 24. Ratan ZA, Haidere MF, Hong YH, Park SH, Lee JO, Lee J, Cho JY (2021) Pharmacological potential of ginseng and its major component ginsenosides. *J Ginseng Res* 45:199–210
 25. Reis R, Charehsaz M, Sipahi H, Ekici AI, Macit Ç, Akkaya H, Aydın A (2017) Energy Drink Induced Lipid Peroxidation and Oxidative Damage in Rat Liver and Brain When Used Alone or Combined with Alcohol. *J Food Sci*; 82(4):1037-1043. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13662>.
 26. Rezig, L., Foudah, A. I., & Alamri, A. S. (2020). Oxidative stress in various pathologies and the protective role of antioxidants. *Antioxidants*, 9(12), 1239.
 27. Richards, G., Smith, A. P., & Mutz, J. (2020). Energy drinks and oxidative stress: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, 12(12), 3745.
 28. Serdar M, Mordelt A, Müser K, Kempe K, Felderhoff-Müser U, Herz J, Bendix I (2019). Detrimental Impact of Energy Drink Compounds on Developing Oligodendrocytes and Neurons. *Cells*. 8(11):1381. <https://doi.org/10.3390/cells8111381>
 29. Tabrizi R, Saneei P, Lankarani KB, Akbari M, Kolahdooz F, Esmailzadeh A, NadiRavandi S, Mazoochi M, Asemi Z (2019) The effects of caffeine intake on weight loss: a systematic review and dose-response meta-analysis of randomized controlled trials. *Crit Rev Food Sci Nutr* 59:2688–2696

THE LEVEL OF LIPID PEROXIDATION IN RATS UNDER CONDITIONS OF ENERGY DRINK CONSUMPTION

H.Y. Partsei, G.M. Ersteniuk, G.V. Tokaryk, S.V. Shkurashivska, L.D. Kuras

*Ivano-Frankivsk National Medical University,
Ukraine, 76000, Ivano-Frankivsk, Halytska 2 Str.
e-mail: kmoiseeva@ifnmu.edu.ua*

Energy drinks contain a significant amount of stimulants, including caffeine, taurine, glucuronolactone, as well as B vitamins and other ingredients. They temporarily increase physical endurance and improve attention. However, regular consumption of these beverages can lead to oxidative stress, a condition that disrupts the natural balance between free radicals (reactive oxygen species) and the body's ability to neutralize them. This can cause damage to cells and tissues, which over time increases the risk of developing various chronic diseases, such as cardiovascular disease, diabetes, and others. Lipid peroxidation is an important biochemical process that plays a key role in the development of pathological changes in the body under the influence of various factors, such as stress and intoxication. The aim of our study was to evaluate the level of lipid peroxidation in erythrocytes and plasma of rats consuming the energy drink "Burn" for 30 days. The experiment was conducted on white Wistar rats weighing 150-220 g, which were kept in the vivarium of the IFNMU under conditions that met ethical and legal standards. The rats were divided into 5 groups: Group I - intact rats receiving a standard diet and drinking water; Groups II-V - rats that consumed an energy drink for 30 days; biological material was collected on days 1, 10, 20 and 30, respectively, after the end of the intake. The level of lipid peroxidation in blood plasma and erythrocytes was assessed by the accumulation of diene conjugates (DC) of unsaturated fatty acids and thiobarbituric acid reactive products (TBA-RP). The obtained results indicate that prolonged consumption of energy drinks causes the development of oxidative stress, accompanied by the accumulation of lipid peroxidation products, as evidenced by the accumulation of DCs in the blood plasma of rats on the 1st, 10th, 20th and 30th days of the accumulation of DC content by 87 % ($p < 0.001$), 85 % ($p < 0.001$), 48 % ($p < 0.001$), 33 % ($p < 0.001$), respectively, compared to intact rats, as well as in erythrocytes, there was also an increase in the content of DC on the 1st, 10th, 20th and 30th day by 2.15 times ($p < 0.001$), 2.35 times ($p < 0.001$), 1.9 times ($p < 0.001$) and 1.35 times ($p < 0.001$), respectively. The study of the level of TBA-active products in the blood plasma on the 1st, 10th, 20th and 30th day after cessation of energy drink consumption showed an increase in their content by 44 % ($p < 0.001$), 34 %

($p < 0.001$), 22 % ($p < 0.05$) and 17 % ($p < 0, 05$), respectively, compared to the intact group, as well as an increase in erythrocytes on days 1, 10 and 20 by 1.18 times ($p < 0.05$), 1.21 times ($p < 0.001$) and 1.13 times ($p < 0.001$), respectively, with a slight increase on day 30 compared to intact rats. High levels of DC and TBA-AP can lead to serious damage to cellular structures and organ dysfunction.

Key words: rats, energy drink, red blood cell

Отримано редколегією 23.10.2024

ORCID ID

Khrystyna Partsei: <https://orcid.org/0009-0006-3667-5482>

GannaErsteniuk: <https://orcid.org/0000-0002-5291-5347>

Galina Tokaryk: <https://orcid.org/0009-0006-6564-0326>

Svitlana Shkurashivska: <https://orcid.org/0000-0001-8567-5805>

Liliia Kuras: <https://orcid.org/0000-0003-4159-0388>