

УДК 577.004.14: (616.314-002+616.314.17-608.1)-084
DOI <https://doi.org/10.35220/2523-420X/2026.2.3>

О.О. Пахомова,

кандидат біологічних наук,
Одеський національний медичний університет,
пров. Валіховський, 2, м. Одеса, Україна, індекс 65082,
olena.pakhomova@onmedu.edu.ua,
<https://orcid.org/0009-0008-9796-9331>

О.О. Протункевич,

кандидат біологічних наук, доцент,
Національний університет «Одеська політехніка»,
пр. Шевченка, 1, м. Одеса, Україна, індекс 65044,
protunkevych@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0002-9909-8778>

М.Ф. Коновалов,

кандидат медичних наук, доцент,
Одеський національний медичний університет,
пров. Валіховський, 2, м. Одеса, Україна, індекс 65082,
nikkikon67@gmail.com,
<https://orcid.org/0009-0003-6298-6098>

О.Л. Аппельханс,

доктор медичних наук, професор,
Одеський національний медичний університет,
пров. Валіховський, 2, м. Одеса, Україна, індекс 65082,
olena.appelhans@onmedu.edu.ua,
<https://orcid.org/0000-0002-2344-6502>

О.Б. Соломатін,

асистент,
Одеський національний медичний університет,
пров. Валіховський, 2, м. Одеса, Україна, індекс 65082,
alexbsolomatin@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0003-4837-7520>

О.О. Левіна,

студент,
Одеський національний медичний університет,
Валіховський провулок, 2, м. Одеса, Україна,
індекс 65082
oksanadenga@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0000-4079-9177>

ВПЛИВ ВІТАМІНУ Е НА ОКИСНО-ВІДНОВНИЙ СТАН ТА ПЕРЕКИСНЕ ОКИСНЕННЯ ЛІПІДІВ В ТКАНИНАХ ЩУРІВ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ПАРОДОНТИТУ І КАРІЄСУ ЗУБІВ

Постановка проблеми. Останніми роками показано, що фоном для формування та розвитку низки захворювань, в том числі стоматологічних, є прихована вітамінна та мінеральна недостатність організму

людини на фоні незбалансованого харчування, що впливає на доступність антиоксидантів. **Мета дослідження.** Вивчення впливу вітаміну Е (α-токоферолу ацетат) на окисно-відновний стан тканин і показники перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ) щурів при моделюванні пародонтиту і карієсу зубів відповідними раціонами – дієтами з надлишком амонію та сахарози. **Методи дослідження.** Модель карієсу зубів була отримана шляхом утримання тварин на дієті С. А. Нікітіна та М. С. Бугайової, модель пародонтиту – шляхом введення до раціону тварин хлористого амонію. Дві дослідні групи отримували з їжею вітамін Е (α-токоферол ацетат) (Виробництво ЗАТ «Київський вітамінний завод», Україна). У крові тварин визначали кислотно-лужну рівновагу загальноприйнятими методами. В тканинах щурів визначали кількість сульфгідрильних та дисульфідних груп, малонового діальдегіду ідієнових кон'югатів. Про окисно-відновний стан судили за співвідношенням вмісту сульфгідрильних та дисульфідних груп водорозчинних білків і показникам ПОЛ. **Наукова новизна.** Досліджено вплив вітаміну Е на окисно-відновний баланс та показники ПОЛ у організмі піддослідних тварин при моделюванні карієсу зубів і пародонтиту на фоні порушення кислотно-лужної рівноваги. Встановлено альтернативні порушення кислотно-лужної рівноваги, метаболічний алкалоз та метаболічний ацидоз в крові щурів під впливом карієсогенної та амонійної дієти – моделей карієсу зубів та пародонтиту. При впливі вітаміну Е відзначається нормалізуюча дія у тканинах щурів на вміст тіолів та дисульфідів, малонового діальдегіду та дієнових кон'югатів. **Висновки.** Вітамін Е нормалізує окисно-відновний стан та ПОЛ в організмі щурів і може бути надалі досліджений як спосіб для профілактики та корекції стоматологічних захворювань.

Ключові слова: вітамін Е, окисно-відновний стан, перекисне окиснення ліпідів, карієс зубів та пародонтит, щурів.

О.О. Pakhomova,

Candidate of Biological Sciences,
Odessa National Medical University,
2 Valikhovskiy Ave., Odessa, Ukraine, postal code 65082,
olena.pakhomova@onmedu.edu.ua,
<https://orcid.org/0009-0008-9796-9331>

О.О. Protunkevych,

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
National University "Odessa Polytechnic",
1 Shevchenko Ave., Odessa, Ukraine, postal code 65044,
protunkevych@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0002-9909-8778>

М.Ф. Konovalov,

Candidate of Medical Sciences, Associate Professor,
Odessa National Medical University,
2 Valikhovskiy Ave., Odessa, Ukraine, postal code 65082,
nikkikon67@gmail.com,
<https://orcid.org/0009-0003-6298-6098>



O.L. Appelhans,

Doctor of Medical Sciences, Professor,
Odessa National Medical University,
2 Valikhovskiy Ave., Odesa, Ukraine, postal code 65082,
olena.appelhans@onmedu.edu.ua,
<https://orcid.org/0000-0002-2344-6502>

O.B. Solomatin,

Assistant,
Odessa National Medical University,
2 Valikhovskiy Ave., Odesa, Ukraine, postal code 65082,
alexbsolomatin@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0003-4837-7520>

O.O. Levina,

Student,
Odessa National Medical University,
2 Valikhovsky lane, Odesa, Ukraine, postal code 65082
oksanadenga@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0000-4079-9177>

EFFECT OF VITAMIN E ON THE REDUCTION STATE AND LIPID PEROXIDATION INDICATORS IN RAT TISSUES IN MODELING PERIODONTITIS AND DENTAL CARIES

Statement of the problem. In recent years, it has been shown that the background for the formation and development of a number of diseases, including dental, is the hidden vitamin and mineral deficiency of the human body against the background of unbalanced nutrition, which affects the availability of antioxidants. **Purpose of the study.** Study of the effect of vitamin E (α -tocopherol acetate) on the redox state of tissues and lipid peroxidation indicators in rats in modeling periodontitis and dental caries with appropriate diets with excess ammonium and sucrose. **Research methods.** The dental caries model was obtained by keeping animals on the diet of S. A. Nikitin and M. S. Bugaeva, the periodontitis model – by introducing ammonium chloride into the diet of animals. Two experimental groups received vitamin E (α -tocopherol acetate) with food (production of "Kyiv Vitamin Plant", Ukraine). The acid-base balance in the blood of animals was determined by generally accepted methods. In rat tissues, the amount of sulfhydryl and disulfide groups, malondialdehyde and diene conjugates was determined. The redox state was judged by the ratio of the content of sulfhydryl and disulfide groups of water-soluble proteins and the indicators of lipid peroxidation. **Scientific novelty.** The effect of vitamin E on the redox balance and lipid peroxidation indicators in the body of experimental animals was studied when modeling dental caries and periodontitis against the background of impaired acid-base balance. Alternative acid-base balance disorders, metabolic alkalosis and metabolic acidosis were established in the blood of rats under the influence of cariogenic and ammonium diets – models of dental caries and periodontitis. When exposed to vitamin E, a normalizing effect is noted in rat tissues on the content of thiols and disulfides, malondialdehyde and diene conjugates. **Conclusions.** Vitamin E normalizes

the redox state and lipid peroxidation in rats and can be further investigated as a method for the prevention and correction of dental diseases.

Key words: vitamin E, redox state, lipid peroxidation, dental caries and periodontitis, rats.

Постановка проблеми. Останніми роками показано, що фоном для формування та розвитку низки захворювань, в том числі стоматологічних, є прихована вітамінна та мінеральна недостатність організму людини на фоні незбалансованого харчування, що впливає на доступність антиоксидантів (наприклад, вітамінів А, Е, С, D, цистеїну, GSH, та ін.) [1, 2]. Переважання в харчуванні вуглеводів, білків і ліпідів, яке успішно моделюють за допомогою дієти з підвищеним вмістом сахарози або зниження білків, надає суттєвий вплив на обмін речовин в організмі, у тому числі призводить до порушення балансу окислювально-відновленої системи і ризику розвитку основних стоматологічних захворювань та атеросклерозу [3].

Дослідження лікувальних і профілактичних властивостей вітаміну Е при моделюванні пародонтиту та карієсу зубів показують, що він сприяє загоєнню ясен, зменшує їх кровоточивість, знижує запалення і рівень цитокінів IL-1, IL-6 у фібробластих ясен людини після впливу ліпополісахариду *P. gingivalis*, стимулює кісткоутворення у щурів [4, 5, 6,]. Низький рівень α -токоферолу і аскорбінової кислоти у сироватці крові літніх японців (224 обстежуваних) був пов'язаний з великою кількістю захворювань пародонту [7], знижені рівні антиоксидантів слини, в тому числі вітаміну Е, поєднують з розповсюдженням карієсу зубів у дітей [8]. Вважається, що ефект вітаміну Е, який є частиною збалансованого раціону, залежить від його антиоксидантної активності та захисту відновленого глутатіону [8], однак на даний час роль вітаміну Е у профілактиці та лікуванні основних стоматологічних захворювань недостатньо з'ясована.

Застосування вітамінів аптечної мережі при різних захворюваннях викликає виражений вплив на організм людини, що визначає необхідність застосування їх під контролем. Є дані, що надмірне введення вітаміну Е може призвести до накопичення відповідних оксидантних радикалів [1, 2], продовжуються суперечки щодо біологічних функцій вітаміну Е та його зв'язок з окислювально-відновним балансом [2, 4, 8]. Дослідження обміну речовин при незбалансованому харчуванні на фоні вітамінної недостатності дозволить вивчити окисно-відновний стан в організмі тварин та показники перекисного окислення

ліпідів (ПОЛ) і встановити ступінь лікувально-профілактичного впливу вітаміну Е на організм піддослідних тварин при розвитку пародонтиту і карієсу зубів.

Мета дослідження. Вивчення впливу вітаміну Е на окисно-відновний стан тканин щурів та показники ПОЛ при моделюванні пародонтиту та карієсу зубів відповідними раціонами з надлишком амонію та сахарози.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження на протязі місяця були проведені на 80 білих щурах лінії Wistar (1,5 місячного віку, середньої ваги 210–230 г). Тварин утримували у звичайних умовах віварію при природному освітленні та з вільним доступом до води та їжі. Тварини були розділені на п'ять груп, інтактним контролем служила група щурів, що утримувалися на раціоні віварію (табл. 1). Модель карієсу зубів була отримана шляхом утримання щурів на дієті С. А. Нікітіна та М. С. Бугайової [9], модель пародонтиту – шляхом введення до раціону тварин хлористого амонію [10]. Цими методами моделювали у двох груп тварин стан метаболічного алкалозу і метаболічного ацидозу, відповідно. Двом групам щурів, на фоні моделювання у них карієсу зубів і пародонтиту, вводили внутрішньо з їжею вітамін Е (α -токоферол ацетат) (10% масляний розчин виробництва ЗАТ «Київський вітамінний завод», м. Київ, Україна) з розрахунку 1 мг на 100 г маси тварини (табл. 1).

Після закінчення експерименту досліджували кров, тканини печінки, серцевого м'яза та альвеолярного відростку щелеп, тканини швидко заморожували. У крові визначали показники кислотно-лужної рівноваги крові (КЛР) (рН, pCO_2) загальноприйнятим методом за допомогою біологічного мікроаналізатору фірми «Radelskis» (Угорщина), стан показників визначали за номограмою.

Таблиця 1
Досліджені групи при моделюванні пародонтиту і карієсу зубів (n=80)

№	Досліджені групи	Кількість щурів
1	Контрольна група	20
2	Моделювання пародонтиту (дієта з хлористим амонієм)	15
3	Модель пародонтиту + вітамін Е	15
4	Моделювання карієсу зубів (сахарозна дієта С. А. Нікітіна та М. С. Бугайової)	15
5	Модель карієсу зубів + вітамін Е	15

В отриманих гомогенатах тканин визначали кількість сульфгідрильних та дисульфідних груп

водорозчинних білків за Ellman G. L., малонового діальдегіду і ієнових кон'югатів [11, 12]. Про окисно-відновний стан тканин судили за співвідношенням вмісту сульфгідрильних та дисульфідних груп водорозчинних білків [11]. Обробку експериментального матеріалу проводили за допомогою пакетів статистичних програм Microsoft Excel з використанням t-критерію Стюдента, рівень значимості достовірних відмінностей у порівнянні контролем ($p \leq 0,05$) [13].

Всі дослідження проведено з дотриманням: «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідницьких та інших наукових цілей» від 18.03.1986 р. з доповненнями 02.12.2005 р.; «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених П'ятим національним конгресом з біоетики (Київ, 2013) [14].

Результати та їх обговорення. В результаті експериментальних досліджень, при моделюванні пародонтиту та карієсу зубів відповідними раціонами з надлишком амонію та сахарози у щурів, на фоні використання вітаміну Е виявлено його позитивний вплив на стан пародонту та ясен. Встановлено достовірне зниження показників атрофії альвеолярних відростків і зниження запалення при застосуванні вітаміну Е при пародонтиті. При моделюванні карієсу зубів вітамін Е достовірно не зменшує поширеність та глибини ураження карієсом, спостерігається лише тенденція (табл. 2).

З даних, наведених у таблиці 3, випливає, що моделювання пародонтиту призводить до зниження рН крові та вмісту в крові вуглекислоти та бікарбонату, що діагностується як частково компенсований метаболічний ацидоз. За даними літератури, іони аміаку здатні інгібувати функціонування трикарбонового циклу та накопичувати продукти недоокислення, що є причиною розвитку в тканинах ацидозу [3].

Надлишок сахарози в раціоні щурів при моделюванні карієсу зубів призводить до протилежним змінам показників кислотно-лужного балансу крові. Так, зміст вуглекислоти в крові тварин істотно збільшується, значення рН крові під впливом сахарозного раціону підвищується до верхньої межі норми, що діагностується як частково компенсований метаболічний алкалоз (табл. 3).

Дослідження недавнього часу показують, що застосування α -токоферолу перорально було ефективно у щурів в умовах гіпоксії викликаній високогір'ям, для стабілізації біохімічних показників у сироватці крові (активності супероксиддисмутази, рівнів IL-2, IL-4, малонового діаль-

дегіду), тим самим опосередковано покращуючи транспортування кисню та видалення вуглекислого газу, що критично важливо для підтримки балансу рН крові і запобігає розвитку гіпоксії в організмі [15]. Згідно отриманим нами результатам, вітамін Е не надавав вираженого впливу на показники кислотно-лужної рівноваги крові щурів як при моделюванні за допомогою раціонів як пародонтиту, так і при моделюванні карієсу зубів, була лише недостовірною тенденція к нормалізації рН крові та вмісту вуглекислоти.

У тканинах щурів проводили дослідження тіол-дисульфідного обміну, що відображає стан лабільної окислювально-відновлювальної системи організму. Окислювально-відновлювальний статус сульфгідрильних груп білків і низькомолекулярних сполук, нікотинамідних і флавінових коферментів є важливою характеристикою редокс-стану клітин. Відчуваючи зміни у внутрішньоклітинному окисно-відновному середовищі, реактивні тіоли білків додають чітку форму та характеристику заряду, які можуть викликати конформаційні зміни білка, запускаючи специфічні реакції, що змінюють клітинну та тканинну

функцію [3]. Відома здатність відновленого глутатіона (GSH) виступати донором електронів для відновлення окислених SS-груп, забезпечуючи тим самим клітинний редокс-гомеостаз і захист від окислення вільними радикалами [2, 3].

У всіх досліджених тканинах щурів під впливом дієти з амонієм, яка моделює пародонтит, відзначається збільшення вмісту SH-групи та значне зниження дисульфідних груп, особливо в тканинах печінки та серцевого м'яза, також збільшувалось співвідношення SH/SS-групи в порівнянні з контролем (табл. 4).

Надлишок сахарози в раціоні щурів при моделюванні карієсу зубів призводить у всіх досліджуваних тканинах щурів до зниження вмісту сульфідрильних груп низькомолекулярних сполук і розчинних білків і зниження співвідношення SH/SS-груп, у тому числі до збільшення вмісту окислених дисульфідних сполук. У тканинах печінки і міокарда у щурів, що містяться на сахарозній дієті, збільшився вміст дисульфідних груп і знизилася значення відносини SH/SS-групи, що свідчить про зростання окислення середовища і є маркером окислювального стресу.

Таблиця 2

Вплив дієти з хлористим амонієм та сахарозної дієти С. А. Нікітіна та М. С. Бугайової на стан зубощелепної системи щурів ($M \pm m$)

№	Досліджені групи	Ступінь атрофії альвеолярних відростків (%)	Кількість каріозних порожнин на 1 щура
1	Контрольна група	8,20±0,26	0,29±0,02
2	Моделювання пародонтиту (дієта з хлористим амонієм)	*12,5±0,40	*0,14±0,01
3	Моделювання пародонтиту + вітамін Е	10,6±0,24**	*0,16±0,01
4	Моделювання карієсу зубів (сахарозна дієта С. А. Нікітіна та М. С. Бугайової)	8,40±0,34	*9,91±0,8
5	Моделювання карієсу зубів + вітамін Е	7,80±0,28	*8,42±0,2

Примітка: * – відзначені достовірні відмінності порівняно з контрольною групою ($P \leq 0,05$); ** – достовірні відмінності раціонів з вітаміном Е від незбалансованих дієт з амонієм та сахарозою ($P \leq 0,05$).

Таблиця 3

Вплив вітаміну Е (α-токоферолу) на показники кислотно-лужної рівноваги в крові щурів при моделюванні метаболічного ацидозу і алкалозу

№	Досліджувані групи	pH	pCO ₂	Стан показників за номограмами
1	Контрольна група	7,33±0,02	30,7±5,70	Норма, межа норми
2	Моделювання карієсу зубів (сахарозна дієта С. А. Нікітіна та М. С. Бугайової)	7,30±0,016	103,0±11,40*	Частково компенсований метаболічний алкалоз
3	Моделювання карієсу зубів + вітамін Е	7,39±0,023	95,0±4,92*	Частково компенсований метаболічний алкалоз
4	Моделювання пародонтиту (дієта з хлористим амонієм)	7,31±0,05	12,5±2,81*	Частково компенсований метаболічний ацидоз
5	Моделювання пародонтиту + вітамін Е	7,32±0,03	17,30±3,40*	Частково компенсований метаболічний ацидоз

Примітка: * – відзначені достовірні відмінності порівняно з контрольною групою ($p \leq 0,05$).

Таким чином, реакція організму при утриманні щурів на різних дієтах для моделювання пародонтиту і карієсу зубів, характеризується при вмісті в дієті амонію – ростом відновлення тіолових з'єднань білкової та небілкової природи, і окисністю цих же з'єднань при вмісті в дієті надлишку сахарози, тому можна говорити про альтернативний характер зміни вмісту тіолових з'єднань і окисно-відновного стану при впливі на організм незбалансованого харчування, що є реальному житті факторами ризику [3].

В умовах оксидативного стресу вітамін Е (α-токоферол, біологічно найактивніша форма

вітаміну Е) є потужним біологічним регулятором метаболізму клітин і впливає на експресію генного ряду активних компонентів, зокрема анти-апоптичних білків [2]. Відома взаємозалежність окислювально-відновленої системи глутатіону і вітаміну Е як захисних агентів, їх роль у запобіганні окисленні тіолів білків шляхом нейтралізації ліпідних пероксидальних радикалів, захисту клітинних та субклітинних мембран від шкідливих факторів [2].

Дієта з хлористим амонієм і вітаміном Е (α-токоферолом) сприяла нормалізації вмісту тіолових з'єднань в печінці і альвеолярному відростку

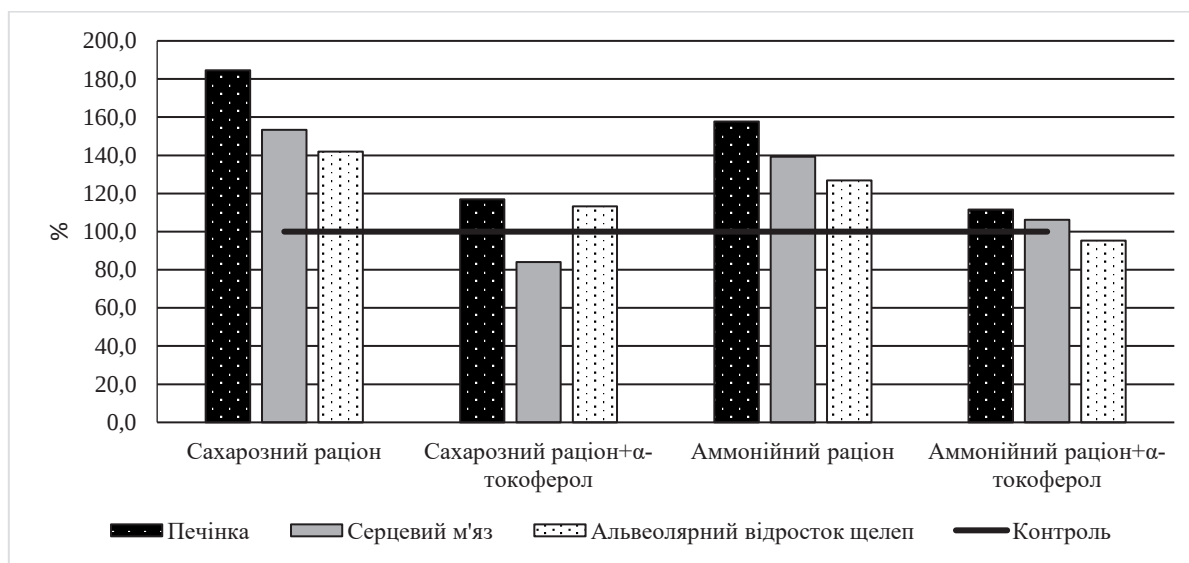


Рис. 1. Вплив вітаміну Е (α-токоферолу) на вміст малонового діальдегідів тканинах щурів при моделюванні пародонтиту і карієсу зубів (в % к контролю)

Таблиця 4

Вплив вітаміну Е (α-токоферолу) на показники сульфгідрильних та дисульфідних груп (мкмоль/г*тк) та їх співвідношення в тканинах щурів при моделюванні метаболічного ацидозу та алкалозу (M±m)

Досліджувані показники	Контрольна група	Моделювання карієсу зубів (сахарозна дієта)	Модель карієсу зубів + вітамін Е	Моделювання пародонтиту (дієта з хлористим амонієм)	Модель пародонтиту + вітамін Е
Печінка					
SH-групи	11,5±0,68	*2,80±0,46	*3,42±0,60	*17,2±0,65	14,2±2,10**
SS-групи	3,18±0,86	3,80±1,63	3,10±0,83	*0,73±0,02	*0,90±0,15
SH/SS	3,62	0,7	1,10	23,6	15,8
Міокард					
SH-групи	5,52±0,45	*1,09±0,04	*1,94±0,07**	*10,5±1,13	*8,01±0,50
SS-групи	1,22±0,36	*3,29±0,26	*3,71±0,29	*0,35±0,10	0,85±0,20**
SH/SS	4,52	0,33	0,52	30,1	9,42
Альвеолярний відросток щелеп					
SH-групи	1,30±0,05	*0,25±0,03	*0,82±0,04**	*4,2±0,45	1,65±0,19**
SS-групи	4,32±0,15	*7,90±0,24	*6,60±0,46**	*3,23±0,11	3,50±0,41
SH/SS	0,30	0,031	0,12	1,30	0,47

Примітка: * – відзначені достовірні відмінності порівняно з контрольною групою ($P \leq 0,05$); ** – достовірні відмінності раціонів з вітаміном Е від незбалансованих дієт з амонієм та сахарозою ($P \leq 0,05$).

тку щурів, а також дисульфідних груп в альвеолярному відростку. Дієта з сахарозою і вітаміном Е надавала виражений нормалізуючий вплив на вміст дисульфідних сполук в альвеолярному відростку і, відповідно, зростанню співвідношення тіоли/дисульфіди.

Під впливом дієти, що містить хлорид амонію і моделює пародонтит, у тканинах печені відзначається збільшення вмісту малонового діальдегіду, одночасно в тканинах печені та альвеолярного відростка зростає вміст дієнових кон'югатів (рис. 1, 2). Під впливом карієсогенної дієти з надлишком сахарози спостерігається збільшення вмісту малонового діальдегіду та дієнових кон'югатів у всіх досліджуваних тканинах щурів (рис. 1, 2).

Під впливом дієти з хлоридом амонію з додаванням вітаміну Е знижується вміст малонового діальдегіду у всіх досліджуваних тканинах. Карієсогенний раціон з вітаміном Е також достовірно знижує вміст малонового діальдегіду та нормалізує вміст дієнових кон'югатів у печінці щурів (рис. 1, 2).

Перекисне окислення ліпідів розглядають як одну з ключових, ранніх подій у патогенезі атеросклерозу, у тому числі попередника серцево-судинних захворювань. Існує гіпотеза, що вітамін Е, як антиоксидант, може уповільнювати прогресування атеросклерозу судин, знижуючи адсорбцію окислювальних ліпопротеїнів низької щільності і, таким чином, зменшуючи їх вміст в просвіті судин. Були отримані дані, що вживання добавок вітаміну Е зменшує фактори ризику сер-

цево-судинних захворювань, запобігає розвитку ІХС, знижує частоту інфаркту міокарду, підтримує здоров'я кардіоміоцитів серця [16]. Відомо, що у кардіоміоцитах серця порушення тіолового окисно-відновного стану сприяє розвитку серцевої недостатності, ішемічно-реперфузійного (І/Р) пошкодження, гіпертрофії та аритмій [17].

В тканині серцевого м'яза щурів під впливом раціону з надлишком амонію з вітаміном Е нормалізувався вміст дисульфідних сполук та відношення SH/SS-груп, вміст малонового діальдегіду та діє нових кон'югатів, що свідчить о зниженні надлишкових відновних властивостей тканини та інтенсивності протікання процесів ПОЛ. Сахарозний раціон з додаванням вітаміну Е достовірно підвищує вміст сульфгідрильних груп водорозчинних білків та знижує вміст малонового діальдегіду міокарді щурів.

Таким чином, вплив вітаміну Е (α -токоферолу) при моделюванні пародонтиту і розвитку метаболічного ацидозу зв'язаний із змінами вмісту сульфгідрильних та дисульфідних груп та нормалізацією їх співвідношень у всіх досліджених тканинах щурів і полягає в їх антиоксидантній взаємодії, спрямованій на захист клітинних структур від окислювального стресу. При моделюванні карієсу зубів і розвитку метаболічного алкалозу вітамін Е викликає зростання вмісту тіолових з'єднань та зниження дисульфідних сполук різною мірою у досліджених тканинах щурів та, відповідно, зміною співвідношення SH/SS-груп. Отже, добавка вітаміну Е до незбалансованого раціону сприяє нормалізації показників окисно-

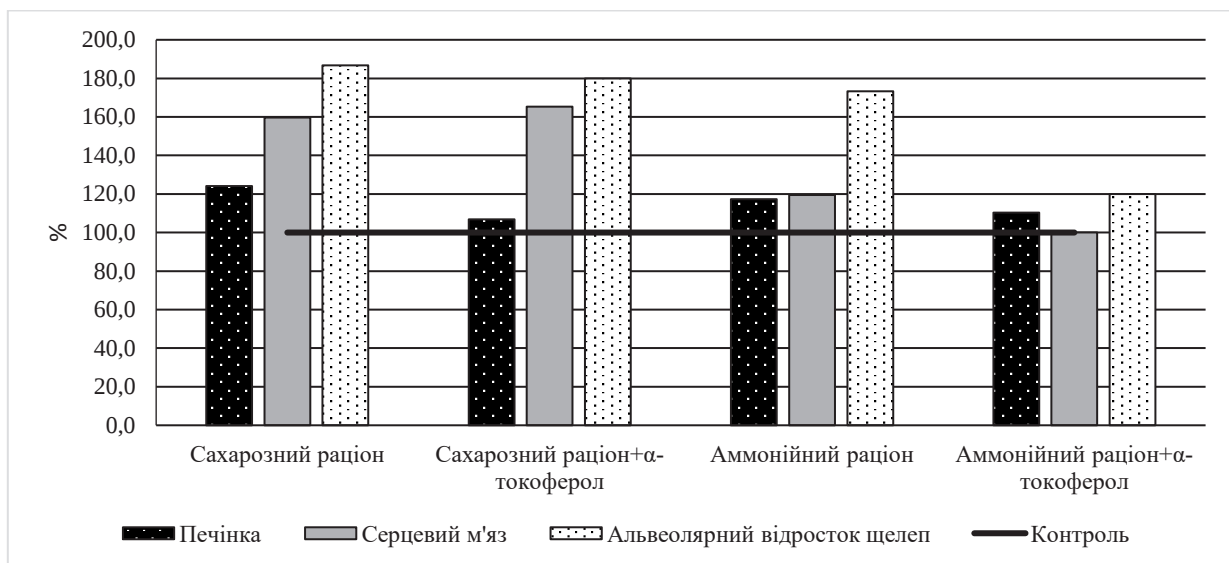


Рис. 2. Вплив вітаміну Е (α -токоферолу) на вміст дієнових кон'югатів в тканинах щурів при моделюванні пародонтиту і карієсу зубів (в % к контролю)

відновленого стану – тіолових та дисульфідних сполук та показників ПОЛ в організмі щурів. Вітамін Е та SH-групи водорозчинних білків діють як єдина антиоксидантна система: вітамін Е захищає ліпіди мембран, а тіоли підтримують активність вітаміну Е та захищають білкові компоненти клітин від вільних радикалів.

Висновки:

1. Визначено альтернативні порушення кислотно-лужної рівноваги – метаболічний алкалоз та метаболічний ацидоз в крові щурів під впливом карієсогенної та амонійної дієт, як моделей карієсу зубів та пародонтиту.

2. Моделювання карієсу зубів та пародонтиту за допомогою відповідних дієт характеризує альтернативний стан по відношенню тіоли/дисульфідів у тканинах щурів та накопичення маломовного діальдегіду і дієнових кон'югатів, більш виражене при утриманні тварин на сахарозному раціоні. Виявлено лікувально-профілактичний вплив вітаміну Е на показники ПОЛ у тканинах піддослідних щурів, в основі якого важлива роль відводиться стабілізуючій та антиоксидантній дії вітаміну Е на окислювально-відновлений стан та ПОЛ і, як наслідок, уповільнення розвитку окислювального стресу в організмі.

Література:

1. Indumathi K.P., Shanmugam N., Partheeban S., Shanthisree P., Mohana P.M. Essential Nutrients for Oral Health: The Impact of Minerals and Vitamins. In: Preedy VR, Patel VB. (eds). Handbook of Public Health Nutrition. Springer, Cham. 2025. P. 1-29. DOI: 10.1007/978-3-031-32047-7_119-1
2. Miyazawa T., Burdeos G.C., Itaya M., Nakagawa K., Miyazawa T. Vitamin E: Regulatory Redox Interactions. *IUBMB Life (International Union of Biochemistry and Molecular Biology)*. 2019.V. 71. 4. P. 430–441. DOI: 10.1002/iub.2008.
3. Мельничук Д.О., Пахомова В.О., Білокліцька Г.Ф., та ін. Принципове обґрунтування та розробка засобів та методів інтегральної профілактики та базисної терапії розповсюджених хронічних захворювань людини та тварин. *Досягнення біології та медицини*. 2004. №2(4). С. 78-84. <https://surl.li/izcbew>
4. Bumbu B.A., Luca M.M., Buzatu R. Impact of Tocopherol Supplementation on Clinical Parameters of Periodontal Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Pers Med*. 2024. №14(10). P. 1039. DOI: 10.3390/jpm14101039.
5. Uysal T., Amasyali M., Olmez H., et al. Stimulation of bone formation in the expanding inter-premaxillary suture by vitamin E, in rat. *The Korean Journals of Orthodontics*. 2009. №39(5). P. 337–348. DOI: 10.4041/kjod.2009.39.5.337.
6. Derradjia A., Alanazi H., Park H.J., Djeribi R., Semlali A., Rouabhia M. A-tocopherol decreases interleukin-1 β and -6 and increases human β -defensin-1 and -2 secretion in human gingival fibroblasts stimulated with *Porphyromonas gingivalis* lipopolysaccharide. *Journal of Periodontal Research*. 2016. №51(3). P. 295–303. DOI: 10.1111/jre.12308
7. Iwasaki M., Manz M.C., Taylor G.W., Yoshihara A., Miyazak H. Relations of serum ascorbic acid and α -tocopherol to periodontal disease. *Journal of Dental Research*. 2012. №91(2). P. 167–172. DOI: 10.1177/0022034511431702
8. Hussein P.M., Hussein V.M. Assessment of Vitamin E and Glutathione Peroxidase Levels in Salivary Samples of Children With and Without Dental Caries in Erbil City, Iraq. *Cureus*. 2024. №16(11). P. e74872. DOI: 10.7759/cureus.74872.
9. Ходаков І.В., Хромагіна Л.М., Макаренко О.А., Мудрик Л.М. Модифікація казеїно-сахарозної дієти М.С. Бугайової і С.А. Никитина (1954) для моделювання карієсу зубів у щурів. *Вісник стоматології*. 2023. №1(122). С. 71-76. DOI: 10.35220/2078-8916-2023-47-1.12
10. Carnauba R.A., Baptistella A.B., Paschoal V., Hübscher G.H. Diet-Induced Low-Grade Metabolic Acidosis and Clinical Outcomes: A Review. *Nutrients*. 2017. №9(6). P. 538. DOI: 10.3390/nu9060538.
11. Методи визначення кислотно-основного стану і метаболічної системи його регуляції / С.Д. Мельничук та ін. Одеса : Удача, 2023. 58 с. <https://surl.li/vujdos>
12. Методи клінічних та експериментальних досліджень в медицині / П.В. Беркало та ін. ; за ред. І.П. Кайдашева : наукова книга. Полтава: Полімет, 2003. 320с. ISBN 966-96063-3-0.
13. Талах В.І., Талах Т.А. Використання статистичних функцій EXCEL в аналітичних дослідженнях великих даних. Економіка та суспільство. 2023. №51. С. 15-21. DOI: 10.32782/2524-0072/2023-51-15.
14. Наказ України «Про затвердження Порядку проведення науковими установами дослідів, експериментів на тваринах». Міністерство освіти і науки України. 2012. №249. <https://surl.li/feurrd>
15. Xu C., Sun R., Qiao X., Xu C., Shang X., Niu W., Chao Y. Effect of vitamin e supplementation on intestinal barrier function in rats exposed to high altitude hypoxia environment. *Korean J Physiol Pharmacol*. 2014. №18(4). P. 313-20. DOI: 10.4196/kjpp.2014.18.4.313.-
16. Kumar M., Deshmukh P., Kumar M., Bhatt A., Sinha A.H., Chawla P. Vitamin E Supplementation and Cardiovascular Health: A Comprehensive Review. *Cureus*. 2023. №15(11). P. e48142. DOI: 10.7759/cureus.48142.
17. Burgoyne J.R., Eaton P. Cysteine-based redox sensors in the cardiovascular system: from identification to physiology and drug discovery. *Physiol Rev*. 2025. №105(4). P. 2033-2072. DOI: 10.1152/physrev.00051.2024.

References:

1. Indumathi, K.P., Shanmugam, N., Partheeban, S., Shanthisree, P., & Mohana, P.M. (2025). Essential Nutrients for Oral Health: The Impact of Minerals and Vitamins. In: Preedy VR, Patel VB. (eds). *Handbook of Public Health Nutrition*. Springer, Cham, 1-29. DOI: 10.1007/978-3-031-32047-7_119-1
2. Miyazawa, T., Burdeos, G.C., Itaya, M., Nakagawa, K., & Miyazawa, T. (2019). Vitamin E: Regulatory Redox Interactions. *IUBMB Life (International Union of Biochemistry and Molecular Biology)*, 71, 4, 430–441. DOI: 10.1002/iub.2008.
3. Melnychuk, D.O., Pakhomova, V.O., Biloklitska, H.F., & ta in. (2004). Pryntsyrove obgruntuvannia ta rozrobka zasobiv ta metodiv intehranoi profilaktyky ta bazysnoi terapii rozpozsiudzhenykh khronichnykh zakhvoriuvan liudyny ta tvaryn [Principal justification and development of means and methods of integral prevention and basic therapy of common chronic diseases of humans and animals]. *Dosiahnennia biolohii ta medytsyny – Advances in biology and medicine*, 2(4), 78-84. <https://surl.li/izcbew> [in Ukrainian].
4. Bumbu, B.A., Luca, M.M., & Buzatu, R. (2024). Impact of Tocopherol Supplementation on Clinical Parameters of Periodontal Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Pers Med*, 14(10), 1039. DOI: 10.3390/jpm14101039.
5. Uysal, T., Amasyali, M., Olmez, H., & et al. (2009). Stimulation of bone formation in the expanding inter-premaxillary suture by vitamin E, in rat. *The Korean Journals of Orthodontics*, 39(5), 337–348. DOI: 10.4041/kjod.2009.39.5.337.
6. Derradjia, A., Alanazi, H., Park, H.J., Djeribi, R., Semlali, A., & Rouabhi, M. (2016). A-tocopherol decreases interleukin-1 β and -6 and increases human β -defensin-1 and -2 secretion in human gingival fibroblasts stimulated with Porphyromonas gingivalis lipopolysaccharide. *Journal of Periodontal Research*, 51(3), 295–303. DOI: 10.1111/jre.12308
7. Iwasaki, M., Manz, M.C., Taylor, G.W., Yoshihara, A., & Miyazaki, H. (2012). Relations of serum ascorbic acid and α -tocopherol to periodontal disease. *Journal of Dental Research*, 91(2), 167–172. DOI: 10.1177/0022034511431702
8. Hussein, P.M., & Hussein, V.M. (2024). Assessment of Vitamin E and Glutathione Peroxidase Levels in Salivary Samples of Children With and Without Dental Caries in Erbil City, Iraq. *Cureus*, 16(11), e74872. DOI: 10.7759/cureus.74872.
9. Khodakov, I.V., Khromahyna, L.M., Makarenko, O.A., & Mudryk, L.M. (2023). Modyfikatsiia kazieino-sakharoznoi diiety M.S. Buhaiovoi i S.A. Nyktyna (1954) dlia modeliuvannia kariiesu zubiv u shchuriv [Modification of casein-sucrose diet by M.S. Bugayova and S.A. Nikitin (1954) for modeling dental caries in rats]. *Visnyk stomatolohii – Stomatological Bulletin*, 1(122), 71-76. DOI: 10.35220/2078-8916-2023-47-1.12 [in Ukrainian].
10. Carnauba, R.A., Baptistella, A.B., Paschoal, V., & Hübscher, G.H. (2017). Diet-Induced Low-Grade Metabolic Acidosis and Clinical Outcomes: A Review. *Nutrients*, 9(6), 538. DOI: 10.3390/nu9060538.
11. Melnychuk, S.D., Pakhomova, V.A., Pakhomova, O.O., Protunkevych, O.O., Konovalov, M.F., Protunkevych, M.S., & Solomatin, O.R. (2023). Metody vyznachennia kyslotno-osnovnoho stanu i metabolichnoi systemy yoho rehuliacii [Methods for measuring the acid-base balance and the metabolic system of its regulation]. Odesa: Udacha. <https://surl.li/vujdos> [in Ukrainian].
12. Berkalo, P.V., Bobovych, O.V., Bobrova, I.O. & ta in. (2003). Metody klinichnykh ta eksperymentalnykh doslidzhen v medytsyni [Methods of clinical and experimental research in medicine]. I.P. Kaidashev (Ed). Naukova knyha. Poltava: Polimet. ISBN 966-96063-3-0. [in Ukrainian].
13. Talakh, V.I., & Talakh, T.A. (2023). Vykorystannia statystychnykh funktsii EXCEL v analitychnykh doslidzhenniakh velykykh danykh [Using EXCEL Statistical Functions in Big Data Analytical Studies] *Ekonomika ta suspilstvo – Economics and Society*, 51, 15-21. DOI: 10.32782/2524-0072/2023-51-15. [in Ukrainian].
14. (2012). Nakaz Ukrainy «Pro zatverdzhennia Poriadku provedennia naukovykh ustanovamy doslidiv, eksperymentiv na tvarynakh». Ministerstvo osvity i nauky Ukrainy [Order of Ukraine "On Approval of the Procedure for Scientific Institutions to Conduct Experiments, Experiments on Animals." Ministry of Education and Science of Ukraine], 249. <https://surl.li/feurrd> [in Ukrainian].
15. Xu, C., Sun, R., Qiao, X., Xu, C., Shang, X., Niu, W., & Chao, Y. (2014). Effect of vitamin e supplementation on intestinal barrier function in rats exposed to high altitude hypoxia environment. *Korean J Physiol Pharmacol*, 18(4), 313-20. DOI: 10.4196/kjpp.2014.18.4.313.-
16. Kumar, M., Deshmukh, P., Kumar, M., Bhatt, A., Sinha, A.H., & Chawla, P. (2023). Vitamin E Supplementation and Cardiovascular Health: A Comprehensive Review. *Cureus*, 15(11), e48142. DOI: 10.7759/cureus.48142.
17. Burgoyne, J.R., & Eaton, P. (2025). Cysteine-based redox sensors in the cardiovascular system: from identification to physiology and drug discovery. *Physiol Rev*, 105(4), 2033-2072. DOI: 10.1152/physrev.00051.2024.

Дата першого надходження рукопису до видання:

26.06.2026

Дата прийнятого до друку рукопису

після рецензування: 18.07.2026

Дата публікації: 17.08.2026