

УДК 557.115.3: 616-006.6

АНТИОКСИДАНТНІ ЕФЕКТИ N-СТЕАРОЇЛЕТАНОЛАМІНУ У ТКАНИНІ СЕРЦЯ ТА ПЛАЗМІ КРОВІ ЩУРІВ ЗА УМОВ ВВЕДЕННЯ ДОКСОРУБІЦИНУ

Є. А. ГУДЗЬ, Н. М. ГУЛА, Т. О. ХМЕЛЬ, Т. М. ГОРІДЬКО, А. Г. БЕРДИШЕВ

*Інститут біохімії ім. О. В. Палладіна НАН України, Київ;
e-mail: ngula@biochem.kiev.ua*

Досліджували вплив N-стеароїлетаноламіну (NSE) на порушення антиоксидантного захисту у тканині серця і плазмі крові щурів, спричинені введенням доксорубіцину. Показано, що застосування доксорубіцину призводить до зменшення активності ензимів антиоксидантного захисту клітин тканини серця, зокрема супероксиддисмутази і глутатіонпероксидази. Введення NSE сприяє частковій нормалізації показників активності цих ензимів. Встановлено, що доксорубіцин призводить до підвищення рівня сечовини та креатиніну у плазмі крові піддослідних тварин. Введення NSE не впливає на рівень креатиніну та нормалізує рівень сечовини.

Ключові слова: N-стеароїлетаноламін, доксорубіцин, супероксиддисмутаза, глутатіонпероксидаза, каталаза, креатинін, сечовина.

Доксорубіцин (антибіотик антрациклінового ряду) – один із найефективніших протипухлинних препаратів, яким лікують рак молочної залози, лімфоми, саркоми м'яких тканин [1], але має обмежене застосування, в першу чергу через високу кардіотоксичність [2].

Введення доксорубіцину призводить до підвищення експресії індукцйбельної NO-синтази в міокарді [3], що, в свою чергу, спричиняє гіперпродукцію NO. Оксид азоту вступає в реакцію з супероксидним аніоном кисню та утворює пероксинітрит – потужний окисник, здатний окислювати та нітрозилувати протеїни, окислювати ліпіди [4].

Доксорубіцин зумовлює оксидативний стрес у пухлині і неуражених тканинах, негативно впливає на функцію мітохондріального дихального ланцюга, що призводить до загибелі клітин шляхом апоптозу [5–7].

У дослідах на щурах було показано, що доксорубіцин знижує у серці рівень високоенергетичних субстратів, зокрема аденозинтрифосфату та креатинфосфату. Низькі дози антибіотика внаслідок тривалого застосування мають більш виражений негативний ефект, ніж одноразове застосування еквівалентної дози [8].

Під час лікування доксорубіцином інколи спостерігаються симптоми нефротоксичності. Механізми ниркової недостатності спричинені введенням цитостатиків, включають в себе

пошкодження судин та структури нирки, що призводить до гемолітичного та уремичного синдромів. Нефротоксичність цитостатиків виявляється у підвищенні рівня креатиніну в сироватці крові [9], яке відбувається внаслідок зменшення рівня клубочкової фільтрації в нирках [10].

У зв'язку з високою токсичністю протипухлинних препаратів дуже важливим є пошук сполук, які б могли зменшувати побічні ефекти хіміотерапії.

Нашу увагу привернули ендоканабіноїди – похідні етаноламіну та жирної кислоти. Відомо, що довголанцюгові N-ацилетаноламіни (NAE) та їхні попередники – N-ацилфосфатидилетаноламіни (NAPE), накопичуються у тканинах живих організмів за патологічних станів. Пізніше було показано накопичення NAE в дегенеруючій ембріональній тканині курчат [11].

Існує багато даних про те, що під час розвитку неоплазми в організмі, ендоканабіноїди відіграють захисну роль у неуражених пухлиною тканинах. Агоністи канабіноїдних рецепторів першого типу (CB1) гальмують проліферацію ракових пухлин, ангиогенез та процес метастазування [12]. Відомі дані і про участь рецепторів другого типу (CB2) в опосередковуванні антипухлинних ефектів в організмі [13–16].

Раніше було показано, що N-стеароїлетаноламін (NSE) гальмує ріст і метастазування карциноми Льюїса у мишей, а також

попереджає низку токсичних проявів, що виникають у разі застосування цисплатину як хіміотерапевтичного агента [17].

Метою нашої роботи було дослідити біохімічні порушення у тканині серця і плазмі крові, спричинені введенням доксорубіцину та здатність довголанцюгового N-стеароїлетаноламіну запобігати розвитку токсичних ефектів цього цитостатика.

Матеріали і методи

Всі тварини, що були використані в досліді, утримувались в стандартних для кожного виду клітках, воду та збалансований гранульований раціон тварини одержували *ad libitum*. Експерименти проводили у відповідності до правил етичної комісії Інституту біохімії НАНУ.

Досліди проводили на щурах-самцях з масою тіла 150–200 г. Тварин було поділено на 5 груп. «Інтактні» – група інтактних тварин ($n = 5$). «NSE» – група тварин, що одержували NSE *per os* у дозі 50 мг/кг протягом 7 діб ($n = 5$), починаючи з 6-ї доби експерименту. «Dox» – група тварин, яким робили три ін'єкції доксорубіцину внутрішньоочеревинно в дозі 2,5 мг/кг з інтервалом введення через добу ($n = 6$), починаючи з 6-ї доби експерименту. «Dox + NSE» – група тварин, що отримували NSE *per os* у дозі 50 мг/кг та три ін'єкції доксорубіцину внутрішньоочеревинно у дозі 2,5 мг/кг з інтервалом введення через добу ($n = 7$), починаючи з 6-ї доби експерименту. «NSE + Dox» – група тварин, яким вводили NSE *per os* у дозі 50 мг/кг протягом 7 діб, починаючи з 7-ї доби тваринам вводи-

ли внутрішньоочеревинно доксорубіцин у дозі 2,5 мг/кг з інтервалом введення через добу (три ін'єкції) ($n = 7$). На 12-ту добу тварин усіх груп виводили з експерименту, відповідно до правил поводження з лабораторними тваринами. Для досліджень відбирали кров та серце тварин.

Тканину серця гомогенізували у фізіологічному розчині у співвідношенні: вагова частина розчину / вагова частина тканини (9 : 1). Внаслідок цього одержували 10%-й гомогенат. Визначення протеїну проводили за методом Лоурі [18].

У гомогенаті серця вимірювали активність каталази [19], глутатіонпероксидази [20], супероксиддисмутази [21]. У плазмі крові піддослідних тварин досліджували рівень сечовини за допомогою набору реактивів для визначення концентрації сечовини в біологічних рідинах (Філісіт – Діагностика, Україна) та креатиніну [22]. Рівень ТБК-реагуючих продуктів визначали за кількістю малонового діальдегіду (МДА) за методом [23], NSE одержували як описано в [24]. Препарат доксорубіцину виробництва компанії «Артеріум» (Україна).

Статистичну обробку проводили у програмі Excel, вірогідність результатів оцінювали за *t*-критерієм Стьюдента.

Результати та обговорення

Було показано (рис. 1), що застосування доксорубіцину призводить до значного (більше ніж у 2 рази порівняно із групою інтактних тварин) зменшення активності супероксиддисмутази у тканині серця піддослідних щурів. Введення NSE інтактним тваринам

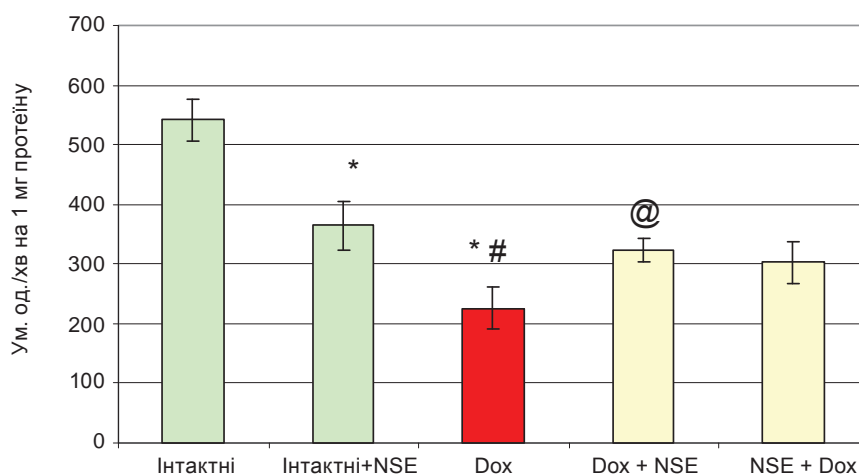


Рис. 1. Активність супероксиддисмутази у тканині серця піддослідних щурів ($M \pm m$, $n = 5-7$). * Зміни вірогідні відносно значень у групі «Інтактні», # вірогідні відносно значень у групі «NSE», @ вірогідні відносно значень у групі «Dox», $P \leq 0,05$

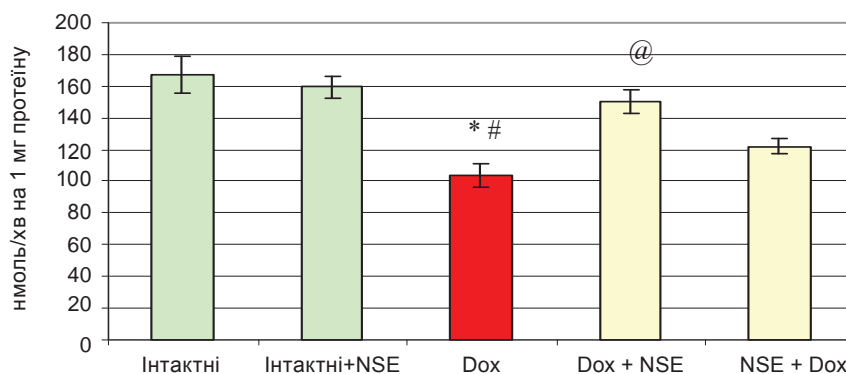


Рис. 2. Активність глутатіонпероксидази у тканині серця піддослідних щурів ($M \pm m$, $n = 5-7$). * Зміни вірогідні відносно значень у групі «Інтактні», # вірогідні відносно значень у групі «NSE», @ вірогідні відносно значень у групі «Dox», $P \leq 0,05$

також дещо знижує активність супероксиддисмутази. У разі одночасного введення NSE і доксорубіцину активність супероксиддисмутази не відрізнялась від такої у групі тварин «NSE». Попереднє введення NSE не впливало на активність супероксиддисмутази тканин серця щурів. Одержані результати свідчать на користь того, що введення NSE одночасно з доксорубіцином попереджає інгібуючий ефект доксорубіцину на активність супероксиддисмутази серця щурів.

Введення доксорубіцину (рис. 2) призводить до зменшення (на 25% порівняно із групою інтактних тварин) активності глутатіонпероксидази у тканині серця. Одночасне введення NSE і доксорубіцину повністю запобігає падінню активності глутатіонпероксидази, спричиненому доксорубіцином. Завчасне введення NSE піддослідним тваринам не змінює вплив доксорубіцину на активність глутатіонпероксидази тканин

серця. Ці дані свідчать про здатність NSE зменшувати негативний ефект доксорубіцину, внаслідок запобігання падінню активності ензимів антиоксидантного захисту – супероксиддисмутази та глутатіонпероксидази у тканині серця щурів.

Також було досліджено вплив NSE на активність каталази. Введення NSE тваринам не впливало на активність каталази у тканині серця (рис. 3). Під дією доксорубіцину активність ензиму збільшувалась у два рази порівняно із групою інтактних тварин. Введення NSE тваринам, що одержували доксорубіцин, не призводило до зменшення активності каталази, що ймовірно, є компенсаторною відповіддю на зменшення активності супероксиддисмутази та глутатіонпероксидази під дією доксорубіцину.

Неочікувані дані були одержані нами при визначенні продуктів пероксидного окислення ліпідів, ТБК-реагуючих сполук

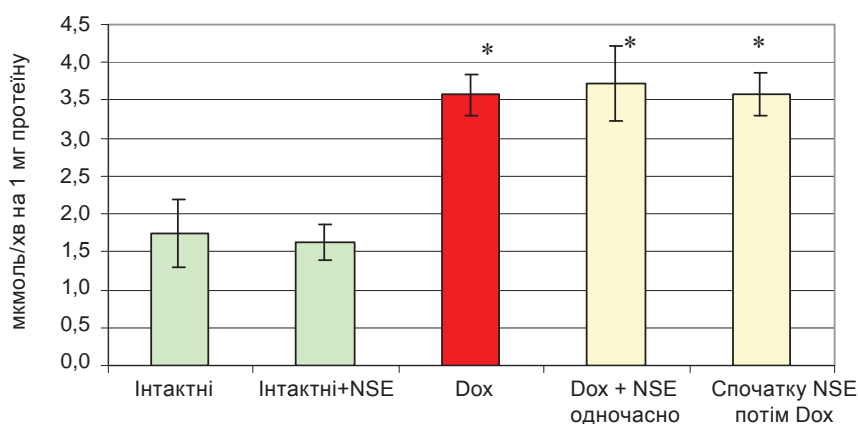


Рис. 3. Активність каталази у тканині серця піддослідних щурів ($M \pm m$, $n = 5-7$). * Зміни вірогідні відносно значень у групі «Інтактні», ($M \pm m$, $n = 5-7$), $P \leq 0,05$

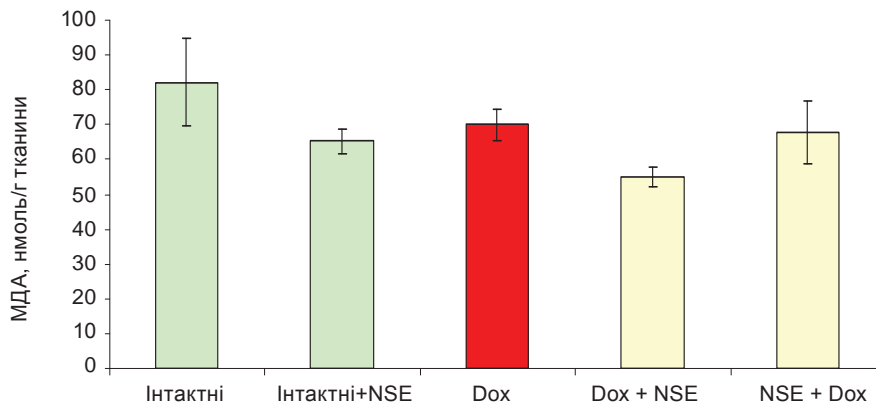


Рис. 4. Рівень пероксидного окислення ліпідів у тканині серця піддослідних щурів ($M \pm m$, $n = 5-7$)

(рис. 4). Виявилося, що триразове введення доксорубіцину не змінювало рівень ТБК-реагуючих продуктів у міокарді. Ці сполуки відображають, з однієї сторони, активність утворення пероксинітриду, а з іншої – активність систем антиоксидантного захисту. Це дозволяє зробити припущення, що, не дивлячись на пригнічення активності супероксиддисмутази (рис. 1) та глутатіонпероксидази (рис. 2), висока активність каталази у щурів, які одержували доксорубіцин, захищає тканину міокарда від пошкодження і накопичення ТБК-реагуючих сполук.

Для того, щоб оцінити побічні ефекти доксорубіцину на нирки ми визначали вміст сечовини та креатиніну у плазмі крові. З даних літератури відомо, що накопичення креатиніну у плазмі крові може свідчити про ниркову недостатність внаслідок зниження клубочкової фільтрації в нирках.

Введення доксорубіцину піддослідним щурам (рис. 5) призводить до зростання рівня креатиніну у плазмі крові по відношенню до показників групи інтактних тварин на 18%. Введення NSE в цій серії експериментів не впливало на ефекти спричинені доксорубіцином. Це свідчить про те, що, ймовірно, NSE не впливає на рівень клубочкової фільтрації креатиніну.

Показано також (рис. 6), що застосування доксорубіцину призводить до зростання рівня сечовини у плазмі крові тварин порівняно із групою інтактних тварин.

Підвищення рівня сечовини у плазмі крові може вказувати на порушення клубочкової фільтрації. Водночас потрібно враховувати той факт, що рівень сечовини може підвищуватися за рахунок катаболізму протеїну.

Поєднане введення NSE та доксорубіцину нормалізує рівень сечовини до показників групи інтактних тварин, що свідчить про зни-

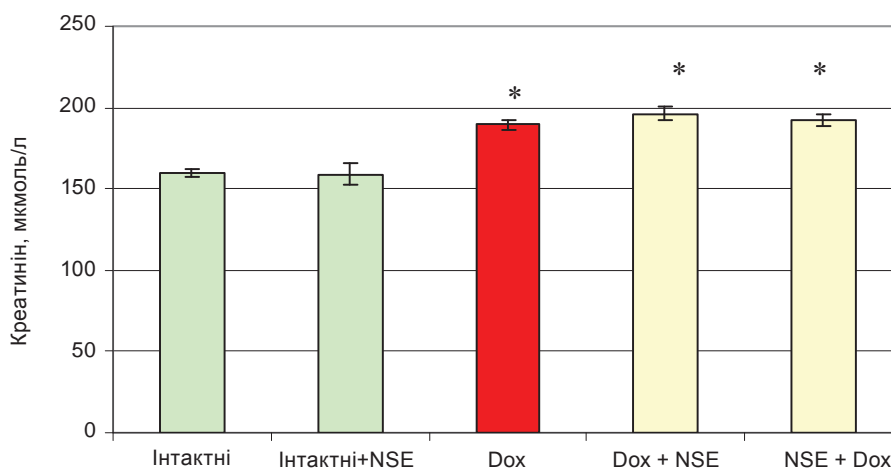


Рис. 5. Вміст креатиніну в плазмі крові піддослідних щурів ($M \pm m$, $n = 5-7$). * Зміни вірогідні відносно значень у групі «Інтактні», $P \leq 0,05$

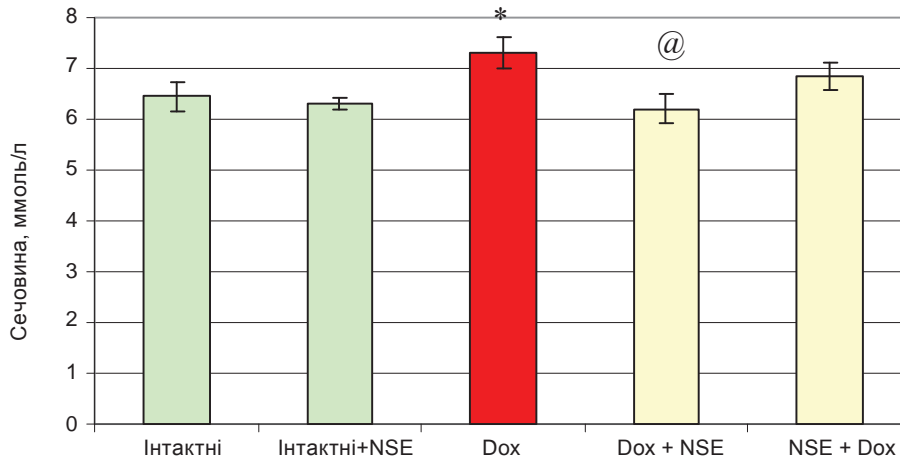


Рис. 6. Вміст сечовини у плазмі крові піддослідних щурів ($M \pm m$, $n = 5-7$). * Зміни вірогідні відносно значень у групі «Інтактні», @ вірогідні відносно значень у групі «Dox», $P \leq 0,05$

ження токсичного впливу доксорубіцину на функцію нирок у присутності NSE. Попереднє введення NSE не впливає на рівень сечовини у плазмі крові піддослідних щурів.

Таким чином, результати проведених нами експериментів свідчать, що доксорубіцин знижує активність двох ензимів антиоксидантного захисту тканин серця, глутатіонпероксидази та супероксиддисмутази. NSE в комплексі з доксорубіцином запобігає падінню активності цих ензимів. У той же час, NSE не знижує активність каталази у тканині серця щурів, підвищення якої спричинено доксорубіцином. Ці дані свідчать про здатність NSE нормалізувати функції антиоксидантних систем серця (супероксиддисмутази та глутатіонпероксидази), при цьому не зменшуючи активність каталази. Дослідження продемонстрували підвищення рівня сечовини та креатиніну у плазмі крові щурів при введенні доксорубіцину, що можливо, відбувається внаслідок зниження клубочкової фільтрації у нирках цих кінцевих продуктів обміну. Введення NSE дозволяє істотно знизити концентрацію сечовини у плазмі крові. Однак вміст креатиніну при цьому не знижується. Ймовірно, NSE частково відновлює функцію ниркових клубочків, які були ушкоджені доксорубіцином.

АНТИОКСИДАНТНЫЕ ЭФФЕКТЫ N-СТЕАРОИЛЭТАНОЛАМИНА В ТКАНИ СЕРДЦА И ПЛАЗМЕ КРОВИ КРЫС В УСЛОВИЯХ ВВЕДЕНИЯ ДОКСОРУБИЦИНА

Е. А. Гудзь, Н. М. Гулая, Т. А. Хмель, Т. Н. Горидько, А. Г. Бердышев

Институт биохимии им. А. В. Палладина
НАН Украины, Киев;
e-mail: ngula@biochem.kiev.ua

Исследовали влияние N-стеароилэтанол-амин (NSE) на нарушение антиоксидантной защиты в ткани сердца и плазме крови крыс, вызванное введением доксорубицина. Показано, что применение доксорубицина приводит к уменьшению активности энзимов антиоксидантной защиты клеток ткани сердца, в частности супероксиддисмутази и глутатионпероксидазы. Введение NSE способствует частичной нормализации показателей активности этих энзимов. Установлено, что доксорубицин приводит к повышению уровня мочевины и креатинина в плазме крови подопытных животных. Введение NSE не влияет на уровень креатинина и нормализует уровень мочевины.

Ключевые слова: N-стеароилэтанол-амин, доксорубицин, супероксиддисмутаза, глутатионпероксидаза, каталаза, креатинин, мочевина.

ANTIOXIDATIVE EFFECT OF THE N-STEAROYLETHANOLAMINE IN THE HEART TISSUE AND BLOOD PLASMA OF RATS UNDER DOXORUBICIN TREATMENT

*I. A. Goudz, N. M. Gula, T. O. Khmel,
T. M. Goridko, A. G. Berdyshev*

Palladin Institute of Biochemistry, National
Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv;
e-mail: ngula@biochem.kiev.ua

S u m m a r y

The influence of N-stearoylethanolamine on the altered antioxidant enzyme activity in the heart tissue and blood plasma of rats under the doxorubicin treatment was investigated.

It was shown that doxorubicin administration caused the decrease of antioxidant enzymes activity (superoxide dismutase and glutathione peroxidase) in the heart tissue. Administration of the NSE promoted the partial normalization of these enzymes activity. It was shown that doxorubicin treatment caused the increase of the urea and creatinine level in the blood plasma of experimental animals.

The NSE administration normalized the level of the urea and did not affect creatinine level.

Key words: N-stearoylethanolamine, doxorubicin, superoxide dismutase, glutathione peroxidase, catalase, creatinine, urea.

1. *Young R. C., Ozols R. F., Myers C. E.* // N. Engl. J. Med. – 1981. – **305**. – P. 139–153.
2. *Takemura G., Fujiwara H.* // Prog. Cardiovasc. Dis. – 2007. – **49**, N 2. – P. 330–352.
3. *Mukhopadhyay P., Rajesh M., Bátkai S. et al.* // Am. J. Physiol. Heart. Circ. Physiol. – 2009. – **296**, N 5. – H.1466–H.1483.
4. *Pacher P., Beckman J. S., Liaudet L.* // Physiol. Rev. – 2007. – **87**, N 1. – P. 315–424.
5. *Bai P., Mabley J. G., Liaudet L. et al.* // Oncol. Rep. – 2004. – **11**, N 2. – P. 505–508.
6. *Myers C. E., McGuire W. P., Liss R. H. et al.* // Science. – 1977. – **197**. – P. 165–167.
7. *Tokarska-Schlattner M., Zaugg M., Zuppinger C. et al.* // J. Mol. Cell Cardiol. – 2006. – **41**, N 3. – P. 389–405.
8. *Nicolay K., Aue W. P., Seelig J. et al.* // Biochim. Biophys. Acta. – 1987. – **929**, N1. – P. 5–13.
9. *Kintzel P. E.* // Drug. Saf. – 2001. – **24**, N 1. – P. 19–38.
10. *Reinhold S. W., Reichle A., Leiminger S. et al.* // M.C. Res. Notes. – 2011. – **4**, N 2. – P. 4–24.
11. *Kara J., Borovicka M., Liebl V. et al.* // Neoplasma. – 1986. – **33**, N 2. – P. 187–205.
12. *Casanova M.L., Blazquez C., Martinez-Palacio J. et al.* // J. Clin. Invest. – 2003. – **111**, N 1. – P. 43–50.
13. *Vignot S., Besse B., de la Motte Rouge T. et al.* // Bull Cancer. – 2006. – **93**, N 2. – P. 163–170.
14. *Flygare J., Gustafsson K., Kimby E. et al.* // FEBS Lett. – 2005. – **579**, N 30. – P. 6885–6889.
15. *Sarnataro D., Grimaldi C., Pisanti S. et al.* // Ibid. – N 28. – P. 6343–6349.
16. *Nithipatikom K., Endsley M.P., Isbell M.A. et al.* // Biochem. Biophys. Res. Commun. – 2005. – **332**, N 4. – P. 1028–1033.
17. *Гула Н. М., Хмель Т. О., Клімашевський В. М. та ін.* // Укр. біохім. журн. – 2006. – **78**, № 1. – С. 135–142.
18. *Lowry O. H., Rosenbrough N. J., Farr A. L. et al.* // J. Biol. Chem. – 1951. – **193**, N 1. – P. 265–275.
19. *Королюк М. А., Иванова И. Г., Майорова И. Г.* // Лаб. дело. – 1988. – № 1. – С. 16–18.
20. *Переслегина И. А.* // Лаб. дело. – 1989. – № 11. – С. 20–23.
21. *Чвари С., Андел Т., Штрэнгер Я.* // Лаб. дело. – 1991. – № 10. – С. 9–13.
22. *Тиц Н. А.* Энциклопедия клинических лабораторных тестов. – 1997. – С. 277–178.
23. *Владимиров Ю. А., Арчаков А. И.* / Перекисное окисление липидов в биологических мембранах. – М.: Наука, 1972. – С. 252.
24. *Пат. 77278 UA* БМПК А61К 31/13. Препарат для пригнічення алергічних реакцій та неспецифічного запалення, спосіб його одержання і спосіб його використання. / Гула Н. М., Комісаренко С. В., Чумак А. А. та ін. / Опубл. 15.11.2006. Бюл. №11.

Отримано 17.08.2011