

ВПЛИВ КОФЕЇНУ НА ФІЗІОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В ОРГАНІЗМІ ЛЮДИНИ ТА НАСЛІДКИ ЙОГО СПОЖИВАННЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Тези присвячені вивченню впливу кофеїну на організм людини, зокрема його фізіологічні ефекти, механізм дії та можливі позитивні та негативні наслідки для здоров'я. Особливу увагу приділено вивченню доз кофеїну, що є безпечними для людини, а також можливим ризикам, пов'язаним з його надмірним споживанням. Відзначено роль кофеїну як стимулятора центральної нервової системи та його вплив на когнітивні функції, серцево-судинну систему та інші фізіологічні процеси. Зокрема, розглянуто практичне застосування кофеїну в різних галузях, таких як медицина та спорт.

Ключові слова: кофеїн, вплив на організм, стимуляція, безпечне споживання, фізіологічні ефекти, здоров'я, серцево-судинна система.

Abstract

The theses focus on the impact of caffeine on the human body, particularly its physiological effects, mechanism of action, and potential positive and negative health consequences. Special attention is given to studying caffeine doses that are safe for humans, as well as the potential risks associated with excessive consumption. The role of caffeine as a stimulant of the central nervous system and its impact on cognitive functions, cardiovascular system, and other physiological processes are discussed. Specifically, the practical use of caffeine in various fields, such as medicine and sports, is explored.

Keywords: caffeine, impact on the body, stimulation, safe consumption, physiological effects, health, cardiovascular system.

Вступ

Вплив кофеїну на організм людини є однією з найбільш досліджених тем у медицині та фізіології. Кофеїн, що міститься в багатьох напоях, таких як кава, чай та енергетичні напої, має широкий спектр ефектів на організм людини. З моменту його відкриття та виявлення стимулюючих властивостей, кофеїн став невід'ємною частиною повсякденного життя людей. Однак, незважаючи на його популярність, питання щодо впливу кофеїну на здоров'я залишається актуальним. Важливо розуміти не лише потенційні переваги кофеїну, такі як покращення бадьорості та концентрації, а й можливі ризики, пов'язані з його надмірним споживанням. Тому вивчення ефектів кофеїну є ключовим для забезпечення здоров'я людини та правильного використання цього стимулятора в медичних та повсякденних умовах.

Основна частина

Кофеїн — це природно виникаючий хімічний компонент, що міститься в рослинних компонентах, таких як зерна кави та какао, чайне листя, ягоди гуарани та горіхи кола, і має довгу історію споживання людиною. Він додається до різноманітних продуктів, таких як випічка, морозиво, солодоші та напої типу кола. Кофеїн також міститься в так званих енергетичних напоях разом з іншими інгредієнтами, такими як таурин та інші. Він також присутній у поєднанні з синефрином у ряді добавок, що продаються для схуднення та підвищення спортивної витривалості. Деякі ліки та косметика також містять кофеїн. Коли людина споживає кофеїн, він стимулює центральну нервову систему, і в помірних дозах підвищує бадьорість та зменшує сонливість.

При споживанні кофеїн швидко і повністю всмоктується в організм людини. Стимулюючі ефекти можуть початися через 15-30 хвилин після споживання і тривати кілька годин (рис. 1). У дорослих період напіввиведення кофеїну — час, за який організм виводить 50% кофеїну — варіюється в залежності від таких факторів, як вік, вага тіла, стан вагітності, прийом медикаментів та здоров'я печінки. У здорових дорослих середній період напіввиведення становить приблизно чотири години, з діапазоном від двох до восьми годин [1-2].

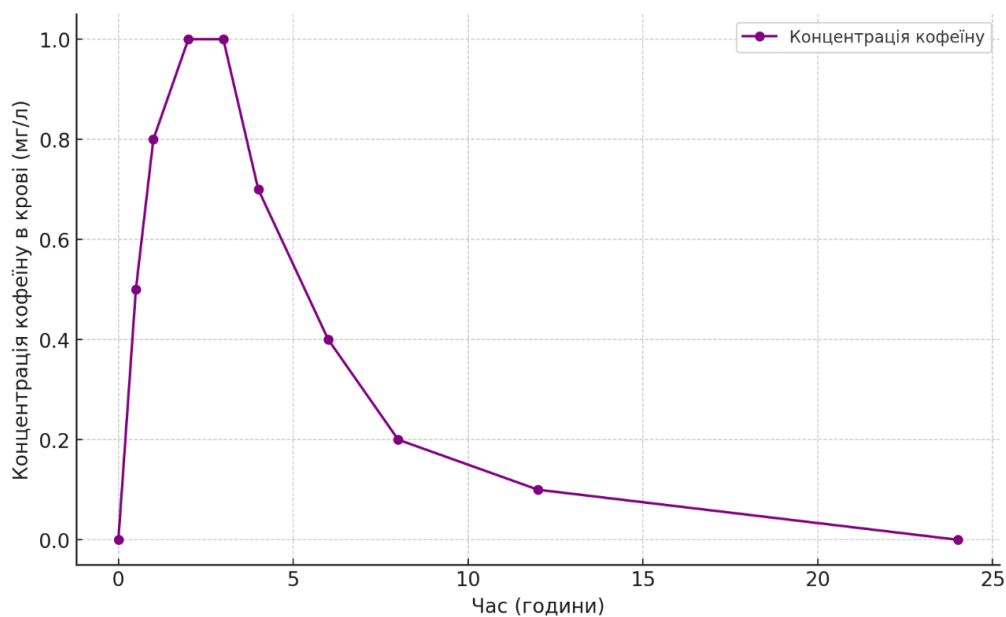


Рисунок 1 – Залежність рівня кофеїну в крові від часу після споживання

Кофеїн має кілька впливів на серцево-судинну систему (рис. 2), що були ретельно вивчені, але з суперечливими результатами. Було запропоновано багато механізмів щодо токсичності кофеїну, який в першу чергу впливає на серцево-судинну систему. У серці аденозин взаємодіє з певними рецепторами і знижує силу та частоту серцевих скорочень. Блокада цих рецепторів може призвести до прискореного серцебиття та аритмії через активацію інших рецепторів. Високі дози кофеїну блокують дію аденозину та стимулюють симпатичну нервову систему, що спричиняє збільшення частоти серцевих скорочень і покращує проведення імпульсів у серці. Кофеїн підвищує рівень деяких молекул в клітинах, що покращує серцеву активність і може збільшити ризик порушень серцевого ритму. Крім того, кофеїн впливає на певні білки в клітинах, що відповідають за баланс іонів у крові і всередині клітин. Це може підвищити ймовірність аритмій. Надмірне споживання кофеїну може викликати серцебиття, фібриляцію передсердь, а також інші порушення серцевого ритму. Багато досліджень підтверджують, що кофеїн може спричиняти порушення серцевого ритму, особливо при великих дозах. Однак результати досліджень не завжди однозначні, і вплив кофеїну на серце може бути різним. Деякі дослідження на людях показали, що кофеїн може змінювати електричну активність серця, але ці зміни не були суттєвими і не мали серйозного впливу на здоров'я [3-4].

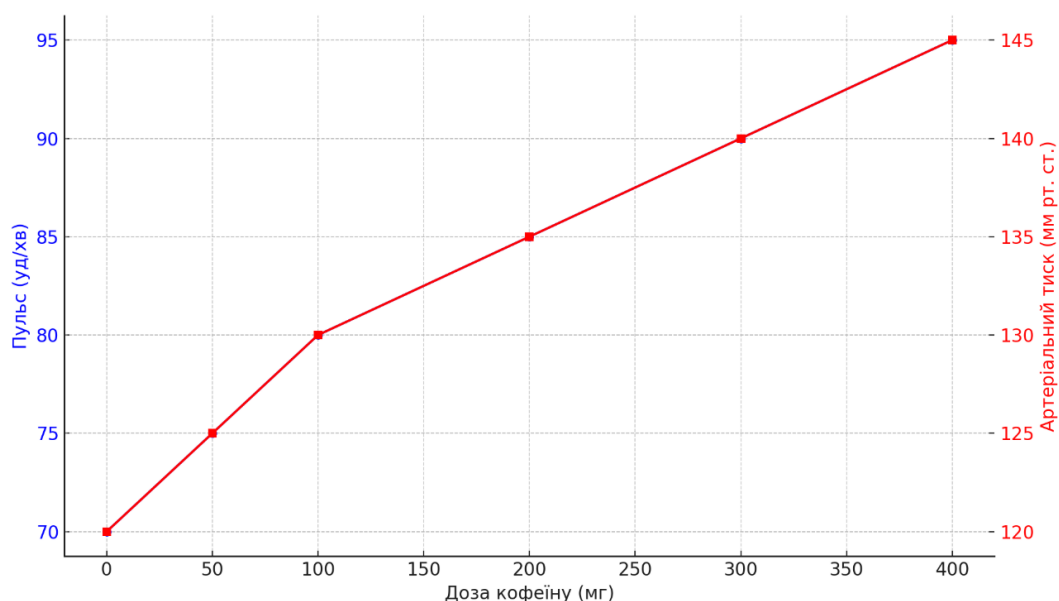


Рисунок 2 – Вплив різних доз кофеїну на серцеву діяльність (пульс, артеріальний тиск)

Кофеїн також має різноманітний вплив на центральну нервову систему (таблиця 1), включаючи покращення сприйняття пильності та уваги, але також може викликати тривогу, особливо при вживанні

великих доз. Крім того, кофеїн може призвести до судом та звуження кровоносних судин через взаємодію з певними рецепторами в мозку. Незважаючи на те, що кофеїн іноді допомагає відновити пам'ять або зменшити інші порушення мозку, його здатність покращувати когнітивні функції все ще обговорюється. Багато досліджень показують, що кофеїн більше допомагає в боротьбі з симптомами відміни, ніж реально покращує когнітивні здібності. Кофеїн також досліджується як можливий засіб лікування нейродегенеративних захворювань, таких як хвороба Альцгеймера та Паркінсона. Деякі дослідження показали, що споживання кофеїну знижує ризик цих хвороб, активуючи певні рецептори в мозку. Цей ефект має нейропротекторні властивості, що можуть захистити від пошкодження нейронів. Кофеїн також використовується як допоміжний засіб для зменшення болю, і його знеболювальний ефект був вперше вивчений у 1984 році. Це пов'язано з його здатністю блокувати рецептори в мозку і знижувати рівень запалення. Високі дози кофеїну можуть зменшити головний біль, хоча при частому споживанні можуть виникнути симптоми відміни, такі як головний біль і втома [5].

Таблиця 1 – Механізми дії кофеїну на центральну нервову систему

Механізм дії	Вплив на нервову систему	Негативні наслідки
Блокада рецепторів аденозину	Покращення пильності, зменшення втоми	Нервозність, тривога, порушення сну
Активация β 1-адренорецепторів	Збільшення серцевої діяльності, підвищення кров'яного тиску	Тахікардія, аритмія
Інгібування фосфодіестерази	Покращення нейротрансмітерів, активація метаболічних процесів	Підвищений ризик серцево-судинних захворювань
Вивільнення катехоламінів	Посилення стресової реакції та рівня енергії	Збільшена тривожність, порушення концентрації
Збільшення рівня цАМФ та цГМФ	Покращення передачі нервових імпульсів	Аритмії, підвищене серцебиття

Ступінь розвитку толерантності до ефектів кофеїну поки що невідомий. Це питання залишається неоднозначним через методологічні обмеження у дослідженнях. Більшість досліджень порівнюють людей, які не споживають кофеїн, з тими, хто споживає його регулярно або з тими, хто утримувався від кофеїну. Оскільки більшість людей регулярно вживають кофеїн, то люди, які не споживають його, є винятковою і нетиповою групою, і відмінності в їх реакціях можуть бути пов'язані з генетичними факторами або індивідуальними особливостями організму. Дослідження, які порівнюють людей, що неодноразово вживали кофеїн, із контрольною групою, що приймала плацебо, є рідкісними. Більшість досліджень показують, що толерантність до кофеїну розвивається частково і може бути різною для різних ефектів кофеїну. Що стосується впливу кофеїну на мозок, то дослідження за допомогою спеціального методу візуалізації показали, що після прийому кофеїну рівень лактату в мозку збільшується у тих, хто не споживає кофеїн, порівняно з тими, хто регулярно його вживає. Однак після кількох тижнів утримання від кофеїну у регулярних споживачів його ефект на рівень лактату в мозку стає подібним до того, що спостерігається у людей, які не споживають кофеїн. Це свідчить про розвиток толерантності до центральних ефектів кофеїну у багатьох людей. Периферичні ефекти кофеїну, такі як підвищення артеріального тиску, також були вивчені. Дослідження показали, що кофеїн підвищує артеріальний тиск у людей, які не звикли до його споживання. Однак у тих, хто регулярно вживає кофеїн, толерантність до цього ефекту проявляється швидше, і підвищення тиску від нього не спостерігається. Крім того, дослідження показали, що активність симпатичної нервової системи, яка регулює артеріальний тиск, підвищується в обох групах, але при цьому рівень кофеїну в крові був однаковим. Це свідчить про те, що толерантність до периферичних ефектів кофеїну може бути менш стабільною, ніж до центральних ефектів [6].

Найпоширенішим дістичним джерелом кофеїну є кава, але напої з какао, безалкогольні напої, енергетичні напої, ліки та спеціалізована спортивна їжа та добавки також сприяють регулярному споживанню. З моменту появи Red Bull в Австрії в 1987 році та в США в 1997 році ринок енергетичних напоїв надзвичайно розширився. Зараз можна знайти незліченну кількість брендів із вмістом кофеїну від скромних 50 мг до тривожних 500 мг на банку чи пляшку. Регулювання енергетичних напоїв, включаючи їх маркування, допустимі максимальні рівні кофеїну та попередження про здоров'я, було досить складним у більшості країн, з однією з найбільш м'яких нормативних рамок у США. Через різну кількість кофеїну, що споживається в кожній країні, важко встановити міжнародний стандарт. Це призвело до агресивного маркетингу енергетичних напоїв, націлених переважно на молодих людей, для підвищення фізичної працездатності та психостимулюючого ефекту. Крім того, кілька досліджень

показують, що енергетичні напої можуть служити воротами до інших форм залежності від речовин. Останніми роками, щоб обмежити це явище, були встановлені нормативні верхні межі для тих напоїв, у яких кофеїн не міститься природним шляхом, а додається з натурального або синтетичного джерела.

Як уже згадувалося, споживання кофеїну пов'язане з низкою проблем зі здоров'ям. Зростає кількість повідомлень про зловживання кофеїном, залежність і синдроми відміни, і здається ймовірним, що інтоксикація кофеїном також збільшиться. У дітей і підлітків, які не є звичними споживачами кофеїну, вразливість до інтоксикації кофеїном значно вища через відсутність фармакологічної толерантності. Генетичні фактори також можуть сприяти вразливості людини до розладів, пов'язаних із кофеїном [7].

У спорті вживання кофеїну дуже поширене. Було виявлено, що помірна доза кофеїну (3-5 мг/кг маси тіла), прийнята за годину до важкого тренування або змагання, значно підвищує результативність порівняно з плацебо, при цьому спортсмени відчувають мінімальні побічні ефекти. До 2004 року кофеїн був включений до списку заборонених речовин і методів Всесвітнього антидопінгового агентства (ВАДА) з дозволеною межею концентрації в сечі 12 мкг/мл; однак згодом його було видалено, що дозволило спортсменам, які змагаються у видах спорту, які відповідають кодексу ВАДА, вживати кофеїн у своєму звичайному раціоні або для певних цілей продуктивності. Цей перегляд ґрунтувався на визнанні того, що кофеїн покращує продуктивність у дозах, які неможливо відрізнити від щоденного вживання кофеїну, і що практика моніторингу вживання кофеїну через концентрацію в сечі не є повністю надійною. Проте ВАДА продовжує вимірювати рівень кофеїну за допомогою аналізу концентрації в сечі в рамках своєї Програми моніторингу, щоб дослідити моделі зловживання речовинами в спорті. На відміну від ВАДА, Національна університетська спортивна асоціація (НУСА), некомерційна асоціація, яка регулює діяльність спортсменів 1281 установи та асоціації та організовує спортивні програми багатьох коледжів та університетів США та Канади, має обмеження концентрації в сечі 15 мкг/мл; Таким чином, спортсмени в НУСА повинні враховувати, що кофеїн все ще входить до списку контрольованих речовин [8].

Кількість кофеїну, що міститься в чашці кави, може сильно відрізнятись залежно від її походження або складу суміші, способу заварювання та міцності напою. Розчинна кава зазвичай містить менше кофеїну, ніж смажена та мелена кава, але її зазвичай споживають у більших обсягах. Кава робуста містить приблизно вдвічі більше кофеїну, ніж арабіка. Зазвичай передбачається, що чашка містить 180 мл кави, але еспreso може містити лише 40 мл. Кава без кофеїну, незалежно від методу декофеїну, повинна містити менше 0,1% кофеїну на суху вагу, щоб відповідати нормам. Це відповідає приблизно 3-5 мг кофеїну в чашці кави без кофеїну. У сухому стані чай містить більше кофеїну, ніж кава, але для заварювання чашки чаю зазвичай використовується менша вага. На кількість кофеїну може впливати як тип чаю, так і час настоювання. Вміст кофеїну в чашці чаю зазвичай становить менше 60 мг, але міцна чашка чаю може містити більше кофеїну, ніж слабка чашка звичайної кави (таблиця 2).

Таблиця 2 – Вміст кофеїну

Напої та солодоші	Загальний кофеїн (у мг)
Фільтр кава 200 мл	90 мг
Енергетичний напій 250 мл	80 мг
Еспreso 60 мл	80 мг
Чорний чай 180 мл	70 мг
Зелений чай 180 мл	35 мг
Кола 355 мл	40 мг
Чорний шоколад 50 г	25 мг
Молочний шоколад 50 г	10 мг

Споживання кофеїну було класифіковано таким чином:

- споживачі з низьким вмістом кофеїну: < 200 мг/день;
- помірні споживачі кофеїну: 200-400 мг/день;
- споживачі високого вмісту кофеїну: > 400 мг/день.

Споживання кофеїну у дуже високих дозах, що перевищують 500-600 мг на день (еквівалентно 4-7 чашкам кави), може викликати тривогу, тремор та тахікардію. Цей ефект вимагає високих концентрацій кофеїну, яких важко досягти за допомогою звичайної кількості кофеїну в дієтичних джерелах. Хоча точний рівень гострої токсичності кофеїну не встановлений, для дорослих він складає приблизно 10 г на день, що дорівнює споживанню близько 100 чашок кави. Найбільш серйозне

передозування кофеїну, яке може бути небезпечним для життя, зазвичай трапляється після вживання ліків, що містять кофеїн, а не через харчові продукти чи напої. Передозування кофеїном зазвичай відбувається при концентрації кофеїну в крові понад 80 мг/л. Летальні випадки часто пов'язані з вживанням харчових добавок або комбінацією кофеїну зі стимуляторами чи алкоголем. Інтоксикація кофеїном є визнаним клінічним синдромом, який включено до Міжнародної класифікації хвороб Всесвітньої організації охорони здоров'я. Токсичність кофеїну визначається специфічними симптомами, які виникають безпосередньо після його споживання. Загальні ознаки отруєння кофеїном, відомого також як «кофеїнізм» (стан хронічної токсичності через надмірне споживання), включають тривогу, збудження, неспокій, безсоння, шлунково-кишкові розлади, тремор, тахікардію та психомоторне збудження. Симптоми інтоксикації кофеїном можуть бути схожими на симптоми тривоги або інших афективних розладів. Споживання енергетичних напоїв може підвищити ризик передозування кофеїном, як у людей, які звикли до його споживання, так і в тих, хто раніше не вживав кофеїн.

В останні роки вживання кофеїну зросло, особливо серед молоді, через широке розповсюдження напоїв з кофеїном, які рекламуються як енергетичні. Незважаючи на широке розповсюдження кофеїну у вигляді напоїв, їжі та ліків, смерть від гострої інтоксикації зустрічається відносно рідко і в основному спричинена добровільним або мимовільним прийомом таблеток, що містять чистий кофеїн у високих концентраціях. Насправді, хоча в каві, чаї та інших напоях міститься різна кількість кофеїну, важко досягти смертельних доз кофеїну виключно за допомогою одного з цих продуктів.

На підставі відомих механізмів дії кофеїн можна розглядати як психостимулятор, оскільки його основні ефекти пов'язані з впливом на нейроендокринні системи контролю. Психологічний вплив кофеїну також відповідає за його широке використання, оскільки він може забезпечити енергією та покращити когнітивні навички; вони є прямим результатом спричиненої кофеїном хімічної активації різних нейронних шляхів через зміни у вивільненні нейромедіаторів. Ці ефекти можуть викликати як психологічну, так і фізичну залежність. Було продемонстровано, що кофеїн здатний викликати абстинентний синдром під час відміни після тривалого вживання та може призвести до механізмів звикання та толерантності, які, з одного боку, можуть визначати зменшення «небезпечних» серцево-судинних ефектів, але з іншого боку можуть збільшити частоту та кількість споживання.

Вплив вживання кофеїну на серцево-судинну систему, який враховується для оцінки ризику гострих і хронічних серцево-судинних захворювань, також є результатом прямої та/або непрямої дії кофеїну на нейроендокринні системи контролю судинного опору, серцевої функції та електролітного балансу.

Хоча випадки смертельного отруєння в основному пов'язували з виникненням аритмічних явищ, спричинених кофеїном, дослідження на людях надали обмежені докази на підтримку здатності речовини викликати аритмії у здорових суб'єктів та суб'єктів, схильних до таких явищ. Ці висновки, однак, навіть якщо отримані дослідженнями, що відрізняються за розміром вибірки та методами, не слід розглядати як суперечливі висновки тих досліджень, які повідомляють про випадки смертельного отруєння, оскільки перші враховують дози кофеїну, нижчі від тих, які вважаються токсичними для людини.

Крім того, слід враховувати, що поняття токсичних і летальних доз для людини є відносними, оскільки дози, нижчі за токсичний і/або летальний діапазон, можуть відігравати причинну роль у спричиненні інтоксикації або смерті. Причиною цього може бути:

- взаємодія з іншими речовинами, які мають синергічний ефект при споживанні з кофеїном або здатні підвищувати рівень кофеїну в крові;
- наявні стани або захворювання людини, які можуть потенціювати механізми дії кофеїну;
- міжіндивідуальні відмінності, здебільшого генетично зумовлені, які можуть впливати на метаболізм кофеїну в обох напрямках (тобто, збільшення чи зменшення), сприяючи різній індивідуальній «чутливості» до ефектів речовини [9].

Висновки

Небезпека кофеїну полягає не лише в його фізіологічних ефектах, а й у широкому розповсюдженні цього стимулюючого засобу в повсякденному житті. З огляду на те, що кофеїн є активною складовою численних харчових продуктів і напоїв — від кави та чаю до енергетичних напоїв і навіть деяких лікарських засобів, споживання цієї речовини часто відбувається без усвідомлення її реального обсягу. Багато людей навіть не підозрюють про високу концентрацію кофеїну в таких продуктах, що може призвести до небезпечних наслідків.

Однією з основних проблем є те, що точно визначити, скільки кофеїну людина споживає щодня, надзвичайно важко, особливо враховуючи широкий спектр напоїв і продуктів, які містять кофеїн. Існує велика кількість варіацій у вмісті кофеїну в різних продуктах, тому для багатьох людей важко підрахувати, скільки саме вони споживають кофеїну протягом дня. Більшість людей не уявляють собі, яку кількість кофеїну вони отримують з різних джерел, оскільки це питання часто залишається поза увагою.

Ще однією проблемою є те, що важко передбачити, як кофеїн може вплинути на організм, навіть у тих дозах, які вважаються «безпечними». Залежно від індивідуальних особливостей організму — таких як вік, генетичні фактори, стан здоров'я, наявність захворювань або прийом ліків — ефекти кофеїну можуть бути різними. Наприклад, для одних людей навіть невеликі дози кофеїну можуть викликати неприємні симптоми, такі як тахікардія, тривога, або порушення сну, в той час як інші можуть споживати великі кількості кофеїну без очевидних побічних ефектів.

Крім цього, варто зазначити, що кофеїн є психоактивною речовиною, яка може викликати зловживання та залежність. Подібно до таких психоактивних речовин, як алкоголь і тютюн, кофеїн здатен формувати звичку, яка може спричинити фізичну та психологічну залежність. Однак на відміну від алкоголю та тютюну, які підлягають суворим обмеженням і контролю в багатьох країнах, кофеїн не має таких жорстких обмежень. Його продаж не регулюється так ретельно, і він широко доступний у вигляді енергетичних напоїв, таблеток та інших продуктів, що містять високу концентрацію кофеїну.

Незважаючи на те, що кофеїн є легально доступним продуктом, існує необхідність у підвищенні обізнаності серед споживачів щодо потенційних ризиків його надмірного споживання. Багато людей можуть не усвідомлювати шкоди, яку може спричинити високий рівень кофеїну в організмі, особливо коли він споживається регулярно або в поєднанні з іншими стимуляторами. Це підкреслює важливість контролю за споживанням кофеїну та потребу в більш чітких рекомендаціях щодо безпечних доз, особливо для вразливих груп населення, таких як діти, вагітні жінки або люди з серцево-судинними захворюваннями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Caffeine. URL: https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/corporate_publications/files/efsaexplainscaffeine
2. Caffeine. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK519490/>
3. Pharmacology of caffeine and its effects on human body. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/>
4. Caffeine: Benefits, risks and effects. URL: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/285194>
5. Caffeine: Cognitive and Physical Performance Enhancer or Psychoactive Drug. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4462044/>
6. Overview of Caffeine Effects on Human Health. URL: <https://www.mdpi.com/1424-8247/16/8/1067>
7. New Study Finds Chronic High Caffeine Consumption May Heighten Risk for Cardiovascular Disease. URL: <https://www.acc.org/About-ACC/Press-Releases/2024/08/15/14/46/New-Study-Finds-Chronic-High-Caffeine-Consumption-May-Heighten-Risk-for-Cardiovascular-Disease>
8. Caffeine as a Factor Influencing the Functioning of the Human Body—Friend or Foe? URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8467199/>
9. Caffeine effects on systemic metabolism, oxidative-inflammatory pathways, and exercise performance. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0271531720304449>

Ферубко Ольга Сергіївна – студентка третього курсу спеціальності Комп'ютерні науки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ferubko.olga@gmail.com

Томчук Микола Антонович – кандидат технічних наук, доцент кафедри Безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: tomchuk@vntu.edu.ua

Olga Ferubko – a third-year student specializing in Computer Science, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsa, e-mail: ferubko.olga@gmail.com

Mykola Tomchuk – Cand. Sc. (Tech), Docent of Computer Technologies department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: tomchuk@vntu.edu.ua